



DEPARTAMENTO
NACIONAL DE PLANEACIÓN

Guía de Asociaciones Público-Privadas

Factibilidad – Sector transporte urbano





Tabla de Contenidos

1	Introducción	8
2	Marco de referencia	9
3	Definición del proyecto	10
4	Especificación de requerimientos y estándares técnicos, de ingeniería, diseño, operación y mantenimiento del proyecto seleccionado	11
5	Definición de niveles de servicio esperado, indicadores de desempeño y disponibilidad...	12
6	Costos del proyecto	15
7	Estudios de demanda	16
	7.1 Transporte público urbano	17
	7.2 Autopistas Urbanas	18
8	Estudios y diseños técnicos	20
	8.1 Topografía	20
	8.2 Urbano y espacio público	20
	8.3 Arquitectura	21
	8.4 Tránsito	21
	8.5 Suelos y geotecnia	22
	8.6 Pavimentos	23
	8.7 Estructuras	23
	8.8 Diseño geométrico	23
	8.9 Redes e instalaciones hidrosanitarias	24
	8.10 Redes e instalaciones eléctricas y gas	24
	8.11 Instalaciones y equipos mecánicos	24
	8.12 Estudios prediales	24
9	Metodología BIM	26
	9.1 Lineamientos generales	26
	9.2 Lineamientos de gestión y modelado BIM	28
	9.3 Requerimientos BIM y documentales	29
	9.3.1 Plan de Ejecución BIM (BEP)	29
	9.3.2 Documentación requerimientos de información	31
	9.3.3 Anexo Técnico BIM (ATB)	31
10	Componente socio-ambiental	33

10.1	Componente ambiental.....	34
10.2	Componente social	35
11	Identificación de permisos y licencias requeridos	37
12	Estudio socio económico	38

Índice de Tablas

Tabla 1.	Indicadores de gestión comunes	12
Tabla 2.	Indicadores de servicio comunes	13
Tabla 3.	Indicadores de mejora continua comunes	14

Acrónimos

APP

Asociación Pública Privado

AIR

Asset information requirements
Requerimientos de información del activo

ATB

Anexo Técnico BIM

BEP

BIM Execution Plan
Plan de ejecución BIM

BIM

Building Information Modeling

BIP

BIM Implementation Plan
Plan de implementación BIM

CDE

Common Data Environment
Ambiente común de datos

EIR

Exchange Information Requirements
Requerimientos de intercambio de información

LOA

Level of Accuracy
Nivel de precisión

LOD

Level of Development
Nivel de desarrollo

LOG

Level of Graphics
Nivel de gráficos

LOI

Level of Information

Nivel de información

M5C

Modelo de los Cinco Casos

MIDP

Master Information Delivery Plan
Plan Maestro de Entrega de Información

NTC

Norma Técnica Colombiana

OIR

Organizational Information
Requirements
Requerimientos de información de la organización

ODS

Objetivos de Desarrollo Sostenible

PDR

Project Development Roadmap

PIM

Project Information Model
Modelo de información del proyecto

PIR

Project Information Requirements
Requerimientos de información del proyecto

POT

Plan de Ordenamiento Territorial

PQRS

Peticiones, Quejas, Reclamos,
Solicitudes y Denuncias

TIDP

Task Information Delivery Plan
Programa de entrega de información de tareas

Glosario

A

Adaptación y mitigación al cambio climático

La adaptación representa las acciones, medidas o actividades que buscan reducir la vulnerabilidad de sistemas naturales y humanos, moderando los impactos negativos y/o aprovechando los efectos beneficiosos. Por su parte, la mitigación son las acciones, medidas o actividades que están encaminadas a reducir y limitar las emisiones de gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global.

Alcance del proyecto

Según el PMI® (Project Management Institute) el alcance del proyecto es el trabajo que se debe realizar para entregar un producto, servicio o resultado con las características especificadas y requerimientos determinados previamente. El alcance debe atender la situación real encontrada que permita dar respuesta a la problemática y que incluya las características del proyecto a desarrollar, soluciones propuestas, identificación de los límites de intervención, conclusiones y recomendaciones para las siguientes etapas desde todos los componentes que hayan sido identificados aplicables al proyecto.

Alternativas

Soluciones diferentes para los problemas que se plantean resolver con un proyecto de infraestructura, cuyo fin es elegir alguna de ellas que sea más viable desde su ponderación a partir de criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales. Estas alternativas pueden estar dadas por opciones de implantación (para edificaciones), modos, trazados y secciones (transporte urbano y renovación), y diferentes consideraciones de tipo predial, social y ambiental, así como también por el carácter funcional de un determinado espacio.

Ambiente común de datos (CDE)

Fuente de información acordada para cualquier proyecto o activo para recopilar, gestionar y difundir cada

contenedor de información a través de un proceso gestionado (NTC-ISO 19650-1:2021).

Análisis de precios unitarios (APU)

Es un modelo matemático que adelanta el resultado, expresado en moneda, de una situación relacionada con una actividad sometida a estudio, definiendo dicho valor con el análisis de cada uno de los insumos, su base de cálculo es la unidad de medida correspondiente.

C

Ciclo de vida

Vida de un activo desde la definición de sus requisitos hasta la finalización de su uso, que abarca su concepción, desarrollo, operación, mantenimiento y disposición (NTC-ISO 19650-1:2021).

Compensación ambiental

Herramienta de gestión ambiental que comprende medidas y acciones generadoras de beneficios ambientales proporcionales a los impactos ambientales significativos causados por el desarrollo de los proyectos de inversión.

Consulta Previa, libre e informada

Es un mecanismo de participación que busca garantizar la participación real, oportuna y efectiva de los grupos étnicos en la toma de decisiones sobre los impactos y medidas de manejo de los proyectos, obras o actividades, medidas legislativas o administrativas que los puedan afectar directamente, con el fin de proteger su integridad étnica y cultural (Ministerio del Interior, 2015).

E

Especialidad

se refiere a las unidades técnicas especializadas o disciplinas necesarias para atender servicios técnicos en todos los campos de un proyecto de infraestructura, como son topografía, estructuras, arquitectura, geotecnia, entre otros, los cuales deberán ser

identificadas según el sector y necesidades de cada proyecto.

Especificación

Documento técnico que establece las disposiciones y requerimientos para la elaboración de los demás documentos técnicos durante la ejecución del proyecto de diseño, construcción, operación y mantenimiento, tales como: informes, ensayos, planos, entre otros.

F

Fase 1. Prefactibilidad:

Es la fase en la cual se debe realizar el diseño conceptual del proyecto, presentando alternativas y realizando la evaluación de las mismas recurriendo a costos obtenidos en proyectos con condiciones similares. El objetivo de la Fase 1 es surtir el proceso para establecer la alternativa viable que a este nivel satisface en mayor medida los requisitos técnicos, económicos, sociales y ambientales.

Fase 2. Factibilidad

Es la fase en la cual se debe realizar el prediseño del proyecto y efectuar la evaluación económica final. Tiene por finalidad establecer si el proyecto es factible para su ejecución, considerando todos los aspectos relacionados con el mismo. Desarrollados los estudios de factibilidad del proyecto, se podrá continuar con la elaboración de los diseños definitivos.

Fase 3. Estudios y diseños definitivos

Es la fase en la cual se deben elaborar los diseños detallados de todos los componentes y especialidades del proyecto de infraestructura requeridos, de tal forma que un constructor pueda materializar el proyecto. El objetivo de esta fase es materializar en campo el proyecto definitivo y diseñar todos sus componentes, de tal manera que se pueda dar inicio a su construcción.

G

Georreferenciación

posicionamiento espacial en una localización geográfica única y bien definida en un sistema de coordenadas y datum específicos.

I

Indicadores de Precio/Índices

Es un instrumento estadístico basado en proyectos de referencia y como promedio de los precios de los principales componentes requeridos para el diseño, construcción y operación infraestructura pública. Índices: En el caso del cálculo de presupuestos, se refiere a aquellos costos globales que se utilizan como referencia, obtenidos a partir de información de proyectos anteriores o de datos correlacionados y no a un cálculo a partir de cantidades de obra detalladas.

Información primaria

Es la información que se obtiene en forma directa para el proyecto, producto de la investigación, es de tipo demostrativo; por ejemplo: diagnósticos, auscultaciones, encuestas directas a la comunidad, ensayos de laboratorio y estudios topográficos.

Información secundaria

Es información obtenida a partir de estudios existentes realizados por otros investigadores con propósitos diferentes; por ejemplo, documentos elaborados por entidades que cumplen una misión similar, datos técnicos de las empresas de servicios públicos, lecciones aprendidas de otros proyectos, estudios realizados en la zona de influencia del proyecto y/o en proyectos de características similares, análisis estadísticos, entre otros.

L

LEED

Es un sistema de certificación voluntario de edificios sostenibles desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos el cual se compone de un conjunto de normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo. Se basa en la incorporación en el proyecto de aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental interior, la eficiencia del consumo de agua, la selección de materiales y el desarrollo sostenible.

Lineamiento

Es una orientación o directriz de carácter general que debe ser tenida en cuenta e implementada para el desarrollo del proyecto, pero que no implica una definición de alcance.

M

Matriz multicriterio

Herramienta utilizada para la toma de decisiones con base a factores cualitativos o a múltiples factores no homogéneos que intervienen en un suceso.

Modelo de información del proyecto (PIM)

Modelo de información relacionado con la fase de entrega (NTC-ISO 19650-1:2021).

P

Proyecto de referencia

Proyecto de similares características, que puede ser tomado como referencia para la identificación de indicadores de precio (índices), según los componentes requeridos en la elaboración de presupuestos para el desarrollo de proyectos de infraestructura.

PQRS

Se trata de una actividad mediante la cual, ya sea un cliente o un usuario, de un bien o servicio, la comunidad o cualquier persona, se dirige al proveedor del mismo o a la autoridad competente, o a quien corresponda para expresarle una solicitud, una inconformidad, o que adelante una acción, o deje de hacer algo que pueda ser perjudicial para el solicitante.

R

Requerimientos de información

Especificación que establece la información que hay que producir, cuándo y cómo se produce, su método de producción y su destinatario (NTC-ISO 19650-1:2021).

Requerimientos de información de la organización (OIR)

Requisitos de información relacionados con los objetivos de la organización (NTC-ISO 19650-1:2021).

Requerimientos de información del proyecto (PIR)

Requisitos de información relacionados con la entrega de un activo (NTC-ISO 19650-1:2021).

Requerimientos de intercambio de información (EIR)

Requisitos de información relacionados con una asignación (NTC-ISO 19650-1:2021). En el contexto de contratación pública de Colombia se hablará de Anexo Técnico BIM (ATB)

Capítulo 1.

1 Introducción

A través de la Metodología de los Cinco Casos (M5C), se busca que la estructuración de los proyectos sea “integral”, por lo que el proyecto pueda ser presentado y justificado en un solo documento con una clara línea argumentativa. Sin embargo, la calidad de estos análisis depende en gran medida de la calidad de productos técnicos específicos que realiza el equipo de estructuración, los cuales alimentan y dan soporte a los casos, según su etapa de madurez.

La siguiente Nota Técnica presenta, de manera no exhaustiva, el alcance de estos productos para el avance en la estructuración técnica en la fase de Factibilidad para la **Alternativa Preferida**, no obstante, los productos mencionados son los mínimos para la elaboración del documento bajo la M5C. Vale la pena resaltar que, no hay necesariamente una relación directa entre los productos de soporte y cada Caso, estos son complementarios a la metodología y permitirán responder preguntas desde los cinco puntos de vista: estratégico, económico, financiero, comercial/legal y de gestión.

La guía y sus Notas Técnicas son de carácter general, no obstante, la entidad cabeza del sector podrá profundizar y especificar los requerimientos para la estructuración técnica, legal y financiera de proyectos de infraestructura del sector respectivo.

Capítulo 2.

2 Marco de referencia

En el Anexo-prefactibilidad del sector correspondiente – Alcances de estudios y diseños técnicos para la fase de Prefactibilidad, se incluye el marco de referencia específico del sector, el cual es aplicable para la fase de Factibilidad y deberá ser tenido en cuenta.

De acuerdo con las particularidades de cada proyecto, podrían requerirse normatividad adicional. En todo caso, se debe identificar y revisar la normativa aplicable para el momento en el que se esté desarrollando la estructuración; esto es, todas aquellas disposiciones que modifiquen agreguen o reemplacen las citadas normas.

Capítulo 3.

3 Definición del proyecto

El principal producto de la estructuración técnica es definir el proyecto, tanto en iniciativas privadas como públicas. Esto significa determinar el alcance, la ubicación geográfica del mismo, la población afectada, la demanda estimada y los servicios que esperan sean prestados por la infraestructura de la Alternativa preferida.

Las actividades normales durante la ejecución de un proyecto bajo esquema de APP son el diseño, la construcción, la financiación, la operación, el mantenimiento y la reversión. Así, el estructurador debe definir claramente, en el alcance del proyecto, las actividades que espera sean realizadas. Vale la pena resaltar que la Ley colombiana obliga a que, como mínimo, un contrato de APP debe contemplar las labores de operación, mantenimiento y reversión. La estructuración técnica del proyecto debe especificar los requerimientos y estándares técnicos en cada una de estas actividades.

Asimismo, para los casos de ampliación, adecuación o remodelación de infraestructura existente que se encuentre en operación y que no sea posible interrumpir (por ejemplo, para servicios de salud o educación), se debe considerar la evaluación de un plan de contingencia y la identificación del impacto económico, logístico y social de dicho plan.

Los estudios técnicos deben desarrollarse, al menos, hasta la Fase 2 correspondiente a un nivel de factibilidad, lo cual no excluye que el estructurador realice estudios técnicos en Fase 3 (diseño de detalle) cuando desee mantener el control sobre alguna de las etapas de la concesión, tales como el diseño o la construcción. Sin embargo, la entidad debe ser consciente de que mantener el control sobre estas actividades significa absorber los posibles riesgos que se deriven de ellas.

En caso de que el diseño del proyecto quede a cargo del contratista, es responsabilidad del estructurador de la propuesta una descripción detallada de los servicios que espera recibir una vez la infraestructura se encuentre en operación. La definición del proyecto se construirá desde el trabajo llevado a cabo en la fase de Prefactibilidad o los análisis previos.

En fase de Factibilidad de la etapa de Estructuración, servirá como guía los resultados del Caso Estratégico desarrollado en la etapa de prefactibilidad. El alcance determinado a nivel de factibilidad debe corresponder a un resumen de fácil comprensión de todo el proyecto, definiendo a nivel cualitativo los espacios requeridos y cuantificando sus áreas y componentes de infraestructura, así como los equipos que requiere dicha infraestructura para operar.

Capítulo 4.

4 Especificación de requerimientos y estándares técnicos, de ingeniería, diseño, operación y mantenimiento del proyecto seleccionado

En la mayoría de los contratos de APP las responsabilidades frente al diseño y la construcción se transfieren al socio privado, por lo que, las entidades públicas no pueden realizar un seguimiento directo del desarrollo de las obras y de los estándares técnicos que el privado utiliza en su realización. Sin embargo, incluso en una APP la infraestructura a realizar debe cumplir con una serie de requerimientos y estándares técnicos que toda infraestructura pública por ordenamiento jurídico debe cumplir.

La estructuración debe realizar una completa recopilación de todos los requerimientos y estándares técnicos que el proyecto deberá contemplar sin importar las elecciones que realice el privado en las actividades que son de su competencia y de las cuales asume los posibles riesgos a que haya lugar. Adicionalmente, si el socio público tiene requerimientos específicos en la construcción, el diseño, operación y mantenimiento, tales como especificidades en el diseño arquitectónico, restricciones sobre aspectos mínimos de funcionalidad del proyecto (obras mínimas esperadas, volúmenes mínimos, actividades de explotación comercial permitidas, preservación de infraestructura conexas, entre otros) deberá detallar técnicamente en qué consisten y cuáles son las responsabilidades del contratista.

En el Anexo-prefactibilidad del sector correspondiente – Alcances de estudios y diseños técnicos para la fase de Prefactibilidad, se presenta un resumen de la principal normativa, requerimientos y estándares técnicos a tener en cuenta en la infraestructura del sector. Este inventario no es exhaustivo, ya que cada proyecto puede contener requisitos y estándares técnicos específicos al proyecto, pero sirve de base para mostrar cómo interactúan con las labores que desempeñará el privado en la ejecución del contrato.

Capítulo 5.

5 Definición de niveles de servicio esperado, indicadores de desempeño y disponibilidad

Como se describió anteriormente, en una APP la prestación de los servicios que ofrece la infraestructura pública es el objetivo final del proyecto. Etapas como el diseño o la construcción de la infraestructura, dejan de ser objetivo, por lo cual es labor del socio público describir, de la mejor manera posible, cuáles son los niveles de servicio que espera como producto de la ejecución del proyecto.

Para la definición de estos niveles, es importante establecer claramente la necesidad pública, establecer cuál es la base sobre la cual el proyecto se ejecuta y determinar, de manera realista, las mejoras que la ejecución del proyecto puede tener sobre la población beneficiada.

A partir de la batería inicial de indicadores identificados en la fase de Prefactibilidad y según la retroalimentación del socio público, en la fase de Factibilidad se ajustan y complementan los indicadores, según los tres tipos sugeridos: Indicadores de gestión, Indicadores de servicio e indicadores de mejora continua. Para ello, el DNP ha elaborado una batería de indicadores de desempeño y disponibilidad (NT-03 y las respectivas herramientas sectoriales HA-04) para que las entidades públicas y sus estructuradores tengan una base conceptual para construir la batería de indicadores de sus proyectos específicos.

Los **indicadores de gestión** están diseñados para evaluar el desempeño de la estructura organizacional o el modelo de gestión que el contratista desarrolla para implementar el proyecto. Estos indicadores deben orientarse a todas las etapas de gestión del proyecto, ya sea la verificación de la implementación del manual de organización, del manual operativo, del manual de control interno y sus procedimientos y políticas (recursos humanos, calidad, clientes, entre otros) y la medición de las labores desarrolladas por el contratista para establecer una Mesa de Atención Operativa (MAO), la cual permita generar informes sobre el desempeño del contratista frente a las órdenes de servicio recibidas, genere los reportes periódicos que el interventor del proyecto solicite y permita a la entidad pública un constante seguimiento en tiempo real del desempeño del contratista.

Los siguientes indicadores son ejemplo de indicadores de gestión comunes:

Tabla 1. Indicadores de gestión comunes

Indicador	Categoría de falla	Tiempo de rectificación	Método de supervisión
El contratista cuenta con manual de la organización no objetado durante la vigencia del contrato	mayor	7 días	revisión trimestral aleatoria
El contratista cuenta con manual operacional no objetado durante la vigencia del contrato	mayor	7 días	revisión trimestral aleatoria
El contratista provee personal especialmente capacitado para la atención de la mesa de atención	mayor	24 horas	Revisión aleatoria mensual de los funcionarios del MAO

Indicador	Categoría de falla	Tiempo de rectificación	Método de supervisión
operativa – MAO			

Los **indicadores de servicio** son el eje fundamental de cómo el sector público evalúa al contratista y están ampliamente ligados con los mecanismos de pago de contrato. A diferencia de los otros indicadores, los de servicio variarán considerablemente dependiendo del objeto del proyecto de infraestructura. Mientras que en un proyecto de edificación pública, servicios como el aseo, la vigilancia y el mantenimiento son fundamentales, en una carretera o aeropuerto, los indicadores se centran más en la efectividad de la prestación del servicio público (eliminación de embotellamientos, o el cierre de la infraestructura).

Así, es muy importante determinar qué servicios prestará el inversionista y cuáles no. Por ejemplo, los hospitales o colegios públicos pueden fracasar debido a ineficiencias en la prestación del servicio público que no está a cargo del contratista (falta de profesores o médicos) o las cárceles pueden fallar debido a la ineficiencia en los servicios de vigilancia del estado. Así, los indicadores deben referirse exclusivamente a actividades en donde el contratista tiene la responsabilidad y su medición debe limitarse al desempeño del servicio y no de la totalidad del proyecto.

Los siguientes indicadores son ejemplo de indicadores de servicio comunes:

Tabla 2. Indicadores de servicio comunes

Indicador	Categoría de falla	Tiempo de rectificación	Método de supervisión
El personal de servicio realiza la pintura integral de muros y carpinterías al menos cada 3 años	media	7 días	revisión mensual aleatoria
Tiempo de respuesta en la ejecución de las reparaciones/ subsanaciones de deterioros que afecten a la seguridad de la vía	mayor	1 hora	registro en el sistema de control de la vía
El contratista garantiza un control de terminales de alta calidad, oportuno y proactivo, asegurando la plena operatividad y confiabilidad de los componentes involucrados, teniendo como premisa la seguridad operativa del aeropuerto y la no afectación de las operaciones aéreas	mayor	Variable según el tipo de falla	Revisión mensual aleatoria de la operación por parte de la Entidad Contratante

Los **indicadores de mejora continua** buscan generar incentivos para que el contratista mejore la calidad en la prestación de los servicios que opera. Estos indicadores se alimentan de los resultados de los indicadores de servicio y su objetivo principal es dar información suficiente al contratista para analizar las fallas presentadas anteriormente y evaluar los posibles correctivos para que estas fallas no se presenten a futuro.

Normalmente, estos indicadores no afectan los mecanismos de pagos del contrato, sin embargo, su utilización reduce las deducciones que el contratista sufre como consecuencia de incumplimiento en los indicadores de servicio.

Los siguientes indicadores son ejemplo de indicadores de mejora continua comunes:

Tabla 3. Indicadores de mejora continua comunes

Indicador	Categoría de falla	Tiempo de rectificación	Método de supervisión
La Contratista mantiene su desempeño dentro de los rangos de desempeño de Mejora Continua No Objetados, durante la totalidad de cada año contractual.	Mayor	48 hs	Revisión trimestral aleatoria de documentación operativa por parte de la Entidad Contratante
Tiempo promedio de atención a Solicitudes de Servicio de "emergencia".	Mayor	1 hora	registro en el sistema de control de la vía
En el caso de que las Encuestas de Satisfacción arrojan un porcentaje por debajo de los establecidos para cada Servicio en los Indicadores de Servicio, la Contratista presenta a la Entidad Contratante, en un plazo máximo de siete (7) días, después de registrados los resultados de las Encuestas, un Plan de Acción para la corrección o reingeniería de los procesos involucrados.	NA	24h	Documentación recibida en tiempo y forma

Capítulo 6.

6 Costos del proyecto

Es labor del estructurador elaborar, presentar y soportar un presupuesto desglosado por capítulos técnicos de todos los componentes implícitos en el desarrollo del proyecto, incluyendo cantidades y precios de cada uno. Adicionalmente, se debe incluir presupuestos globales de cada uno de los aspectos ambientales, seguridad y salud en el trabajo, sociales, manejo del tránsito, interventoría y diseños.

Teniendo en cuenta que, como en muchas APP el diseño y la construcción son responsabilidad del socio privado, el estructurador desarrolla un presupuesto sobre un proyecto con diseño a nivel de factibilidad, el cual debe servir como base para estimar los requerimientos de recursos públicos, el desarrollo del modelo financiero y la valoración de riesgos.

Se deben presentar las cantidades estimadas de la Alternativa Preferida desglosado por capítulos técnicos, con base en la solución de ingeniería del estructurador, en los cuales se segregan o distinguen todos los componentes o ítems que involucren cada especialidad técnica con el respectivo precio estimado (Ej: m2 de espacio público, m2 de pavimentos, m2 de estructuras, ml de redes).

Para cada uno de los componentes agrupados por capítulos técnicos, se presentan los costos de referencia, para lo cual se pueden utilizar los costos de proyectos similares que se hayan realizado anteriormente, estudios de precios de mercado que realice el mismo estructurador con posibles contratistas, el concepto experto del equipo de ingenieros del estructurador del proyecto, entre otras fuentes, que permitan determinar un costo base sobre una posible solución a la necesidad pública que haya que atender.

Para determinar la solución óptima del proyecto de referencia, se sugiere utilizar la herramienta de Análisis de costos durante la vida del proyecto (Life Cycle Costs Analysis- LCCA), la cual permite determinar la opción más efectiva (en términos de costos) entre diversas soluciones que técnicamente son igualmente válidas.

Este proyecto de referencia podrá ser modificado sustancialmente a la baja por el contratista una vez inicie la ejecución del contrato, no obstante, los costos de referencia del proyecto deben ser similares, ya que, sin importar el cambio en los diseños, éstos deben estar basados en los precios que establece el mercado para el desarrollo de este tipo de infraestructura y se deben enmarcar dentro del alcance del contrato. Si la entidad pública desea la realización de unas obras mínimas o desea obligar al contratista a utilizar una tecnología de construcción específica, estos costos deben quedar detallados en el presupuesto de referencia y adicionalmente deberán quedar consignados como una obligación contractual en los anexos técnicos del contrato.

Se sugiere limitar el número de obras obligatorias de los contratos a lo estrictamente necesario, pues su presencia limita la capacidad del contratista privado para desarrollar soluciones óptimas y generar ahorros producto de la innovación que el sector privado esté en capacidad de ofrecer. Adicionalmente, los sobrecostos que se produzcan producto de errores en el diseño de estas obras obligatorias recaerán en su totalidad sobre el socio público.

Capítulo 7.

7 Estudios de demanda

Si una de las fuentes de ingreso del proyecto está dada por el cobro de una tarifa a los usuarios de la misma, es imprescindible la realización de un estudio de demanda en la etapa de factibilidad. Los estudios de demanda son también importantes en el caso de infraestructura social para calcular la capacidad requerida, tanto presente como futura, por ejemplo, de una escuela u hospital.

El estructurador deberá realizar los estudios técnicos que permitan determinar una línea base sobre la cual se pueda pronosticar, con un nivel aceptable de confianza, el comportamiento futuro de la demanda del proyecto. Para realizarlos debe como mínimo tener claridad sobre los siguientes elementos:

- El nivel actual de demanda (satisfecha e insatisfecha).
- El nivel de demanda inducida que el proyecto genera.
- Los determinantes del nivel de crecimiento de la demanda anual.
- Los supuestos macroeconómicos que afectan la demanda futura.
- La competencia de otra infraestructura que exista o se vaya a realizar en la vida del proyecto.
- La elasticidad de los precios.
- Los incrementos generados por otras infraestructuras complementarias que se realicen en el área de influencia del proyecto.

En la fase de Factibilidad se debe verificar, complementar y ajustar el estudio de demanda realizado en fase de Prefactibilidad definido en el Anexo-Prefactibilidad, conforme a la toma de información primaria realizada.

El estudio de demanda en la fase de Factibilidad debe incluir un análisis de transporte basado en modelos de macro modelación¹, realizado a partir de información primaria, y como sustento para la toma de decisiones, mediante el cual se identifica la matriz origen destino, la demanda y sus proyecciones.

Con la información primaria² se actualiza y calibra el modelo desarrollado en la etapa de prefactibilidad, si se desarrolló modelo en dicha fase, tanto para la situación actual, como para las proyecciones y escenarios de análisis. Con ello, se entrega un informe sobre el modelo, con descripción sobre los supuestos y proyectos considerados, incluyendo los principales resultados

¹ Según el Anexo A de la Resolución No. 20203040013685 de 2020 del Ministerio de Transporte, el modelo de transporte (demanda) para el caso de proyectos Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) y Sistemas Integrados de Transporte Público (SITP) que requieran cofinanciación por parte de la Nación debe ser basado en el modelo de cuatro pasos (generación-atracción, distribución, escogencia modal y asignación); para el caso de proyectos Sistemas Estratégicos de Transporte Público (SETP), debe ser un modelo tradicional de asignación de demanda; y para el caso de proyectos Sistemas Integrados de Transporte Regional (SITR), deberá corresponder a un modelo de cuatro pasos, cuando el sistema principal que lo integra es el SITM, para los demás será un modelo tradicional.

² Entre la información primaria que se puede incluir para ejecutar en fase de Factibilidad están: aforos, encuestas origen -destino (O-D), encuestas de preferencia declarada o revelada, medición de velocidades, si aplica, ascensos y descensos de pasajeros de transporte público, Frecuencia y Ocupación Visual (FOV) de transporte público y análisis de capacidad de pago de los usuarios

como pasajeros transportados, demanda de la hora pico, demanda diaria, costo generalizado, entre otros, así como los soportes del modelo.

7.1 Transporte público urbano

El estudio de demanda para los sistemas de transporte urbano debe incluir como mínimo lo siguiente para la Alternativa Preferida:

- Recopilación de información secundaria y primaria (según lo definido en fase de Prefactibilidad) y propuesta de metodología para la realización del estudio. Se recomienda realizar los siguientes estudios de campo: aforos vehiculares, encuestas origen-destino, frecuencia y ocupación visual de transporte público, encuestas de preferencias declaradas y medición de velocidades.
- Estudio de capacidad de pago de los usuarios.
- Identificación de tarifas actuales y modelo de remuneración.
- Caracterización de la movilidad del proyecto, para la situación actual (demanda y oferta actual del servicio).
- Formular el modelo del servicio (funcional/operacional) de la infraestructura o conjunto de infraestructuras.
- Incluir una descripción de la articulación del proyecto con la visión del territorio en concordancia con los POT y las herramientas de planeación urbana vigentes, incluyendo, pero no limitándose al Plan de Movilidad Sostenible y Segura³, si este existe.
- El análisis, incluida la construcción de escenarios futuros, deberá considerar los proyectos que se planea implementar durante la vida del proyecto, en concordancia con lo estipulado en el POT y Plan Maestro de Movilidad Sostenible y Segura, como instrumentos de planificación del territorio
- Realizar las proyecciones de la demanda y de ingresos, a partir del modelo de macro simulación, y un modelo de expansión. El modelo y las proyecciones de demanda deben considerar de forma explícita la interacción y relación con los sistemas y/o proyectos de transporte público urbano y regional existentes y planificados. Esto incluye el esquema tarifario al usuario y la gobernanza operacional (incluyendo los supuestos de integración con los otros modos existentes).
- El análisis deberá considerar escenarios de sensibilidades incluyendo variables como: proyectos que se planea desarrollar durante el periodo definido para el proyecto, en concordancia con el POT y el Plan Maestro de Movilidad Sostenible y Segura vigentes, niveles de integración tarifaria con otros sistemas o proyectos, y diferentes niveles de tarifa al usuario, entre otros.
- Realizar el dimensionamiento y cuantificación de material rodante, incluyendo la definición de tipología y tecnología vehicular.

³ Resolución 20203040015885, o la vigente

- Definir los parámetros operacionales y funcionales requeridos de la infraestructura de soporte, que sirven de insumo para el diseño. Entre la infraestructura de soporte se entiende: estaciones, patios, terminales, plataformas, áreas generales operativas, complementarias y administrativas, entre otras.
- En caso de afectar servicios actuales se debe realizar un esquema de reorganización del servicio actual.
- Documento descriptivo de la integración física, tarifaria y operacional del proyecto y sus efectos para la movilidad regional.
- Validación de la tipología y tecnología vehicular.
- Cuantificación de costos de operación, mantenimiento y reposición de vehículos.
- Plan de Implementación y la infraestructura para la operación del servicio. Este plan deberá desarrollarse en orden de prioridad para los componentes operacionales, de información, de gestión y control de la operación y de recaudo.
- Modelo operacional: se deben incluir los parámetros operacionales mínimos, como son: frecuencia, carga máxima por corredor, Índice de Pasajero Kilómetro – IPK, Índice de Pasajero por Vehículo -IPV, Índice de Kilómetros por Vehículo – IKV, Índice de Pasajeros por Metro cuadrado – IPM2, entre otros.

7.2 Autopistas Urbanas

El estudio de demanda de autopistas urbanas tiene como base los requisitos exigidos por el INVIAS para carreteras, el cual deberá como mínimo incluir lo siguiente para la Alternativa preferida:

- Recopilación de información secundaria y primaria (según lo definido en fase de Prefactibilidad) y propuesta de metodología para la realización del estudio.
- Caracterización de la movilidad del proyecto, para la situación actual (demanda y oferta actual del servicio).
- Se recomienda realizar los siguientes estudios de campo: aforos vehiculares, encuestas origen-destino, frecuencia y ocupación visual de transporte público, encuestas de preferencias declaradas, aforos peatonales y de bici-usuarios y velocidades.
- Análisis de seguridad vial, en donde se evidencien los puntos críticos de conflicto entre los diferentes flujos de usuarios de la infraestructura, y las recomendaciones de diseño en éstos.
- Ubicación georreferenciada de pasos peatonales y/o de bici-usuarios, actuales y si se proyectan nuevos con la implementación del proyecto.
- Análisis de costos operacionales de transporte.
- Estudio de estimación y pronóstico de tráfico a nivel de factibilidad a partir del modelo de macro simulación que indique los volúmenes que se movilizarán sobre el

corredor.

- Análisis de flujos de transporte.
- Proyecciones de crecimiento de la demanda incluyendo los indicadores utilizados para su determinación.
- El análisis deberá incluir considerar la Alternativa Preferida con sus sensibilidades, basados en los proyectos que se planea desarrollar durante la implementación del proyecto, en concordancia con lo estipulado en el POT y Plan de Movilidad Sostenible y Segura vigentes, como instrumentos de planificación del territorio.
- Identificación de tarifas aplicables para la modalidad de cobro de peaje propuesta.
- Análisis de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS, por sus siglas en inglés) para la tecnología de peaje, referido como los sistemas para el cobro electrónico de peajes conocido como Electronic Toll Collection System, mediante el sistema de Telepeaje, que opera con equipos de lectura dinámica electrónica de dispositivos instalados en los vehículos.
- Análisis de capacidad y nivel de servicio del corredor.
- Entregar el número de vehículos que circulan en secciones diferentes del corredor del proyecto para el cálculo de ejes equivalentes.

Capítulo 8.

8 Estudios y diseños técnicos

En la fase de Factibilidad, el estructurador deberá desarrollar los estudios de carácter técnico que fueron determinados en la fase de Prefactibilidad como mínimos para lograr la ejecución del proyecto de la alternativa Preferida. Estos estudios normalmente son subcontratados por estructuradores con firmas especializadas en este tipo de estudios técnicos.

Es importante determinar en detalle el cronograma de realización de los mismos, en vista de que sus resultados son fundamentales para determinar la solución de ingeniería que determinará el diseño de referencia que a su vez establecerá los costos del proyecto y el modelo financiero.

8.1 Topografía

Obtener la representación gráfica del predio y sus detalles de manera precisa a partir de tecnología 3D y/o topografía convencional, capturando en campo nubes de puntos 3D georreferenciadas para obtener modelos digitales de terreno y de superficie, curvas de nivel, ortofotos y/o imágenes fotográficas, y dibujar en planos planta perfil los detalles principales para el diseño preliminar del proyecto, como lo son bordes de vía, antejardines, paramentos, divisiones prediales, árboles y ubicación de redes secas e hidrosanitarias principales.

En la zona de estudio definida para el proyecto, se deberá realizar el estudio topográfico que cumpla como mínimo con las siguientes especificaciones:

- Cálculos referidos al sistema de referencia Magna-Sirgas como Datum horizontal oficial.
- El datum vertical para referir todo tipo de mediciones debe guardar armonía con las Redes de Nivelación y Mareógrafos del IGAC. La nivelación geométrica y contra nivelación deben estar sujetas a NP (Puntos de Nivelación) del IGAC.
- La georreferenciación deberá tener un error máximo de 0,03m en coordenadas horizontales y de 0,008m por kilómetro en coordenadas verticales.

El estudio topográfico debe cumplir con las Normas, Resoluciones, Convenios, Guías y demás normatividad vigente.

8.2 Urbano y espacio público

Desarrollar un anteproyecto urbano de acuerdo con las necesidades del proyecto planteado, donde se tenga en cuenta elementos orientados a generar la integración de los sistemas de movilidad, espacio público, equipamientos, según aplique.

Las soluciones urbanas que se planteen deben responder a los instrumentos de planeación y a la normatividad vigente, así como cumplir con estrategias mínimas de:

- Transporte sostenible
- Sostenibilidad ambiental e integración del diseño paisajístico en coherencia con la propuesta ambiental.

- Conectividad peatonal y accesibilidad universal.

Lo anterior debe permitir articular coherentemente todos los componentes del proyecto con relación a la estructura general del lugar de emplazamiento, considerando las características identificadas la topografía y demás información del entorno, de tal manera que se pueda realizar una estimación confiable del presupuesto general de la propuesta de intervención urbana.

Adicionalmente, se deben desarrollar los instrumentos complementarios de planeamiento territorial, en caso de aplicar, como son los planes de implantación, planes de regularización y manejo, planes de manejo y protección o los que establezca el POT vigente, así como realizar el trámite para su aprobación.

Se deben tener en cuenta los alcances mínimos BIM solicitados en el capítulo 9.

8.3 Arquitectura

En esta fase se debe realizar un diseño arquitectónico a nivel de Anteproyecto en una escala adecuada según la magnitud del proyecto, para la infraestructura de soporte que se haya identificado en la fase de Prefactibilidad para la alternativa preferida.

Dentro del anteproyecto se debe desarrollar los siguientes aspectos, sin limitarse a ellos, teniendo en cuenta las necesidades, el programa de áreas y la ocupación:

- Implantación preliminar, el cual se refiere a la volumetría y carácter espacial de las edificaciones y espacios, cuya finalidad es indicar, localizar y zonificar los diferentes usos del proyecto.
- Definición de programa arquitectónico.
- Definición de parámetros de diseño bioclimático.

El anteproyecto debe reflejar la configuración espacial y formal del proyecto, los accesos y sistemas estructurales, representado mediante dibujos a escala, planta, cortes y fachadas perspectivas suficientes para la comprensión arquitectónica y urbana planteada.

Se deben tener en cuenta los alcances mínimos BIM solicitados en el capítulo 9.

Adicionalmente se deberán entregar volumetrías del proyecto (imágenes 3D y/o videos).

8.4 Tránsito

Se refiere a la evaluación de los impactos en la movilidad del área de influencia del proyecto, a partir de una modelación de tránsito.

Los estudios de tránsito en general están compuestos de cuatro partes:

- Descripción general del proyecto con el marco conceptual y metodológico del estudio
- Actividades de recolección, procesamiento y análisis de la información secundaria
- Acciones de seguridad vial con el análisis de medidas de gestión que garantizan la operación segura desde el punto de vista de movilidad y análisis de tránsito

- Conclusiones y recomendaciones del estudio.

El alcance de las actividades del estudio de tránsito en esta fase depende del tipo y magnitud del proyecto. En cualquier caso, se deben mantener mesas de trabajo permanentes con la entidad de movilidad o planeación, según aplique en la entidad territorial donde se desarrolla el proyecto.

Para **corredores viales** a partir de una modelación se hace un cálculo de capacidad y nivel de servicio. A partir de estos resultados se define el ordenamiento vial (sentidos), la ubicación y caracterización de paraderos, semáforos, bahías y la ubicación de pasos peatonales y/o de bici-usuarios en los casos en los que aplique. Igualmente, se realiza un análisis de intersecciones a lo largo del corredor. Por último, se debe entregar el número de vehículos que circulan en secciones diferentes del corredor del proyecto para el cálculo de ejes equivalentes.

Para el caso de **intersecciones vehiculares** se deben evaluar diferentes alternativas de solución, ya sea a nivel o a desnivel (elevado o deprimido), y se realiza un esquema conceptual de las alternativas analizadas. Para cada una de las alternativas planteadas, a partir de la modelación, se hace un cálculo de capacidad y nivel de servicio.

En el caso de los **puentes peatonales** se debe hacer una caracterización, es decir, determinar el tipo de corredor, y evaluar la ubicación del puente en función de la demanda, la capacidad y la conectividad.

8.5 Suelos y geotecnia

En esta fase deben realizarse los estudios de campo definidos en la fase de Prefactibilidad, los cuales se deben georreferenciar, para realizar un predimensionamiento de las opciones de geotecnia para las edificaciones o contenciones planteadas.

Deben ejecutarse como mínimo:

- Para puentes: mínimo 1 sondeo por apoyo con una profundidad suficiente para traspasar suelos no aptos para fundación y alcanzar materiales competentes.
- Para obras lineales (vías, ferrocarriles etc.): un sondeo mínimo cada 250 m.
- Para edificaciones menores de tres alturas: mínimo 3 sondeos de 6 m de profundidad c/u y mayores de 3 alturas 3 sondeos de 15 m de profundidad.

A partir de información primaria y secundaria, se deberá realizar una caracterización geotécnica de la zona de estudio para las estructuras y recomendar una opción de solución a partir de los análisis realizados.

Se deberán identificar potenciales problemas geotécnicos, en caso de aplicar.

Hacer una estimación aproximada de los costos de las estructuras geotécnicas requeridas en la franja o zona de intervención.

8.6 Pavimentos

En esta fase deben realizarse los estudios de campo definidos en la Prefactibilidad (mínimo un apique cada 200 m con los respectivos ensayos) para realizar un predimensionamiento de las opciones de pavimento, considerando asimismo los resultados de tránsito y estimación de los ejes equivalentes.

A partir de información primaria y secundaria, se deberá realizar una caracterización geotécnica de la zona de estudio para las estructuras de pavimento.

Adicionalmente, se debe hacer un diagnóstico de **pavimentos existentes** a partir de una inspección visual y los estudios de campo definidos en la fase de Prefactibilidad (mínimo un apique cada 200 m con los respectivos ensayos, deflectometría con puntos cada 50 m y barrenos cada 100 m) para presentar a nivel de prediseño una propuesta de solución para estructuras de pavimento y espacio público.

Hacer una estimación aproximada de las cantidades de las estructuras de pavimento requeridas en la franja o zona de intervención.

8.7 Estructuras

Para estructuras existentes, se debe realizar un análisis del estado estructural y funcional por medio de las pruebas o ensayos que se recomienden en la etapa de prefactibilidad y en caso de que la inspección visual lo indique. Adicionalmente, se debe plantear un prediseño para el reforzamiento de las mismas, en los casos en que se considere necesario. Igualmente, cuando se determine la demolición de estructuras, se deberá realizar un informe técnico que lo justifique.

Para estructuras nuevas deberá hacerse un inventario de elementos requeridos, definiendo las opciones de estructura recomendadas, conforme al diseño geométrico y urbano y la estimación de cantidades que permita determinar el presupuesto de las obras.

Se deberá realizar un prediseño para cada una de las estructuras nuevas requeridas, que incluye el predimensionamiento y caracterización de los materiales, y las memorias del análisis.

Adicionalmente se deben estimar las cantidades preliminares para el capítulo de estructuras de presupuesto.

8.8 Diseño geométrico

En esta fase se busca profundizar en el prediseño de la Alternativa preferida más viable seleccionada en la etapa anterior.

El prediseño se realiza con base en el levantamiento topográfico, la información geológica y geotécnica, bases catastrales y de servicios públicos y el estudio de tránsito.

Para la alternativa de geometría seleccionada se deberá adelantar el diseño en planta - perfil y en sección transversal (ancho de calzada, número de carriles, bermas, andenes, ciclorrutas, separadores y demás) en escalas adecuadas. El diseño geométrico debe permitir adoptar la reserva vial del proyecto, en caso de aplicar este instrumento en la entidad territorial.

Si el trazado seleccionado atraviesa zonas de diferente topografía, éstas deberán considerar el prediseño de los perfiles longitudinales.

El prediseño deberá permitir la cuantificación de movimientos de tierras para la estimación del presupuesto.

8.9 Redes e instalaciones hidrosanitarias

En esta fase se deberá realizar el prediseño de las obras de protección y traslados de redes externas y conexiones domiciliarias de acueducto y alcantarillado, que tengan incidencia con la alternativa del proyecto seleccionada

Adicionalmente, se deben identificar los trámites a realizar ante la empresa de acueducto y alcantarillado, en cuanto a requerimientos y necesidades de rehabilitación, renovación, aumento de capacidad y expansión, de redes externas y conexiones domiciliarias en el área de influencia del proyecto.

8.10 Redes e instalaciones eléctricas y gas

Se debe hacer visita de campo para ajustar el diagnóstico realizado en la fase de prefactibilidad, mediante verificación visual del mobiliario urbano y la infraestructura superficial de redes secas.

Adicionalmente, se debe revisar las redes existentes y los planes de expansión futura de las Empresas de Servicios Públicos (EPS).

Realizar el prediseño de las obras de protección y traslado de redes externas, en caso de aplicar.

Con base en las normas y la regulación vigente que aplique a cada tipo de red, se debe definir el alcance de este componente; así como el marco legal bajo el cual se ejecutarán los trabajos dentro de dicho alcance.

Dentro de esta etapa deben identificarse todos aquellos elementos que interfieran con el desarrollo de la vía y el espacio público como postes de alta tensión, transformadores, etc.

8.11 Instalaciones y equipos mecánicos

Se deberá realizar un análisis de opciones y la definición de las especificaciones básicas de los componentes electromecánicos y complementarios que harán parte del proyecto, para garantizar así su operación de forma confiable y segura.

De acuerdo con lo identificado en fase de Prefactibilidad se desarrolla el prediseño para los sistemas mecánicos que se hayan definido, en caso de aplicar. De lo contrario se dejan listados los requerimientos técnicos generales a considerar en la siguiente etapa de proyecto.

8.12 Estudios prediales

En esta fase se debe hacer un análisis predial para la Alternativa seleccionada, desde los siguientes aspectos:

- Estudios cartográficos, catastrales y conformación de bases de datos. La cartografía genera información de mayor precisión, ya que en esta fase de factibilidad se superpone

la línea de intervención y los lotes afectados con la topografía del proyecto y se debe realizar una categorización de las zonas georreferenciadas con base en el análisis de los planos urbanísticos. Se deben plantear los ajustes necesarios a la línea de intervención para generar el trazado que constituirá la reserva vial, en caso de aplicar, para la futura adquisición de los predios.

- Estudio jurídico de los predios identificados. Se debe analizar los predios elegidos en una muestra, incluidos los casos especiales, realizando las consultas de los folios de matrícula inmobiliaria, las escrituras públicas de casos especiales y diligenciando los formatos para efectuar el análisis predial.
- Estudio socioeconómico de las unidades sociales ubicadas en los predios requeridos. Se profundiza, con información primaria, la identificación y caracterización preliminar de las unidades sociales presentes en el proyecto realizando lo siguiente:
 - Identificar el número y tipologías de las unidades sociales
 - Realizar el cálculo preliminar de reconocimientos económicos (compensaciones)
 - Realizar el presupuesto estimado y aproximado para la gestión predial, involucrando los valores de los predios.
 - Estimación de unidades sociales

Asimismo, en el estudio predial se deberá:

- Identificar cualquier tipo de afectación predial
- Identificar, analizar y validar los principales riesgos prediales asociados al proyecto
- Identificar permisos y/o autorizaciones requeridas por parte de los propietarios
- Estimar de manera preliminar los precios de la afectación predial conforme a los índices del mercado.

Capítulo 9.

9 Metodología BIM

Building Information Modelling (BIM) es un proceso colaborativo a través del cual se crea, comparte y usa información estandarizada en un entorno digital durante todo el ciclo de un proyecto de construcción. Es común que se incluya una combinación de modelos 3D ricos en información y datos estructurados asociados, así como información sobre el producto, la ejecución y la entrega.

En esta sección se describen las acciones y directrices mínimas para la implementación de la metodología BIM en la fase de Factibilidad, para proyectos de infraestructura pública en los sectores de educación, agua potable y saneamiento básico, salud, edificaciones públicas, recreación y deporte, justicia, renovación y transporte urbano, lo cual parte del Anexo técnico BIM (ATB) creado en fase de Prefactibilidad (ver anexo de prefactibilidad del sector correspondiente), así como de la maduración del CDE y EIR.

Se especifican lineamientos generales, las cuales son transversales a toda la implementación de la metodología, para el desarrollo de las actividades BIM. Asimismo, se incluyen los lineamientos de gestión y modelado BIM a un nivel de anteproyecto, el cual debe estar soportado por las actividades de documentación del Plan de Ejecución BIM (BEP), documentación de requerimientos de información (OIR, PIR, AIR y EIR), y como resultado final de la implementación de la metodología en esta etapa, se genera el Anexo Técnico BIM (ATB) de vinculación con la siguiente etapa.

Adicionalmente, se presenta el Plan de Implementación BIM (BIP, por sus siglas en inglés), plantilla HA BIP, que incluye los requisitos mínimos que deben cumplir el socio privado y las entidades revisoras para la aplicación de la metodología, en caso de resultar viable la factibilidad del proyecto y para continuar a la siguiente etapa.

Todo esto acompañado de una serie de plantillas para la implementación de la metodología BIM, las cuales se anexan al presente documento (Plantillas BIM: HA Documentos ISO 19650, HA ATB, HA BEP, HA BIP).

9.1 Lineamientos generales

En esta fase se debe realizar, como mínimo, las siguientes actividades y requerimientos:

- Los interesados deben tener formación en modelado y metodología BIM para garantizar el éxito de la implementación en todo su potencial.
- Se actualiza la información de la fase anterior, según los estudios e información levantada en fase de Factibilidad, garantizando que se entregue información base de preexistencias y de diseño, según los alcances técnicos de las diferentes especialidades.
- Se recomienda continuar con el protocolo de nomenclatura y codificación estándar definido en la fase previa para todo el ecosistema BIM y especificar el estándar utilizado por parte del equipo BIM del proyecto. En caso de emplear una nomenclatura y codificación propia, entregar la explicación a utilizar para archivos y modelos del proyecto en el plan e ejecución BEP definido para el proyecto.

- Se recomienda mantener el Ambiente Común de Datos (CDE, por sus siglas en inglés) definido en la etapa previa para evitar procesos de migración de información que puedan generar pérdidas de información y problemas de vinculación. Se debe establecer el nivel de desarrollo del CDE, considerando el anexo 1 de la plantilla del BEP (HA BIP), y el mismo debe incluir las siguientes definiciones mínimas:
 - Gestión documental y banco de datos de almacenamiento masivo.
 - Gestión y visualización de modelos BIM y de planimetría de diseño asistido por computador (CAD, por sus siglas en inglés).
 - Garantizar la interoperación de todos los desarrollos y modelos BIM contemplados con un protocolo IFC, IDM, BCF y IDS específico (<https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/>), y los respectivos protocolos openBIM que se decidan aplicar según el nivel de madurez y dimensiones a implementar en cada proyecto.
 - Garantizar la seguridad general de la información, a partir de la gestión de permisos por usuario y control de acceso a la información según los niveles de acceso definidos por interesado y/o usuario.
 - Garantizar que todos los procesos y operaciones realizadas en el CDE sean trazables y extraíbles para su control y análisis en cualquier momento del proyecto por parte del BIM manager.
- De todos los desarrollos se debe poder extraer planimetría CAD desde los modelos a desarrollar.
- Todo el desarrollo BIM para esta fase debe ser utilizado como soporte en el desarrollo conceptual y técnico del proyecto para reuniones, conceptos, informes y cualquier desarrollo que pueda llegar a utilizar los entregables.
- Siempre que sea aplicable, se debe estructurar un modelo federado como base general del proyecto, compuesto por los submodelos que se lleguen a necesitar.
- Todos los modelos y planimetría de proceso y entregables debe estar georreferenciada con el sistema de coordenadas definido para el proyecto.
- Se deben hacer la asignación de información (meta data) a los modelos y objetos a desarrollar acorde a las necesidades de la fase y el análisis específico a generar.
- Debido al nivel de desarrollo a esta fase no se pueden generar aplicaciones de extracción de cantidades a detalle, coordinación a detalle, gestión de costos a detalle.
- El tamaño de los modelos no puede generar inconvenientes en el procesamiento y desarrollo de los modelos e incluso daños irreparables con reprocesos considerables.
- Crear y aplicar la documentación BIM de soporte a nivel de factibilidad, según se describe en el numeral 9.2.
- La información que sea cargada por parte de la entidad será validada por el equipo estructurador en la medida de sus posibilidades, pero no será su responsabilidad la

veracidad o precisión de la misma.

9.2 Lineamientos de gestión y modelado BIM

En fase de Factibilidad se deberá realizar, como mínimo, las siguientes actividades de gestión y modelado BIM:

- Definir el sistema métrico principal a utilizar y la gestión de georreferenciación para la alternativa seleccionada.
- Definir matriz de organización y estrategia de modelos federados PIM, que permita los siguientes usos BIM mínimos: análisis de sitio, modelado de condiciones existentes, estimación de costos, planeación de fases, programa arquitectónico, autoría de diseño, coordinación 3D.
- Definir la línea base de niveles de desarrollo para el proyecto.
- Crear la matriz LOD (niveles de desarrollo) para las especialidades técnicas aplicables al proyecto, según plantilla BEP y considerando el anexo 1 del mismo.
- Definir la estrategia de control de interferencias.
- Definir la matriz de control de calidad de los modelos.
- Definir la matriz de interoperación.

Adicionalmente, para el desarrollo del modelo PIM del esquema espacial básico, se deberá considerar como mínimo lo siguiente, en coherencia con los alcances técnicos de las especialidades:

- Urbanismo: información topográfica primaria, levantamiento específico en sitio con modelado mínimo a LOD 200, recomendado LOD 300 para identificar materialidad de ser necesaria.
- Vías: se necesita la mayor especificación en condiciones geométricas y no geométricas o se demanda mayor detalle con ubicación general de vías y una estimación de sus dimensiones y condiciones físicas.
- Redes secas: levantamiento y descripción específica de los elementos existentes principales de la red, en LOD 300, para los diseños se deben generar modelos esquemáticos en LOD 200 con ubicaciones específicas por elemento.
- Redes hidrosanitarias: levantamiento y descripción específica de los elementos existentes principales de la red, en LOD 300, para los diseños se deben generar modelos esquemáticos en LOD 200 con ubicaciones específicas por elemento.
- Edificaciones y estructuras: el modelado se debe manejar a un nivel LOD 200 para diseño y LOD 300 para preexistencias, además de permitir cargas de información necesarias.
- Señalización: se deben levantar y georreferenciar todas las señalizaciones relacionadas con accesibilidad y restricciones de movilidad y carga, de resto no es

necesaria su documentación.

- Edificaciones circundantes: se deben definir los inmuebles perimetrales de la locación a desarrollar, por medio de levantamiento topográfico a detalle o nube de puntos. El área del levantamiento de información se debe integrar a los alcances de las disciplinas de urbanismo, predial y ambiental ya que estas son de influencia directa en la etapa de factibilidad.

9.3 Requerimientos BIM y documentales

Como actividades documentales para la etapa de factibilidad, se tiene la maduración del BEP de la etapa anterior, así como la maduración de los documentos de requerimientos de información del proyecto (PIR, por sus siglas en inglés), requerimientos de intercambio de información (EIR, por sus siglas en inglés), y la creación de los requerimientos de información del activo (AIR, por sus siglas en inglés).

Finalmente, en esta etapa se desarrolla el anexo técnico BIM (ATB) para su aplicación en la siguiente etapa del proyecto.

A continuación, se describen los alcances y requerimientos mínimos para cada uno de los documentos señalados:

9.3.1 Plan de Ejecución BIM (BEP)

El Plan de Ejecución BIM (BEP) debe ser elaborado conforme a la plantilla anexa para garantizar la comprensión de la información por las partes y el entendimiento del flujo de información esperado, desde los procesos y el ciclo de vida, como base conceptual del desarrollo de la documentación BIM.

Toda la información consignada debe ser desarrollada y entregada a un nivel de prefactibilidad, teniendo en cuenta los alcances definidos para el proyecto y según los componentes técnicos aplicables al sector, con sus respectivos requerimientos e información relacionada.

El BEP, como mínimo, debe tener:

- Descripción del proyecto: Para este aparte de debe cargar la información general de proyecto, en donde se definen los datos de inicio de proyecto y gestión de información transversal al mismo.
- Marco técnico de referencia BIM del proyecto: Se debe entregar un glosario en donde se especifique y estructure todas las definiciones, términos y demás elementos que requieran una definición específica para el adecuado entendimiento y desarrollo de las actividades del proyecto BIM, siempre deben estar soportados por la fuente de origen.
- Objetivos y usos BIM (usos del modelo)
- Directorio de proyecto: Matriz donde se identifican los actores/participantes en el proyecto con su información de contacto, cargo y organización al que pertenecen.

- Matrices RACI: Esta serie de matrices RACI (pronunciado Ray-See) enumera las tareas involucradas en completar por procesos acorde a la planeación general del proyecto y asigna a las funciones responsables de cada elemento de acción, qué personal es Responsable y, cuando proceda, quién necesita ser consultado o informado, las cargas de información generadas en esta matriz se hacen acorde a la maduración del proyecto según las decisiones de la organización para esta etapa.
- Metodología de comunicación (citaciones y reuniones): Se define los criterios para el desarrollo de la citación y conclusiones de reuniones entre las partes durante todo el proyecto, dejando claras las actividades y partes de la misma.
- Estrategia de colaboración: Define todos los criterios de colaboración del ecosistema BIM de la organización aplicado al proyecto específico, basado en la definición del CDE, criterios de interoperabilidad y sus partes según las etapas y procesos a realizar estructurando las condiciones de nomenclatura y codificación de archivos.
- Niveles de desarrollo: Se define la línea base para los niveles de desarrollo de modelos e interconexión entre interesados para todo el proyecto, de manera que se cumpla como mínimo este criterio según las expectativas definidas en el OIR y PIR.
- Matriz LOD: Matriz donde se definiendo los niveles de desarrollo esperados para los componentes técnicos en general, definiendo los contenidos para entregar en los modelos por etapa.
- Organización y estructura de modelos federados: Matrices donde se estructura el orden y concatenación de los modelos a desarrollar en el proyecto, definiendo los niveles de vinculación entre modelos y los modelos específicos de cada nivel de anidación a desarrollar según el tamaño del proyecto.
- Control de calidad de modelos y procesos BIM: Matrices donde se estructura el orden y concatenación de los modelos a desarrollar en el proyecto, definiendo los niveles de vinculación entre modelos y los modelos específicos de cada nivel de anidación a desarrollar según el tamaño del proyecto.
- Estrategia de coordinación: Matriz se definen los niveles de gravedad de las interferencias halladas entre los diferentes componentes, definiendo de esta manera el nivel de gravedad de las colisiones y por tanto dando un criterio de priorización para el desarrollo de los procesos de coordinación de colisiones entre los componentes. Organizando así un método de desarrollo para la resolución de interferencias o colisiones entre los componentes técnicos del proyecto.
- Cronograma de proyecto BIM.
- Plan Maestro de Entrega de Información (MIDP, por sus siglas en inglés) ajustado al protocolo de codificación.
- Plan de Entrega de Información de Tareas (TIDP, por sus siglas en inglés).

9.3.2 Documentación requerimientos de información

Requerimientos de información de la organización (OIR)

En este documento no tiene desarrollo alguno en esta fase, todo su desarrollo se da en la etapa de prefactibilidad, según el anexo-prefactibilidad del sector.

Requerimientos de información del proyecto (PIR)

Acorde a los hallazgos de la etapa de prefactibilidad, evaluar y madurar este documento, según los objetivos y requerimientos que demanda el proyecto definido en el OIR, así como a las especificaciones técnicas de las disciplinas, localización, especificación a detalle del sitio y demás definiciones dadas en la fase de factibilidad (ver plantilla HA Documentos ISO 19650).

Para el alcance de factibilidad se deben analizar la implantación del proyecto y sus funcionalidades, analizando los cinco (5) lentes de análisis BIM, señalados en el marco técnico de la plantilla BEP Anexa (HA BEP), en orden de permitir al equipo BIM realizar el respectivo análisis de flujos de información y trabajo para el desarrollo del proyecto.

Requerimientos de Información del Activo (AIR)

Creación del AIR de inicio con base a la experiencia BIM de la organización y según la plantilla anexa (HA Documentos ISO 19650), donde se debe especificar el desarrollo a un nivel de anteproyecto de las necesidades principales del activo según los hallazgos y definiciones de las etapas previas y las definiciones de la factibilidad.

Requerimientos de Intercambio de Información (EIR)

Al finalizar la fase de Factibilidad, madurar el EIR definido en la plantilla anexa (HA Documentos ISO 19650), acorde a las definiciones y requerimientos dados en el OIR, AIR y PIR, para garantizar la integración, flujo de información y flujos de trabajo necesarios para el desarrollo de la siguiente etapa.

9.3.3 Anexo Técnico BIM (ATB)

Para el desarrollo del Anexo Técnico BIM (ATB), resultado de la etapa de factibilidad, para su aplicación en la siguiente etapa, se deben desarrollar y entregar las siguientes matrices, de acuerdo con la plantilla anexa (HA ATB):

- Descripción del proyecto
 - Descripción general
 - Alcance del proyecto.
 - Alcance por perfiles
- Objetivos y usos BIM
 - Definición del objetivo general y específico del proyecto, incluyendo

objetivos no BIM y objetivos BIM.

- Definición de los usos BIM aplicables, que respondan a los objetivos planteados. Se recomienda emplear la metodología BUA, para la definición de los usos que serán aplicados a la siguiente etapa (metodología BUA).
- Estatus BIM Interesados
 - Determinar y listar los interesados BIM del proyecto
 - Determinar y listar los interesados NO BIM del proyecto
- Niveles de desarrollo. Línea base de niveles de desarrollo para ser aplicados en la siguiente etapa.
- Ambiente común de información (CDE). Estructura y gestión de permisos CDE planteada.
- Perfiles y roles. Determinar los perfiles necesarios para el desarrollo del proyecto con énfasis BIM según los usos BIM definidos
- Marco técnico
- Madurar el EIR de la etapa que continúe en el ciclo de vida del proyecto acorde a los resultados del análisis de la presente etapa.

Como entregables se definen el modelo PIM para esquema básico con la estructura federada de modelos que se dé a lugar y el ATB factibilidad acorde a las definiciones y hallazgos de esta etapa.

Capítulo 10.

10 Componente socio-ambiental

Las obras y proyectos asociados con infraestructura necesaria en el desarrollo de los territorios generan efectos al medio ambiente que pueden resultar en impactos directos e indirectos sobre el medio natural y las comunidades. Por lo anterior, el equilibrio ambiental y social es una concepción que debe ser considerada en cualquier actividad desarrollada por el ser humano, ya que todas ellas en mayor o menor medida, conllevan unos impactos que deben ser gestionados de forma oportuna en búsqueda de la sostenibilidad que garantice las necesidades futuras.

Es por esta razón, que desde las primeras etapas de planeación de un proyecto es fundamental incorporar los criterios socioambientales como herramienta para determinar la viabilidad y disminuir los riesgos del proyecto en búsqueda de garantizar beneficios sobre los elementos involucrados en su desarrollo.

A partir de la alternativa seleccionada en la etapa anterior, se deberá presentar la información necesaria que permita establecer las determinantes socioambientales y de riesgos asociadas con el desarrollo del proyecto sobre las cuales se identifiquen y evalúen preliminarmente los impactos ambientales de la alternativa seleccionada y se formulen recomendaciones.

Se deberá revisar el marco legal en el cual se desenvolverá el proyecto determinando su cumplimiento.

La valoración socioambiental y de riesgos se hará con base en la información secundaria. Se complementará con visitas de campo y juicios de expertos que permitan definir en una forma aproximada los impactos asociados con el proyecto determinando de manera preliminar las medidas de prevención, control, mitigación y/o compensación. Se identificarán las deficiencias de información que causen incertidumbre, para la toma de decisiones.

Para esto se deberá revisar, entre otros:

- Su articulación con los instrumentos de ordenamiento del territorio⁴.
- Los objetivos socioambientales esperados por la ejecución del proyecto.
- Impactos o repercusiones negativas en la comunidad y el medio ambiente.
- Optimización y racionalización del uso de los recursos naturales.
- Confianza y participación pública para la aceptación del proyecto.
- Oportunidades, beneficios y problemáticas.
- Partes interesadas.
- Viabilidad a largo plazo mediante el aumento de la resiliencia.

⁴ Los instrumentos de ordenamiento territorial son aquellas herramientas por las cuales se lleva a cabo las políticas de aprovechamiento y protección del uso del suelo del territorio nacional, ya sea urbano o rural. Permiten materializar la planeación del desarrollo, del ordenamiento territorial y la preservación ambiental en escalas territoriales nacional, regional y local y requieren de una aplicación eficiente para una verdadera evolución. Entre ellos se pueden mencionar: Plan de Ordenamiento Territorial – POT, Plan Básico de Ordenamiento Territorial – PBOT, Esquema de Ordenamiento Territorial – EOT, Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), entre otros.

- Criterios de sostenibilidad y adaptación al cambio climático y mitigación de Gases Efecto Invernadero.
- Capacidad de generación de valor a largo plazo.

10.1 Componente ambiental

El componente ambiental comprende cada uno de los elementos que se puedan ver afectados por actividades desarrolladas por el hombre, integrados por el recurso físico (aire, agua, suelo), biótico (flora y fauna) y arqueológico. De acuerdo con esto, desde el componente ambiental en la etapa de factibilidad se deberán revisar, analizar y presentar para cada uno de los elementos que lo componen, como mínimo los requerimientos que se relacionan a continuación:

- Relacionar todos los permisos ambientales y autorizaciones a tramitar en la etapa de estudios y diseños.
- Determinar requerimientos normativos y procedimentales cuando aplica licenciamiento ambiental, presentación de diagnósticos ambientales, estudios de impacto ambiental, planes de manejo ambiental, gestión del riesgo ambiental y trámites de permisos.
- Estimar de la demanda de los recursos naturales requeridos para la ejecución del proyecto.
- Realizar una caracterización general preliminar de los medios abiótico y biótico a partir de información secundaria.
- Identificar y evaluar preliminarmente los impactos ambientales de acuerdo con las metodologías establecidas por las autoridades ambientales competentes.
- Realizar la identificación y análisis preliminar de las amenazas naturales y antrópicas incluyendo la relación de las medidas de mitigación para ser desarrolladas y/o ampliadas en la siguiente etapa.
- Identificar los impactos residuales y propuestas de compensación.
- Establecer las propuestas preliminares para el desarrollo de:
 - Infraestructura verde y ecodiseños
 - Uso de tecnologías sostenibles
 - Mitigación y adaptabilidad al cambio climático
 - Economía circular
- Evaluar de manera preliminar la vulnerabilidad y los riesgos ligados al cambio climático.
- Identificar y diseñar de manera preliminar las medidas para reducir pérdida de biodiversidad
- Definir las estrategias de adaptación al cambio climático y mitigación de Gases Efecto

Invernadero bajo los enfoques ecosistémico, de comunidades y de infraestructura.

- Determinar los indicadores de sostenibilidad a nivel internacional – ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) que permitan evaluar el desempeño y evolución en el tiempo esperado en el proyecto. Dentro de los indicadores se deberán considerar:
 - Indicadores de logro o eficacia:
 - Indicadores de proceso o gestión
 - Indicadores de efecto o resultado
 - Indicadores de impacto
 - Indicadores de Sostenibilidad
 - Indicadores ambientales
 - Indicadores sociales
 - Indicadores técnicos
 - Indicadores económicos
- Definir un plan de monitoreo, evaluación y reporte que permita evaluar el cumplimiento de los objetivos ambientales trazados para el proyecto y realizar seguimiento a las estrategias de manejo.
- Realizar un diagnóstico arqueológico y formular el Plan de Manejo Arqueológico.
- Identificar la incidencia arqueológica del proyecto.
- Identificar los bienes inmuebles de interés cultural y patrimonial.
- Matriz de riesgos asociados a la alternativa seleccionada.
- Estimar los costos ambientales preliminares.
- Emitir recomendaciones para la etapa de diseños de detalle, de forma tal que permita asegurar que los problemas potenciales que se podrían ocasionar al medio ambiente sean debidamente previstos e identificados en una etapa temprana del proyecto.

10.2 Componente social

Para cada una de las alternativas analizadas en la etapa de prefactibilidad, desde el componente social se deberán revisar, analizar y presentar, los requerimientos que se relacionan a continuación:

- Determinar la normativa aplicable al proyecto.
- Elaborar las consultas previas de acuerdo con la normativa vigente⁵ y análisis de sensibilidad.

⁵ Se deberán realizar consultas previas, no solo en cumplimiento de la normativa vigente, sino que, se tendrán que considerar todas aquellas que se determinen necesarias para garantizar que el proyecto no tenga un impacto en su desarrollo.

- Realizar una caracterización general preliminar a partir de información secundaria.
- Evaluación del impacto que genera el proyecto en las comunidades del área de influencia para definir preliminarmente las medidas de mitigación.
- Evaluar y valorar las medidas de compensación social para los impactos identificados.
- Implementar instrumentos de participación social en el área de influencia directa del proyecto y resultados de los mismos con relación a la aceptación del proyecto.
- Identificar las relaciones sociales de tal forma que se estime la generación de conflictos, tensiones y desigualdades existentes o que puedan comprometer la seguridad de las comunidades.
- Identificar los aspectos que permitan el crecimiento social.
- Complementar y/o actualizar el mapa de actores y grupos de interés levantado en la etapa de prefactibilidad.
- Identificar las externalidades al proyecto que puedan afectar su desarrollo.
- Determinar criterios de elegibilidad de afectados y los segmentos poblacionales vulnerables que requieran tratamiento diferencial.
- Determinar necesidades para gestión de reasentamiento.
- Identificar la existencia de pasivos y compromisos no resueltos que puedan interferir en la realización del proyecto.
- Identificar los aspectos que puedan afectar las condiciones de seguridad y de salud de las comunidades en el desarrollo del proyecto.
- Listar las recomendaciones y/o propuestas de la ciudadanía durante el proceso social de participación y divulgación del proyecto.
- Definir un plan de monitoreo, evaluación y reporte que permita evaluar el cumplimiento de los objetivos sociales trazados para el proyecto y realizar seguimiento a las estrategias de manejo.
- Revisar, actualizar e implementar el Plan de Participación, Comunicación y Manejo de PQRSD que promueva el diálogo, la inclusión democrática y la libertad de cultos para la democracia y conforme al Plan de participación de los grupos de interés del caso de gestión de la M5C.
- Estimar los costos sociales preliminares.
- Listar los riesgos que se puedan manifestar en la siguiente etapa.
- Emitir recomendaciones para la etapa de diseños de detalle de acuerdo con los resultados del Plan de Participación, comunicación y manejo de PQRSD, de forma tal que permita asegurar que los problemas potenciales que se podrían ocasionar a la población sean debidamente previstos e identificados en una etapa temprana del proyecto.

Capítulo 11.

11 Identificación de permisos y licencias requeridos

En la etapa de factibilidad, el estructurador debe tener total claridad sobre todos los permisos y licencias requeridos para desarrollar el proyecto. Aunque varias de dichas licencias deberán ser obtenidas por el contratista en las siguientes etapas, esta guía recomienda que, como mínimo, el estructurador del proyecto debe obtener los permisos y licencias ambientales, urbanísticas requeridas para el desarrollo del proyecto, de acuerdo con los alcances técnicos indicados en cada especialidad; así como, identificar aquellos necesarios para la utilización de los predios en el caso de proyectos de educación, salud, edificaciones públicas, recreación y deporte, justicia, renovación urbana y en general para todos aquellos proyectos de edificaciones de públicas, las autorizaciones para la realización de explotaciones económicas en caso de que el proyecto las incorpore, y todos los trámites necesarios para garantizar la disponibilidad de los recursos públicos, si el proyecto los requiere.

Capítulo 12.

12 Estudio socio económico

El estudio socioeconómico es la herramienta fundamental para determinar la importancia estratégica del proyecto, definir su nivel de priorización sobre otras inversiones públicas y determinar si el impacto de su realización justifica los costos económicos, sociales y ambientales frente a los beneficios esperados.

Como mínimo, el estudio socioeconómico deberá incluir una caracterización de la población afectada por el proyecto, la caracterización y el alcance del proyecto, y el análisis costo beneficio del proyecto. Para el análisis costo beneficio, el estructurador debe utilizar los estudios de demanda que haya realizado y monetizar los beneficios del proyecto. Los beneficios del proyecto usualmente se resumen en los tres siguientes grupos:

- **Económicos:** Determinados por todos los ingresos adicionales que el proyecto genera debido al aumento en la demanda de la infraestructura y por la reducción en costos frente al estado actual. Por ejemplo, los generados por reducciones en tiempo, menor mantenimiento, menor accidentalidad o menores pagos por demandas, etc.
- **Ambientales:** Determinados por la monetización de todos los beneficios ambientales del proyecto, tales como una menor emisión de CO₂, reducción de uso de energía, reducción de desechos, etc.
- **Sociales:** Determinados por la monetización de los beneficios sociales como menores tasas de desempleo, reducción de los niveles de inseguridad, aumento de la escolaridad, disminución de la discriminación de género, población afectada, entre otros.

Toda evaluación socioeconómica debe finalizar con un análisis integrado de todos los beneficios del proyecto frente a los costos del mismo. Para obtenerlo, es necesario descontar los flujos de los beneficios y costos económicos del proyecto a una tasa aceptable de descuento social indicando de donde fue tomada. Se recomienda el uso de indicadores de relación beneficio costo del proyecto (los proyectos deseables son aquellos donde los beneficios superan ampliamente los costos), tales como la Tasa Interna de Retorno Económica – TIRE – y el Valor Presente Neto Económico del proyecto – VPNE –.