METODOLOGÍA DE AUDITORÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LOS PROCESOS DE OBRA PÚBLICA DEL IDU EN BOGOTÁ

ANGEL ALEXIS BARÓN RAMÍREZ

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería Civil

Bogotá, Colombia

Octubre, 2024

METODOLOGÍA DE AUDITORÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LOS PROCESOS DE OBRA PÚBLICA DEL IDU EN BOGOTÁ

ESTUDIO DE CASO: REQUERIMIENTOS IDU, BOGOTÁ, D.C

ANGEL ALEXIS BARÓN RAMÍREZ

Tesis presentada como requisito para optar al título de:

Magíster en Infraestructura Vial

Director:

ING. JHERSON FERNEY HERNANDEZ MARTINEZ

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Civil
Bogotá, Colombia
Octubre, 2024

AGRADECIMIENTOS

Resumen

El principio fundamental de la ingeniería es brindar soluciones integrales que permitan el desarrollo sostenible de la sociedad, es allí donde se presenta la implementación de la metodología BIM cuya base teórica consiste en el uso de herramientas tecnológicas, trabajo colaborativo e interdisciplinar lo cual hace que se integren y exploten los distintos softwares disponibles en el mercado. De acuerdo con algunos estudios hechos por CAMACOL, Colombia es uno de los países con menor productividad y eficiencia en el sector de la construcción, debido principalmente a la falta de integración y colaboración entre las distintas áreas, procesos y poca inversión en capacitación y tecnología. Implementar y regular esta metodología que ha demostrado resultados exitosos a nivel internacional haría que las entidades, organizaciones y países sean más eficientes y competitivos a nivel regional. Sin embargo, a nivel nacional y especialmente en el sector público hasta ahora se han venido implementando anexos que involucren esta metodología. Sin embargo, se debe hacer un estudio exhaustivo de como implementar la metodología BIM en contratos de obra pública con el fin de prevenir desaciertos tanto para la entidad como para el contratista. En ese orden ideas este trabajo pretende analizar la forma como la entidad distrital IDU (Instituto de Desarrollo Urbano) planea implementar la metodología BIM en los procesos de Licitación Pública y establecer una metodología que permita auditar esta implementación en la gestión de proyectos de obra pública a nivel distrital.

Palabras Clave: Vías Urbanas, Instituto de Desarrollo Urbano, metodología BIM, Licitación Pública.

Abstract

The fundamental principle of engineering is to provide comprehensive solutions that allow the sustainable development of society. This is where the implementation of the BIM methodology is presented, whose theoretical basis consists of the use of technological tools, collaborative and interdisciplinary work, which must be integrate and exploit the different software available on the market. According to some studies done by CAMACOL, Colombia is one of the countries with the lowest productivity and efficiency in the construction sector, mainly due to the lack of integration and collaboration between the different areas, processes and little investment in training and technology. Implementing and regulating this methodology that has demonstrated successful results at the international level would make entities, organizations and countries more efficient and competitive at the regional level. However, at the national level and especially in the public sector, until now, annexes that involve this methodology have been implemented; however, an exhaustive study must be carried out on how to implement the BIM methodology in public works contracts in order to prevent mistakes for both the entity as well as for the contractor. In this order of ideas, the work aims to analyze the way in which the district entity IDU (Institute of Urban Development) wants to implement the BIM methodology in the Public Bidding processes and establish a methodology that allows auditing the implementation of this methodology in the management of construction projects. public works at the district level.

Key Words: Urban Roads, IDU, BIM Methodology, Public tender

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 10

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 13

3. JUSTIFICACIÓN 17

4. OBJETIVOS DEL PROYECTO 19

4.1. Objetivo General 19

4.2. Objetivos Específicos 19

5. ALCANCE 20

6. MARCO REFERENCIAL 21

6.1. Marco Legal 21

6.2. Marco Conceptual 22

6.2.1. BIM 22

6.2.2. Viabilidad Económica 23

6.2.3. Equilibrio Económico 23

6.2.4. Licitación Pública 24

6.2.5. Propuesta Económica – Licitación Publica 25

6.3. Marco Teórico 26

6.3.1. Beneficios de BIM en la Infraestructura Vial 26

6.3.2. ¿Qué es una Auditoria BIM? 28

6.3.3. Objetivos de una auditoría dentro de un proceso de certificación en el estándar ISO 19650 28

6.3.4. Tipos de Auditoria BIM 29

6.3.5. Norma ISO 19650 30

6.3.4.1. Objetivos de la Norma ISO 19650 31

7. ESTADO DEL ARTE 33

8. METODOLOGÍA 37

8.1. Desarrollo Objetivo 1 "Analizar detalladamente los requerimientos establecidos por el IDU para proyectos de obra pública que requieren implementación de metodología BIM". 37

8.2. Desarrollo Objetivo 2 " Analizar el estado actual de la implementación del BIM en los procesos de obra pública del IDU en Bogotá" 37

8.3. Desarrollo Objetivo 3 "Proponer una metodología de auditoría de la implementación del BIM basada en un marco de referencia o en estándares internacionales y mejores prácticas en gestión de proyectos de construcción" .38

9. DESARROLLO DE OBJETIVOS 39

9.1. Analizar Detalladamente los Requerimientos Establecidos por el IDU Para Proyectos que Requieren Implementación de Metodología BIM en las Etapas de Preconstrucción y Construcción 39

9.1.1. Flujo de información del proceso BIM- IDU 40
9.1.2. Usos BIM 42
9.1.3. Niveles de Definición del Modelo (LOD) 44
9.1.4. Roles y responsabilidades BIM. 46
9.1.5. Plan de Ejecución BIM (PEB) 46
9.1.6. Entorno Común de Datos (CDE) 48
9.1.7. Estrategia de Control y Aseguramiento de Calidad 50
9.2. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL BIM EN LOS PROCESOS DE OBRA PÚBLICA DEL IDU EN BOGOTÁ, IDENTIFICANDO LAS PRÁCTICAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS. 54
9.2.1. Etapa 1 – Inicio 56
9.2.2. Etapa 2 – Planeación 58
9.2.3. Etapa 3 – Ejecución 62
9.2.4. Etapa 4 – Medición y Seguimiento 64
9.2.5. Proyectos de obra pública que utilizan la implementación BIM 66
9.2.5.1. Cable San Cristóbal 67
9.2.5.2. Avenida ciudad de Cali al sistema transmilenio 68
9.2.5.3. Patio taller transmilenio la reforma 71
9.2.5.4. Adecuación a sistema transmilenio en Avenida 68 72
9.2.5.5. Construcción NQS X BOSA intersección a desnivel 74
9.2.6. Identificación de Prácticas y Herramientas Utilizadas de la Implementación BIM en Procesos de Obra Pública 76
9.2.6.1. BEP – Plan de ejecución BIM 76
9.3. DESARROLLAR UNA METODOLOGÍA DE AUDITORÍA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL BIM BASADA EN UN MARCO DE REFERENCIA O EN ESTÁNDARES INTERNACIONALES Y MEJORES PRÁCTICAS EN GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN. 103
9.3.1. Indicadores Clave de Auditoría BIM (KPIS) 121
10. ANÁLISIS 123
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 126
12. REFERENCIAS 129

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida del Modelo BIM de un proyecto desde su fase de diseño hasta la demolición....10
Figura 2. Curva de MacLeamy 27
Figura 3. Flujo de información del proceso BIM IDU....42
Figura 4. Distribución de los Usos BIM....44
Figura 5. Contenido general BEP - IDU....47
Figura 6. Entorno común de datos (CDE)....49
Figura 7. Plan BIM IDU 55
Figura 8. Etapas BIM....56
Figura 9. Etapa 1 - Inicio 57
Figura 10. Etapa 2 - Planeación 59
Figura 11. Hoja de Ruta Implementación BIM en el IDU 60
Figura 12. Cronograma Contrato 1327/2021 Consultoría externa EDU....60
Figura 13. Procesos priorizados y áreas IDU asociadas 61
Figura 14. Definición de roles BIM en el IDU....62
Figura 15. Etapa 3 - Ejecución 63
Figura 16. Etapa 4 - Medición y seguimiento....65
Figura 17. Cable San Cristóbal 67
Figura 18. Avenida ciudad de Cali al sistema transmilenio – Grupo 1 69
Figura 19. Avenida ciudad de Cali al sistema transmilenio – Grupo 2 70
Figura 20. Avenida ciudad de Cali al sistema transmilenio – Grupo 3 71
Figura 21. Patio taller transmilenio la reforma 72
Figura 22. Adecuación a sistema transmilenio en Avenida 68 – GRP 5 73
Figura 23. Adecuación a sistema transmilenio en Avenida 68- GRP 8 73
Figura 24. Adecuación a sistema transmilenio en Avenida 68 -GRP 74
Figura 25. Construcción NQS X BOSA intersección a desnivel....75
Figura 26. Niveles de detalle por componentes de diseño según avanza el proyecto en etapa de pre-construcción 82
Figura 27. Estructuración interna modelos 84
Figura 28. Proceso de coordinación de interferencias....87
Figura 29. Flujograma estimación de costos 97
Figura 30. Esquema de la gestión de la información durante la fase de desarrollo según EN ISO 19650-2 104
Figura 31. Diagrama de subactividades de la fase de desarrollo según EN ISO 19650-2 105

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Especialistas del contratista vinculados en el proceso BIM 77
Tabla 2. Anexo 1 AX-BIM-BEP-GEN-NA-01 Hitos de entrega etapa de preconstrucción 78
Tabla 3. Listado de profesionales del proyecto vinculados con la implementación BIM 79
Tabla 4. Objetivos BIM 80
Tabla 5. Usos BIM 81
Tabla 6. Niveles de detalle por componentes de diseño según avanza el proyecto en etapa de pre-construcción 83
Tabla 7. Anexo 3 AX-BIM-BEP-GEN-NA-03 Estructura de Carpetas 85
Tabla 8. Anexo 4 AX-BIM-BEP-GEN-NA-04 Clasificación de elementos 86
Tabla 9. Anexo 6 AX-BIM-BEP-GEN-NA-06 Matriz de interferencias 88
Tabla 10. Anexo 8 AX-BIM-BEP-GEN-NA-08 QAQC 89
Tabla 11. Software empleado en el proyecto 90
Tabla 12. Hardware equipos de trabajo 91
Tabla 13. Capacidades de software 91
Tabla 14. Módulos de Autodesk Docs 92
Tabla 15. Plataformas de trabajo 93
Tabla 16. Nomenclatura archivos IDU 93
Tabla 17. Anexo 9 AX-BIM-BEP-GEN-NA-09 Basado de Nomenclatura archivo IDU EstructuraCarpeta_V4_20231005 94
Tabla 18. Control de cambios en planos. 95
Tabla 19. Origen del proyecto (Base Point y Survey Point) 95
Tabla 20. Puntos de origen de los modelos 96
Tabla 21. Unidades de medida 96
Tabla 22. Análisis revisión del PEB del proyecto Patio Zonal SITP EL GACO 98
Tabla 23. Aspectos de mejora identificados 99
Tabla 24. Evaluación al Anexo BIM IDU V 5.0 de acuerdo con la EN ISO 19650-2 – Actividad 1: Evaluación de necesidades 106
Tabla 25. Evaluación al Anexo BIM IDU V 5.0 de acuerdo con la EN ISO 19650-2 – Actividad 2: Petición de ofertas 108
Tabla 26. Evaluación al Anexo BIM IDU V 5.0 de acuerdo con la EN ISO 19650-2 – Actividad 3: Presentación de ofertas 110
Tabla 27. Evaluación al Anexo BIM IDU V 5.0 de acuerdo con la EN ISO 19650-2 – Actividad 4: Adjudicación 112
Tabla 28. Evaluación al Anexo BIM IDU V 5.0 de acuerdo con la EN ISO 19650-2 – Actividad 5: Movilización 114
Tabla 29. Evaluación al Anexo BIM IDU V 5.0 de acuerdo con la EN ISO 19650-2 – Actividad 6: Producción colaborativa de la información 115
Tabla 30. Evaluación al Anexo BIM IDU V 5.0 de acuerdo con la EN ISO 19650-2 – Actividad 7: Entrega del modelo de información 116
Tabla 31. Evaluación al Anexo BIM IDU V 5.0 de acuerdo con la EN ISO 19650-2 – Actividad 8: Fin de la fase de desarrollo 117
Tabla 32. Metodología propuesta 120
Tabla 33. Indicadores clave de la auditoría BIM 121

1. Introducción

Durante la última década, la metodología BIM se ha implantado de forma progresiva en diferentes países, siendo para algunos de ellos objetivo prioritario de sus Administraciones Públicas, las cuales han impuesto o valorado su uso en obra pública, siguiendo la recomendación de la Directiva Europea de Contratación Pública 2014/24/UE.

Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes.

BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D).

En la **Figura 1** se puede observar el ciclo de vida de un modelo BIM, desde su fase de diseño hasta la demolición.

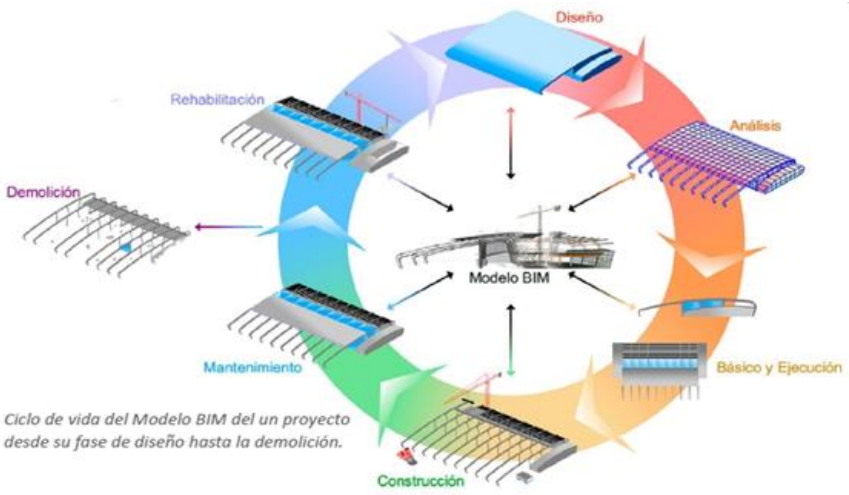


Figura 1.

Ciclo de vida del Modelo BIM de un proyecto desde su fase de diseño hasta la demolición

Nota. Recuperado de ¿Qué es BIM?, (s.f). https://www.buildingsmart.es/bim/

El uso de BIM no se limita solo a la fase de diseño, sino que también se aplica durante la ejecución del proyecto y a lo largo de todo su ciclo de vida, lo que facilita su gestión y ayuda a disminuir los costos operativos. (buildingSMART, s.f.)

En Colombia, según la Estrategia Nacional BIM 2020–2026 se prevé una implementación progresiva en 7 años para la capacitación y digitalización del sector de la construcción, buscando generar una demanda progresiva del sector público hasta su implementación mandataria en 2026, para el año 2023 se planteaba un requerimiento de uso BIM entre el 35 % y el 50 % de los proyectos de construcción públicos y entre el 85% y el 100% de los proyectos de construcción públicos. (DNP, 2020)

La industria de la construcción Colombiana tiene un impacto considerable en el producto interno bruto. Con el continuo desarrollo económico y social del país, constantemente se lanzan proyectos de construcción en diferentes sectores, ya sean del ámbito público o privado. Aunque el crecimiento de este sector fluctúa anualmente debido a diversas circunstancias, sigue siendo una fuente crucial de empleo, tanto directo como indirecto. Además, funciona como un motor que impulsa a otros sectores de la economía, como la manufactura, el transporte y los servicios públicos, entre otros. Por ello, es crucial promover buenas prácticas que mejoren la planificación y la ejecución de los proyectos.

Una de estas buenas prácticas es la implementación de la metodología BIM, la cual en Bogotá, está siendo desarrollada por el Instituto de desarrollo Urbano – IDU, con el fin de establecer lineamientos que aumenten la productividad, competitividad y sostenibilidad a la hora de construir infraestructura de transporte, con esto busca que Bogotá se convierta en una de las ciudades lideres en la implementación de esta metodología tanto en el diseño como en la construcción de obras públicas de infraestructura vial, teniendo 19 proyectos que se diseñan y ejecutan bajo la metodología BIM y buscando que para 2023 los 25 proyectos en ejecución cuenten con esta metodología.

Para lograr esto, el IDU incluye dentro de los requisitos de algunas licitaciones y concursos de méritos que la ejecución de las obras y diseños se desarrollen bajo la metodología BIM. (Instituto de Desarrollo Urbano, 2022)

El Anexo contractual BIM IDU V 5.0 define los requerimientos, procesos y herramientas necesarias para la gestión de información BIM bajo la norma NTC ISO-19650 y constituye las condiciones mínimas que se deben incorporar al Plan de Ejecución BIM (PEB) por parte de los adjudicatarios o parte designada para desarrollar el proyecto.

BIM revoluciona el sector de la construcción mediante avances digitales e innovaciones; Por ello, el propósito de este trabajo es desarrollar una auditoría para evaluar la implementación de la metodología BIM en los procesos de obra pública del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) en Bogotá, con el fin de identificar oportunidades de mejora y optimizar la gestión de proyecto.

2. Planteamiento del Problema

En Colombia, existen más de 35.000 de empresas inscritas en Registro Único de Proponentes (RUP) las cuales se benefician de los procesos de contratación con el estado, especialmente los de construcción a través de la modalidad de licitación pública. Cerca del 95% de estas empresas corresponden al grupo de Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES) las cuales encuentran oportunidades de crecimiento a partir de los distintos contratos de construcción de infraestructura pública con el estado. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2021). La mayoría de estas empresas operan de manera tradicional y teniendo en cuenta la proyección que tiene el gobierno nacional para la implementación de la metodología BIM en los contratos de obra pública, se plantea que más del 90% de los procesos de construcción de desarrollen con esta metodología. (DNP, 2020)

Adoptar la metodología BIM en Colombia representa un desafío, ya que implica una curva de aprendizaje pronunciada y una transición gradual hacia el uso efectivo de estas tecnologías. Esto requiere modificar de manera progresiva la forma en que se conciben, planifican y ejecutan los proyectos de construcción, para poder aprovechar plenamente las ventajas de BIM, especialmente considerando que actualmente no existe una ruta clara a seguir. (Domínguez & Murillo, 2018)

Los principales factores que influyen considerablemente en la decisión de implementar BIM en el país incluyen el tiempo, los niveles de experiencia, los costos, la falta de personal capacitado en BIM y la resistencia al cambio. Esto se debe a que aún persiste una falta de claridad en la industria, y muchos siguen siendo escépticos acerca de los beneficios que BIM puede ofrecer en los proyectos de construcción. (Domínguez & Murillo, 2018)

Según el “Plan de incorporación de la metodología BIM en la contratación pública de la Administración General del Estado y sus organismos públicos y entidades de derecho público

vinculados o dependientes, del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, España, 2023” algunas debilidades y amenazas de la implementación BIM en las obras publicas son:

- **Debilidades**
  - Experiencia escasa y de baja madurez en el uso de BIM entre los órganos públicos.
  - Capacitación insuficiente.
  - Ausencia de un enfoque de implantación común.
  - Necesidad de orientaciones sobre especificaciones del hardware y software
- **Amenazas**
  - Resistencia al cambio en las organizaciones públicas
  - Implantación no coordinada de BIM en el sector público.
  - Riesgo de obsolescencia.

El Distrito ha reconocido la necesidad de modernizar sus procesos de construcción y gestión de infraestructuras mediante la implementación de BIM. A pesar de los beneficios potenciales, la transición hacia BIM no ha sido homogénea, y se ha identificado una serie de obstáculos que dificultan su adopción efectiva. Estos problemas incluyen:

1. **Infraestructura Tecnológica Inadecuada:** La falta de sistemas tecnológicos modernos y la infraestructura necesaria para soportar BIM.
2. **Capacitación y Competencias del Personal:** Insuficiente conocimiento y habilidades del personal en el uso de herramientas BIM.
3. **Procesos y Procedimientos Obsoletos:** Flujos de trabajo tradicionales que no se alinean con las prácticas recomendadas por BIM.
4. **Resistencia al Cambio:** Resistencia cultural y organizacional a la adopción de nuevas tecnologías y métodos.

Quintero (2022), presenta en el documento: “Análisis de la implementación BIM en Colombia: caso de estudio y diagnóstico de industria de la construcción” que el grupo INGECO se le da la tarea de integrar los diseños arquitectónicos, estructurales, mecánicos, hidráulicos, entre otros a las fases I y II del Proyecto Centro Cívico Universitario (CCU) de la Universidad de Los Andes. Sin embargo, por la ausencia de un BEP o “reglas de juego” claras a nivel contractual, fue necesario realizar un reproceso de “traducción” de diseños tradicionales (e.g. Diseños CAD) hacia un modelo digital. Por otro lado, el proceso de coordinación también fue más complejo manejando diferentes metodologías en paralelo y de manera simultánea dando paso a reprocesos importantes.

Por otra parte, Obils (s.f.), en el artículo: “la implementación de la metodología BIM debe ser una decisión con convencimiento de la alta dirección de la empresa, con disciplina y orden” expresa “*Nuestra recomendación es que cada empresa, según el rol que identifique tenga dentro del proceso de desarrollo de un proyecto, conozca e investigue primero sobre la metodología BIM y así logre identificar y diseñar la mejor estructura que se adapte a su forma de administrar y trabajar, así mismo, investigar sobre la plataforma que más le convenga implementar y conocer sobre las licencias que se requieran*”

Como ya hemos podido ver, esta metodología de trabajo, sin duda aporta múltiples beneficios al sector, sin embargo, también puede traer consigo desventajas o inconvenientes importantes como las mencionadas en este capítulo si no se investiga o se trabaja de la manera adecuada.

Es por ello por lo que se debe analizar de manera correcta los requisitos que tiene su implementación, para que esto no represente un desequilibrio para el futuro contratista y un problema contractual para la entidad.

Así las cosas, se plantea la siguiente pregunta:

¿Cómo se puede desarrollar una metodología de auditoría que garantice el cumplimiento de los requisitos BIM en los procesos de obra pública del IDU en Bogotá?

3. Justificación

La infraestructura vial se encuentra estrechamente relacionada con el desarrollo económico y social de los países y las regiones, debido a esto constantemente los distintos gobiernos priorizan recursos para este tipo de proyectos. (García, Pinzón, & Zapata, 2021)

La infraestructura vial colombiana se encuentra atrasada en comparación con países de la región y países de la OCDE, de igual forma algunos diagnósticos llevados a cabo donde se evalúan las condiciones de productividad en el sector de la construcción evidencian un patrón de baja productividad, evidenciando resultados deficientes a nivel nacional. (McKinsey., 2017)

Las bajas productividades afectan la ejecución del proyecto y el resultado final, muchos de los problemas presentes en los proyectos de infraestructura se relacionan con la falta de coordinación que garanticen la correcta armonización de diseños y cálculo de cantidades y una pobre de gerencia en la mayoría de los proyectos. Debido a esto se han venido desarrollando herramientas tecnológicas que permitan reforzar la gerencia de proyectos, la metodología BIM se convierte en un instrumento que ayuda a resolver en gran medida la coordinación de información entre distintos actores y partes involucradas de un proyecto de infraestructura lo que aumentara en gran medida el correcto desarrollo de los proyectos. (García, Pinzón, & Zapata, 2021)

De acuerdo con la ONU, para 2050 la población mundial alcanzará los 9,7 mil millones. Por ello, la industria global de AEC necesita encontrar métodos más inteligentes y eficientes para diseñar y construir, no solo para satisfacer la creciente demanda mundial, sino también para desarrollar espacios más inteligentes y duraderos.

BIM no solo permite que los equipos de diseño y construcción trabajen de manera más eficiente, sino que les permite capturar los datos que crean durante el proceso para mejorar las operaciones y las actividades de mantenimiento. Esta es la razón por la que cada vez se exige más el uso de BIM en todo el mundo. (Autodesk, s.f.)

La construcción es uno de los sectores económicos con mayor participación en el PIB (Producto Interno Bruto) de Colombia. De acuerdo con el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), para el 2022, este sector representó el 5,1% del PIB y fue fuente de empleo para 1.684.199 personas. Uno de los grandes retos que se ha propuesto asumir este sector es el tema de la digitalización como factor clave para el crecimiento y sostenimiento de esta industria, pues de esta manera, las innovaciones tecnológicas se convierten en aliados de la productividad para la construcción. (Construdata, 2023)

En vista de las debilidades y amenazas que afectan la implantación de BIM en la contratación pública, es de suma importancia conocer la guía de esta implementación y así mismo, tener en cuenta diferentes medidas para garantizar que esta se desarrolle de la mejor manera y que la industria de la construcción Colombiana progrese en la adopción de soluciones innovadoras para que la digitalización tenga un impacto directo en la productividad, sin afectar a las empresas a nivel nacional, que se benefician de los procesos de contratación.

4. Objetivos del Proyecto

4.1. Objetivo General

Desarrollar una metodología de auditoría para la implementación de la metodología BIM en los procesos de obra pública del IDU en Bogotá.

4.2. Objetivos Específicos

- Analizar los requerimientos establecidos por el IDU para proyectos de obra pública que requieren implementación de metodología BIM.
- Analizar el estado actual de la implementación del BIM en los procesos de obra pública del IDU en Bogotá.
- Proponer una metodología de auditoría a la implementación del BIM basada en un marco de referencia o en estándares internacionales y mejores prácticas en gestión de proyectos de construcción.

5. Alcance

El enfoque de la investigación es de carácter cualitativo ya que se va a realizar una caracterización y evaluación de la metodología BIM implementada por el IDU de acuerdo con las normas internacionales, con el propósito de brindar un punto de vista que permita identificar oportunidades de mejora.

6. Marco Referencial

6.1. Marco Legal

- **Ley 1150 de 2007** por medio de la cual se introducen medidas para la eficiencia y la transparencia en la Ley 80 de 1993 y se dictan otras disposiciones generales aplicables a toda contratación de recursos públicos. En el artículo 2 de esta ley se define la Licitación Pública. (Congreso de la República, 2007)
- **La norma ISO 19650** (Organización de la información sobre los trabajos de construcción – Gestión de la información en el uso del BIM) es un estándar internacional que regula la gestión de la información sobre todo el ciclo de vida de un bien construido, utilizando el Building Information Modeling (BIM). (BSI, s.f.) (NTC - ISO 19650)
- **ISO 16739:** define las características del formato IFC para compartir datos en un proceso BIM (Biblus, 2022) (NTC - ISO 16739)
- **ISO 12006:** que define la clasificación de los componentes de un producto de construcción. (Biblus, 2022) (NTC - ISO 12006)
- **ISO 29481:** La norma ISO 29481-1:2016 tiene por objeto facilitar la interoperabilidad entre las aplicaciones de software utilizadas durante todas las etapas del ciclo de vida de las obras de construcción, incluyendo la información, el diseño, la documentación, la construcción, la operación y el mantenimiento, y la demolición. (AlianzaBIM, 2022) (NTC - ISO 29481)
- **ISO 12911:** Esta ISO establece un marco para proporcionar especificaciones para la puesta en marcha de la metodología BIM. Es aplicable a cualquier gama de modelización de edificios e instalaciones relacionadas con los edificios, desde una cartera de activos en un único emplazamiento o en varios, hasta activos en

un único edificio pequeño y en cualquier sistema, subsistema, componente o elemento constitutivo. (AlianzaBIM, 2022) (NTC - ISO 12911)

- **ISO 23386**: La ISO 23386 es una norma para estructurar los datos digitales en el sector de la construcción y tiene por objeto establecer normas para la definición de las propiedades utilizadas en la construcción y una metodología para su creación y mantenimiento. (AlianzaBIM, 2022) (NTC - ISO 23386)
- **ISO 23387**: La ISO 23387 define una «estructura de datos estandarizada» para las aplicaciones BIM y los principios que la rigen. (AlianzaBIM, 2022) (NTC - ISO 23387)

6.2. Marco Conceptual

6.2.1. BIM

BIM (Building Information Modeling) por su sigla en inglés se define como una metodología de trabajo colaborativa a partir de un proceso de generación y gestión de datos que a lo largo del mundo viene planteando una revolución en el sector de la construcción haciendo uso de un modelado en tres dimensiones con el uso de software dinámico, agregando el componente de tiempo se tiene un modelo 4D y al agregar costos y rentabilidades económicas se tiene un modelo 5D en tiempo real que una vez vinculado con las distintas disciplinas que intervienen en la ejecución del proyecto hace que cada una de ellas cuente con información actualizada y confiable que facilite la toma de decisiones estratégicas ahorrando tiempos y recursos durante el diseño y la construcción. (Díaz & Cogollo, 2021)

6.2.2. Viabilidad Económica

La viabilidad económica determina el potencial que tiene un proyecto y la base para edificar un negocio, para esto se deben analizar aspectos técnicos, económicos y comerciales con el fin de valorar el retorno de la inversión.

Este análisis nos dirá si el proyecto dará perdidas o ganancias, dirá si la inversión es la correcta, es decir si se debe invertir o no económicamente hablando, usando herramientas como el VPN y la TIR.

6.2.3. Equilibrio Económico

El equilibrio económico y financiero del contrato puede tener su génesis u origen en las siguientes:

i) Circunstancias imputables o atribuibles a la administración contratante a partir de potestades derivadas del propio contrato.

ii) Circunstancias imputables o atribuibles al Estado, en virtud de su imperium.

iii) Circunstancias externas y ajenas a los contratantes.

iv) Circunstancias atribuibles a la administración contratante. En estos casos, el desequilibrio de la ecuación económica o financiera surge debido al ejercicio de un poder exorbitante o a una cláusula excepcional al derecho común por parte de la administración. Son situaciones en las que, al aplicar legítimamente una cláusula excepcional, el contrato se ve afectado financieramente, por lo que es necesario restablecer el equilibrio, ya que el contratista no está obligado a asumir ese impacto. El fundamento normativo del equilibrio en este tipo de situaciones se itera, no se deriva del incumplimiento del contrato (dolo o culpa), sino que, por el contrario, ese basamento se halla en el principio de justicia

> conmutativa. (…) la correspondencia o equivalencia objetiva que se presenta en las prestaciones en los contratos conmutativos como lo es el contrato estatal– puede verse afectada por hechos imputables a la administración contratante, sin que esa circunstancia conlleve la configuración de una responsabilidad contractual del Estado, en los términos del artículo 90 de la Constitución Política. (…) si bien los contratos incluidos los contratos estatales– parten de la aplicación del principio pacta sunt servada, según el cual lo pactado es obligatorio, lo cierto es que la propia ley 80 de 1993, marco normativo del contrato estatal, ha sostenido la aplicación implícita o tácita de la máxima del rebus sic stantibus, es decir, “estando así las cosas”, lo que implica que una modificación significativa de las condiciones primigenias del contrato puede generar dos consecuencias jurídicas: i) la imposibilidad de cumplimiento en virtud de una fuerza mayor o caso fortuito y, por lo tanto, la exculpación, o, ii) el desequilibrio financiero o económico del contrato que suponga una revisión del mismo.

6.2.4. Licitación Pública

Procedimiento administrativo para la adquisición de suministros, contratación de servicios o la ejecución de obras que celebren los entes, organismos y entidades que forman parte del Sector Publico. (Ley 1150 de 2007, 16 de julio de 2007). Para realizar la selección de una obra por medio de licitación pública se deben cumplir ciertos criterios económicos relacionados con los presupuestos de las entidades:

- Para las entidades que tengan un presupuesto anual superior o igual a 1.200.000 salarios mínimos legales mensuales, la menor cuantía será hasta 1.000 salarios mínimos legales mensuales, por encima de este valor el proceso se efectuara mediante licitación pública.

- Las que tengan un presupuesto anual superior o igual a 850.000 salarios mínimos legales mensuales e inferiores a 1.200.000 salarios mínimos legales mensuales, la menor cuantía será hasta 850 salarios mínimos legales mensuales, por encima de este valor el proceso se efectuara mediante licitación pública.
- Las que tengan un presupuesto anual superior o igual a 400.000 salarios mínimos legales mensuales e inferior a 850.000 salarios mínimos legales mensuales, la menor cuantía será hasta 650 salarios mínimos legales mensuales, por encima de este valor el proceso se efectuara mediante licitación pública.
- Las que tengan un presupuesto anual superior o igual a 120.000 salarios mínimos legales mensuales e inferior a 400.000 salarios mínimos legales mensuales, la menor cuantía será hasta 450 salarios mínimos legales mensuales, por encima de este valor el proceso se efectuara mediante licitación pública.
- Las que tengan un presupuesto anual inferior a 120.000 salarios mínimos legales mensuales, la menor cuantía será hasta 280 salarios mínimos legales mensuales, por encima de este valor el proceso se efectuara mediante licitación pública

6.2.5. Propuesta Económica – Licitación Publica

Se puede definir como el valor que la entidad pública pagaría si la propuesta es la seleccionada, por regla general esta propuesta no podrá complementarse, adicionarse, modificarse o ser mejorada una vez sea presentada. (Ley 1150 de 2007, 16 de julio de 2007).

Debido a lo expuesto en el párrafo anterior se deben tener presentes los costos asociados que pueden resultar como impuestos, gastos administrativos, entre otros ya que el valor que se presente obligara al cumplimiento de las condiciones planteadas en proceso sin lugar a corrección si falto algún componente.

Por otro lado, por regla general el valor de la oferta económica no podrá de ninguna manera exceder el presupuesto oficial con el que la entidad cuenta para el proceso de contratación, de igual forma no puede ser muy baja porque puede poner en riesgo la ejecución del contrato

6.3. Marco Teórico

6.3.1. Beneficios de BIM en la Infraestructura Vial

La metodología BIM se ha usado de manera amplia en la construcción de proyectos de edificación, actualmente desde las entidades estatales y la academia se han venido dando estrategias y guías con el fin de implementar la metodología en los diseños y construcción de proyectos de infraestructura vial. El principal beneficio de implementar la metodología BIM es la centralización de la información disminuyendo los tiempos perdidos en la vinculación de diseños de las distintas partes involucradas, de igual forma es una herramienta útil en la gestión de proyectos ya que permite la reducción de tiempos y costos dentro de las actividades de construcción. A pesar de sus múltiples ventajas la implementación de esta metodología no es nada económica en el corto plazo y se requieren profesionales preparados que resultan ser muy escasos en el país. (Díaz & Cogollo, 2021). La **Figura 2** muestra la curva del esfuerzo del proceso constructivo conocida como curva de MacLeamy.

- **La línea azul** representa una mayor relación esfuerzo/costo en las etapas de diseño y construcción.

- **La línea roja** deja ver que al hacer un cambio no planificado o no contemplado durante la construcción es más costoso al avanzar el proyecto.
- **La línea azul agua marina** expone la metodología tradicional y se ve que el impacto más grande surge en la etapa de construcción.
- **La línea verde** propone la metodología BIM y expone una curva en la etapa de diseños, pero un mayor control y menos costos en la etapa de construcción

Figura 2.

Curva de MacLeamy

Nota. Recuperado de *Métrico BIM Consultores*

Como se puede apreciar los beneficios de la implementación de la metodología BIM se producen del hecho de que se destinan mayores recursos y trabajos en las primeras fases donde se tiene facilidad de hacer cambios con costos menores a los que se producirían al hacer cambios durante la construcción, con el fin de que al estar en la fase 3 se culminen los detalles de diseño, documentación y tramites. Para obtener el mayor beneficio posible de la metodología se debe tener una base de datos estructurada en un sistema de trabajo

colaborativo entre las distintas profesiones y disciplinas involucradas en la ejecución del proyecto, reduciendo las pérdidas y aumentando la eficiencia a lo largo de las fases de diseño y construcción (Díaz & Cogollo, 2021)

6.3.2. ¿Qué es una Auditoria BIM?

Una auditoria BIM es un proceso de evaluación diseñado para analizar como una organización está adoptando y aplicando la metodología BIM. El objetivo principal de esta auditoria es evaluar el grado de integración y eficacia del equipo que está implementando BIM en sus procesos y proyectos. Durante la auditoria se examinan una serie de aspectos como, políticas y procedimientos, Capacitación y recursos humanos, infraestructura y tecnología, integración con otras disciplinas entre otras. Posteriormente se corregirá a la organización sobre el uso correcto de la metodología BIM optimizando y maximizando los beneficios que trae BIM (CM Internacional, 2024).

Auditar se define en el estándar ISO 19011:2018 (Directrices para auditoría de los Sistemas de Gestión) como un proceso sistemático, independiente y documentado a través del cual se hace una evaluación objetiva, a través de evidencias, para determinar la medida en la que se cumplen los criterios que se auditan.

Las auditorías pueden ser internas (realizadas por alguien de la propia empresa) o externas. Dentro de las auditorías externas, existen dos tipos: las realizadas por alguna de las partes implicadas o las realizadas por un tercero. (DistritoBIM, 2023)

6.3.3. Objetivos de una auditoría dentro de un proceso de certificación en el estándar ISO 19650

Los objetivos de un proceso de auditoría son:

- Buscar conformidad: El objetivo de una auditoría es buscar evidencia de que se cumple un requerimiento.
- Comprobar efectividad: ¿Los sistemas o procesos hacen lo que dicen que hacen? ¿Cumplen objetivos?
- Favorecer la mejora continua: En la ISO 19650 no hay ninguna cláusula específica sobre mejora continua, pero sí se incluye una cláusula sobre "lecciones aprendidas", lo que debe considerarse como un sistema de búsqueda de mejora continua.
- Validar capacidad: La ISO 9000 (Control de calidad y Gestión de calidad) define la capacidad como la habilidad de una organización, sistema o proceso, para crear un producto que cumpla con los requerimientos exigidos. (DistritoBIM, 2023)

6.3.4. Tipos de Auditoria BIM

1. **Auditoria de procesos BIM:** Se prioriza revisar como la organización está incorporando la metodología BIM en sus procesos existentes.

2. **Auditoria de infraestructura tecnológica BIM:** Se examina la infraestructura tecnológica de la organización para determinar si es adecuada para soportar el uso de BIM, ya sea a nivel hardware como software y red, la cual es necesaria entre la organización para la colaboración y el modelado BIM.

3. **Auditoria de Cumplimiento de Normativas y Estándares BIM:** Se verifica si la organización cumple con las normativas, estándares y protocolos establecidos para la implementación BIM.

4. **Auditoria de Capacitación y Desarrollo de competencias BIM:** Se evalúa el nivel de capacitación y desarrollo de habilidades de la organización la cual se le hace la auditoria BIM.

5. **Auditoria de Estructura Organizativa BIM:** Evalúa como está estructurada la organización para gestionar la implementación de la metodología BIM, incluyendo la designación de responsabilidades, la creación de equipos dedicados toma de decisiones y asignación de recursos. (CM Internacional, 2024)

Para nuestro caso de estudio, la auditoría a desarrollar es una auditoría de **cumplimiento de normativas y estándares BIM.**

6.3.5. Norma ISO 19650

El desarrollo de la auditoría se basa en lo establecido en la ISO 19650. La serie EN ISO 19650 es un conjunto de normas internacionales que establecen el marco, los principios y los requisitos para la obtención, uso y gestión de la información en proyectos y activos de edificación e ingeniería civil a lo largo de su ciclo de vida. Está dirigida principalmente a:

- Los actores involucrados en las etapas de diseño, construcción y puesta en funcionamiento de los activos construidos, que según la ISO se conocen como fase de desarrollo.
- Los actores que llevan a cabo actividades relacionadas con la gestión de activos, incluyendo la operación y el mantenimiento, que según la ISO se conocen como fase de operación

  La serie EN ISO 19650 está compuesta por un conjunto de normas:

  - La norma EN ISO 19650-1: Establece los conceptos y principios recomendados para los procesos de desarrollo y gestión de la información a lo largo del ciclo de vida de cualquier activo de construcción.
  - La norma EN ISO 19650-2: Define los procesos de desarrollo y gestión de la información en la fase de desarrollo.

- La norma EN ISO 19650-3: Especifica los procesos de uso y gestión de la información en la fase de operación.
- La norma EN ISO 19650-4: Regula el intercambio de información en BIM durante las fases de desarrollo y operación; esta norma se encuentra actualmente en proceso de elaboración.
- La norma EN ISO 19650-5: Establece los requisitos de seguridad de la información.

6.3.5.1. Objetivos de la Norma ISO 19650

La norma busca establecer un proceso de trabajo y este proceso debe permitir que la información clave esté disponible en el momento preciso. Está misión la lleva adelante a partir de trabajar hacia tres objetivos concretos:

- Tener una definición de la información que necesita el propietario o el cliente. Así como una definición de los procesos, de los plazos y de los protocolos de desarrollo de información. Por ejemplo, cómo se deben construir los modelos BIM, qué información deben tener y para cuándo deben tener esta información incorporada. No toda la información debe estar siempre disponible en los modelos. Establecer la cantidad y la calidad de la información que se va a tener que desarrollar.
- Combinando el primer objetivo y este segundo, lo que se busca es definir las necesidades y establecer la cantidad y la calidad de información que se va a desarrollar.
- El tercer objetivo implica lograr transferencias eficientes y efectivas de información. Esto significa, principalmente, el evitar los retrabajos.

Lo que se busca con estos objetivos es que, durante todas las etapas, planificación, diseño, construcción y operación, la información circule de manera ordenada y estructurada. La razón de la existencia de la serie ISO 19650 es generar el marco, o sea los lineamientos, para colaborar de forma eficaz. (Estudio ESE, 2021)

7. Estado del Arte

A nivel nacional el sector de la construcción es uno de los sectores más representativos en el crecimiento del PIB con una participación superior al 10% anual, en varias ocasiones el sector de obras civiles en el PIB supero el de construcción de edificaciones, por lo que este sector tiene una relevancia considerable en le economía colombiana, de igual forma el desarrollo de la infraestructura vial tiene una relación directa con el desarrollo de las distintas regiones y países. (García, Pinzón, & Zapata, 2021)

Tomando esto como referencia las entidades han venido evolucionando y adaptándose a las nuevas tecnologías con el fin de gestionar los proyectos de infraestructura vial de manera más eficiente, como son el caso de entidades como el IDU y el INVIAS. El entorno académico no ha sido indiferente a esta evolución del sector y se han venido realizando múltiples aportes a la correcta implementación de las nuevas metodologías en el sector de la infraestructura vial.

En lo relacionado con trabajos de grado, se hizo la revisión de distintos proyectos donde se pretendía estudiar la metodología BIM enfocada en la infraestructura vial a nivel nacional, el primero de ellos se denomina “Desarrollo de una guía para la implementación de la metodología BIM aplicada a las condiciones de proyectos de infraestructura vial en el territorio colombiano” (Díaz & Cogollo, 2021) donde se desarrolla una propuesta de guía metodológica que use metodología BIM y se ajuste a las condiciones de proyectos de infraestructura vial a nivel nacional, desarrollando diagramas de procesos y aplicación de la metodología para cada una de las etapas que tienen este tipo de proyectos (prefactibilidad, factibilidad, preconstrucción y construcción).

El segundo se denomina “Guía de lineamientos para la implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling/Management) aplicable en el desarrollo de infraestructura longitudinal de modalidades Asociación Publico Privada – APP y Obra Pública

en Colombia.” (Goméz, 2020), este trabajo tiene como finalidad determinar una hoja de ruta que sirva de guía para las distintas entidades públicas y empresas contratistas interesadas en implementar la metodología BIM en los proyectos actuales y futuros, haciendo uso de las herramientas tecnológicas de tal forma que se pueda ejercer un control estricto de las distintas etapas del ciclo de vida, haciendo que de esta manera el país se proyecte como uno de los más competitivos de la región.

Un tercer trabajo de grado realizado se titula “Creación de una guía para la planeación y control de proyectos de infraestructura de transporte en la etapa de construcción, empleando Building Information Modeling (BIM).” (García, Pinzón, & Zapata, 2021) donde se tiene como finalidad crear una guía para la planeación y control de proyectos de infraestructura de transporte durante la etapa de construcción haciendo uso de la metodología BIM, lo cual consiste a partir de herramientas tecnológicas consolidar la información de manera estandarizada de tal forma que los involucrados cuenten con diseños y especificaciones actualizados de manera constante.

El cuarto “Gerencia de proyectos de infraestructura pública con Project Management Institute y Building Information Modeling” (Vargas, Ramírez, Osorio, Machuca, & Alvear, 2020), muestra como el sector público ha sido rezagado en la implementación de nuevas tecnologías, viéndose obligado a usar modelos anticuados y poco eficientes en comparación con otros sistemas, produciendo mayor tiempos de ejecución y costos, con este panorama, este trabajo busca evaluar la viabilidad de implementar lineamientos PMI y metodología BIM en contratos de infraestructura pública y el impacto que dichas herramientas tendrían.

El quinto trabajo revisado corresponde a “Propuesta metodológica para la gestión de proyectos en la fase de diseño bajo un enfoque Building Information Modeling - BIM en el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá D.C.” (Guío, Parra, & Zola, 2022) tiene como objetivo desarrollar una propuesta metodológica para gestionar proyectos en el Instituto de Desarrollo

Urbano (IDU) durante la fase de diseños usando metodología BIM (Building Information Modeling), teniendo en cuenta la transformación digital ha evidenciado la necesidad de utilizar herramientas tecnologías en los proyectos de construcción.

1) Se realiza un diagnóstico de la gestión de proyectos durante la fase de diseños bajo un enfoque BIM en el IDU
2) Se elabora un marco documental sobre la gestión de proyectos bajo un enfoque BIM para proyectos de infraestructura en la fase de diseños
3) Se elabora un plan de implementación para la gestión de proyectos en la fase de diseños bajo un enfoque BIM aplicado al IDU.

El sexto trabajo revisado “Requisitos de información BIM (EIR) en la etapa de prefactibilidad de la fase de estudios y diseños en proyectos de infraestructura vial en Colombia.” (Ramírez, 2022) Donde se tiene como objetivo generar una guía para la elaboración de los requisitos de información BIM que contenga un listado de requerimientos para usar la metodología en la etapa de estudios y diseños en proyectos de infraestructura vial que se realizan por entidades adscritas al ministerio de transporte, permitiendo de esta forma que las entidades exijan y evalúen de manera precisa la implementación de esta metodología en los proyectos facilitando la calidad y el seguimiento de los proyectos.

En primer lugar, se indaga sobre los distintos procesos de implementación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial a nivel internacional.

En segundo lugar, se establece el estado del arte de implementación de la metodología BIM para proyectos de infraestructura vial en Colombia y por último se identifican las herramientas de implementación BIM más importantes en la etapa de prefactibilidad de estudios y diseños de proyectos de infraestructura vial en Colombia basado en experiencias nacionales e internacionales.

El séptimo trabajo “Modelo de gerencia de proyectos de infraestructura vial en la ciudad de Bogotá basado en estándares internacionales” (Niño, 2020), este trabajo tiene como objetivo elaborar un modelo de gerencia de proyectos de infraestructura vial, para la ciudad de Bogotá D.C. basado en estándares internacionales de gestión de proyectos (PMBOK), se procede a caracterizar el estado actual de la gerencia de proyectos de infraestructura vial que se llevan a cabo en Bogotá, posteriormente se procede a identificar los componentes de la gerencia de proyectos que se consideran por los estándares internacionales. El resultado de esto será un modelo de gerencia de proyectos de infraestructura vial aplicado a Bogotá bajo estándares internacionales de gestión de proyectos.

El octavo trabajo revisado “Implementación de la Metodología BIM en el Diseño de Proyectos de Infraestructura Vial de la Organización INTRA Consultores” (Brenes, 2020), tiene como finalidad un estudio de caso que consiste en implementar la metodología BIM en el proceso de diseño de la organización INTRA consultores, para esto se procede con una revisión detallada de la literatura existente acerca de la implementación de la metodología BIM en el ámbito de la ingeniería vial, por otro lado se analiza un tema fundamental el cual consiste en determinar el grado de madurez y las acciones de desarrollo de la organización por medio de la matriz de implementación BIM, por último se propone un plan de acción BIM para que la empresa pueda mejorar su grado de madurez.

Por otro lado, se hizo la revisión de los anexos y documentos técnicos elaborados por el INVIAS y el IDU, dos de las principales entidades que llevan a cabo obras de infraestructura vial a través de licitaciones públicas, en estos documentos se especifican los requisitos requeridos en cada una de las etapas de los proyectos que tienen la obligación de implementar BIM de acuerdo con cada una de las fases del ciclo de vida del proyecto.

8. Metodología

8.1. Desarrollo Objetivo 1 “Analizar detalladamente los requerimientos establecidos por el IDU para proyectos de obra pública que requieren implementación de metodología BIM”.

Con el fin de llevar a cabo este objetivo, tal como se menciona en el alcance, la metodología de trabajo es cualitativa. Se analizará detalladamente el Anexo contractual BIM IDU V 5.0 , el cual define los requerimientos, procesos y herramientas necesarias para la gestión de información BIM bajo la norma NTC ISO-19650.

8.2. Desarrollo Objetivo 2 “ Analizar el estado actual de la implementación del BIM en los procesos de obra pública del IDU en Bogotá”

Para desarrollar este objetivo, se realizará un análisis cualitativo donde se estudiará el documento “Propuesta plan de implementación metodología BIM en el IDU” por el IDU, 2021, donde se presentan los lineamientos que apoyan la correcta implementación de la metodología BIM en el Instituto para facilitar la gestión en la construcción de infraestructura vial y espacio público, incorporando mejores prácticas que impulsen mejoras en el bienestar de los habitantes del distrito generando un impacto positivo a través de la transformación digital del sector.

Adicionalmente, se investigarán los proyectos que actualmente (año 2024) están implementado la metodología BIM del IDU y se hará énfasis en el proyecto desarrollado por el consorcio EL GACO.

8.3. Desarrollo Objetivo 3 “Proponer una metodología de auditoría de la implementación del BIM basada en un marco de referencia o en estándares internacionales y mejores prácticas en gestión de proyectos de construcción”

Para el desarrollo de la metodología, también se realizará un análisis cualitativo, donde la referencia específica a usar es la Norma EN ISO 19650-2, y según la cual se desarrollará la auditoría al Anexo contractual BIM IDU V 5.0.

9. Desarrollo de Objetivos

9.1. Analizar Detalladamente los Requerimientos Establecidos por el IDU Para Proyectos que Requieren Implementación de Metodología BIM en las Etapas de Preconstrucción y Construcción

El ANEXO TECNICO BIM (ATB) ha sido implementado por el IDU con el fin de definir los requerimientos, procesos y herramientas de producción necesarias para la gestión y aplicación de información bajo la norma NTC-ISO-19650 así como los roles y responsabilidades de los actores claves involucrados y constituir condiciones mínimas que se deben incluir en el Plan de Ejecución BIM (PEB) por parte de los contratistas.

De acuerdo con este documento el Constructor / Consultor deberá realizar dentro del alcance de cada contrato y en cada una de las fases establecidas en el marco de la metodología BIM gestionando información gráfica y no grafica que permita operar de manera colaborativa dentro de un entorno virtual propicio que permita cumplir con las obligaciones y requerimientos establecidos por la metodología BIM.

El objetivo principal del Anexo Contractual BIM IDU V 5.0 del Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá es establecer las acciones, directrices y obligaciones que deben cumplir el Constructor/Consultor/Parte Designada en cada fase del ciclo de vida del proyecto, en el marco de las obligaciones BIM. Este documento tiene como finalidad generar el Plan de Ejecución BIM (PEB) del contrato, dentro del proceso de implementación BIM en los proyectos de la Entidad. Se enfoca en la gestión de la información de manera ordenada, coordinada y homogénea, a través de un trabajo colaborativo utilizando herramientas digitales para simplificar la gestión de los activos construidos y por construir en todas las fases de su ciclo de vida.

En el Anexo Contractual BIM IDU V 5.0 del Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá, se establecen los siguientes roles y responsabilidades para la gestión de información BIM:

1. El Constructor/Consultor/Parte Designada (según sea el caso) es responsable de realizar, bajo la metodología BIM y dentro del alcance del contrato, la creación, elaboración, modelación, actualización, modificación o maduración de la representación digital del proyecto en 3D, gestionando la información gráfica y no gráfica de forma interoperable y colaborativa en un espacio virtual (CDE).
2. Se debe garantizar la correcta gestión de la información BIM bajo la norma ISO 19650, estableciendo y manteniendo medidas de encriptación, cumpliendo con labores de estandarización, base de datos geográficas, ejecución y cumplimiento del Plan de Ejecución BIM de forma integral, entre otras responsabilidades.
3. El Contratista/Parte Designada tiene la responsabilidad de federar y consolidar todos los modelos de información, garantizando la correcta entrega de la información, su coordinación y coherencia, así como garantizar la calidad de la información del activo y el proyecto.

Estos roles y responsabilidades son fundamentales para asegurar una adecuada gestión de la información BIM a lo largo de todas las fases del proyecto de construcción del infraestructura vial.

9.1.1. Flujo de información del proceso BIM- IDU

El flujo de información del proceso BIM IDU, según el Anexo Contractual BIM IDU V 5.0 del Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá, se define como un conjunto de etapas precontractuales y contractuales mínimas que se solicitan para la producción de información BIM por parte del Constructor/Consultor/Parte Designada. Este flujo de información sirve como base para los procesos de revisión y validación por parte del Interventor en representación del Contratante.

Algunos aspectos clave del flujo de información del proceso BIM IDU incluyen:

1. El Constructor/Consultor/Parte Designada, en colaboración con su equipo, elabora la primera versión del Plan de Ejecución BIM (BEP) para su aprobación por parte del Interventor/Supervisor.
2. Se establecen parámetros y lineamientos contemplados en el anexo técnico para la ejecución del contrato, los cuales son una obligación contractual y están sujetos a revisión y aprobación por parte del interventor y/o supervisor.
3. Se requiere que todas las modelaciones sean compatibles y entregadas en su formato nativo y abierto (como IFC 2x3 u otro según sea necesario) para garantizar la interoperabilidad e intercambio de información dentro del proyecto y el flujo de la información dentro del Entorno Común de Datos (CDE).

Este flujo de información del proceso BIM IDU establece una estructura clara para la gestión de la información BIM a lo largo de todas las etapas del proyecto, asegurando la coherencia, colaboración y calidad en la representación digital del activo de infraestructura.

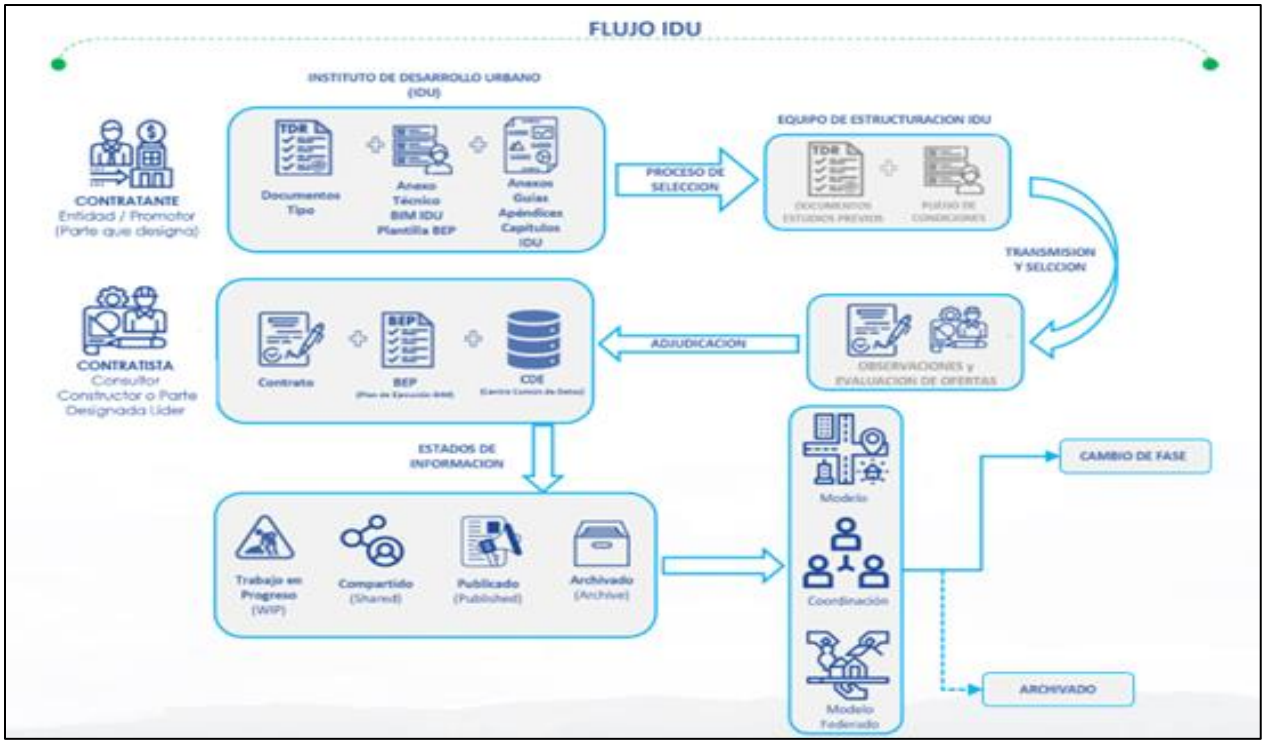


Figura 3.

Flujo de información del proceso BIM IDU

Nota. Recuperado de IDU, Anexo contractual BIM IDU V5.0, 2023, pp. 8.

9.1.2. Usos BIM

En la sección de Usos BIM del Anexo Contractual BIM IDU V 5.0 del Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá se definen los usos exigidos para la ejecución del contrato en cada una de las fases del proyecto, desde la prefactibilidad hasta la construcción. Estos usos BIM son fundamentales para cumplir con los objetivos y metas del proceso BIM y garantizar una correcta gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

Algunos aspectos importantes de la sección de Usos BIM incluyen:

1. Se establecen usos obligatorios como el modelado de condiciones existentes, el modelado de diseños existentes, el análisis de sitio y la autoría de diseño en todas las fases del proyecto, desde la prefactibilidad hasta la construcción.
2. Se requiere que el Contratista/Parte Designada aclare el alcance técnico, entregables y documentos técnicos de referencia para cada uno de los usos aplicados al proyecto en cada fase definida en los volúmenes del contrato.
3. Los Usos BIM corresponden a los objetivos esperados por el IDU para cumplir con los requerimientos en cada fase del proyecto, lo que garantiza la correcta representación digital del activo y facilita la toma de decisiones en todas las etapas del proyecto.

En resumen, la sección de Usos BIM establece los objetivos específicos que se deben cumplir en cada fase del proyecto para garantizar una adecuada gestión de la información BIM y lograr los resultados esperados en términos de eficiencia, calidad y colaboración en la ejecución del proyecto de infraestructura.

En la **Figura 4** se puede apreciar la distribución de los Usos BIM para cada etapa del proyecto:

USO BIM	PREFACTIBILIDAD	FACTIBILIDAD	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN
MODELADO DE CONDICIONES EXISTENTES	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO
MODELADO DE DISEÑOS EXISTENTES	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO
ANALISIS DE SITIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO		
AUTORÍA DE DISEÑO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	
COORDINACION 3D	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO
REVISIÓN DE DISEÑO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO
ESTIMACIÓN DE CANTIDADES Y PPTO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO
PLANEACIÓN DE FASES Y SIMULACIÓN CONSTRUCTIVA	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO
PLANIFICACIÓN DE USO DE SITIO			OPCIONAL	OPCIONAL
DISEÑO DE SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN			OPCIONAL	OPCIONAL
FABRICACIÓN DIGITAL			OPCIONAL	OPCIONAL
CONTROL DE OBRA				OBLIGATORIO
MODELADO RECORD				OBLIGATORIO
GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DE ESPACIO		OPCIONAL	OPCIONAL	OPCIONAL
PLANEACIÓN DE DESASTRES		OPCIONAL	OPCIONAL	OPCIONAL
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO			OPCIONAL	OPCIONAL
GESTIÓN DE ACTIVOS			OPCIONAL	OPCIONAL
ANALISIS OTROS SISTEMAS DE INGENIERIA			OPCIONAL	OPCIONAL
SIMULACION PERSONAS/VEHÍCULOS	OPCIONAL	OPCIONAL	OPCIONAL	OPCIONAL
SUSTENTABILIDAD	OPCIONAL	OPCIONAL	OPCIONAL	OPCIONAL
REALIDAD AUMENTADA Y VIRTUAL	OPCIONAL	OPCIONAL	OPCIONAL	OPCIONAL

Figura 4.

Distribución de los Usos BIM

Nota. Recuperado de IDU, Anexo contractual BIM IDU V5.0, 2023, p. 14.

9.1.3. Niveles de Definición del Modelo (LOD)

Los Niveles de Definición del Modelo (LOD, por sus siglas en inglés Level of Development) son una parte fundamental en la metodología BIM (Building Information Modeling) que establecen el grado de desarrollo y detalle de los elementos dentro de un modelo digital. A continuación, se detallan los diferentes niveles de definición del modelo (LOD) según el Anexo Contractual BIM IDU V 5.0 del Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá:

1. **LOD 100:** Este nivel se refiere a la representación gráfica de los elementos con información básica, como la ubicación y la forma general. Es el nivel más básico y se utiliza en las primeras etapas del proyecto para establecer la disposición general de los elementos.
2. **LOD 200:** En este nivel, se agrega más información geométrica a los elementos, como dimensiones generales y relaciones espaciales. Se utiliza para representar los elementos de manera más detallada, pero sin incluir información específica de construcción.
3. **LOD 300:** En este nivel, se incluye información geométrica detallada sobre la forma, tamaño, ubicación y orientación de los elementos, así como información no gráfica que amplía las especificaciones. Es importante para la coordinación entre disciplinas y se considera como información aproximada con un nivel de precisión medio alto.
4. **LOD 350:** En este nivel, se detalla aún más la información geométrica de los elementos, incluyendo cantidades, tamaños, formas y ubicaciones específicas en relación con el conjunto del proyecto. Se requiere información no gráfica adicional, como material, nombre y especificaciones, y se considera como información detallada con un nivel de precisión alto.
5. **LOD 400:** En este nivel, se proporciona información geométrica detallada para la fabricación y el montaje de los elementos, incluyendo cantidades, tamaños, formas y ubicaciones precisas en relación con el proyecto. Se requiere información no gráfica detallada, como material, nombre, especificaciones y enlaces a archivos adicionales.

Estos niveles de definición del modelo (LOD) son esenciales para garantizar la coherencia, precisión y calidad de la información dentro del modelo BIM, lo que facilita la toma de decisiones, la coordinación entre disciplinas y la ejecución eficiente del proyecto de infraestructura.

9.1.4. Roles y responsabilidades BIM.

El Anexo Contractual BIM IDU V 5.0 del Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá describe los roles y responsabilidades relacionados con BIM que deben asignarse al equipo de trabajo para asegurar una adecuada implementación de esta metodología en el proyecto. A continuación, se detallan los roles y responsabilidades BIM mencionados en dicho documento:

1. **Coordinador/Especialista BIM y SIG:**
    - Responsable de la estrategia BIM de producción y de la gestión de información del proyecto.
    - Encargado del aseguramiento y control de calidad de la información generada en el modelo BIM.
2. **Modelador BIM:**
    - Responsable de la estrategia BIM de producción y de la gestión de información del proyecto.
    - Encargado de la creación y actualización de los elementos y componentes del modelo según los estándares establecidos.

Los roles y responsabilidades BIM son esenciales para garantizar una implementación adecuada de la metodología BIM en el proyecto, asegurando la coordinación, calidad y eficiencia en la gestión de la información durante todas las fases del ciclo de vida del proyecto de infraestructura.

9.1.5. Plan de Ejecución BIM (PEB)

Es un documento fundamental en la implementación de la metodología BIM en un proyecto de infraestructura. A continuación, se proporciona información relevante sobre el Plan de Ejecución BIM:

1. **Definición del PEB:** El Plan de Ejecución BIM es un documento que establece los estándares, métodos y procedimientos de producción necesarios para cumplir con las obligaciones y resultados definidos por el Contratante/Entidad/Parte Designada en el proyecto.
2. **Contenido del PEB:** El PEB debe especificar la estrategia, capacidades, competencias, acciones, recursos humanos y logísticos necesarios para llevar a cabo la implementación de la metodología BIM en el proyecto. Además, debe detallar las exigencias del contrato y los requisitos establecidos en el Anexo Contractual BIM, como se representa en la **Figura 5**

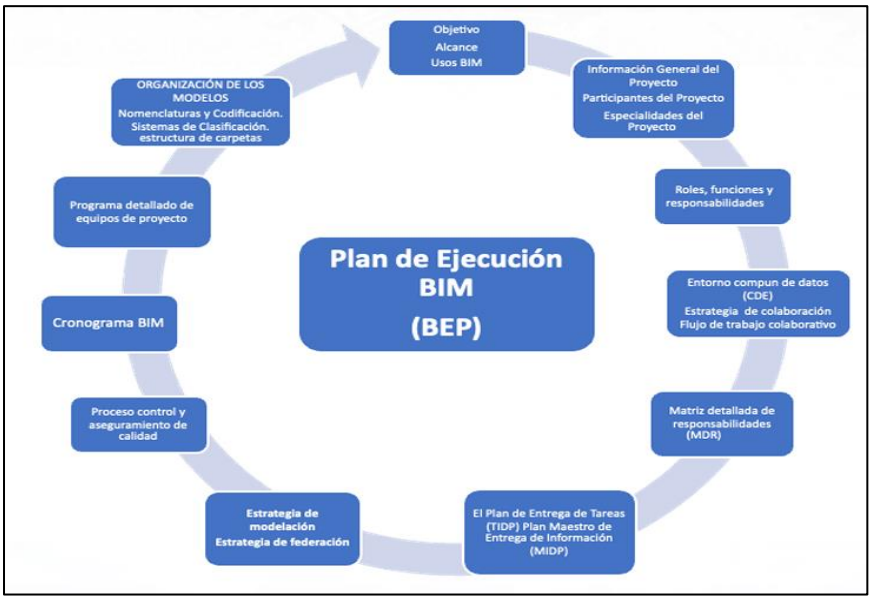


Figura 5.

Contenido general BEP - IDU

Nota. Recuperado de IDU, Anexo contractual BIM IDU V5.0, 2023, p. 24

3. **Responsabilidades**: La responsabilidad de documentar y ejecutar todas las acciones, recursos y logística necesaria para cumplir con el PEB recae en el Constructor/Consultor/Parte Designada. Es importante que se cumplan todas las

acciones establecidas en el PEB, ya que son obligaciones de resultado asumidas por el CONTRATISTA adjudicatario.

4. **Presentación y aprobación:** El PEB debe ser presentado por parte del Constructor/Consultor/Parte Designada para su aprobación por la Interventoría/Supervisor dentro de los cinco días hábiles siguientes al inicio del contrato. El PEB debe estar alineado con el alcance establecido en el contrato y contener los medios necesarios para cumplir con las obligaciones BIM.

En resumen, el Plan de Ejecución BIM es un documento clave que establece las directrices y acciones a seguir para implementar la metodología BIM de manera efectiva en un proyecto de infraestructura, garantizando la correcta gestión de la información y la colaboración entre los diferentes actores involucrados.

9.1.6. Entorno Común de Datos (CDE)

Dentro del contexto de la metodología BIM (Building Information Modeling), el Entorno Común de Datos (CDE, por sus siglas en inglés Common Data Environment) es un componente fundamental que facilita la gestión y colaboración de la información en un proyecto de construcción. **Figura 6**

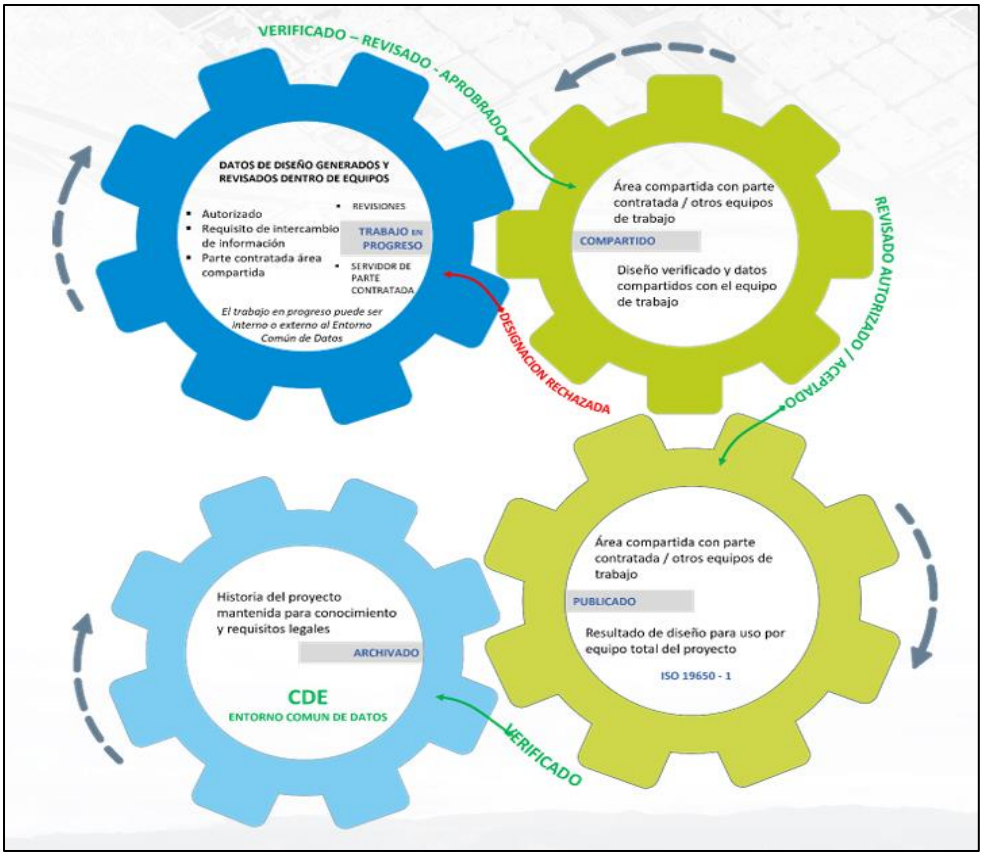


Figura 6.

Entorno común de datos (CDE)

Nota. Recuperado de IDU, Anexo contractual BIM IDU V5.0, 2023, p. 30.

1. **Definición del CDE:** El CDE es un sistema que centraliza la información del proyecto en una fuente única y estandarizada. Permite gestionar la información a lo largo de todas las fases del proyecto, desde la planificación hasta la entrega, facilitando la colaboración y la coordinación entre los diferentes actores involucrados.
2. **Funcionalidades del CDE:** El Entorno Común de Datos debe permitir diversas funcionalidades para garantizar una gestión eficiente de la información, como:
    - Integrar, revisar y acceder a la información del proyecto, incluyendo los archivos y las comunicaciones entre los involucrado.
    - Gestión de accesos para controlar quién puede acceder a la información.

- Compartir información mediante enlaces para facilitar la colaboración.
- Control de versiones para asegurar la integridad y actualización de la información.
- Búsqueda fácil de la información a través de filtros y etiquetas.
- Procesos integrados para la gestión de la documentación, como aprobaciones y revisiones.
- Gestión de informes semanales, mensuales y finales para evaluar el progreso del proyecto.

3. **Importancia del CDE:** El Entorno Común de Datos es fundamental para asegurar la consistencia, exactitud y accesibilidad de la información en un proyecto BIM. Este entorno favorece la toma de decisiones fundamentadas, optimiza la colaboración entre los equipos y disminuye los errores y la necesidad de realizar trabajos adicionales durante la ejecución del proyecto.

En resumen, el Entorno Común de Datos (CDE) es una herramienta clave en la metodología BIM que permite centralizar, gestionar y compartir la información de manera eficiente, contribuyendo a la mejora de la productividad y la calidad en los proyectos de construcción.

9.1.7. Estrategia de Control y Aseguramiento de Calidad

Dentro del Anexo Contractual BIM IDU V 5.0 del Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá se establece una estrategia de control y aseguramiento de calidad para la ejecución del proyecto, la cual se basa en los estándares y protocolos definidos en la NTC-ISO 19650-1:2021. A continuación, se detallan los aspectos clave de la estrategia de control y aseguramiento de calidad según el documento:

1. **Calidad de Datos BIM:** La estrategia de control y aseguramiento de calidad se enfoca en garantizar que la información del proyecto cumpla con los requerimientos establecidos en el documento y en el Plan de Ejecución BIM (BEP). Se deben cumplir los siguientes aspectos:
    - Consistencia: Uso coherente de métodos, técnicas, plantillas, herramientas y procesos en el desarrollo de modelos de información.
    - Integridad: Cumplimiento de los requisitos de información en términos de validez, calidad y cantidad.
    - Exactitud: Precisión en la medición y cálculo de las propiedades de los elementos del modelo.
    - Inteligibilidad: Claridad en la comprensión y comunicación de la información contenida en los modelos.
2. **Procesos de Control de Calidad:** Se establecen procesos de revisión de contenedores de información (entregables), coordinación 3D y otros documentos de calidad que deben estar descritos en el Plan de Ejecución BIM (BEP). Estos procesos garantizan la verificación y validación de la información generada en el proyecto.
3. **Responsabilidades y Protocolos:** Se definen los responsables de llevar a cabo el control de calidad, así como los protocolos y guías aplicables para asegurar la correcta ejecución de las funciones de calidad. Es fundamental que se sigan los procedimientos establecidos para garantizar la integridad y fiabilidad de la información BIM.

En resumen, la estrategia de control y aseguramiento de calidad en el contexto del Anexo Contractual BIM IDU V 5.0 se centra en garantizar la consistencia, integridad, exactitud e inteligibilidad de la información BIM generada en el proyecto, a través de procesos de

revisión, coordinación y verificación establecidos en el Plan de Ejecución BIM y en conformidad con los estándares de la NTC-ISO 19650-1:2021.

Validando lo anteriormente expuesto podemos extraer algunas conclusiones sobre lo bueno y lo malo de la implementación de este documento en proyectos de construcción:

- **Aspectos positivos (lo bueno):**
    1. **Enfoque en la eficiencia y la calidad:** El documento establece metas y objetivos específicos para garantizar la eficiencia en los proyectos de infraestructura, así como la calidad de la información generada a lo largo del ciclo de vida del activo.
    2. **Promoción de la colaboración y la transparencia:** Se fomenta la colaboración entre los diferentes actores involucrados en el proyecto a través del uso de la metodología BIM, lo que puede mejorar la comunicación y la coordinación.
    3. **Aseguramiento de la calidad:** Se define una estrategia de control y aseguramiento de calidad que se basa en estándares internacionales (NTC-ISO 19650-1:2021), lo que contribuye a la fiabilidad de la información generada en el proyecto.
    4. **Enfoque en la gestión de la información:** Se resalta la relevancia de manejar la información de manera eficiente en todas las etapas del proyecto, ya que esto puede ayudar a tomar decisiones bien fundamentadas.
- **Aspectos para mejorar (lo malo):**
    1. **Posible complejidad en la implementación:** La adopción de la metodología BIM y la gestión de un Entorno Común de Datos pueden requerir una curva de aprendizaje para los equipos involucrados, lo que podría generar resistencia al cambio.

2. **Necesidad de recursos y capacitación:** La implementación efectiva del documento puede requerir recursos adicionales y capacitación para garantizar que todos los participantes estén alineados con los requisitos y procesos establecidos.
3. **Supervisión y seguimiento:** Es fundamental contar con un sistema de supervisión y seguimiento adecuado para asegurar que se cumplan los estándares de calidad y los objetivos planteados en el documento a lo largo de todo el proyecto.
4. **Adaptación a la normativa local:** Aunque se mencionan estándares internacionales, es importante asegurarse de que la implementación del documento se ajuste a la normativa y regulaciones locales vigentes en Bogotá.

En general, la implementación del Anexo Contractual BIM IDU V 5.0 presenta beneficios significativos en términos de eficiencia, calidad y colaboración en proyectos de construcción, pero también requiere atención a aspectos como la capacitación, la supervisión y la adaptación a las necesidades locales para lograr una implementación exitosa.

El Anexo Contractual BIM IDU V 5.0 establece requisitos rigurosos para la implementación de BIM en las etapas de preconstrucción y construcción, asegurando que la metodología se utilice como una herramienta de planificación, control y gestión eficiente.

En preconstrucción, se enfatiza la planificación, coordinación 3D y modelado de condiciones existentes, mientras que en construcción el foco está en la gestión de información en el CDE, actualización de modelos y control de calidad.

El cumplimiento de estos requerimientos es fundamental para optimizar tiempos, reducir costos y mejorar la calidad en los proyectos de infraestructura del IDU.

La estrategia del IDU para incorporar la metodología BIM en sus proyectos de infraestructura está bien fundamentada y se alinea con las mejores prácticas internacionales.

Sin embargo, es crucial que el IDU continúe evaluando y ajustando su enfoque para abordar los desafíos inherentes a la implementación de nuevas tecnologías, asegurando así una transición efectiva y sostenible hacia procesos más digitalizados y eficientes.

9.2. Análisis del estado actual de la implementación del BIM en los procesos de obra pública del IDU en Bogotá, identificando las prácticas y herramientas utilizadas.

El Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) de Bogotá ha adoptado la implementación de la metodología BIM como un proyecto estratégico desde 2021. Su objetivo principal es optimizar la gestión en la construcción de infraestructura, integrando tecnología, digitalización e innovación en todos los proyectos para elevar la productividad y sostenibilidad de las obras en la ciudad. Esta iniciativa se alinea con el concepto de ciudades inteligentes y la estrategia nacional BIM 2020-2026 en Colombia, como se puede observar en la **Figura 7**.

El IDU se une voluntariamente a esta visión de implementación BIM en sus procesos y proyectos para el año 2023.

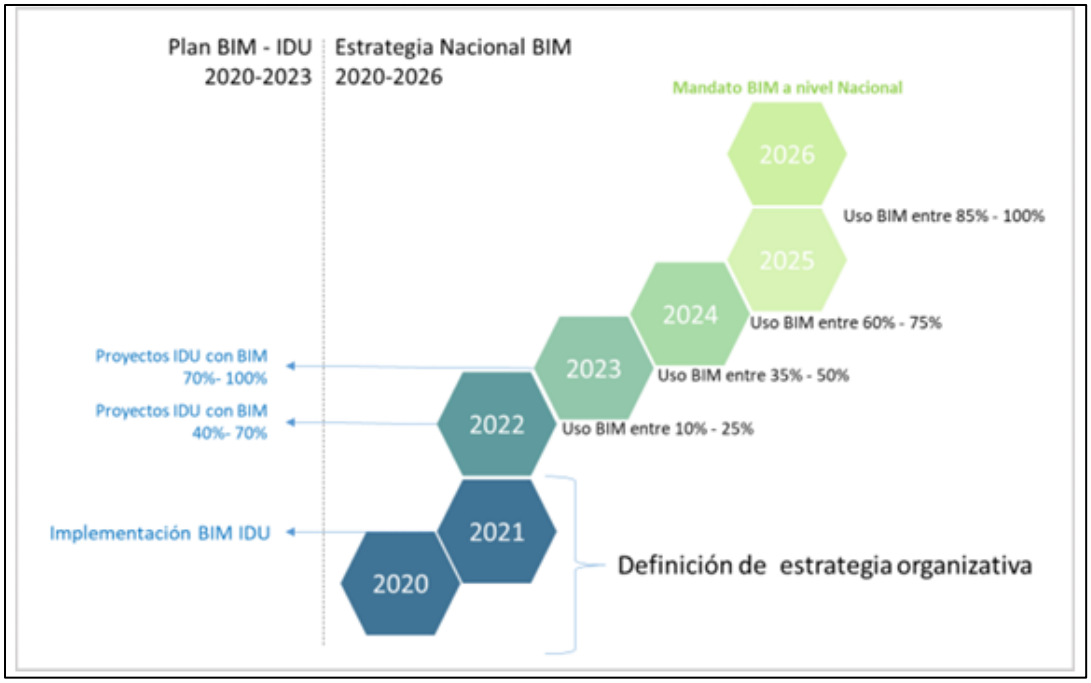


Figura 7.

Plan BIM IDU

Nota. Recuperado de IDU, Propuesta plan de implementación metodología BIM en el IDU, 2021, p. 9.

Para implementar BIM en la entidad se hace una estructuración a partir de 5 etapas: Inicio, Planeación, Ejecución, Medición y Seguimiento y Retroalimentación, como se observa en la **Figura 8**. Para la implementación de la metodología BIM se tiene prioridad en 8 procesos del IDU de los cuales 6 corresponden a procesos misionales (prefactibilidad, factibilidad, estudios y diseños, gestión predial, construcción y conservación), 1 a procesos estratégicos (Actualización del sistema de información geográfica) y 1 a procesos de apoyo (Concurso de Méritos).

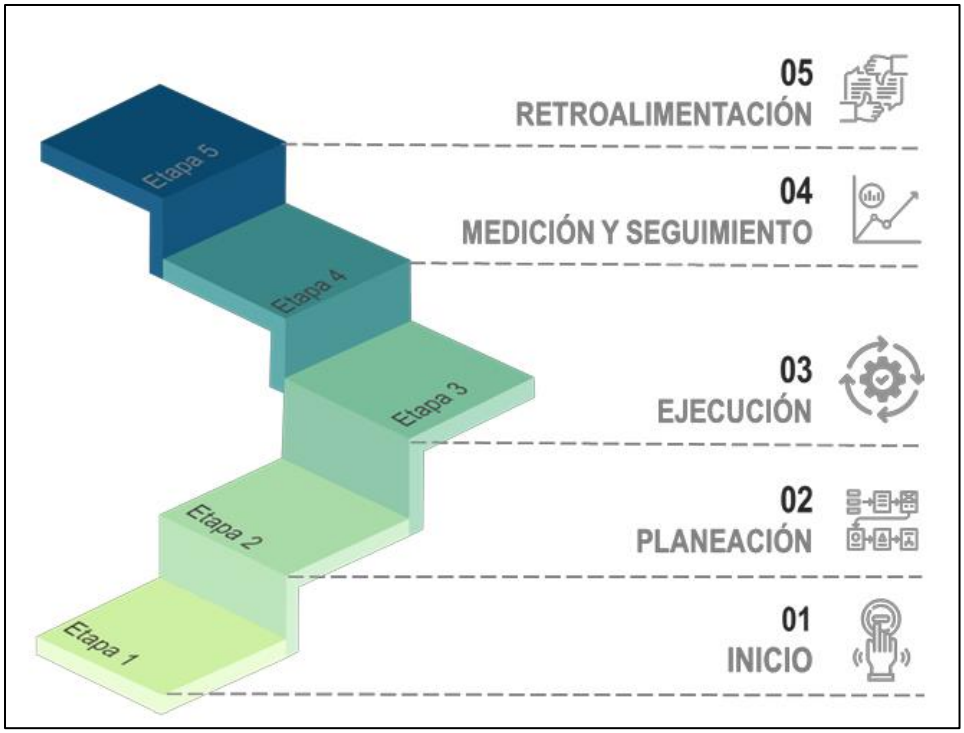


Figura 8.

Etapas BIM

Nota. Recuperado de IDU, Propuesta plan de implementación metodología BIM en el IDU, 2021, p. 17.

9.2.1. Etapa 1 – Inicio

En el año 2020, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) inició actividades preparatorias para implementar la metodología BIM en sus procesos misionales. Estas actividades incluyeron la identificación de responsables para liderar y promover la implementación, así como la elaboración de un diagnóstico de los procesos actuales del Instituto. Para llevar a cabo este diagnóstico, se contrató a la Empresa de Desarrollo Urbano (EDU) del Municipio de Medellín como consultora externa, con el objetivo de evaluar el estado actual de las diferentes áreas del IDU y definir una ruta adecuada para las siguientes etapas de la implementación. Ver **Figura 9**

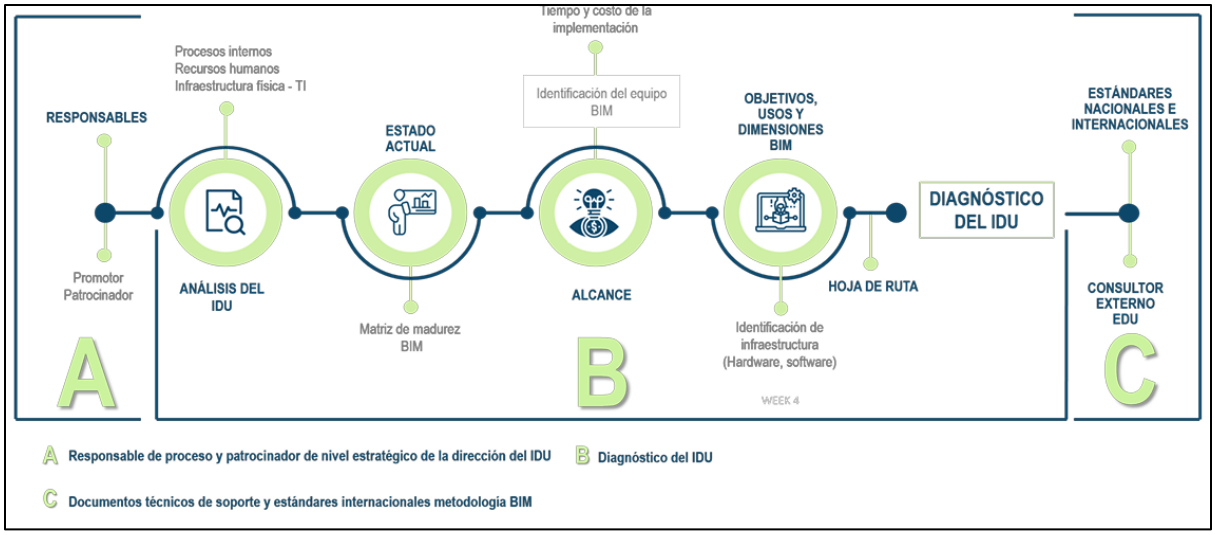


Figura 9.

Etapa 1 - Inicio

Nota. Recuperado de IDU, Propuesta plan de implementación metodología BIM en el IDU, 2021, p. 20.

En esta fase inicial se establecen las bases y los lineamientos para el desarrollo exitoso del proceso de implementación de BIM en la entidad. A continuación, se presenta un análisis de los aspectos clave de esta etapa:

1. **Responsable de Proceso y Patrocinador Estratégico:** Se destaca la importancia de contar con un responsable de proceso y un patrocinador de nivel estratégico en la dirección del IDU. Estos roles son fundamentales para liderar y respaldar la implementación de la metodología BIM en la entidad.
2. **Diagnóstico del IDU:** Se enfatiza la necesidad de realizar un diagnóstico exhaustivo del estado actual del IDU en relación con la implementación de BIM. Este análisis permitirá identificar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas para establecer una hoja de ruta clara.
3. **Documentos Técnicos y Estándares Internacionales:** Se hace referencia a la importancia de contar con documentos técnicos de soporte y estándares internacionales

de la metodología BIM. Estos documentos servirán como guía para la implementación y asegurarán la coherencia con las mejores prácticas a nivel global.

En resumen, la etapa de "Inicio" de la implementación de la metodología BIM en el IDU se centra en la designación de roles clave, la realización de un diagnóstico preciso de la entidad y la adopción de estándares y documentación técnica necesaria para el proceso. Estos elementos sientan las bases para el desarrollo exitoso de la implementación de BIM en el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá.

9.2.2. Etapa 2 – Planeación

Después de identificar el estado actual del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) y preparar la implementación de BIM, se estableció el Plan de Implementación de la metodología. Este plan define el alcance, la estrategia y los objetivos factibles para activar la implementación de BIM dentro del IDU, asignando responsabilidades a las diferentes áreas según la priorización de los procesos de la entidad. La etapa de planificación se centró en crear una estructura clara y dirigida para facilitar una adopción ordenada y efectiva de BIM, según se puede observar en la **Figura 10**.

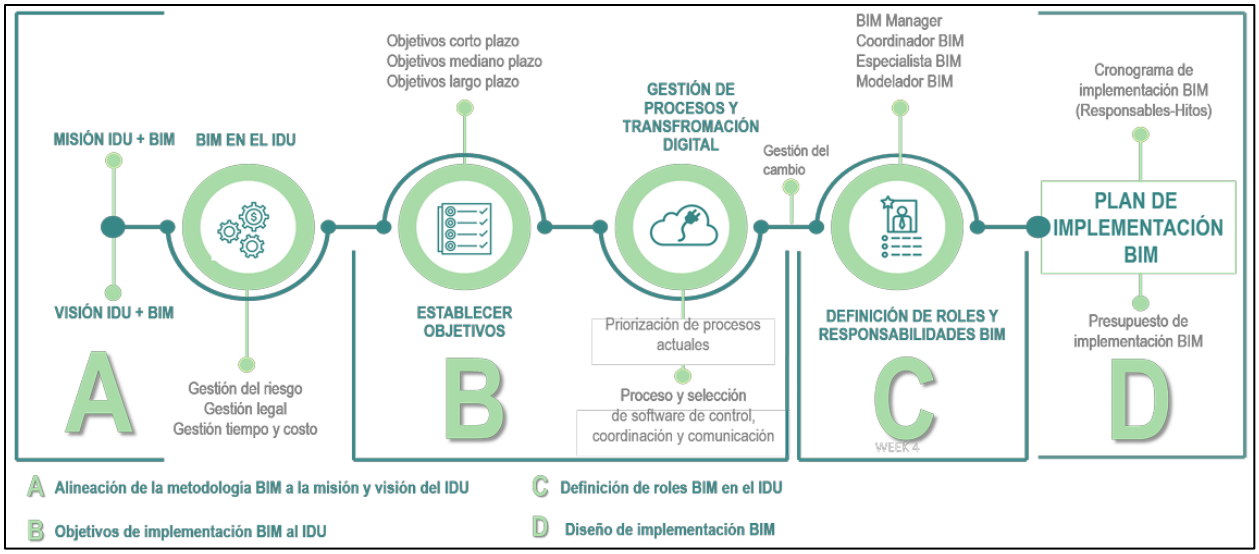


Figura 10.

Etapa 2 - Planeación

Nota. Recuperado de IDU, Propuesta plan de implementación metodología BIM en el IDU, 2021, p. 30.

En esta fase, se establecen los objetivos, metas y acciones específicas para la implementación exitosa de BIM en la entidad. A continuación, se presenta un análisis detallado de los aspectos clave de esta etapa:

1. **Alineación de la Metodología BIM a la Misión y Visión del IDU:** Se destaca la importancia de alinear la metodología BIM con la misión y visión del IDU. Esto garantiza que la implementación de BIM esté en sintonía con los objetivos estratégicos de la entidad y contribuya a su cumplimiento.
2. **Objetivos de Implementación BIM al IDU:** Se establecen objetivos generales y específicos a corto, mediano y largo plazo para la implementación de BIM en el IDU. Estos objetivos guían las acciones y permiten medir el progreso en la adopción de la metodología.
3. **Metas de la Implementación BIM en el IDU:** Se definen metas específicas que se deben alcanzar en el proceso de implementación de BIM. Estas metas son cuantificables

y orientadas a resultados concretos que contribuyan al éxito de la metodología en la entidad como se puede apreciar en la **Figura 11** y **Figura 12**.

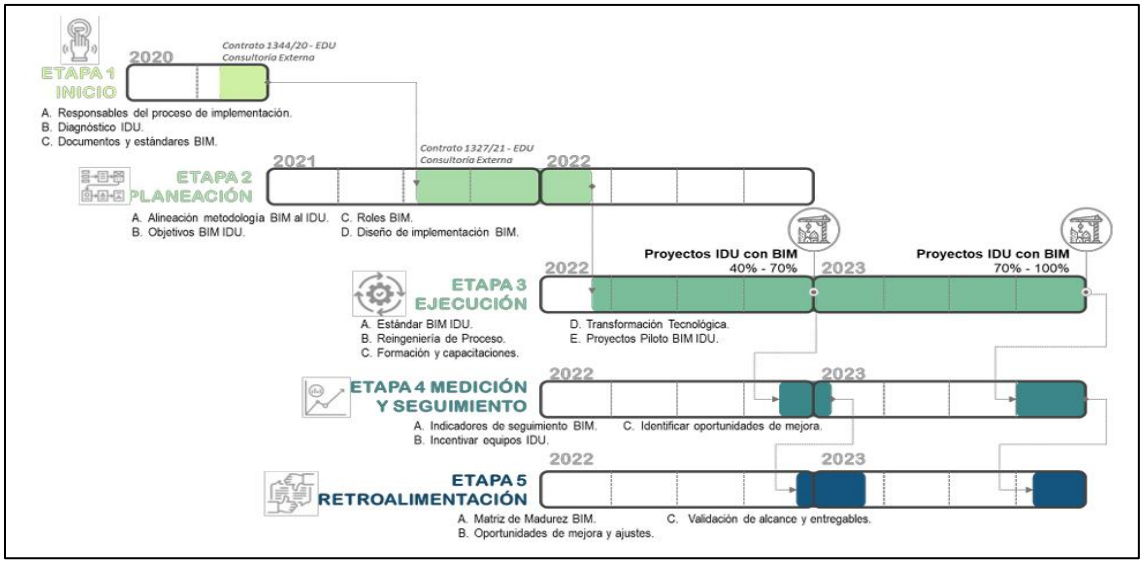


Figura 11.

Hoja de Ruta Implementación BIM en el IDU

Nota. Recuperado de IDU, Propuesta plan de implementación metodología BIM en el IDU, 2021, p. 36.

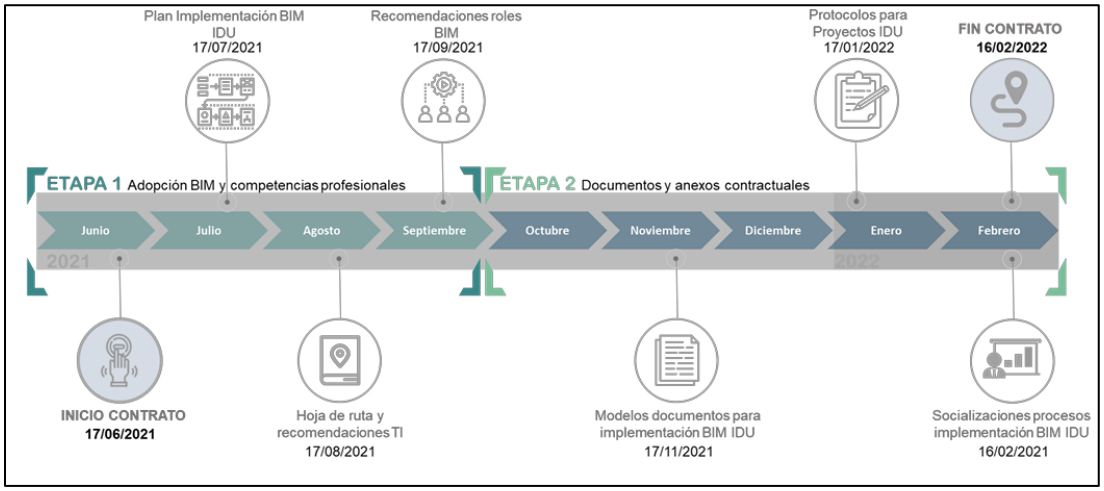


Figura 12.

Cronograma Contrato 1327/2021 Consultoría externa EDU

Nota. Recuperado de IDU, Propuesta plan de implementación metodología BIM en el IDU, 2021, p. 37.

4. **Priorización de Procesos IDU en la Implementación del BIM:** Se priorizan los procesos misionales del IDU que serán objeto de implementación de BIM. Esto asegura que los recursos se enfoquen en áreas críticas que impacten de manera significativa en la gestión de la infraestructura vial y el espacio público. Se hace necesario priorizar las áreas de acuerdo a los procesos asociados al ciclo de vida del proyecto, para lograr la transversalidad de la metodología en el desarrollo de los proyecto IDU, por lo tanto, esta priorización se focaliza en 6 procesos misionales de las cuales hacen parte (2) Subdirecciones generales (4) Direcciones técnicas y (4) subdirecciones técnicas; así mismo, se considera en esta priorización 1 proceso estratégico con (1) Dirección Técnica y un proceso de apoyo con (1) Dirección Técnica, siendo estas dos últimos procesos transversales en el ciclo de vida del proyecto, como se representa en la **Figura 13**

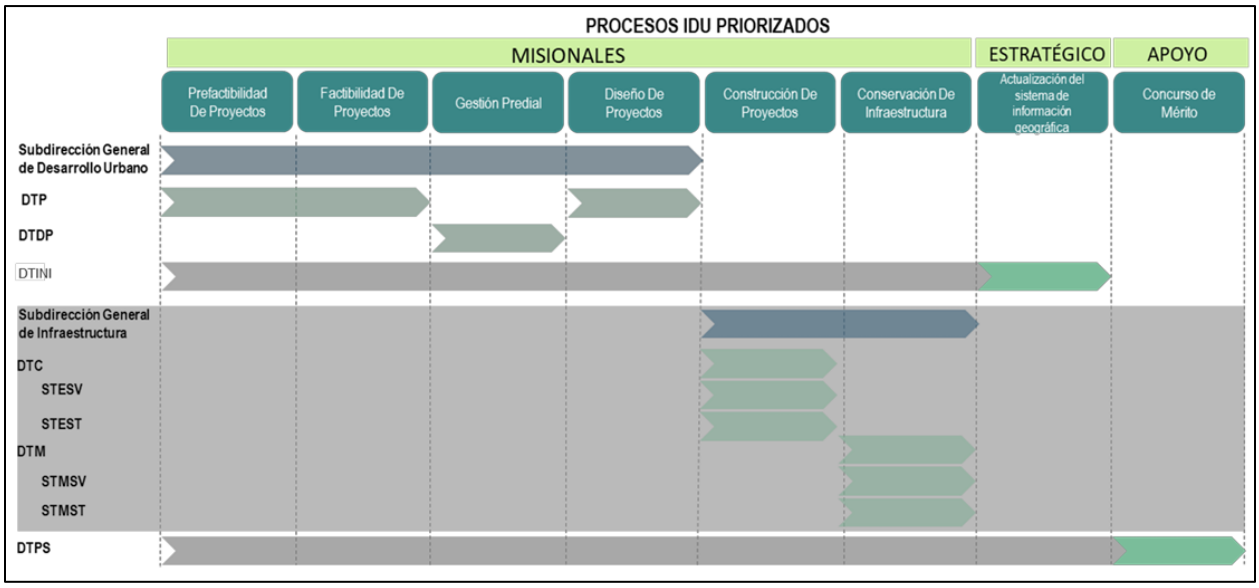


Figura 13.

Procesos priorizados y áreas IDU asociadas

Nota. Recuperado de IDU, Propuesta plan de implementación metodología BIM en el IDU, 2021, p. 41.

5. **Definición de Roles BIM en el IDU:** Se establecen los roles y responsabilidades necesarios para la implementación de BIM en la entidad. Esto incluye la designación de

coordinadores, gestores y personal técnico especializado en BIM para garantizar una ejecución efectiva de la metodología.

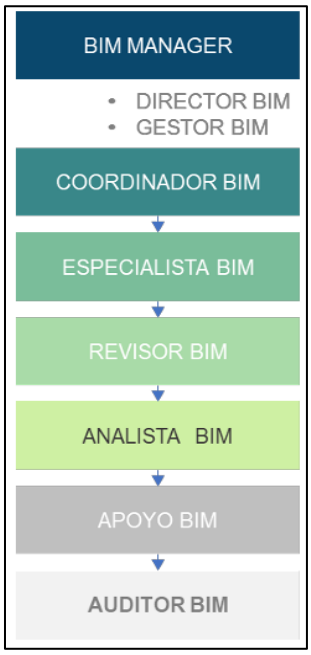


Figura 14.

Definición de roles BIM en el IDU

Nota. Recuperado de IDU, Propuesta plan de implementación metodología BIM en el IDU, 2021, p. 56.

9.2.3. Etapa 3 – Ejecución

La Etapa 3 – Ejecución, se representa gráficamente en la **Figura 15**

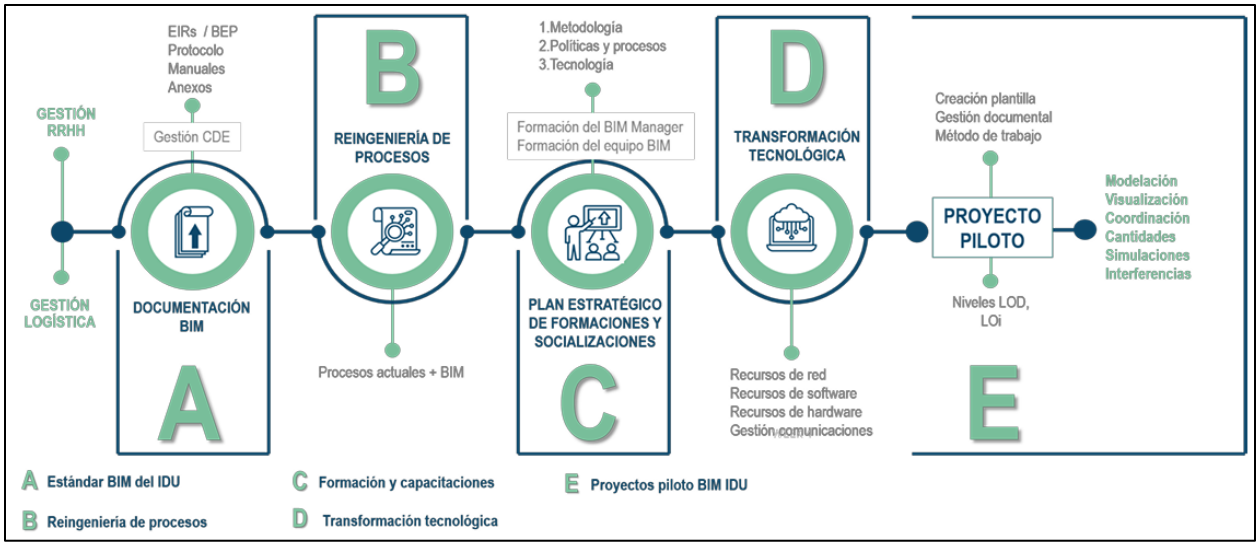


Figura 15.

Etapa 3 - Ejecución

Nota. Recuperado de IDU, Propuesta plan de implementación metodología BIM en el IDU, 2021, p. 60.

En esta fase, se llevan a cabo las acciones planificadas durante la etapa de planeación para poner en práctica la metodología BIM en la entidad.

A continuación, se presenta un análisis detallado de los aspectos clave de esta etapa:

1. **Roles y Responsabilidades BIM:** Se designan los roles y responsabilidades de los diferentes actores involucrados en la implementación de BIM en el IDU. Entre los roles identificados se encuentran el Responsable de Calidad, Auditor BIM, BIM Coordinador, BIM Manager, Proyectista BIM, Modelador y Operador. Cada uno de estos roles tiene responsabilidades específicas en las diferentes fases y tareas del proceso 63.

2. **Procesos de Control de Calidad:** Se detallan los procesos de control de calidad que deben llevarse a cabo durante la ejecución de proyectos BIM en el IDU. Estos procesos incluyen auditorías de proyectos, revisión de requisitos, comparación de modelos, análisis de elementos, control de interferencias, entre otros. La calidad es un

aspecto fundamental en la implementación de BIM y se deben seguir protocolos específicos para garantizarla 66.

3. **Gestión Documental y Control de Modelado:** Se hace énfasis en la importancia de la gestión documental en proyectos BIM, utilizando herramientas como BIM 360 Docs para la organización y control de la información 107. Asimismo, se aborda el control de modelado, que incluye el análisis de elementos, control de espacios, detección y control de interferencias, entre otros aspectos 66.

4. **Análisis de Productividad y Resultados:** Se menciona la importancia de realizar un análisis de productividad y resultados durante la ejecución de proyectos BIM en el IDU. Esto implica evaluar el desempeño del equipo, la eficiencia en la gestión de la información, el control de calidad, la gestión documental, entre otros aspectos.

En resumen, la etapa de "Ejecución" de la implementación de la metodología BIM en el IDU se centra en la asignación de roles y responsabilidades, la implementación de procesos de control de calidad, la gestión documental, el control de modelado y el análisis de productividad y resultados. Estos aspectos son fundamentales para garantizar el éxito en la ejecución de proyectos BIM en el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá.

9.2.4. Etapa 4 – Medición y Seguimiento

La Etapa 4 – Medición y seguimiento, se representa gráficamente en la **Figura 16**

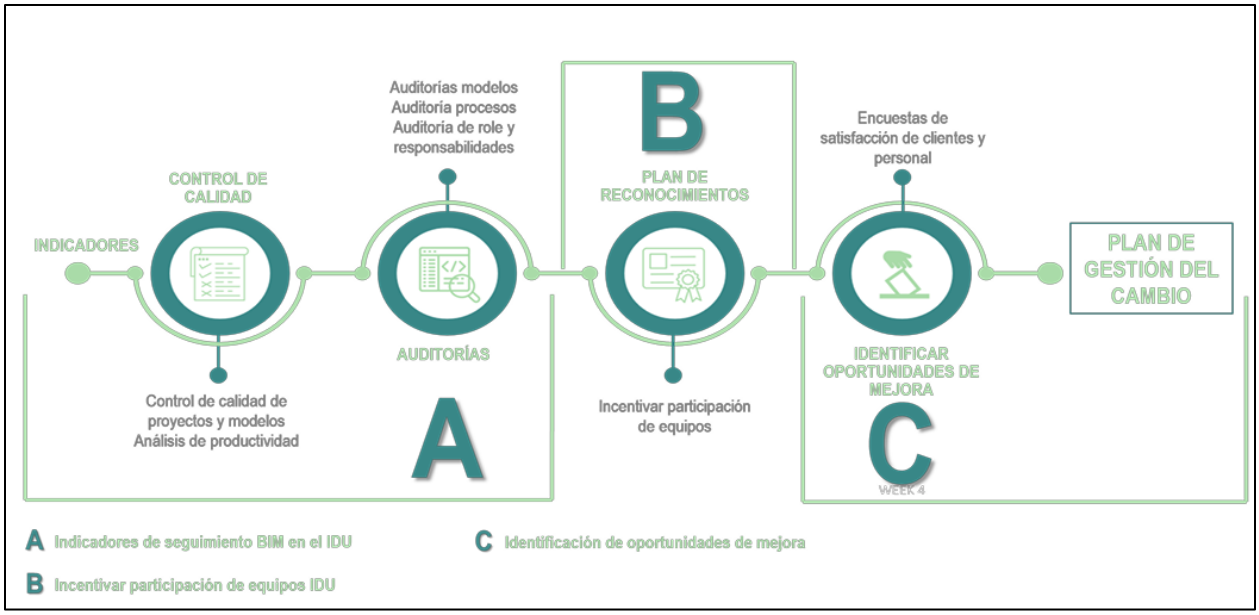


Figura 16.

Etapa 4 - Medición y seguimiento

Nota. Recuperado de IDU, Propuesta plan de implementación metodología BIM en el IDU, 2021, p. 108.

En esta fase, se enfoca en evaluar la calidad y eficiencia de la implementación de BIM en el IDU, identificar indicadores clave de desempeño y promover la participación de los colaboradores en el proceso.

A continuación, se presenta un análisis detallado de los aspectos clave de esta etapa:

1. **Definición de Indicadores de Desempeño:** Durante la etapa de medición y seguimiento, se identifican y definen los indicadores clave de desempeño que permitirán evaluar la implementación de BIM en el IDU. Estos indicadores pueden incluir aspectos como la calidad de los modelos BIM, la eficiencia en la gestión de la información, el cumplimiento de plazos y presupuestos, entre otros 108.

2. **Evaluación de Oportunidades de Mejora:** Se busca identificar oportunidades de mejora en el proceso de implementación de BIM en el IDU. Esto implica analizar los resultados obtenidos, identificar posibles áreas de optimización y

proponer acciones correctivas o preventivas para incrementar la eficiencia y calidad en la adopción de la metodología BIM 108.

3. **Participación de Colaboradores:** Durante esta etapa, se promueve la participación activa de los colaboradores del IDU en el proceso de implementación de BIM. Se definen roles y responsabilidades claras para cada miembro del equipo, se fomenta la capacitación continua y se busca involucrar a todos los niveles de la organización en la adopción de la metodología BIM 108.

4. **Establecimiento de Responsabilidades:** Se define claramente quiénes son los responsables de la medición y seguimiento de la implementación de BIM en el IDU. Esto garantiza que se lleve a cabo una evaluación sistemática y objetiva del proceso, y que se tomen las acciones necesarias para mejorar continuamente la adopción de la metodología.

En resumen, la etapa de "Medición y Seguimiento" de la implementación de la metodología BIM en el IDU se enfoca en la evaluación de indicadores de desempeño, la identificación de oportunidades de mejora, la participación de colaboradores y el establecimiento de responsabilidades claras en el proceso de implementación. Estos aspectos son fundamentales para asegurar el éxito y la sostenibilidad de la metodología BIM en el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá.

9.2.5. Proyectos de obra pública que utilizan la implementación BIM

Algunos de los proyectos que actualmente están implementado la metodología BIM del IDU, son:

9.2.5.1. Cable San Cristóbal

El Cable Aéreo San Cristóbal (**Figura 17**) tendrá 3 estaciones a lo largo de 2.8 km y podrá transportar hasta 4,000 pasajeros por hora por sentido, con un tiempo de recorrido de aproximadamente 10 minutos por sentido.

Estos sistemas de transporte por cable mejoran la movilidad en zonas de difícil acceso y benefician la calidad de vida de comunidades con limitaciones económicas y sociales. Estos sistemas ahorran tiempo y dinero a los usuarios, son ambientalmente amigables y promueven mejoras significativas en la calidad de vida local.

Figura 17.

Cable San Cristóbal

Nota. Recuperado de www.idu.gov.co>BIM>BIM- Infografías

- **Fases del Proyecto:**
  - Fase 1: Creación del BEP
  - Fase 2: Factibilidad y actualización del BEP
  - Fase 3: Inicio Modelado BIM
  - Fase 4: Aprobaciones
- **Usos BIM Aplicados en el Proyecto:**

- Levantamiento de condiciones existentes
- Estimación de cantidades y costos 5D
- Planificación de Fases modelación 4D
- Análisis de Ubicación
- Coordinación 3D
- Diseño de Especialidades
- Revisión de Diseño
- Validación Normativa

9.2.5.2. Avenida ciudad de Cali al sistema transmilenio

- **Grupo 1**

El proyecto de la Avenida Ciudad de Cali al sistema Transmilenio, Tramo 1 (**Figura 18**), se extiende a lo largo de 2.87 km, desde la Avenida Circunvalar del Sur hasta la Avenida Bosa. Este tramo incluye tanto construcción nueva como la adaptación al sistema Transmilenio. Entre sus características destacan la instalación de redes de servicios públicos, carriles mixtos y BRT, así como espacio público y ciclorruta en el costado occidental. Además, cuenta con tres estaciones (Terreros, San Bernardino y Calle 70 Sur), doce taquillas y tres ciclo parqueaderos. Los usos BIM aplicados abarcan la gestión de sitio, modelado de condiciones existentes, autoría y revisión de diseños, y coordinación en 3D.

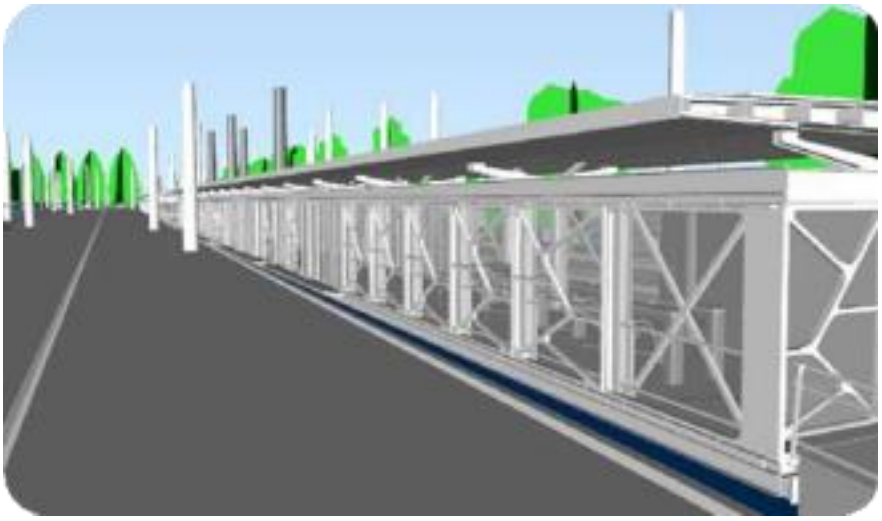


Figura 18.

Avenida ciudad de Cali al sistema transmilenio – Grupo 1

Nota. Recuperado de www.idu.gov.co>BIM>BIM- Infografías

- **Usos BIM aplicados al proyecto**
  - Gestión de Sitio
  - Modelado de Condiciones Existentes
  - Autoría de Diseños
  - Revisión de Diseños
  - Coordinación 3D

- **Grupo 2**

El Tramo 2 del proyecto (**Figura 19**) se extiende a lo largo de 7.2 km, desde la Avenida Circunvalar del Sur hasta la Avenida Manuel Cepeda Vargas. Este tramo incluye la implementación de ocho estaciones y tres intersecciones importantes (Avenida Bosa, Avenida Villavicencio y Avenida Manuel Cepeda Vargas). Durante la implementación bajo la metodología BIM, se identificaron más de 200 interferencias en los diseños, lo cual permitió realizar ajustes preventivos. Los usos BIM aplicados incluyeron la coordinación en 3D, auditoría y revisión de diseño, modelado de condiciones existentes y de sistemas.

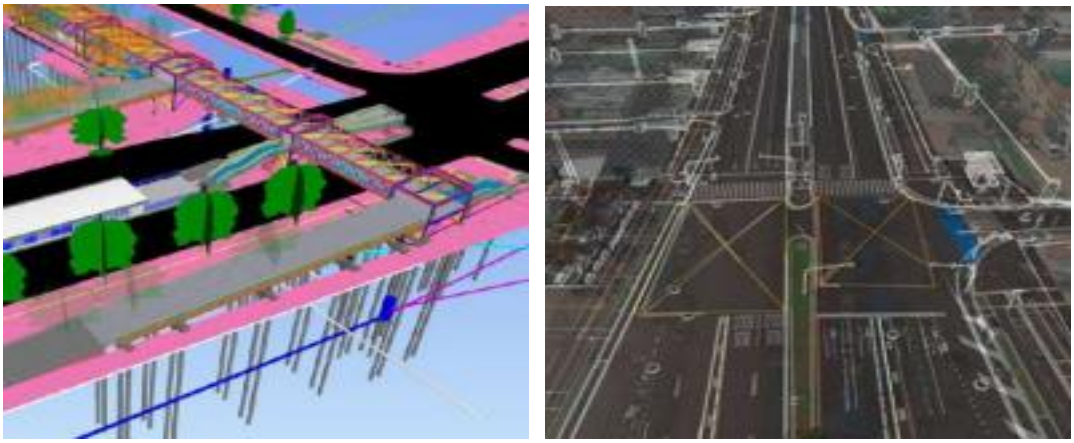


Figura 19.

Avenida ciudad de Cali al sistema transmilenio – Grupo 2

Nota. Recuperado de www.idu.gov.co>BIM>BIM- Infografías

- **Grupo 3:**

El Grupo 3 (**Figura 20**) cubre un tramo de 1.67 km en la Avenida Ciudad de Cali, específicamente entre la Avenida Bosa y la Avenida Villavicencio. Este tramo incluye la construcción de dos estaciones de transmilenio y forma parte del proyecto total de 23.8 km, que beneficiará aproximadamente a 2,000,000 de personas con un costo estimado de 2.3 billones de COP. Las fases del proyecto comprenden el diseño (7 meses), la construcción (21 meses) y el mantenimiento (60 meses). Los usos BIM aplicados en este grupo incluyen autoría y revisión de diseños, coordinación en 3D y modelado de condiciones existentes.

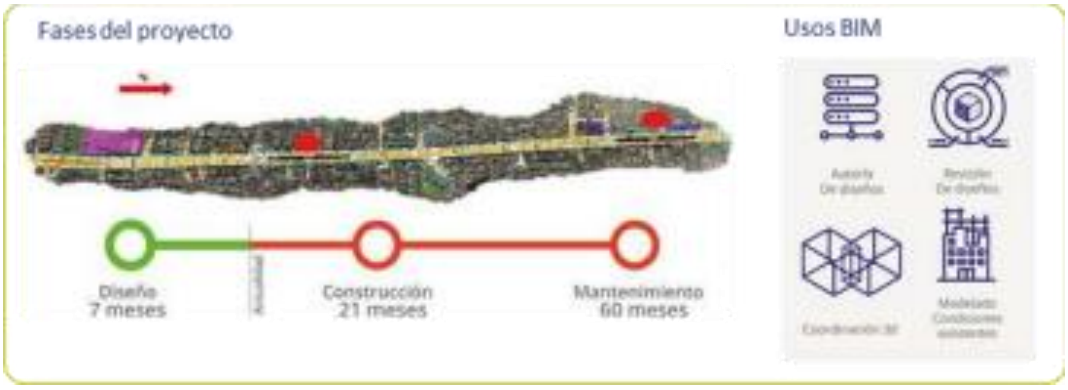


Figura 20.

Avenida ciudad de Cali al sistema transmilenio – Grupo 3

Nota. Recuperado de www.idu.gov.co>BIM>BIM- Infografías

- **Fases del proyecto**
  - Diseño 7 meses
  - Construcción 21 Meses
  - Mantenimiento 60 meses
- **Usos BIM**
  - Autoría de Diseños
  - Revisión de Diseños
  - Coordinación 3D
  - Modelado Condiciones existente

9.2.5.3. Patio taller transmilenio la reforma

El Patio Taller Transmilenio La Reforma (**Figura 21**) integra ciclorrutas, transporte público y rutas troncales para mejorar la eficiencia del servicio en la periferia, beneficiando a 245,405 habitantes. Con un área de espacio público de 8,094 m2 y 6,043 m2 de áreas verdes, el proyecto se divide en cuatro fases: creación del BEP, factibilidad, modelado BIM y

aprobaciones con un cronograma que abarca desde 1 mes hasta 6 meses por fase, adicionalmente cuenta con usos BIM como levantamiento de condiciones, cálculo de costos, programación de fases, análisis de ubicación, coordinación en 3D, diseño de especialidades y evaluación de diseño.

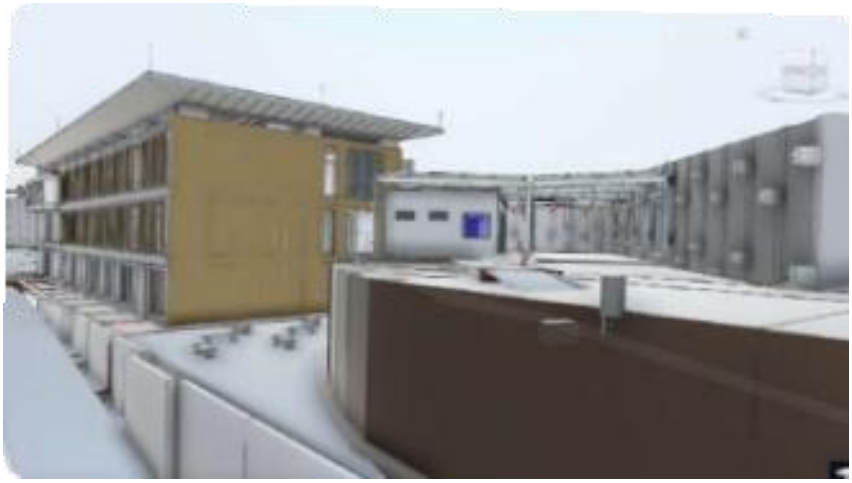


Figura 21.

Patio taller transmilenio la reforma

Nota. Recuperado de www.idu.gov.co>BIM>BIM- Infografías

9.2.5.4. Adecuación a sistema transmilenio en Avenida 68

- **GRP 5**

Este proyecto (**Figura 22**) abarca 1.04 km de longitud con 3 carriles, beneficiando a 1,193,484 personas. Se generarán 7,120 m2 de espacio público y 1.2 km de cicloruta. Se emplean roles BIM como BIM Manager, Coordinador BIM y Profesionales BIM, con usos como autoría de diseño, coordinación 3D, revisión de diseño, estimación de costos, modelado de condiciones existentes y planificación del sitio.

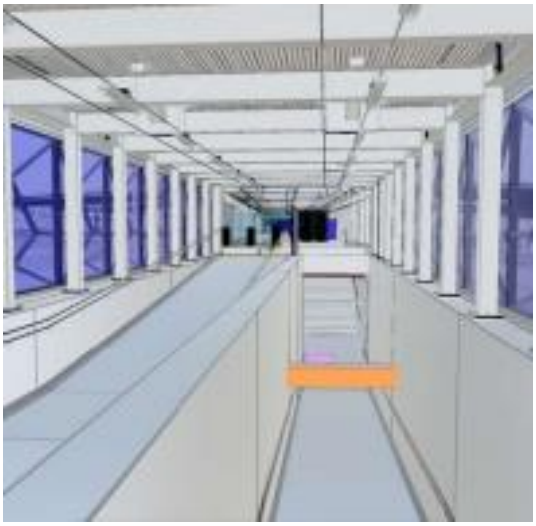


Figura 22.

Adecuación a sistema transmilenio en Avenida 68 – GRP 5

Nota. Recuperado de www.idu.gov.co>BIM>BIM- Infografías

- **GRP 8**

Este tramo (**Figura 23**) abarca 1.06 km con 2 vagones, beneficiando a la misma cantidad de personas. Se incluye una plataforma de transición de 35.8 m. Roles BIM y usos asociados son similares al GRP 5, enfocándose en la integración y optimización del diseño y la construcción mediante BIM.

Figura 23.

Adecuación a sistema transmilenio en Avenida 68- GRP 8

Nota. Recuperado de www.idu.gov.co>BIM>BIM- Infografías

- **GRP 9**

Ubicado entre la carrera 48 y la 9a, este tramo de 2.23 km (**Figura 24**) implementa BIM para optimizar la interventoría y supervisión del contrato. Se construirán tres carriles mixtos por sentido, carriles exclusivos para transmilenio, ciclorrutas, espacio público y zonas verdes. Incluye un puente peatonal sobre la Autopista Norte. Roles y usos BIM son similares, apuntando a mejorar la movilidad y la calidad de vida en las localidades de Usaquén, Chapinero, Barrios Unidos y Suba.

Estos proyectos demuestran el impacto positivo de BIM en la planificación, ejecución y gestión de infraestructuras urbanas complejas como la Avenida 68.

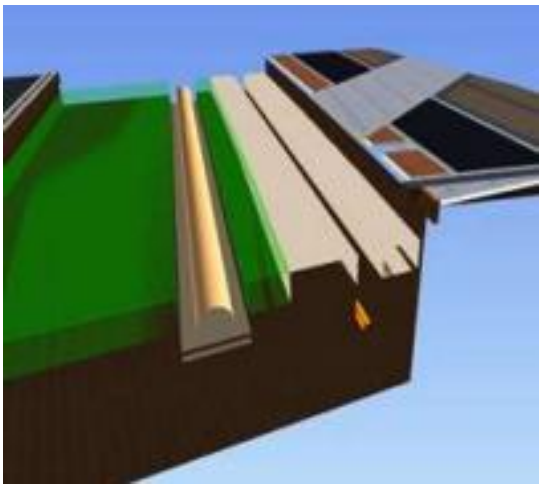


Figura 24.

Adecuación a sistema transmilenio en Avenida 68 -GRP

Nota. Recuperado de www.idu.gov.co>BIM>BIM- Infografías

9.2.5.5. Construcción NQS X BOSA intersección a desnivel

El proyecto de intersección a desnivel entre la Autopista Sur (NQS) y la Avenida Bosa (**Figura 25**) junto con la prolongación de la Avenida Las Torres, consiste en la construcción de 4 orejas para solucionar las conexiones viales. Se propone la continuación de la Avenida Las Torres para acceder a la Avenida Bosa y al Terminal del Sur, liberando así el tránsito en Bosa.

Se planea una vía de servicio para el acceso directo al terminal y se eleva la vía colectora para crear un espacio público subyacente que facilite la circulación segura de bicicletas y peatones. El proyecto cubre un área de 107,905 m2 con 7 puentes vehiculares y 30,173 m2 de espacio público, incluyendo 1.3 km de ciclo ruta. Se estima beneficiará a 570,351 personas.

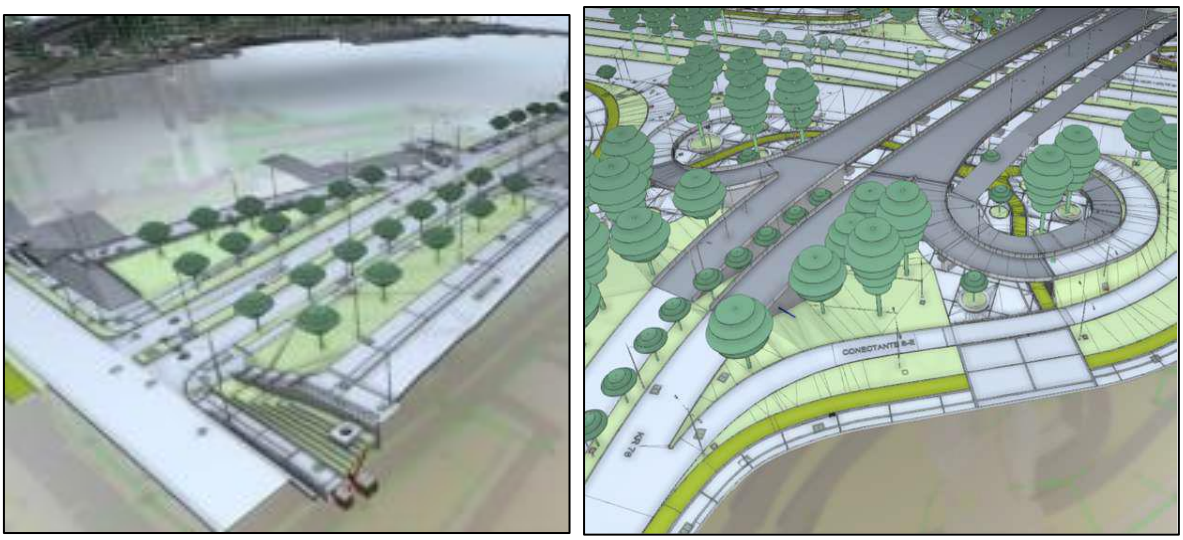


Figura 25.

Construcción NQS X BOSA intersección a desnivel

Nota. Recuperado de www.idu.gov.co>BIM>BIM- Infografías

Los roles BIM incluyen BIM Manager, Coordinador BIM, Profesionales BIM de diferentes disciplinas y Modelador BIM. Los usos BIM asociados durante la etapa de preconstrucción comprenden la autoría de diseño, coordinación 3D, revisión de diseño, estimación de costos y presupuesto, planificación de fases, análisis de alternativas, modelado de condiciones existentes y planificación del sitio.

9.2.6. Identificación de Prácticas y Herramientas Utilizadas de la Implementación BIM en Procesos de Obra Pública

En este apartado, se identificarán las prácticas y las herramientas utilizadas actualmente en la implementación BIM del proyecto "**Construcción del patio zonal SITP "El Gaco**" ubicado en la localidad de Engativá en la ciudad de Bogotá D.C. El proyecto consiste en los diseños para el Patio Zonal SITP "El GACO" en la localidad de Engativá en la ciudad de Bogotá, para sus diferentes edificaciones que tienen un área construida aproximada de 9.000 m2 y un urbanismo de 30.500 m2, así como de la vía que se encuentra alrededor del patio por la calle 64 con una longitud aproximada de 700 ml.

9.2.6.1. BEP – Plan de ejecución BIM

1. Información del proyecto

En este alcance se realiza:

- La descripción del proyecto
- Los alcances, donde se detallan las disciplinas que participan en los alcances de la etapa de preconstrucción del proyecto "El GACO". Se identifican los especialistas que liderarán cada disciplina y se describen los formatos de sus entregables, ya sean modelos BIM tridimensionales, archivos en CAD o trazados en Civil 3D. Por último, se proporciona la ruta específica en el entorno común de datos (Autodesk Docs) donde se pueden ubicar los mencionados archivos entregables, ya sean modelos BIM tridimensionales, archivos en CAD o trazados en Civil 3D.

Tabla 1.

Especialistas del contratista vinculados en el proceso BIM

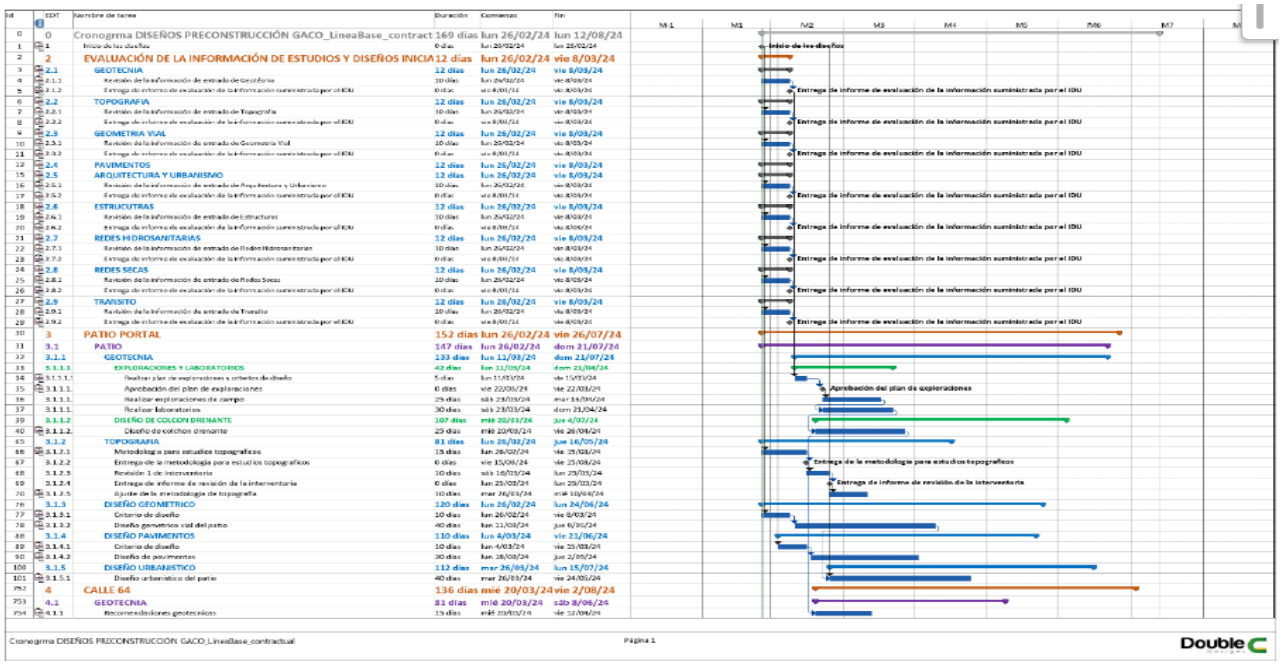
Disciplina / Servicio	Responsable[1]	Formato	Ext.	Ruta[2]
Arquitectura y Urbanismo	Sandra María Correa	BIM	rvt	
Estructuras	David Henao	CAD-BIM	dwg-rvt	
Redes Secas	Alex Puentes	BIM	rvt	
Redes Húmedas	Alejandra Casilimas	CIVIL 3D	dwg	
Geotecnia	Juan Camilo Viviescas	CIVIL 3D	dwg	
Pavimentos	Jose David Muñoz	CAD-BIM	dwg-rvt	
Topografía	Edison Rodríguez	CAD-SHP	dwg	
Presupuesto	Karen Andrea Uriza Medina	Excel	xls	
Programación		Project	mpp	
Diseño Geométrico	Valentina Arango	CIVIL 3D	dwg	

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Estrategia de Revisión y Actualización del BEP, donde se especifica que el Plan de Ejecución BIM es un documento de trabajo y puede ser actualizado de acuerdo con las necesidades y los cambios que se vayan dando durante la ejecución del proyecto
- Cronograma general del proyecto

Tabla 2.

Anexo 1 AX-BIM-BEP-GEN-NA-01 Hitos de entrega etapa de preconstrucción



Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Equipo de trabajo

Tabla 3.

Listado de profesionales del proyecto vinculados con la implementación BIM

Nombre[3]	Rol	Empresa / Área	Correo	Teléfono
Carlos Rengifo	- Director de proyectos	El Gaco CC	crengifo@conconcreto.com	3105991222
Francisco Villegas	- Director de diseño	El Gaco CC	fvillegas@conconcreto.com	3148800433
	- Director de oficina técnica			
David Guerra	- Integrador de diseño	El Gaco CC	dguerram@conconcreto.com	3103686873
Valentina Arango	- Diseñador geométrico	El Gaco CC	varangoe@conconcreto.com	3104276738
Sandra Correa	- Coord. Diseños Urbanismo	El Gaco CC	scorreab@conconcreto.com	3103232340
Mauricio Troches	- Coord. Diseños Estructura	El Gaco CC	mtrochesa@conconcreto.com	3183821461
Alex Puentes	- Coord. Diseños Redes Secas	El Gaco CC	apuentes@conconcreto.com	3045869982
Alejandra Casilimas	- Coord. Diseños Redes húmedas	El Gaco CC	acasilimasp@conconcreto.com	3163476948
Juan Camilo Viviescas	- Coord. Geotecnia	El Gaco CC	jviviescasr@conconcreto.com	3148800433
María Alejandra Tavera Ortiz	-Especialista BIM interventoría	Cal y mayor	alejandratavera14@hotmail.com	3183816541
Claudia Marcela Páez Muñoz	-Residente de programación	Cal y mayor	ing_cmpm@hotmail.com	3112146136
Valeria Medrano Forero	- Profesional SIG-BIM	El Gaco CC	vmedranof@conconcreto.com	3123663297

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Roles y funciones, donde se especifican los roles, las responsabilidades y el nombre del profesional.

2. Estrategia BIM

- Objetivos BIM, donde se indica que se espera lograr para el proyecto a través de procesos BIM

Tabla 4.

Objetivos BIM

ID	Objetivo	Prioridad	Potenciales Usos BIM
01	Realizar el modelo BIM de todas las disciplinas especificadas en el contrato.	Alta	- Creación de modelos en etapas, Diseño y Construcción - Revisión de diseños
02	Identifica, gestiona y resolver las posibles interferencias que se generen entre las disciplinas.	Alta	- Revisión de diseños - Coordinación 3D (Detección de interferencias)
03	Permitir la colaboración de los diferentes interesados y colaboradores a través de procesos en la "nube", visualización de modelos BIM en dispositivos móviles, información inmediata de interferencias, comunicación, y gestión de la información.	Alta	- Revisión de diseños
04	Garantizar el contenido y la constructibilidad del modelo con el fin de generar tablas de cuantificación, los exportables del modelo servirán como entrada a los informes semanales y mensuales.	Alta	- Programa espacial (Áreas) - Cantidades y Presupuestos
05	Generar tablas de cuantificación desde el modelo BIM.	Alta	- Generación de cantidades gruesas
06	Permitir extraer y generar la planimetría del proyecto desde los modelos BIM (documentación gráfica)	Alta	- Generación de planos
07	Permitir la planificación del proceso logístico de la obra mediante el modelo BIM.	Alta	- Logística y planeación de construcción - Programación (4D) - Diseño Sistema de Construcción - Sectorización
08	Hacer simulación de procesos constructivos y programación a través de BIM (4D)	Alta	- Programación (4D) - Diseño Sistema de Construcción - Sectorización
09	Generar un modelo BIM As-Built para su implementación en la operación y mantenimiento del activo (7D)	Media	- Modelos As-Built
10	La información extraída de los modelos será la fuente para estructurar la Base de datos geográfica	Alta	- Creación de modelos en etapas, Diseño y Construcción

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Usos BIM, donde se indican los usos BIM que se planea implementar en el proyecto, y cuál es la fase en que se desarrollarían.

Tabla 5.

Usos BIM

USO BIM	PREFACTIBILIDAD	FACTIBILIDAD	DISEÑO	CONSTRUCCION
MODELADO DE CONDICIONES EXISTENTES	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO
ANALISIS DE SITIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO		
AUTORIA DE DISEÑO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	
COORDINACION 3D	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO
REVISION DE DISEÑO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO
ESTIMACION DE CANTIDADES Y PPTO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO
PLANEACION DE FASES Y SIMULACION CONSTRUCTIVA	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO
PLANIFICACION DE USO DE SITIO			OPCIONAL	OPCIONAL
DISEÑO DE SISTEMAS DE CONSTRUCCION			OPCIONAL	OPCIONAL
FABRICACION DIGITAL			OPCIONAL	OPCIONAL
CONTROL DE OBRA				OBLIGATORIO
MODELADO RECORD				OBLIGATORIO
GESTION Y SEGUIMIENTO DE ESPACIO		OPCIONAL	OPCIONAL	OPCIONAL
PLANEACION DE DESASTRES		OPCIONAL	OPCIONAL	OPCIONAL
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO			OPCIONAL	OPCIONAL
GESTION DE ACTIVOS			OPCIONAL	OPCIONAL
ANALISIS OTROS SISTEMAS DE INGENIERIA			OPCIONAL	OPCIONAL
SIMULACION PERSONAS/VEHICULOS	OPCIONAL	OPCIONAL	OPCIONAL	OPCIONAL
SUSTENTABILIDAD	OPCIONAL	OPCIONAL	OPCIONAL	OPCIONAL
REALIDAD AUMENTADA Y VIRTUAL	OPCIONAL	OPCIONAL	OPCIONAL	OPCIONAL

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Fases de ejecución, se muestra una representación esquemática de las fases del proyecto, mostrando las duraciones de las fases de pre-construcción

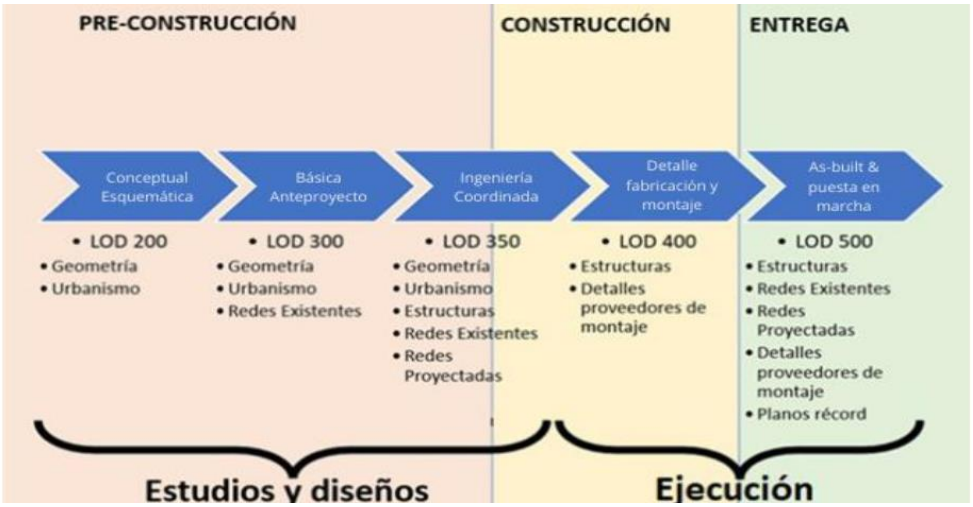


Figura 26.

Niveles de detalle por componentes de diseño según avanza el proyecto en etapa de pre-construcción

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Niveles LOD – Diseños Pre-construcción, lo cual permite a los interesados del proyecto comunicar a que nivel debe llegar el elemento para cumplir con los usos BIM obligatorios del modelo

Tabla 6.

Niveles de detalle por componentes de diseño según avanza el proyecto en etapa de pre-construcción

Disciplina	Subdisciplina	LOD Conceptual	LOD Básica	LOD Ing. Coordinada	Construcción	Entrega
Urbanismo	Urbanismo (Vías, andenes, pisos, etc.)	200	300	350	400	500
	Mobiliario urbano (Banca, luminarias, etc.)	200	300	350	400	500
	Vegetación			200	400	500
Infraestructura	Diseño geométrico	200	300	350	400	500
	Estructuras muros de contención		300	350	400	500
	Montajes y prefabricados			350	400	500
	Estructuras de Puentes		300	350	400	500
Redes eléctricas (Iluminación, poder, comunicaciones y Alumbrado público)	Tubería y ductos		300	350	400	500
	Bandejas			350	400	500
	Equipos			350	400	500
	Luminarias			350	400	500
	Accesorios			350	400	500
	Obras civiles			350	400	500
Redes hidrosanitarias (Abastos, salidas, lluvias, gas)	Tubería y ductos		300	350	400	500
	Equipos			350	400	500
	Accesorios			350	400	500
	Obras civiles			350	400	500

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Niveles de información LOI – Diseños Pre-construcción, se enumeran los parámetros que se utilizarán para asociar la información a los elementos de los modelos del proyecto. Los parámetros están agrupados en tres grupos: parámetros de identificación de los elementos, parámetros de presupuesto y parámetros de cronograma. A partir de esta información es que se podrán realizar las modelaciones BIM 4D y 5D.
- Reuniones BIM del proyecto, donde se indica el tipo de reunión, la descripción, la etapa del proyecto, la periodicidad y los participantes.

- Cronograma de intercambio de información BIM, donde se puede obtener una comprensión precisa de las fechas de entrega establecidas y de los equipos de trabajo designados como responsables de cada fase
- Estructuración interna de modelos

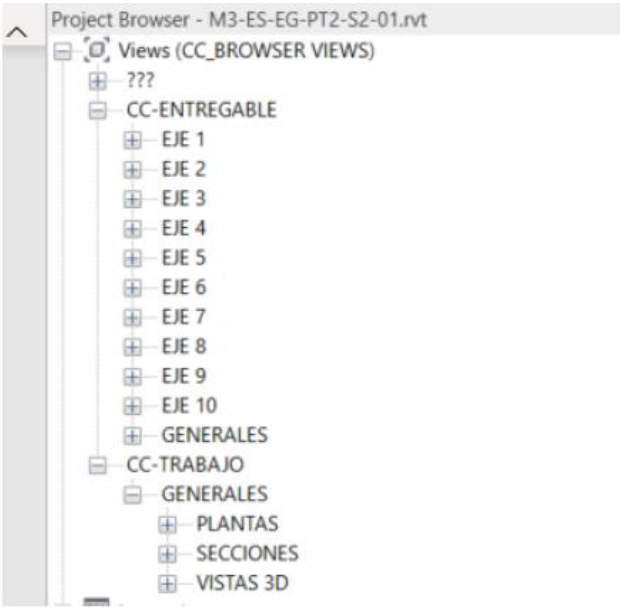


Figura 27.

Estructuración interna modelos

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Publicación de modelos
- Entorno común de datos, la información del proyecto será gestionada a través de la plataforma Autodesk Docs. Por medio de los flujos de aprobación será aprobada por el Coordinador de Obra permitiendo así tener trazabilidad de los entregables con las respectivas versiones

Tabla 7.

Anexo 3 AX-BIM-BEP-GEN-NA-03 Estructura de Carpetas

CONSORCIO EL GACO	ESTRUCTURA DE CARPETAS	
	VERSIÓN	TITULO
	1	AX-BIM-BEP-GEN-NA-03

CARPETAS PARA LA ETAPA DE DISEÑO			Reproducción de carpetas para los Estados de Información	ACCESO A CARPETAS											
				CLIENTE				INTERVENTORIA				SUBCONTRATISTAS			
TEMA	NOMBRE CARPETA	DESCRIPCIÓN		Trabajo en curso	Compartido	Publicado	Archivado	Trabajo en curso	Compartido	Publicado	Archivado	Trabajo en curso	Compartido	Publicado	Archivado
2.1 TOPOGRAFÍA	2.1 Topografia		P	No	No	SI	SI	No	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Modelos 2D	M2	Archivos DWG	P	No	No	SI	SI	No	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Perfiles / Secciones	PS	Planos en archivos en formato CAD 2D, corresponde con la carpeta de los anexos (AX)	P	No	No	SI	SI	No	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Modelo 3D	M3	Modelo en Revit o ifc. La inforacion diferente al modelo BIM de Topografia debe calsificarse en la respectiva subcarpeta.		No	No			No							
Modelo Digital de Terreno - Curvas de Nivel	MDT_CurvasNivel	Modelo en formato CAD 3D		No	No			No							
Modelo Digital de Superficie	MDS	Modelo en formato CAD 3D		No	No			No							
Levantamiento Topográfico	Planta	Modelo en formato CAD 3D		No	No			No							
Planos o salidas graficas	PL	Salidas graficas en pdf.		No	No			No							
Anexos	AX	Información complementaria al estudio técnico como informes, anexos, memorias, entre otros documentos requeridos para el cumplimento de los entregables definidos en la fase del proyecto, los archivos deben ser distribuidos en la respectiva carpeta.		No	No			No							
2.2 Geometrico	2.2 Geometrico		P	No	No	SI	SI	No	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Geometrico Vial	GV		P	No	No	SI	SI	No	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Modelo 2D	M2	Planos en archivos CAD 2D, deben dasificarse dependiendo de la descripción de la especialidad en la respectiva carpeta. **Nota:** En el archivo Productos CAD en las hojas de cálculo se encuentran definidos la nomenclaturas de los planos (NomenclaturaPlano) y la escala de representación (EscalasPlanos).	P	No	No	SI	SI	No	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Planta-Perfil	PP	Planos en archivos en formato CAD 2D	P	No	No	SI	SI	No	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Detalles Geométricos	DT	Planos en archivos en formato CAD 2D	P	No	No	SI	SI	No	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Secciones Transversales	ST	Planos en archivos en formato CAD 2D	P	No	No	SI	SI	No	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Cotas de Pavimento	CP	Planos en archivos en formato CAD 2D	P	No	No	SI	SI	No	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Modelo 3D	M3	En los contratos que contemplan el uso de la metodología BIM se presentan los modelos específicos de la Especialidad en formato nativo (software propietario) y en formato abierto (.Ifc Industry Foundation Classes al menos en su versión 2x3 u otro según necesidad) y cumpliendo lo requerido en los anexos contractuales y en el Plan de Ejecución BIM - BEP definido en el proyecto.	P	No	No	SI	SI	No	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Planos o salidas graficas	PL	Los planos (salidas graficas) deben cumplir con el estándar para la nomenclatura de archivos y planos definido en la hoja de calculo (NomenclaturaPlano) del archivo Excel Productos_CAD, y debe ser diligenciado de acuerdo con el archivo Excel (ROTULO) campo (ARCHIVO LAYOUT.). en formato *.pdf. **Nota:** Los planos en *.pdf deben corresponder con el nombre de los layout de los archivos CAD.	P	No	No	SI	SI	No	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Anexos	AX	Información complementaria al estudio técnico como informes, anexos, memorias, entre otros documentos requeridos para el cumplimento de los entregables definidos en la fase del proyecto.	P	No	No	SI	SI	No	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
2.3 Transito	2.3.Transito		P	No	No	SI	SI	No	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Enviar información a revisión, cada vez que se realice una entrega la información se debe enviar a revisión para ser aprobada.
- Parametrización de modelos, para garantizar la estandarización y la precisión en la clasificación de elementos en nuestros modelos BIM, se presenta un anexo que tiene como objetivo proporcionar una guía sobre como clasificar los elementos y como agruparlos para la exportación del IFC. El formato que se utilizará será el IFC4.

Tabla 8.

Anexo 4 AX-BIM-BEP-GEN-NA-04 Clasificación de elementos

CONSORCIO EL GACO	CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS						
	VERSION		TITULO				
	1		AX-BIM-BEP-GEN-NA-04				
OMNICLASS TABLA 23 VERSION 2020		CATEGORIA IFC	LOD				
CODIGOS	DESCRIPCION		CONCEPTUAL	BASICA	ING COORDINADA	CONSTRUCCION	ENTREGA
23-11 17 00	Estructura de retención	IFCWALL		300	350	400	500
23-11 17 13	Muros de contención	IFCWALL		300	350	400	500
23-11 21 00	Pavimentos	IFCPAVEMENT		300	350	400	500
23-11 21 13	Carreteras	IFCPAVEMENT		300	350	400	500
23-11 21 13 13	Superficie de carreteras	IFCPAVEMENT		300	350	400	500
23-11 21 19	Losas de pavimento	IFCPAVEMENT		300	350	400	500
23-11 21 21	Drenaje de pavimento	IFCPAVEMENT		300	350	400	500
23-11 21 21 11	Alcantarillas	IFCCIVILELEMENT		300	350	400	500
23-11 21 21 11 11	Tubería de alcantarillas	IFCSEGMENTYPE		300	350	400	500
23-11 21 21 11 11 11	Alcantarillas de arco de tubo de metal	IFCPIPEFITTINGTYPE		300	350	400	500
23-11 21 21 11 13	Alcantarilla de concreto	IFCPIPEFITTINGTYPE		300	350	400	500
23-11 21 21 11 13 15	Alcantarilla de caja de concreto	IFCPIPEFITTINGTYPE		300	350	400	500
23-11 27 00	Paisajismo	IFCSOLIDMODEL		300	350	400	500
23-11 21 13 15 13	Mosaicos de advertencia	IFCSOLIDMODEL		300	350	400	500
23-11 21 17 11 17	Pavimentadora de hormigon prefabricado	IFCSOLIDMODEL		300	350	400	500
23-11 27 11 21	Redes para plantas	IFCSOLIDMODEL		300	350	400	500
23-11 27 17	Cespedes y pastos	IFCSOLIDMODEL		300	350	400	500
23-11 27 19	Plantas	IFCSOLIDMODEL		300	350	400	500
23-11 27 19 13	Trees	IFCSOLIDMODEL		300	350	400	500
23-11 29 13	Asientos exteriores	IFCFURNISHINGELEMENT		300	350	400	500
23-11 29 13 11	Bancos exteriores	IFCFURNISHINGELEMENT		300	350	400	500
23-11 29 19	Receptaculos de basura metalicos exteriores	IFCSOLIDMODEL		300	350	400	500
23-11 29 35	Bolardos	IFCSOLIDMODEL		300	350	400	500
23-11 29 35 15	Bolardos arquitectonicos	IFCSOLIDMODEL		300	350	400	500
23-13 29 00	Fundaciones	IFCFOOTING		300	350	400	500
23-13 29 11	Pilas de cimentación	IFCPILE		300	350	400	500
23-13 29 13 13	Caissons	IFCPILE		300	350	400	500
23-13 29 17	Cimentaciones poco profundas	IFCFOOTING		300	350	400	500
23-13 31 00	Estructuras en concreto	IFCSTRUCTURALITEM		300	350	400	500
23-13 29 17 13	otras fundaciones especiales	IFCFOOTING		300	350	400	500
23-13 31 11	Concreto estructural	IFCSTRUCTURALITEM		300	350	400	500
23-13 31 15	Prefabricados de concreto estructural	IFCSTRUCTURALITEM		300	350	400	500
23-13 35 11 13 11	Columnas	IFCCOLUMN		300	350	400	500
23-13 35 11 13 13	Vigas	IFCBEAM		300	350	400	500
23-15 17 11 13	Bases del suelo	IFCSLAB		300	350	400	500
23-15 17 13	Tiras de revestimiento de pisos, baldosas,bloques y losas	IFCCOVERING		300	350	400	500
23-17 23 00	productos de circulacion y escape	IFCELEMENT		300	350	400	500
23-17 23 11	Rampas	IFCRAMP		300	350	400	500
23-17 23 17	Escaleras	IFCSTAIR		300	350	400	500
23-17 25 11	Barandas	IFCRAILING		300	350	400	500
23-27 39 00	Tubería	IFCSEGMENTYPE		300	350	400	500
23-29 25 13	Boca incendio	IFCFIRESUPPRESSIONTERMINALTYPE		300	350	400	500
23-31 00 00	Productos y equipos especificos de fontanería	IFCEQUIPMENTELELEMNT		300	350	400	500
23-33 00 00	Productos y equipos especificos de HVAC	IFCEQUIPMENTELELEMNT		300	350	400	500
23-35 00 00	Productos y equipos electricos y especificos de iluminacion	IFCEQUIPMENTELELEMNT		300	350	400	500
23-37 00 00	Productos y equipos especificos de informacion y comunicación	IFCEQUIPMENTELELEMNT		300	350	400	500
23-39 13 13	Puentes	IFCSTRUCTURALITEM		300	350	400	500
23-39 13 13 13	Vigas de puente	IFCBEAM		300	350	400	500
23-39 13 13 19	rodamientos de puente	IFCSTRUCTURALCONNECTION		300	350	400	500
23-39 13 13 27	Barreras de seguridad del puente	IFCRAILING		300	350	400	500
23-39 13 13 27 15	Barandillas del puente	IFCRAILING		300	350	400	500

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Condiciones existentes, se tiene en cuenta la topografía de la zona y se llevan las labores correspondientes para obtener esta información
- Detección y coordinación de interferencias, la estrategia que la oficina de diseño implementa para la coordinación entre las distintas disciplinas del proyecto está basada en la utilización de software automatizado de comprobación de conflictos en modelos integrados (Navisworks Manage), el cual genera informes que

resumen las interferencias encontradas y que se pueden utilizar como insumo para la concertación y resolución de conflictos en el proceso de diseño.

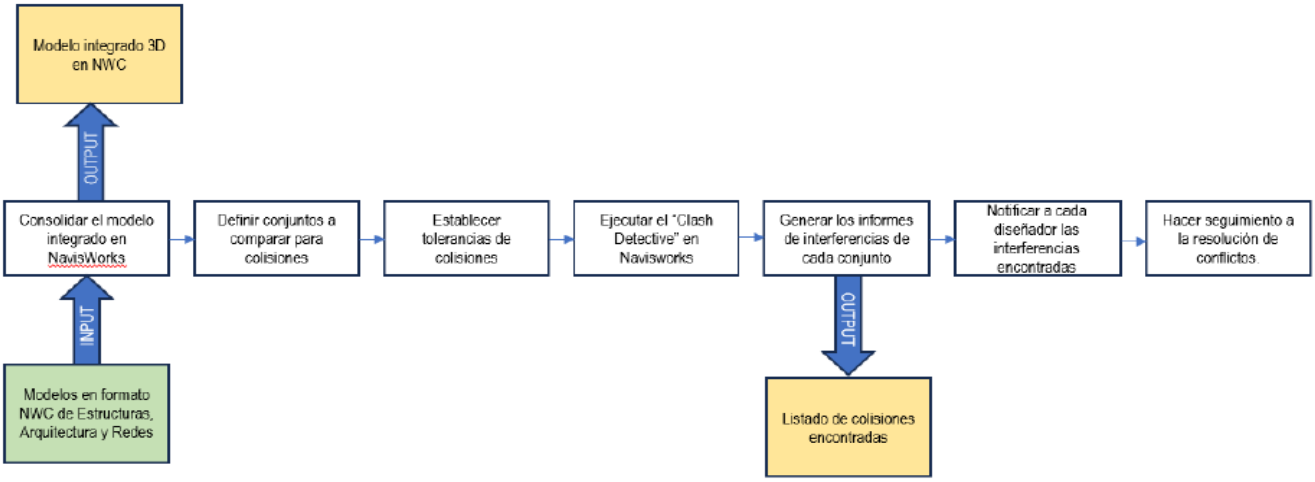


Figura 28.

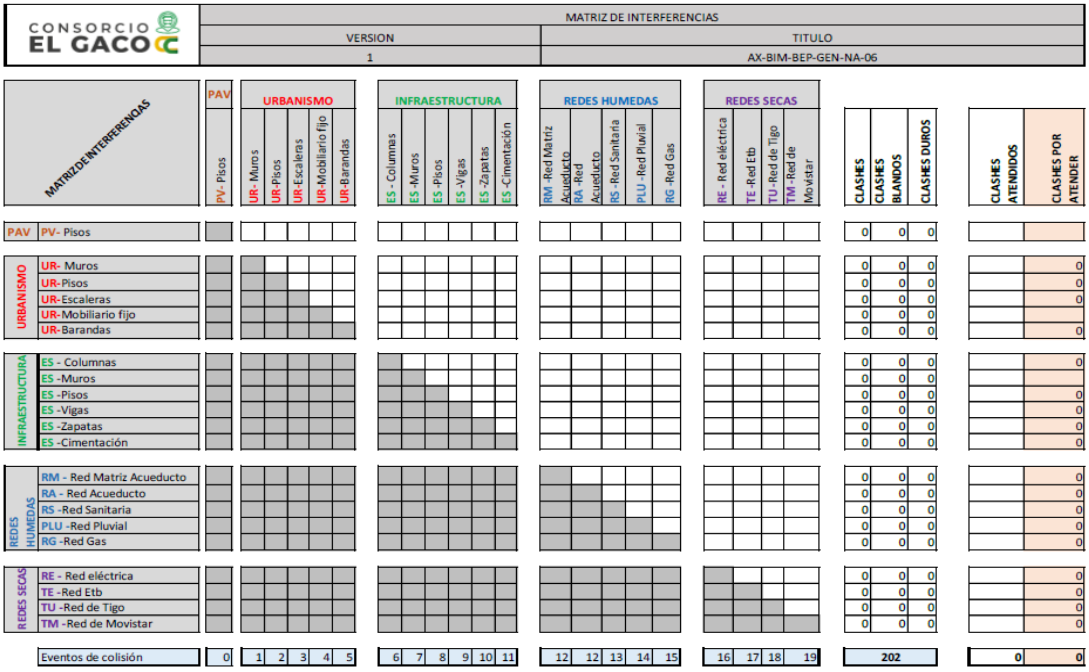
Proceso de coordinación de interferencias

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

Para mayor facilidad a la hora de identificar y localizar las coaliciones interdisciplinarias se llevará a cabo la coordinación de interferencias por edificio y por urbanismo. Los resultados de los test se llevarán a la matriz de interferencias que se encuentra en el Anexo 6.

Tabla 9.

Anexo 6 AX-BIM-BEP-GEN-NA-06 Matriz de interferencias



CONSORCIO EL GACO

MATRIZ DE INTERFERENCIAS	
VERSION	TITULO
1	AX-BIM-BEP-GEN-NA-06

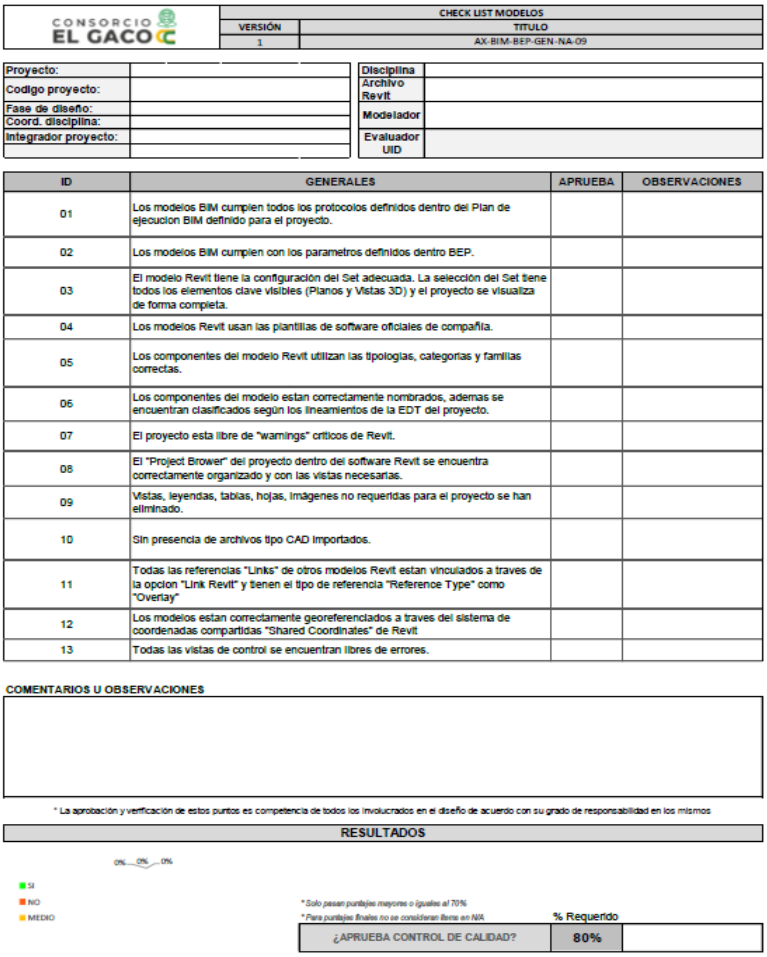
MATRIZ DE INTERFERENCIAS		PAV	URBANISMO				INFRAESTRUCTURA						REDES HUMEDAS					REDES SECAS				CLASHES	CLASHES BLANDOS	CLASHES DUROS	CLASHES ATENDIDOS	CLASHES POR ATENDER
		PV- Pisos	UR- Muros	UR- Pisos	UR- Escaleras	UR- Mobiliario fijo	UR- Barandas	ES - Columnas	ES - Muros	ES - Pisos	ES - Vigas	ES - Zapatas	ES - Cimentación	RM - Red Matriz Acueducto	RA - Red Acueducto	RS - Red Sanitaria	PLU - Red Pluvial	RG - Red Gas	RE - Red eléctrica	TE - Red Etb	TU - Red de Tigo	TM - Red de Movistar					
PAV	PV- Pisos																						0	0	0		
URBANISMO	UR- Muros																						0	0	0		0
	UR- Pisos																						0	0	0		0
	UR- Escaleras																						0	0	0		0
	UR- Mobiliario fijo																						0	0	0		
	UR- Barandas																						0	0	0		0
INFRAESTRUCTURA	ES - Columnas																						0	0	0		0
	ES - Muros																						0	0	0		
	ES - Pisos																						0	0	0		0
	ES - Vigas																						0	0	0		0
	ES - Zapatas																						0	0	0		0
	ES - Cimentación																						0	0	0		0
REDES HUMEDAS	RM - Red Matriz Acueducto																						0	0	0		0
	RA - Red Acueducto																						0	0	0		0
	RS - Red Sanitaria																						0	0	0		0
	PLU - Red Pluvial																						0	0	0		0
	RG - Red Gas																						0	0	0		0
REDES SECAS	RE - Red eléctrica																						0	0	0		0
	TE - Red Etb																						0	0	0		0
	TU - Red de Tigo																						0	0	0		0
	TM - Red de Movistar																						0	0	0		0
	Eventos de colisión	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	13	14	15	16	17	18	19	202			0	0

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Convenciones modelo federado, para poder hacer procesos de revisión desde el modelo federado MF-BIM-MOF-GEN-NG-00 en la plataforma, se usarán convenciones de colores que permitan diferenciar las redes
- Recomendaciones de buenas prácticas, para mejorar el desempeño del modelo
- Trazabilidad de mediciones, la extracción de cantidades de los modelos será en función del alcance del modelado de los elementos y de la información que contengan, no todas las cantidades se obtendrán de los modelos.
- Control de calidad, se llevará a cabo un control de calidad de la información a presentar, de tal forma que todos los entregables cumplan con los estándares de calidad establecidos

Tabla 10.

Anexo 8 AX-BIM-BEP-GEN-NA-08 QAQC



CONSORCIO EL GACO

CHECK LIST MODELOS	
VERSIÓN	TITULO
1	AX-BIM-BEP-GEN-NA-09

Proyecto:		Disciplina	
Codigo proyecto:		Archivo Revit	
Fase de diseño:		Modelador	
Coord. disciplina:			
Integrador proyecto:		Evaluador UID	

ID	GENERALES	APRUEBA	OBSERVACIONES
01	Los modelos BIM cumplen todos los protocolos definidos dentro del Plan de ejecucion BIM definido para el proyecto.		
02	Los modelos BIM cumplen con los parametros definidos dentro BEP.		
03	El modelo Revit tiene la configuración del Set adecuada. La selección del Set tiene todos los elementos clave visibles (Planos y Vistas 3D) y el proyecto se visualiza de forma completa.		
04	Los modelos Revit usan las plantillas de software oficiales de compañía.		
05	Los componentes del modelo Revit utilizan las tipologías, categorías y familias correctas.		
06	Los componentes del modelo estan correctamente nombrados, ademas se encuentran clasificados según los lineamientos de la EDT del proyecto.		
07	El proyecto esta libre de "warnings" criticos de Revit.		
08	El "Project Brower" del proyecto dentro del software Revit se encuentra correctamente organizado y con las vistas necesarias.		
09	Vistas, leyendas, tablas, hojas, imágenes no requeridas para el proyecto se han eliminado.		
10	Sin presencia de archivos tipo CAD importados.		
11	Todas las referencias "Links" de otros modelos Revit estan vinculados a traves de la opcion "Link Revit" y tienen el tipo de referencia "Reference Type" como "Overlay"		
12	Los modelos estan correctamente georeferenciados a traves del sistema de coordenadas compartidas "Shared Coordinates" de Revit		
13	Todas las vistas de control se encuentran libres de errores.		

COMENTARIOS U OBSERVACIONES

* La aprobación y verificación de estos puntos es competencia de todos los involucrados en el diseño de acuerdo con su grado de responsabilidad en los mismos

RESULTADOS

0% 0% 0%

SI
NO
MEDIO

* Solo pasan puntajes mayores o iguales al 70%
* Para puntajes finales no se consideran ítems en N/A

	% Requerido	
¿APRUEBA CONTROL DE CALIDAD?	80%	

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Metodología BIM 4D y 5D con Assemble, En un proyecto de infraestructura de la magnitud de GACO se hace indispensable implementar una metodología eficiente de control de tiempos y costos para los distintos elementos de la construcción. Dentro del software disponible de la metodología BIM existen varias alternativas que permiten parametrizar los modelos con la información

necesaria para implementar un control 4D y 5D, en el presente proyecto se utilizará el programa Assemble de Autodesk

3. **Infraestructura tecnológica**

- Software, se indica el software que se empleará en el proyecto, que implica una relación directa o indirecta con los diferentes usos y procesos BIM.

Tabla 11.

Software empleado en el proyecto

Software	Versión	Ext.	Usos	Disciplina
Revit	2024	RVT	Desarrollo Modelo BIM de arquitectura	- Arquitectura Consorcio
			Desarrollo Modelo BIM de estructuras	- Estructuras Consorcio
			Desarrollo Modelo BIM de Redes secas.	- Redes Consorcio
			Obtención de listados de cantidades desde modelos BIM	- Presupuestos
			Desarrollo de modelos BIM para Layout de obra (Orquesta)	- Productividad
Autodesk Construction cloud	N/A	N/A	Gestión documental de diseño del proyecto	- Director obra - Integración Consorcio
			Procesos de aprobación de información.	- Director obra - Integración Consorcio - Arquitectura Consorcio - Estructuras Consorcio - Redes Consorcio - Presupuestos - Productividad
			Visualización de modelos BIM y planimetría	
			Revisión de diseños	
			Creación y gestión de incidencias y anotaciones	
			Visualización y gestión de interferencias	
BIM 360 Design	N/A	N/A	Desarrollo colaborativo de modelos BIM en Revit	- Arquitectura Consorcio - Estructuras Consorcio - Redes Consorcio
Civil 3D	2024	DWG	Desarrollo de modelos BIM de topografía	- Arquitectura Consorcio
			Desarrollo de información de vías y rasantes	-
			Desarrollo de redes húmedas	- Redes Consorcio
Navisworks	2024	NWD, NWC	Revisión de diseños	-
			Detección de interferencias	-
			Desarrollo de modelos BIM 5D-6D (Vinculación de P6 y costos para procesos de Orquesta)	- Prof. productividad
Etabs			Cálculo de estructuras en concreto	-
Midas			Desarrollo de modelos BIM para estructura metálica	- Consorcio Estructuras - Industrial Conconcreto
			Desarrollo de modelos BIM para producción de estructura metálica.	-
Excel	2010	xls	Memorias de Cálculo, Balance de costos	- Control de costos
Project	2010	mpp	Generación de programación en Gantt	- Control de programación

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Hardware

Tabla 12.

Hardware equipos de trabajo

Perfil	Sistema operativo	Procesador	Memoria RAM	Tarjeta de Video	Disco:
Coordinador	7 Pro 10 Pro	Intel(R) Xeon(R) +>2.50GHz 4 procesadores principales, 4 procesadores lógicos (mínimo)	>16 GB	NVIDIA Quadro M2000 (mínimo)	>1TB
Diseñador	7 Pro 10 Pro	Intel(R) Xeon(R) +>2.50GHz 4 procesadores principales, 4 procesadores lógicos (mínimo)	>16 GB	NVIDIA Quadro M2000 (mínimo)	>1TB
Modelador	7 Pro 10 Pro	Intel(R) Xeon(R) +>2.50GHz 4 procesadores principales, 4 procesadores lógicos (mínimo)	>16 GB	NVIDIA Quadro M2000 (mínimo)	>1TB

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

4. Capacidades BIM equipo de trabajo

- Capacidades en software, se indican los conocimientos requeridos en un software específico, según el rol del profesional dentro del proyecto.

Tabla 13.

Capacidades de software

Rol \ Software	Revit	AutoCAD	BIM 360 Docs	BIM 360 Design	Civil 3D	Tekla	Etabs	SAP	Navisworks	Project
Director Construcción			X							X
Profesional Oficina. Técnica		X	X							X
Integrador de Diseños		X	X						X	X
Coordinador Diseño Consorcio		X	X						X	
Profesional ARQ Consorcio	X	X	X	X	X				X	
Profesional EST Consorcio			X				X	X		
Modelador EST Consorcio	X	X	X	X		X			X	
Modelador Redes Consorcio	X	X	X	X					X	
Profesional Productividad	X	X	X						X	X
Profesional Presupuestos	X	X	X							

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Requisitos

Tabla 14.

Módulos de Autodesk Docs

ID	Software	Tipo de requisito	Descripción	Público	Etapa	Facilitador
01	Autodesk Docs	Formación	Formar al equipo técnico del proyecto en el manejo de la plataforma BIM 360 Docs, para la gestión documental, visualización de modelos BIM y planos, creación de incidencias y anotaciones, flujos para compartir información y liberación de información oficial.	- Dir. Const. - Integrador - Coord. diseños. - Prof. diseño - modelador - Oficina técnica - Prof. pres.	Pre construcción o en semana de inducción	Prof. BIM
02	BIM 360 Design	Formación	Formar al equipo de diseño (modelación) del proyecto en el manejo de la plataforma BIM 360 Design, para el trabajo colaborativo y la gestión de los diseños.	- Coord. diseños. - Prof. diseño - modelador		Prof. BIM

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

5. Listado especialistas interventoría, donde se indica el cargo, nombre, número de tarjeta profesional y correo corporativo.
6. Entorno de trabajo BIM
    - Plataformas de trabajo

Tabla 15.

Plataformas de trabajo

ID	Proceso	Plataforma	Descripción	ROL
01	Almacenamiento del modelo central	DOCS	Consolidar el modelo central del proyecto en DOCS	- Coord. diseños. - Prof. Diseño modelador
		Servidor	Consolidar copia en la carpeta asignada del servidor	
02	Entregas parciales de diseño (Modelos y Planos)	DOCS	Consolidar el modelo central del proyecto en DOCS	- Coord. diseños. - Prof. Diseño modelador
03	Entregas finales de diseños (Modelos BIM y Planos)	DOCS	Consolidar entrega en el espacio del proyecto asignado en DOCS	-Coord diseño
		Servidor	Consolidar copia en la carpeta asignada del servidor	-Coord diseño
04	Reportes de cantidades	DOCS	Consolidar el reporte de cantidades en el espacio del proyecto asignado en DOCS	- Prof. Diseño - Modelador Prof. Presupuestos
05	Reportes de interferencias Coordinación de modelos	DOCS Model Coordination	Consolidar el reporte de interferencias en el espacio del proyecto asignado en DOCS	- Coord diseño - Prof. Diseño Modelador
06	Solicitudes de información	DOCS	Consolidar las solicitudes en el espacio del proyecto asignado en DOCS	- Coord diseño - Prof. Diseño Modelador
07	Solicitudes de cambios	Plataforma gestión de cambios	Recibir observaciones, solicitudes de aclaración o modificaciones por parte de la interventoría a los diseños que se envíen de manera parcial o definitiva	- Coord diseño - Coord. Construcción
08	Gestión de Incidencias	DOCS	Consolidar la gestión de incidencias en el espacio del proyecto asignado en DOCS	- Coord diseño - Prof. Diseño Modelador
09	Revisiones (Nubes) sobre información	DOCS	Realizar las revisiones a través del espacio del proyecto asignado en DOCS	- Coord diseño - Prof. Diseño Modelador

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Nomenclatura de archivos, sirve para tener estandarizado el nombramiento y codificación de cada uno de los entregables del proyecto en formato digital y conforme a lo exigido por Alistamiento del IDU

Tabla 16.

Nomenclatura archivos IDU

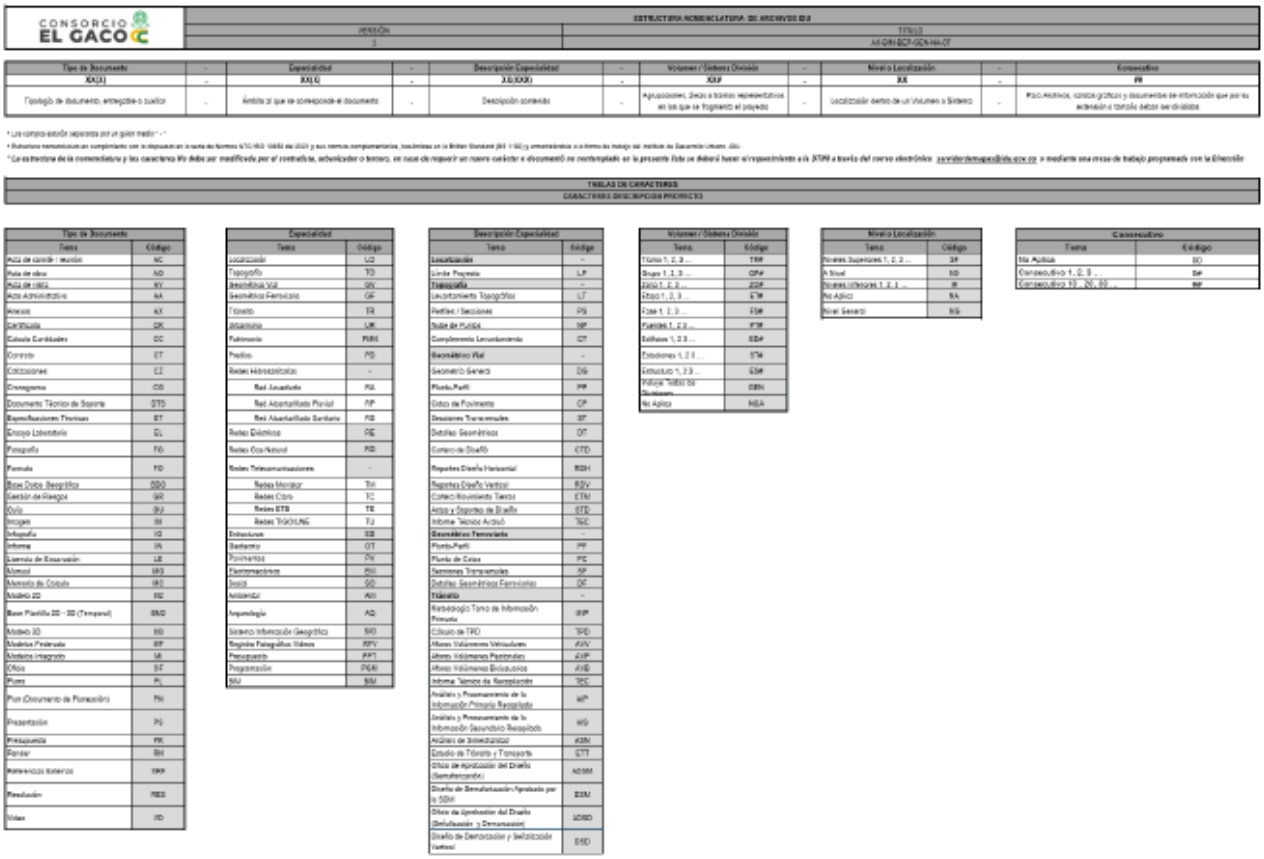
Tipo de producto	Especialidad	Descripción	Sistema de subdivisión	Nivel	Consecutivo
LL	LL	LL	LL#	L#	##
Tipología del producto entregable o auxiliar	Ámbito al que corresponde el producto	Descripción de especialidad a la que pertenece el producto	Agrupaciones, áreas o tramos representativos en los que se subdivide el proyecto	Localización dentro del sistema de subdivisión	Para archivos, salidas gráficas y documentos de información que por su extensión o tamaño deban ser divididos

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

En el Anexo 9 AX-BIM-BEP-GEN-NA-09 Basado de Nomenclatura archivo IDU EstructuraCarpeta_V4_20231005, se presenta la estructuración de carpetas establecida por el IDU para la nomenclatura de archivos según sea la necesidad.

Tabla 17.

Anexo 9 AX-BIM-BEP-GEN-NA-09 Basado de Nomenclatura archivo IDU EstructuraCarpeta_V4_20231005



Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Flujos de trabajo de información, se tienen planteadas unas estrategias de trabajo colaborativo en el equipo del proyecto que garantizan la fluidez de los procesos y la trazabilidad de información

- Control de cambios y versionamiento, los entregables del entorno común de datos para el proyecto GACO deben estar provistos de identificadores que indiquen a qué versión de la documentación pertenecen, cuándo fueron modificados y la naturaleza de dichas modificaciones

Tabla 18.

Control de cambios en planos.

	MODIFICACIONES	FECHA (AAAA-MM-DD)
I	Emisión inicial	2023-11-03
II		
III		
IV		
V		
VI		
VII		
VIII		

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

7. Ubicación del proyecto

- Origen del proyecto (Base Point y Survey Point), la información de ubicación del proyecto estará vinculada a los datos topográficos reales.

Tabla 19.

Origen del proyecto (Base Point y Survey Point)

Survey Point	
Sistema de coordenadas	
N/S	
E/W	
Elev	

Base Point	
N/S	
E/W	
Elev	

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Puntos de origen de las estructuras

Tabla 20.

Puntos de origen de los modelos

Estructura	Abscisa	Georreferenciación de puntos de origen			
		N/S	E/W	Angle to True North	Elev

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

- Unidades de medida, en las que se va a manejar el proyecto dentro de *los diferentes modelos BIM.*

Tabla 21.

Unidades de medida

Unidad	Units	Formato	Ejemplo
Longitud	Length	Metros (m) (2 decimales)	1234.56 m
Área	Area	Metros cuadrados (m2) (2 decimales)	1234.56 m²
Volumen	Volume	Metros cúbicos (m3) (2 decimales)	1234.56 m³
Pendiente	Slope	Porcentaje (%) (2 decimales)	1.23 %
Costo	Currency	Pesos ($) (2 decimales)	$1,234.56

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

8. Entregables proyectos BIM

- Formato CAD
- Modelos Revit
- Modelos en Formato abierto IFC

- Condiciones generales, estas condiciones constituyen los cimientos esenciales para garantizar una ejecución exitosa en todas las etapas subsiguientes del proyecto
- Etapas de ejecución de obra, la preconstrucción y la construcción son dos etapas fundamentales en cualquier proyecto de construcción. Cada una de estas fases implica una serie de tareas y actividades específicas que son esenciales para el éxito del proyecto.
- Trazabilidad de presupuesto y cronograma, el alcance de las mediciones a obtener de los modelos se verá reflejada en el Anexo 4 AX-BIM-BEP-GEN-NA-04 Clasificación de elementos. – Pestaña de parámetros.

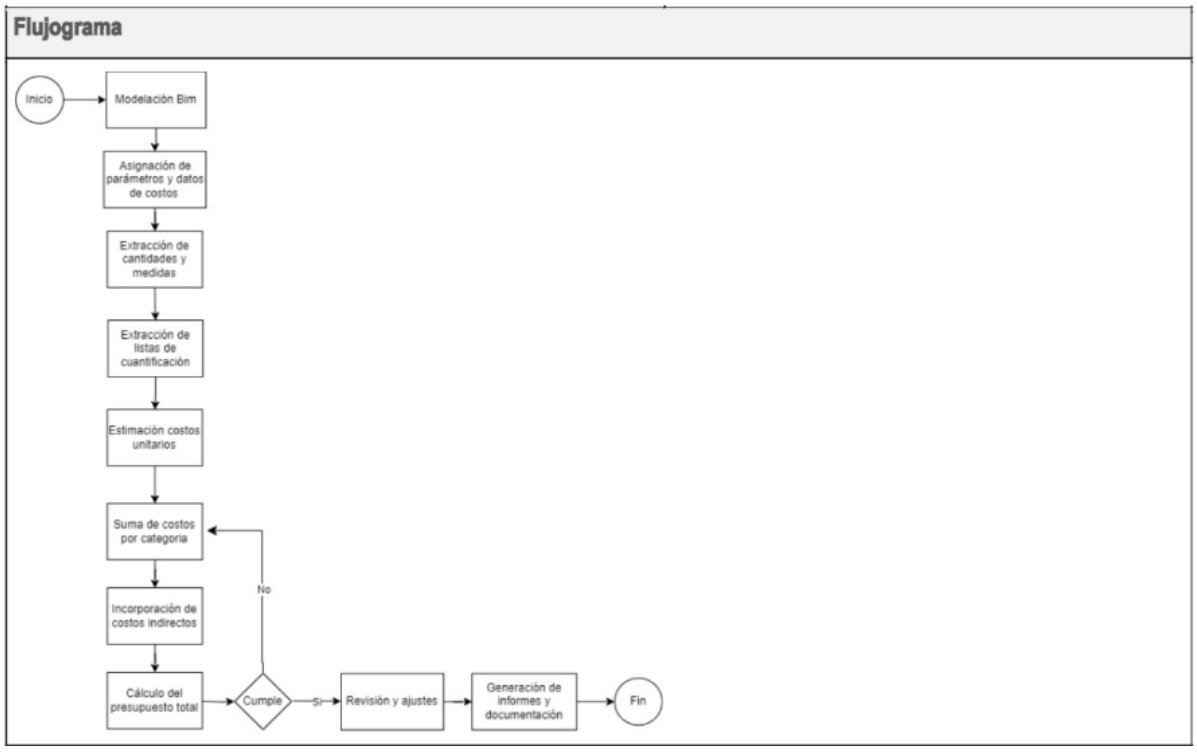


Figura 29.

Flujograma estimación de costos

Nota. Recuperado de BEP – Plan de ejecución BIM - Etapa de preconstrucción, contrato de obra IDU 1763 de 2023, Consorcio El Gaco.

Una vez revisado el PEB del proyecto Patio Zonal SITP EL GACO se puede evidenciar lo siguiente:

Tabla 22.

Análisis revisión del PEB del proyecto Patio Zonal SITP EL GACO

ASPECTO	BEP Patio Zonal SITP "El Gaco"
Aplicabilidad	Documento específico para el contrato del Patio Zonal SITP “El Gaco”
Flexibilidad del BEP	El BEP es dinámico y puede modificarse según necesidades del proyecto
Entregables BIM	Además de modelos IFC, incluye formatos personalizados y nomenclaturas específicas
Revisión y actualización del BEP	Contempla revisiones periódicas y control de versiones documentado
Uso de software BIM	Define herramientas específicas como Autodesk Revit, Civil 3D y Navisworks

Nota. **Elaboración Propia**

Luego de comparar el **Plan de Ejecución BIM (BEP) del Patio Zonal SITP "El Gaco"** con el **Anexo Contractual BIM IDU V 5.0**, se identifican algunos aspectos de mejora que permitirían una implementación más robusta y alineada con los estándares exigidos por el IDU. A continuación, se presentan las observaciones clave:

El BEP del Patio Zonal SITP "El Gaco" cumple con la mayoría de los requisitos del Anexo Contractual BIM IDU V 5.0, incluyendo:

- Definición de objetivos BIM claros.
- Implementación de un Entorno Común de Datos (CDE) mediante Autodesk Docs.
- Procesos de coordinación y detección de interferencias con modelos federados.
- Definición de niveles de desarrollo (LOD) y niveles de información (LOI) para los modelos BIM.
- Procedimientos de control de calidad y auditoría BIM.

Sin embargo, hay áreas donde se pueden realizar mejoras para reforzar la alineación con el Anexo Contractual BIM del IDU y estándares internacionales.

Si bien el **BEP del Patio Zonal SITP "El Gaco"** cumple en gran medida con los lineamientos del **Anexo Contractual BIM IDU V 5.0**, **existen oportunidades de mejora** en la gestión de versiones, formación del equipo, interoperabilidad, validación de modelos y auditoría BIM.

Para garantizar **una mayor eficiencia y alineación con estándares internacionales como la ISO 19650**, se recomienda:

- **Formalizar un plan de capacitación BIM** con módulos específicos para cada equipo.
- **Implementar un control de versiones más detallado**, asegurando trazabilidad.
- **Definir procedimientos estructurados para BIM 4D y 5D**, alineados con la planificación y costos.
- **Establecer KPIs y un proceso de auditoría BIM** para evaluar la calidad y cumplimiento de los entregables.

Estas mejoras fortalecerán la implementación de BIM en el proyecto y facilitarán futuras auditorías y seguimiento contractual por parte del IDU.

Tabla 23.

Aspectos de mejora identificados

ASPECTOS DE MEJORA IDENTIFICADOS		
Aspecto	**Observación en el BEP Patio Zonal SITP "El Gaco"**	**Recomendación de Mejora**
1. Gestión de Versiones y Control de Cambios	No especifica un sistema detallado de control de versiones ni procedimientos de trazabilidad en los cambios de los modelos.	Implementar un **registro de cambios estructurado** para rastrear ediciones, aprobaciones y revisiones en el CDE.
2. Plan de Capacitación BIM	Se mencionan reuniones de socialización, pero no un plan de formación formal para el equipo del proyecto.	Incluir un **plan de capacitación progresivo** con objetivos y niveles de competencia esperados por disciplina.
3. Estrategia de Implementación BIM 4D y 5D	Se menciona el uso de Asombre para BIM 4D y 5D, pero sin detallar cómo se integrará en la planificación de obra.	Definir un **procedimiento detallado** para la implementación de BIM 4D (planificación) y 5D (costos) en el proyecto.
4. Interoperabilidad y Uso de Estándares BIM	Aunque menciona el uso de IFC, no se detalla un proceso de validación de interoperabilidad entre software.	Especificar un **protocolo de validación IFC** y aseguramiento de compatibilidad entre herramientas.
5. Tiempos de Publicación y Validación de Modelos	La periodicidad de publicación es general, pero no se especifica una metodología de validación en cada entrega.	Establecer un **flujo de validación estructurado**, con hitos de revisión y aprobación antes de cada fase.
6. Revisión y Actualización del BEP	No se define claramente con qué frecuencia o bajo qué criterios se actualizará el BEP.	Definir un **cronograma de revisión del BEP**, asegurando su actualización en función del avance del proyecto.
7. Indicadores de Desempeño BIM (KPIs)	No se detallan métricas específicas para medir la efectividad de la implementación BIM.	Incorporar **KPIs BIM** para evaluar cumplimiento de entregables, calidad de modelos y eficiencia del proceso.
8. Auditoría BIM	No se menciona explícitamente un procedimiento de auditoría BIM independiente.	Incluir un **plan de auditoría BIM** con responsables, métodos de evaluación y criterios de cumplimiento.

Nota. **Elaboración Propia**

A continuación, se aborda cada uno de estos puntos:

1. GESTIÓN DE VERSIONES Y CONTROL DE CAMBIOS

Situación Actual: El BEP menciona la actualización de modelos en Autodesk Docs., pero no especifica un sistema detallado para la gestión de versiones y control de cambios.

Recomendación:

- Implementar un **sistema de trazabilidad de cambios** que documente cada modificación en los modelos, incluyendo justificaciones y responsables.
- Adoptar un **flujo de aprobación estructurado**, alineado con los procedimientos de la **ISO 19650-2**.

2. **PLAN DE CAPACITACIÓN BIM**

Situación Actual: Si bien el BEP contempla reuniones de socialización de BIM, no incluye un plan formal de capacitación para los equipos involucrados.

Recomendación:

- Definir un **plan de formación progresivo** que contemple:
  - Capacitaciones iniciales sobre fundamentos BIM.
  - Entrenamiento específico por disciplina (arquitectura, estructuras, redes, etc.).
  - Evaluaciones periódicas de competencia BIM.

3. **IMPLEMENTACIÓN DE BIM 4D Y 5D**

Situación Actual: El BEP menciona el uso de Assemble para BIM 4D (planificación) y 5D (costos), pero no detalla cómo se integrará en la gestión de obra.

Recomendación:

- Establecer un **procedimiento detallado para la vinculación de modelos con cronogramas y presupuestos**.

- Realizar **simulaciones de obra** para optimizar la logística y reducción de costos.

4. INTEROPERABILIDAD Y USO DE ESTÁNDARES BIM

Situación Actual: Aunque el BEP exige el uso de IFC, no especifica un protocolo de validación para garantizar interoperabilidad entre herramientas BIM.

Recomendación:

- Implementar un **protocolo de validación IFC** para detectar errores de conversión entre software.
- Alinear el flujo de trabajo con la estructura de información definida en la **ISO 19650-4**.

5. TIEMPOS DE PUBLICACIÓN Y VALIDACIÓN DE MODELOS

Situación Actual: El BEP establece la periodicidad de publicación de modelos, pero no detalla una metodología para su validación en cada entrega.

Recomendación:

- Definir un **procedimiento de revisión y aprobación** con criterios de validación estandarizados.
- Establecer una matriz de cumplimiento BIM para cada etapa del proyecto.

6. INDICADORES DE DESEMPEÑO BIM (KPIS)

Situación Actual: El BEP no incluye indicadores específicos para medir la efectividad de la implementación BIM.

Recomendación:

- Definir **KPIs BIM** como:
    - % de cumplimiento de entregables en cada fase.

- Número de interferencias detectadas y corregidas.
- Tiempo promedio de aprobación de modelos.
- Reducción de costos y tiempos por el uso de BIM.

7. AUDITORÍA BIM

Situación Actual: El BEP menciona procesos de control de calidad, pero no un procedimiento específico de auditoría BIM independiente.

Recomendación:

- Desarrollar un **plan de auditoría BIM** con revisiones periódicas e informes de cumplimiento.
- Implementar un software de auditoría BIM para la validación automática de modelos.

9.3. Desarrollar una metodología de auditoría de la implementación del BIM basada en un marco de referencia o en estándares internacionales y mejores prácticas en gestión de proyectos de construcción.

Para el desarrollo de la metodología usaremos como referencia específica la Norma EN **ISO 19650-2 (fase de desarrollo),** la cual es la que aplicaría para este caso.

- **Norma EN ISO 19650-2:** Este proceso está compuesto por una serie de actividades según se muestra en la **Figura 30**. Cada una de estas actividades puede a su vez estar dividida en subactividades, tal y como se muestra en la **Figura 31**.

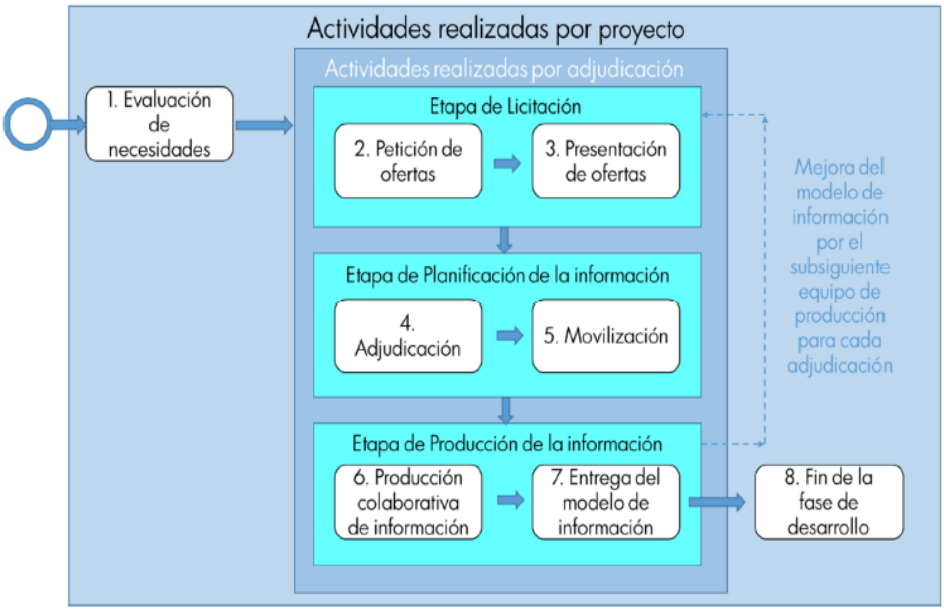


Figura 30.

Esquema de la gestión de la información durante la fase de desarrollo según EN ISO 19650-2

Nota. Recuperado de BuildingSMART, Introducción a la serie en ISO 19650, 2021, p. 14.

Figura 31.

Diagrama de subactividades de la fase de desarrollo según EN ISO 19650-2

Nota. Recuperado de BuildingSMART, Introducción a la serie en ISO 19650, 2021, p. 23.

El proceso de gestión de información BIM inicia con una necesidad para el proyecto (como mejorar la calidad de infraestructura educativa) y para ello necesitará, como entrada, la información del cliente en cuanto a proyectos y requisitos. Posterior a esto, el cliente preparará los documentos y formatos para realizar la designación o la contratación de una empresa contratista que sea capaz de cubrir los requisitos del proyecto. Luego, la empresa pasa a elaborar un plan para la ejecución de este proyecto en el que designa los roles a cada especialista y se prepara para empezar la producción de los contenedores de información (modelos, documentos, planes, etc.). Finalmente, tanto la contratista como el cliente revisan los productos de los especialistas y al terminar este proceso obtienen como salida o resultado un modelo listo para la fase de operación y funcionamiento. (Huaripata, 2024)

De acuerdo con esta norma y realizando la evaluación al Anexo contractual BIM IDU V 5.0, tenemos:

Tabla 24.

Evaluación al Anexo BIM IDU V 5.0 de acuerdo con la EN ISO 19650-2 – Actividad 1:

Evaluación de necesidades

1. Evaluación de necesidades – Parte que designa			
No.	**Sub-Actividades EN ISO 19650-2**	**¿Se presenta en el Anexo IDU?**	**Numeral**
	Designar a los responsables de la función de gestión de la información.	**N/A**	**N/A**
1	Dado que estas actividades las debe realizar la **parte que designa**, bien sea llamado **"Cliente", "Adjudicador"** ó **"Parte que designa"** y el Anexo BIM IDU V. 5.0 en estudio, fue desarrollado con el objetivo de definir los requerimientos, procesos y herramientas necesarias para la gestión de información BIM bajo la norma NTC-ISO-19650 y constituir las condiciones mínimas que se deben incorporar al Plan de Ejecución BIM (PEB) por parte de los **adjudicatarios** o **parte designada** para desarrollar el proyecto, el cual también puede ser llamado **"Contratista", "Constructor",** o **"Consultor",** no es posible hacer la evaluación al Anexo de acuerdo con esta sub - actividad establecida en la norma EN ISO 19650-2.		
	Establecer los requisitos de información del proyecto (PIR).	**Si**	**3.0 "Requerimientos de Información del proyecto"**
2	El anexo IDU, en el numeral mencionado expone "En este aparte se definen y describen los requerimientos BIM que dan cumplimento a los objetivos del proyecto, los estándares BIM aplicables y demás requerimientos de información del proyecto" **Es recomendable entregar al adjudicatario toda la información posible para detectar posibles inconsistencias, como por ejemplo el modelo de fase de diseño en formato nativo.** En caso de no disponer de un modelo de condiciones existentes es conveniente crear una partida presupuestaria para ello. También puede resultar conveniente realizar una auditoría externa o supervisión BIM del modelo as built.		
	Establecer los hitos de entrega de información del proyecto.	**Si**	**4.1.9. "Entregas parciales (Hitos)"**
3	El cliente debe definir los hitos de intercambio y entrega de la información entre las partes involucradas. (Huaripata, 2024) El anexo IDU, en el numeral mencionado expone "La parte principal designada (Contratista) debe generar como mínimo las entregas parciales (hitos) definidas **en la tabla de conformidad en la etapa contratada**, las cuales deberá definir en el Plan de Ejecución BIM (BEP) y en el cronograma de trabajo, así como los modelos que componen cada uno de los hitos. Adicionalmente, estos hitos deben ser tenidos en cuenta en el **Plan Detallado de Trabajo (PDT)"** Es sumamente importante revisar este documento de manera minuciosa para obtener una comprensión clara y precisa de las fechas de entrega que se han establecido, así como de los equipos de trabajo asignados a cada una de las fases del proyecto. Al hacerlo, se garantiza que todos los involucrados estén bien informados y alineados con los plazos y responsabilidades específicas, lo cual es esencial para el éxito del proyecto		

1. Evaluación de necesidades – Parte que designa			
No.	**Sub-Actividades EN ISO 19650-2**	**¿Se presenta en el Anexo IDU?**	**Numeral**
4	**Establecer la norma de información del proyecto**	**Si**	**2. "Generalidades"**
	Es necesario adoptar las mejores prácticas internacionales para la producción colaborativa, compartiendo y desarrollando información de forma eficiente y efectiva para crear una base confiable para la toma de decisiones. (BIM FORUM Colombia, 2023) El anexo IDU, en el numeral mencionado expone "EL IDU ha implementado este ANEXO TÉCNICO BIM (ATB) para definir los requerimientos, procesos y herramientas de producción necesarias para la gestión y aplicación de información BIM bajo la norma **NTC-ISO-19650** así como de los roles y responsabilidades de los actores claves involucrados y constituir las condiciones mínimas que se deben incorporar al Plan de Ejecución BIM (PEB) por parte de los adjudicatarios o parte designada para desarrollar el proyecto"		
5	**Establecer los procedimientos para la producción e intercambio de información**	**Si**	**6. "Métodos y procedimientos para producción de información BIM"**
	Se debe realizar considerando los siguientes puntos: recopilar información de activos existentes, la producción, revisión o aprobación de nueva información, la seguridad o distribución de la información y la entrega de información al cliente. (Huaripata, 2024) El anexo IDU, en el numeral mencionado expone "Esta sección establece los métodos y procedimientos que se utilizarán **para la definición y entrega de información del Proyecto**, junto con la forma en que se gestionarán los procesos de coordinación y revisión. Esta información se usa como parte del ANEXO TÉCNICO BIM (ATB) para definir los métodos y procedimientos de producción BIM del proyecto según NTC-ISO 19650-2:2021,5.1.5. y 5.1.6."		
6	**Establecer la información de referencia del proyecto y los recursos compartidos**	**Si**	**4.1.1.2. "Contenido mínimo detallado"**
	El cliente debe estandarizar la documentación intercambiada durante el proceso de gestión BIM. Como por ejemplo con los formatos de BEP, evaluación de competencias y capacidades, etc. (Huaripata, 2024) En el numeral 4.1.1.2. se indica que se anexa **Plantilla BEP IDU** como referencia complementaria que deberá ser adaptada a las exigencias del documento.		
7	**Establecer el CDE del proyecto**	**Si**	**3.2. "Objetivos específicos BIM"**
	La parte que designa y la parte designada manejarán el Ambiente Común de Datos (CDE) y brindarán acceso al equipo de desarrollo, cumpliendo así con cualquier requisito de seguridad del proyecto. Todos los contenedores de información (por ejemplo, informes, bocetos, modelos, especificaciones) se compartirán mediante el Ambiente Común de Datos (CDE). (BIM FORUM Colombia, 2023) Para el desarrollo del contrato, **el IDU** con el fin de lograr acciones medibles que aseguren el logro de las anteriores metas, **definió como uno de los objetivos específicos:** - **Establecer los requisitos** para producir la información que será compartida entre los estados de información del proyecto en el **ENTORNO COMÚN DE DATOS (CDE)** y definirlo como lugar de referencia donde encontrar e intercambiar los procedimientos, estándares, plantillas de supervisión, procedimientos de archivo y documentación archivada como fuente única y trazable de información.		
8	**Establecer el protocolo de intercambio de información del proyecto**	**Si**	**4.2.1. " Estrategia de Colaboración" y 4.2.2.1. "Transiciones de información"**
	La calidad del intercambio de datos y la cooperatividad entre los distintos espacios del proyecto es, por lo tanto, un concepto que subyace en la **metodología BIM:** sin un entorno de confianza e intercambio de datos correcto no podría		

1. Evaluación de necesidades – Parte que designa			
No.	**Sub-Actividades EN ISO 19650-2**	**¿Se presenta en el Anexo IDU?**	**Numeral**
	haber una colaboración eficiente entre las figuras involucradas y el proceso de optimización que se busca no se podría desencadenar con el **BIM** ni podría tomar su forma el resultado esperada. (UdeCataluña, s.f.) El cliente debe realizar el protocolo para la gestión y producción de la información, incluido la solución tecnológica y los flujos de trabajo a través del CDE. (Huaripata, 2024) El anexo IDU, en el numeral 4.2.1. expone "**se establecen los requerimientos mínimos** respecto al programa detallado de equipos de proyecto, la estrategia de resolución de conflictos, el flujo de gestión de información, los tiempos de cumplimiento de los entregables y los procesos de recibo y aceptación de entregable, **que el Contratista deberá validar/ ajustar y seguir."** Por otra parte, en el numeral 4.2.2.1. se definen las **transiciones de información que permiten el intercambio de información** entre estado según lo descrito en la NTC-ISO 19650-:2021,12		

Nota. Elaboración Propia

Tabla 25.

Evaluación al Anexo BIM IDU V 5.0 de acuerdo con la EN ISO 19650-2 – Actividad 2: Petición de ofertas

2. Petición de ofertas – Etapa de licitación – Parte que designa			
No.	**Sub-Actividades EN ISO 19650-2**	**¿Se presenta en el Anexo IDU?**	**Numeral**
	Establecer los requisitos de intercambio de información del adjudicador	**Si**	**5.2. "Formato de intercambio de datos para interoperabilidad (IFC + MVD)"**
1	El cliente debe establecer los EIR relativos a una designación, los cuales proporcionan el marco de trabajo que tendrá que cumplir la parte designada principal en la entrega de la información. (Huaripata, 2024) El anexo IDU, en el numeral 5.2. expone " **Para proyectos de infraestructura se solicita el formato de intercambio de datos IFC 4.3**, el cual está en desarrollo. Si al momento de licitar el proyecto el IFC 4.3 no ha sido publicado, se solicita un esquema anterior (IFC 4.0) donde se cumpla la parametrización de todos los elementos, para ello, los elementos de infraestructura podrán ser ejecutados bajo IfcCivilElements teniendo presente que la NTC-ISO 16739 especifica que "el IfcCivilElements es una generalización de todos los elementos dentro de una obra de ingeniería civil. Incluye, en particular, todos los casos de obras de construcción lineales típicas, como segmentos de carreteras, segmentos de puentes, aceras, etc. Dependiendo del contexto del proyecto de construcción, los trabajos de construcción incluidos, como edificios, se representan como una colección de elementos de IfcBuildingElement. Los sistemas de distribución, tales como tuberías o drenaje, se representan como una colección de elementos de IfcDistributionElement, y otros elementos geográficos, tales como árboles, postes de luz, señales de tráfico, etc., se representan como elementos de elementos de IfcGeographic."		
	Reunir la información de referencia y los recursos compartidos	**Si**	**2.3. " Flujo de información del proceso BIM- IDU"**
2	El cliente debe reunir la información de referencia y los recursos que considere adecuados compartir durante la petición de ofertas o la designación, con la parte designada principal. (Huaripata, 2024) En el **flujo de información del proceso BIM-IDU**, la entidad (Parte que designa), **reúne información**, tales como: documentos tipo, anexo técnico BIM IDU, Plantilla BEP, anexos, guías, apéndices, capítulos, etc.		
	Establecer los requisitos de presentación de ofertas y los criterios de evaluación	**Si**	**2.3. " Flujo de información del proceso BIM- IDU"**
3	El cliente evaluará la eficacia con la que se abordan los requerimientos, por ejemplo, en el BEP. Asimismo, se evaluará la factibilidad de la metodología y capacidades del equipo de ejecución en respuesta a los requerimientos (Huaripata, 2024) El anexo IDU, en el numeral 2.3. expone "En este aparte se define el **flujo de información precontractual y contractual** mínimo solicitado por el IDU para ser utilizado en la producción de información BIM por parte del Constructor/Consultor/Parte Designada (según sea el caso) y utilizados como base para los procesos de revisión y validación por parte del Interventor en representación del Contratante El contratista deberá tener en cuenta para la ejecución del contrato, los parámetros y/o lineamientos contemplados en el anexo técnico, el cual se constituye en una obligación contractual y será objeto de revisión y aprobación por parte del interventor y/o supervisor. En el caso de una inconsistencia entre el Anexo y el Contrato, respecto al Plan de Ejecución BIM, el Anexo tomará prioridad.		
	Recopilar la información relativa a la licitación	**Si**	**2.3. " Flujo de información del proceso BIM- IDU"**
4	El cliente debe recopilar la información que la contratista principal deberá considerar en los documentos de presentación de ofertas. (Huaripata, 2024) En el flujo de información del proceso BIM-IDU, la entidad (Parte que designa), para llevar a cabo el proceso de selección debe establecer un **documento de estudios previos + el pliego de licitaciones**, los cuales deberá cumplir la parte designada.		

Nota. Elaboración Propia

Tabla 26.

Evaluación al Anexo BIM IDU V 5.0 de acuerdo con la EN ISO 19650-2 – Actividad 3:

Presentación de ofertas

3. Presentación de ofertas – Etapa de licitación – Parte designada			
No.	**Sub-Actividades EN ISO 19650-2**	**¿Se presenta en el Anexo IDU?**	**Numeral**
1	**Designación de los responsables de la función de gestión de la información**	**Si**	**3.8 “Roles y responsabilidades BIM”**
	La contratista principal, debe considerar la Gestión de la Información BIM a lo largo de todo el proceso de designación, designando a representantes de su propia organización para que realicen esta actividad en su nombre. (Huaripata, 2024) El anexo IDU, en el numeral mencionado expone “El **Constructor/Consultor/Parte Designada (según sea el caso)** a partir del personal mínimo señalado por el IDU, **es libre de establecer el número de personas a utilizar en el desarrollo de los trabajos**, de acuerdo con el enfoque de organización que le dé a los mismos, garantizando la realización de estos. Todos los costos que se relacionan con el personal necesario deberán ser considerados por el Contratista dentro de su estructura de costos” De acuerdo con los lineamientos que está llevando a cabo el IDU, el anexo de personal que maneja para este tipo de procesos se puede evidenciar que solo existe un profesional especializado encargado de llevar a cabo toda la implementación de la metodología BIM por parte del CONTRATISTA, sumado a esto su dedicación en la fase de preconstrucción es del 100% pero en la fase de construcción es del 40%. De acuerdo con algunos trabajos académicos revisados sobre la implementación de esta metodología en infraestructura vial, la construcción del proyecto es donde más se requiere personal para un correcto funcionamiento de la metodología BIM. Este personal insuficiente podría presentar problemas contractuales en la ejecución de los proyectos que adelanta la entidad y puede ser un obstáculo		
2	**Establecer el plan de ejecución BIM del equipo de desarrollo (antes de la adjudicación)**	**Si**	**4.1. “ Plan de Ejecución BIM (PEB o BEP sigla en inglés)**
	El anexo IDU, en el numeral mencionado expone “El Plan de Ejecución BIM (BEP) es un documento que establece los estándares, métodos y procedimientos de producción, **que debe generar el Constructor/Consultor/Parte Designada**, especificando estrategia, capacidades, competencias, acciones, recursos humanos y logísticos de medio necesarios para cumplir con las obligaciones y resultados definidos por el Contratante/Entidad/Parte que Designa. Los medios para su cumplimiento son de entera responsabilidad del Constructor/Consultor/Parte Designada y ésta es la responsable de documentar y ejecutar sin excepción todas las acciones, recursos y logística necesaria para su cumplimiento, estén o no estén contenidas en el documento, ya que los requisitos establecidos son obligaciones de resultado que asume el CONTRATISTA adjudicatario.		
3	**Evaluación de las aptitudes y capacidades del equipo de trabajo**	**Si**	**3.8.3. “Requisitos de estudio, experiencia y equivalencias”**
	Es esencial que el personal responsable de implementar las metodologías BIM reciba la capacitación y el entrenamiento adecuado para adaptarse a esta nueva forma de trabajo. Asimismo, Es importante que la alta dirección de la organización se involucre y apoye activamente la implementación de la metodología, demostrando su compromiso. Es crucial enfrentar la oposición al cambio y llevar a cabo actividades formativas y de concienciación para que el personal comprenda las ventajas de la metodología BIM. (Ramírez Á. , 2023)		

3. Presentación de ofertas – Etapa de licitación – Parte designada			
No.	**Sub-Actividades EN ISO 19650-2**	**¿Se presenta en el Anexo IDU?**	**Numeral**
	El anexo IDU, en el numeral mencionado expone “Los requisitos de estudio, experiencia estarán definidos en el Anexo de requerimientos de personal y las equivalencias en el Anexo N° 1 Anexo técnico de los documentos tipo expedidos por CCE, que hacen parte integral del proceso de selección y del contrato. Las equivalencias de experiencia y formación profesional para el personal se de consultorías se encuentran establecidas en la MATRIZ 4 – LINEAMIENTOS DE REQUISITOS DEL PERSONAL, en sus numerales, III. EQUIVALENCIAS DE EXPERIENCIA APLICABLES PARA EL PERSONAL y IV. EQUIVALENCIAS DE FORMACIÓN ACADÉMICA APLICABLES PARA EL PERSONAL, respectivamente”		
4	**Establecer las aptitudes y capacidades del equipo de desarrollo**	**Si**	**3.8.3. “Requisitos de estudio, experiencia y equivalencias”**
	Ver inciso (3), Tabla 24 “3.Presentación de ofertas – Etapa de licitación – Parte designada”		
5	**Establecer el plan de movilización del equipo de desarrollo**	**Si**	**6.1.2. “Requerimientos de software”, 6.1.3. “Requerimientos de hardware” y 6.1.4. “ Rendimiento del sistema”**
	El plan de movilización deberá considerar la evaluación del intercambio y entrega de información, la gestión del CDE y requerimientos de software, hardware, capacitaciones y educación. (Huaripata, 2024) El anexo IDU, en el numeral 6.1.2. expone “El constructor/consultor/Parte Designada(Contratista o Interventor) deberá contar con los **softwares necesarios** para poder llevar los usos BIM solicitados en el presente Anexo Técnico BIM. De acuerdo con lo anterior, las partes contratadas serán las responsables de adquirir y gestionar las licencias que correspondan según los programas que seleccionen, los cuales deberán indicarse dentro del Plan de Ejecución BIM de desarrollo (BEP).” En el numeral 6.1.3. se establece: “El constructor/consultor/Parte Designada (Contratista o Interventor) deberá definir **hardware BIM** para cumplir con los requerimientos solicitados en el presente Anexo Técnico BIM. La adquisición de este hardware deberá ser gestionado por el Contratista. Por último, en el numeral 6.1.4. indica: El constructor/consultor/Parte Designada del proyecto será el responsable de contar con los requerimientos de **rendimiento de sistema** necesarios para cumplir con las necesidades de cada programa a utilizar y garantizar la adecuada producción de la información en los tiempos especificados en el cronograma general del proyecto. Tener presente que los modelos no superen los 200MB de peso para garantizar la correcta visualización y movilización de la información por parte de todos los actores involucrados en el proyecto.”		
6	**Establecer el cuadro de riesgos del equipo de desarrollo**	**No**	-
	La contratista principal debe establecer un cuadro de riesgos del equipo de ejecución, considerando la adopción de normas de información del proyecto y evaluando la movilización, capacidad y aptitud, así como el impacto de posibles resultados negativos en la gestión de la información. (Huaripata, 2024) Diferentes programas de software utilizados en BIM pueden no integrarse perfectamente. Esto puede provocar problemas al intercambiar archivos o al trabajar en diferentes etapas del proyecto. También puede haber problemas de compatibilidad entre diferentes versiones del mismo software. Por eso es necesario consensuar, antes de comenzar el proyecto, que licencias y qué versiones serán las más adecuadas para utilizar por los distintos equipos de trabajo en las diferentes fases del proyecto. Si una empresa debe adecuarse al uso de una nueva herramienta, siempre es óptimo contar con cierta flexibilidad y predisposición, si se cuentan con los recursos adecuados, con la finalidad de lograr el desarrollo del proyecto de la forma más adecuada. (MDT Arquitectura , s.f.) **En el Anexo BIM IDU V. 5.0 no se presenta información de referencia para esta subactividad**		

3. Presentación de ofertas – Etapa de licitación – Parte designada			
No.	**Sub-Actividades EN ISO 19650-2**	**¿Se presenta en el Anexo IDU?**	**Numeral**
7	**Recopilar la información de la oferta del equipo de desarrollo**	**Si**	**4. "Entregables – Condiciones BIM"**
	La contratista principal debe recopilar los documentos que han sido elaborados por el equipo de ejecución, entre los cuales se consideran: el BEP, el resumen de la evaluación de competencias y capacidades, el plan de movilización y la evaluación de los riesgos (Huaripata, 2024) En el aparte indicado, se detallan los **requerimientos de respuesta** que deben dar los contratistas al Anexo Técnico BIM, los cuales están alineados a la norma NTC-ISO 19650-2:2021.		

Nota. Elaboración Propia

Tabla 27.

Evaluación al Anexo BIM IDU V 5.0 de acuerdo con la EN ISO 19650-2 – Actividad 4:

Adjudicación

4. Adjudicación - Etapa de planificación – Parte que designa y parte designada			
No.	**Sub-Actividades EN ISO 19650-2**	**¿Se presenta en el Anexo IDU?**	**Numeral**
1	**Confirmar el plan de ejecución BIM del equipo de desarrollo**	**Si**	**4.1. " Plan de Ejecución BIM (PEB o BEP sigla en inglés) y 4.2.1. " Estrategia de colaboración"**
	Ver inciso (2), Tabla 24 "3.Presentación de ofertas – Etapa de licitación – Parte designada" En el numeral 4.2.1 del anexo, se establecen los requerimientos mínimos respecto al programa detallado de equipos de proyecto, la estrategia de resolución de conflictos, el flujo de gestión de información, los tiempos de cumplimiento de los entregables y los procesos de recibo y aceptación de entregable, que el Contratista deberá validar/ ajustar y seguir. Además, **se indica lo que el CDE, debe permitir.**		
2	**Establecer la matriz detallada de responsabilidades del equipo de desarrollo**	**Si**	**4.1.1.1. "Contenido mínimo general"**
	La contratista principal produce la matriz inicial de responsabilidad de alto nivel, la cual debe detallar ¿qué información se va a producir?, ¿cuándo y con quién se debe intercambiar la información?, ¿qué equipo de trabajo es responsable de su producción? (Huaripata, 2024) En el numeral indicado del anexo, nos **muestra gráficamente que la matriz detallada de responsabilidades (MDR), debe ir incluida dentro del BEP**.		
3	**Establecer los requisitos de intercambio de información del adjudicatario principal**	**Si**	**6.3. "Formato de intercambio de datos"**
	La contratista principal debe elaborar sus propios EIR para cada designación, al igual que el cliente lo hace al designarlo. (Huaripata, 2024) En el numeral indicado del anexo, indica que el constructor/consultor/Parte Designada **deberá proponer** en el plan de ejecución BIM de desarrollo (BEP) el formato de entrega de los contenedores de información (**Entregables**) en formato digital modificable (Nativo) y digital no modificable		

4. Adjudicación - Etapa de planificación – Parte que designa y parte designada			
No.	**Sub-Actividades EN ISO 19650-2**	**¿Se presenta en el Anexo IDU?**	**Numeral**
4	**Establecer el/los programas(s) de desarrollo de información de una tarea**	**SI**	**4.1.9. "Entregas parciales (Hitos)"**
	Cada equipo de trabajo debe establecer un TIDP, donde se detalle cómo determinado equipo de trabajo va a entregar la información (modelo de información, documentos, tablas o cuadro, cálculos, etc.). (Huaripata, 2024) El anexo indica en el numeral mencionado que los hitos de entrega **deben ser tenidos en cuenta en el Plan Detallado de Trabajo (PDT).**		
5	**Establecer el programa general de desarrollo de la información**	**Si**	**4.1.1.1. "Contenido mínimo general"**
	La contratista principal debe elaborar el MIDP, que es la compilación de los TIDP del equipo de ejecución. Con esto se asegura que se cumpla con el cronograma general de actividades del equipo de ejecución y que se siga la secuencia correcta de los entregables. (Huaripata, 2024) En el numeral indicado del anexo, nos **muestra gráficamente que el programa general de desarrollo de la información plan maestro de entrega de información (MIDP), debe ir incluida dentro del BEP.**		
6	**Completar los documentos de adjudicación del adjudicatario principal**	**Si**	**2.3. "Flujo de información del proceso BIM- IDU"**
	El cliente deberá incluir en los documentos de la designación de la contratista principal, los EIR, las normas de información del proyecto, el protocolo de intercambio de información, el BEP Definitivo y el MIDP. (Huaripata, 2024) Este proceso se realiza sin que se utilice BIM, la Administración Contratante revisa toda la documentación, que se exigía en los Pliegos de contratación, presentada por el adjudicatario previo a la firma del contrato. Los requisitos BIM se añaden a los requisitos de un contrato sin BIM. (Gobierno de España, 2021) De acuerdo con el flujo de información precontractual y contractual del anexo BIM IDU, se realizan los procesos de **revisión y validación** por parte del Interventor en representación del Contratante, **una vez definido el Contratista** principal o Parte designada principal, esté en colaboración con su equipo elaborará la primera versión del Plan de ejecución BIM (BEP) para aprobación del Interventor/Supervisor (según sea el caso).		
7	**Completar los documentos de adjudicación del adjudicatario**	**Si**	**2.3. "Flujo de información del proceso BIM- IDU"**
	El contratista principal deberá incluir en los documentos de la designación del cliente: los EIR, las normas de información del proyecto, el protocolo de intercambio de información, el BEP Definitivo y el MIDP. (Huaripata, 2024) En el numeral indicado del anexo, el contratista deberá tener en cuenta para la ejecución del contrato, **los parámetros y/o lineamientos contemplados en el anexo técnico,** el cual se constituye en una obligación contractual y será objeto de revisión y aprobación por parte del interventor y/o supervisor**.**		

Nota. Elaboración Propia

Tabla 28.

Evaluación al Anexo BIM IDU V 5.0 de acuerdo con la EN ISO 19650-2 – Actividad 5: Movilización

5. Movilización - Etapa de planificación – Parte designada			
No.	**Sub-Actividades EN ISO 19650-2**	**¿Se presenta en el Anexo IDU?**	**Numeral**
1	**Movilizar recursos**	**Si**	**3.8. "Roles y responsabilidades BIM"**
	Una vez firmado el contrato y formados los equipos que van a ejecutar el proyecto, estos se ponen en marcha y comienzan con las primeras tareas del proyecto. Estos procesos son aplicables principalmente a las partes Contratadas. **Movilizar recursos:** Hacer que los recursos asignados comiencen a ejecutar el proyecto adjudicado, la Norma incluye en esta fase la formación capacitación de los miembros de los equipos que lo necesiten. En principio afecta solo a las partes Contratadas. Esto no implica que esta movilización no se dé también en la Administración Contratante. (Gobierno de España, 2021) El contratista debe garantizar que el personal del equipo cumpla con los **roles y las responsabilidades** del personal mínimo señalado por el IDU, en el numeral indicado, bien sea capacitándolos o brindándoles la formación necesaria. Ver inciso (3), Tabla 24 "3.Presentación de ofertas – Etapa de licitación – Parte designada"		
2	**Movilizar la tecnología de la información**	**Si**	**6.1.2. "Requerimientos de software", 6.1.3. "Requerimientos de hardware" y 6.1.4. " Rendimiento del sistema"**
	Este proceso consiste en poner a disposición del equipo de proyecto las aplicaciones informáticas que se utilizarán en el proyecto. Ver inciso (5), Tabla 24 "3.Presentación de ofertas – Etapa de licitación – Parte designada"		
3	**Probar los métodos y procedimientos de producción de información del proyecto**	**Si**	**4.3.1. "Calidad de datos BIM"**
	La contratista principal debe probar que los métodos y procedimientos sean comprendidos por todos los miembros del equipo de ejecución. (Huaripata, 2024) Según el numeral indicado, la información del proyecto debe cumplir con los requerimientos de información solicitados en el documento del anexo y con los estándares métodos y procedimientos acordados en el Plan de ejecución BIM (BEP), es por esta razón que el contratista debe comprobar si **funciona adecuadamente su flujo de trabajo**.		

Nota. Elaboración Propia

Tabla 29.

Evaluación al Anexo BIM IDU V 5.0 de acuerdo con la EN ISO 19650-2 – Actividad 6:

Producción colaborativa de la información

6. Producción colaborativa de información - Etapa de producción - Parte designada			
No.	**Sub-Actividades EN ISO 19650-2**	**¿Se presenta en el Anexo IDU?**	**Numeral**
1	**Comprobar la disponibilidad de la información de referencia y de los recursos compartidos**	**Si**	**3.9. "Procesos de levantamiento de información existente"**
	El acceso a la información de referencia y a los recursos compartidos debe ser verificado por cada equipo de trabajo, antes de producir información. Esta información es inicialmente proporcionada por la contratista principal. (Huaripata, 2024) En el numeral mencionado del anexo, se indica que para el **proceso de captura de información existente** en las áreas requeridas para los proyectos, se deben utilizar los equipos y las técnicas de captura que generen los productos y entregables solicitados por el Instituto según el tipo de proyecto, por lo tanto, los datos pueden provenir de equipos de captura LIDAR 3D incorporados en plataformas aéreas, terrestres, móviles o estáticas, equipos convencionales, georradar, equipos batimétricos y sus diferentes combinaciones, siempre que cumplan con las exigencias, precisiones y entregables establecidos en la guía GU-DP-02 y que satisfagan las necesidades del proyecto y del Instituto, para generar datos 3D e integrarlos en modelos de información para la construcción (BIM).		
2	**Producir información**	**Si**	**6. "Métodos y procedimientos para producción de información BIM"**
	Ver inciso (5), Tabla 22 "1.Evaluación de necesidades – Parte que designa"		
3	**Realizar un control de calidad**	**Si**	**4.3. "Estrategia de control y aseguramiento de calidad"**
	Este control se realiza en dos partes: la primera parte es comprobando el contenedor de información, de acuerdo con la norma de información del proyecto (código, revisión y clasificación), y la segunda parte es revisar y aprobar el intercambio de información. (Huaripata, 2024) En el numeral indicado del Anexo IDU, se define el **estándar de aseguramiento de calidad** para la ejecución del Proyecto. La estrategia, el lenguaje, indicadores y responsables de las funciones de calidad, así como los protocolos y guías aplicables teniendo en cuenta la NTC-ISO 19650-1:2021, 11:3.		
4	**Revisar y aprobar el intercambio de información**	**Si**	**4.2. "Entorno Común de Datos (CDE)"**
	El equipo de trabajo revisa el contenido de cada contenedor de información, asegurando que cumpla los EIR de la parte designada principal y el TIDP. (Huaripata, 2024) En el numeral indicado del anexo, se indica que el equipo de entregas producirá su información ya sea en una solución de Entorno Común de Datos (CDE) separada o en su servidor local. Cuando la información esté lista para compartirse, el equipo llevará a cabo sus procedimientos de control de calidad para asegurar que la información cumpla con las normas de información. Si el contenedor de información se considera adecuado, este se cargará al Entorno Común de Datos (CDE) en el estado **"COMPARTIDO".**		
5	**Revisar el modelo de información**	**Si**	**4.2. "Entorno Común de Datos (CDE)"**
	La revisión es constante, según sea necesario, hasta que el modelo de información esté listo para ser autorizado por la contratista principal. (Huaripata, 2024)		

6. Producción colaborativa de información - Etapa de producción - Parte designada			
No.	**Sub-Actividades EN ISO 19650-2**	**¿Se presenta en el Anexo IDU?**	**Numeral**
	En el numeral indicado del anexo, se indica que los contenedores de información **autorizada/aceptada** se cargarán al Entorno Común de Datos (CDE) como **PUBLICADO;** en general, los contenedores de información típicamente en el estado **"PUBLICADO"** se convertirán en el **Modelo de Información de Proyecto (PIM).** La implementación temprana de un modelo PIM puede ayudar a las empresas a mejorar la calidad y la precisión de la información de las familias, reducir los errores y los costos asociados con la gestión manual de la información del objeto, aumentar la eficiencia y la velocidad, y mejorar la experiencia del cliente al proporcionar información precisa y actualizada sobre los objetos. (Valdivieso, 2023)		

Nota. Elaboración Propia

Tabla 30.

Evaluación al Anexo BIM IDU V 5.0 de acuerdo con la EN ISO 19650-2 – Actividad 7: Entrega del modelo de información

7. Entrega del modelo de información - Etapa de producción – Parte que designa y parte designada			
No.	**Sub-Actividades EN ISO 19650-2**	**¿Se presenta en el Anexo IDU?**	**Numeral**
1	**Presentar al adjudicatario principal el modelo de información para su autorización**	**Si**	**4.2. "Entorno Común de Datos (CDE)"**
	Ver inciso (4), Tabla 27 "6.Producción colaborativa de información - Etapa de producción - Parte designada		
2	**Revisar y autorizar el modelo de información**	**Si**	**4.2. "Entorno Común de Datos (CDE)"**
	Ver inciso (5), Tabla 27 "6.Producción colaborativa de información - Etapa de producción - Parte designada"		
3	**Presentar al adjudicador el modelo de información para su autorización**	**Si**	**4.3.1. "Calidad de Datos BIM" y 4.3.2. Control de Calidad por parte de la parte designada y la Interventoría o supervisión del proyecto.**

7. Entrega del modelo de información - Etapa de producción – Parte que designa y parte designada			
No.	**Sub-Actividades EN ISO 19650-2**	**¿Se presenta en el Anexo IDU?**	**Numeral**
	Los especialistas presentan sus entregables de información a través del CDE del proyecto al cliente. (Huaripata, 2024) El numeral 4.3.1. del anexo indica que la información del proyecto debe cumplir con los requerimientos de información solicitados en el documento y con los estándares métodos y procedimientos acordados en el Plan de ejecución BIM (BEP). Seguidamente, el numeral 4.3.2, establece que los puntos de control que se tendrán durante la modelación de los diseños o de la construcción a través de la metodología será de conformidad con las obligaciones establecidas en el contrato o asignación por fase y la periodicidad establecida. **Todos los diseños modelados, familias y objetos usados en la modelación deberán ser de libre acceso para el Contratante/Parte que Designa y la interventoría y permanecer en el CDE dentro de la estructura de carpetas entregados para la correcta lectura del modelo.** Se generará por parte de la interventoría un informe semanal de avance del modelado a medida que se avanza en los diseños o en la construcción, en el informe semanal y mensual se debe indicar las incidencias encontradas, solucionadas o el avance de la obra extraído del modelo, y valorado económicamente a los precios del contrato, el cual debe reflejar el avance real de obra y mostrar un seguimiento o estadística periódica de estos aspectos. Para esto el contratista o parte designada deberá generar los permisos y flujos necesarios para el cumplimiento de esta obligación dando acceso a la información y remitiendo los insumos necesarios para su trazabilidad.		
4	**Revisar y aceptar el modelo de información**	**Si**	**4.2.2. “Flujo de gestión de información”**
	El cliente revisa el modelo de información para comprobar que es adecuado y corresponda a los métodos y procedimientos de producción de información. (Huaripata, 2024) Según el numeral indicado del anexo, **el cliente verifica y recibe a traves del CDE la información publicada.**		

Nota. Elaboración Propia

Tabla 31.

Evaluación al Anexo BIM IDU V 5.0 de acuerdo con la EN ISO 19650-2 – Actividad 8: Fin de la fase de desarrollo

8. Fin de la Fase de desarrollo - Parte que designa y parte designada			
No.	**Sub-Actividades EN ISO 19650-2**	**¿Se presenta en el Anexo IDU?**	**Numeral**
1	**Archivar el modelo de información del proyecto**	**Si**	**8. “Derechos de propiedad intelectual de los modelos”**
	Primero el cliente debe archivar los contenedores de información en el CDE, tomando en cuenta la información que será útil para su aplicación en el futuro. (Huaripata, 2024) En el numeral indicado del Anexo IDU, se indica: “Cada Parte garantiza a todas las Partes del Contrato que o bien (1) es la propietaria de todos los derechos de las Contribuciones que hace al modelo, o (2) está licenciada o se encuentra autorizada por el titular de los derechos de esa Contribución, para realizar aportes al modelo bajo los términos del presente documento, así como del Plan de Ejecución BIM.		

8. Fin de la Fase de desarrollo - Parte que designa y parte designada			
No.	**Sub-Actividades EN ISO 19650-2**	**¿Se presenta en el Anexo IDU?**	**Numeral**
	El contratante o parte que designa será dueño de las contribuciones de los contratistas y **podrá dar uso de la información o imágenes extraídas del modelo.** El derecho del Contratante o parte que designa a usar para cualquier fin el Modelo o datos del proyecto elaborados por la parte designada o contratista en cualquier estado de la información en que se encuentre (Compartido, Publicado, Archivado o revisado podrá darse en cualquier momento de la ejecución del Proyecto y la parte designada acepta esta condición con la firma del contrato. A menos que sea limitado aquí o expresamente por términos de limitación de licencia en el Contrato, la licencia no exclusiva concedida en el presente Anexo BIM se mantendrá en vigor en tanto sea permitido por la Ley. Así mismo, después de la finalización del Proyecto, la licencia no exclusiva estará limitada a guardar una copia de archivo de las Contribuciones relacionadas al Proyecto.		
	Recoger las lecciones aprendidas para futuros proyectos	**No**	-
2	Todas las partes involucradas deben recoger las lecciones aprendidas durante el desarrollo de la fase o etapa del proyecto. (Huaripata, 2024) **En el Anexo BIM IDU V. 5.0 no se presenta información de referencia para esta subactividad**		

Nota. Elaboración Propia

Para garantizar el cumplimiento de los requerimientos BIM y maximizar sus beneficios, es necesario implementar una auditoría BIM basada en estándares internacionales como la ISO 19650 y mejores prácticas en la gestión de proyectos.

Una vez validada la información del proyecto Patio Zonal El Gaco y lo planteado en la norma ISO 9650-2 se tiene que un planteamiento de metodología como se muestra a continuación:

La metodología de auditoría BIM propuesta se desarrolla en cuatro fases:

1. FASE 1 - PLANIFICACIÓN DE LA AUDITORÍA

- Definir el alcance y objetivos de la auditoría.
- Identificar los requisitos contractuales y normativos aplicables.
- Establecer los roles y responsabilidades de los auditores BIM.

- Crear un cronograma de revisión periódica de modelos y documentos.

2. FASE 2 - EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO BIM

- Verificar la estructura y calidad de los modelos BIM según los requerimientos del IDU.
- Evaluar la correcta aplicación de los niveles de desarrollo (LOD) y niveles de información (LOI).
- Analizar la interoperabilidad de los modelos en formato IFC para garantizar compatibilidad.
- Validar la trazabilidad de cambios y la gestión documental dentro del CDE.

3. FASE 3 - CONTROL DE CALIDAD Y DETECCIÓN DE ERRORES

- Aplicar pruebas automáticas de validación de modelos BIM mediante software como Navisworks y Solibri.
- Realizar auditorías de coordinación y detección de interferencias.
- Documentar hallazgos y categorizar errores según su impacto en el proyecto.

4. FASE 4 - INFORME DE AUDITORÍA Y ACCIONES CORRECTIVAS

- Generar un informe de auditoría con hallazgos, incumplimientos y recomendaciones de mejora.
- Establecer un plan de acción para la corrección de errores detectados.
- Definir un seguimiento de implementación de mejoras en futuras revisiones BIM.

En la siguiente tabla se resume la metodología propuesta:

Tabla 32.

Metodología propuesta

FASE	ACTIVIDADES PRINCIPALES	PERSONAL TÉCNICO REQUERIDO	HERRAMIENTAS UTILIZADAS	RESULTADOS ESPERADOS
1. Planificación de la Auditoría	1. Definir alcance y objetivos. 2. Identificar requisitos contractuales y normativos. 3. Establecer roles y responsabilidades. 4. Crear cronograma de revisión.	Coordinador BIM, Auditor BIM, Especialista en normativa	ISO 19650, Manual IDU, Reuniones iniciales	Plan de auditoría aprobado
2. Evaluación de Cumplimiento BIM	1. Revisar estructura y calidad de modelos BIM. 2. Verificar aplicación de LOD y LOI. 3. Analizar interoperabilidad en formato IFC. 4. Validar trazabilidad en el CDE.	Modelador BIM, Auditor BIM, Especialista en interoperabilidad	Revit, Navisworks, Solibri, Autodesk Docs	Informe de cumplimiento BIM
3. Control de Calidad y Detección de Errores	1. Aplicar pruebas de validación automática. 2. Realizar auditorías de coordinación. 3. Detectar y categorizar errores. 4. Documentar hallazgos.	Auditor BIM, Coordinador BIM, Especialista en detección de conflictos	Solibri, Navisworks, Dynamo	Registro de errores e inconsistencias
4. Informe de Auditoría y Acciones Correctivas	1. Redactar informe con hallazgos. 2. Presentar recomendaciones de mejora. 3. Definir plan de acción para corrección. 4. Hacer seguimiento a la implementación de mejoras.	Auditor BIM, Coordinador BIM, Gerente de Proyecto	Informes en PDF, Presentaciones, Reuniones de seguimiento	Informe final de auditoría y plan de mejora implementado

Nota. Elaboración Propia

9.3.1. Indicadores Clave de Auditoría BIM (KPIS)

Para medir la efectividad de la auditoría BIM, se proponen los siguientes indicadores:

- % de cumplimiento de modelos con especificaciones BIM.
- Número de errores detectados por disciplina (arquitectura, estructuras, redes).
- Tiempo promedio de corrección de errores en modelos BIM.
- % de interoperabilidad entre plataformas (Revit, Civil 3D, IFC).
- Número de iteraciones necesarias para la aprobación de modelos.

Tabla 33.

Indicadores clave de la auditoría BIM

Indicador	Métrica de Evaluación
% de cumplimiento de modelos con especificaciones BIM	Porcentaje de modelos que cumplen los requisitos del IDU.
Número de errores detectados por disciplina	Cantidad de errores en arquitectura, estructuras y redes.
Tiempo promedio de corrección de errores en modelos BIM	Promedio de días necesarios para corregir hallazgos.
% de interoperabilidad entre plataformas BIM	Evaluación de compatibilidad entre Revit, Civil 3D, IFC.
Número de iteraciones necesarias para la aprobación de modelos	Evaluación de compatibilidad entre Revit, Civil 3D, IFC.

Nota. Elaboración Propia

La implementación de una auditoría BIM estructurada basada en la ISO 19650 permitirá mejorar la calidad y control de los proyectos del IDU, asegurando que los modelos BIM cumplan con los estándares de información, interoperabilidad y eficiencia.

Se recomienda establecer esta auditoría como un proceso continuo e iterativo a lo largo del ciclo de vida del proyecto, garantizando que los modelos BIM sean herramientas fiables para la toma de decisiones y la optimización de los recursos en la obra pública en Bogotá.

10. Análisis

Al realizar la evaluación al Anexo BIM IDU V 5.0 de acuerdo con la EN ISO 19650-2, se tienen los siguientes análisis:

1. Se pudo evidenciar que de manera general el Anexo BIM IDU V 5.0 **esta alineado y es congruente con lo que se especifica la EN ISO 19650-2, a excepción solo de algunas disconformidades.**
2. Se pudo evaluar que el ANEXO BIM IDU, **NO hace referencia** a la evaluación de los riesgos asociados a la entrega de información en la etapa de licitación por parte de los contratistas. La entrega de información en la etapa de licitación en un proyecto BIM (Building Information Modeling) conlleva una serie de riesgos que es importante identificar y gestionar adecuadamente.

Evaluar y gestionar estos riesgos de manera proactiva es fundamental para asegurar que la entrega de información en la etapa de licitación de un proyecto BIM sea eficiente y efectiva, minimizando posibles problemas y asegurando el éxito del proyecto

A continuación, se presentan algunos de los principales riesgos que los contratistas deben tener en cuenta y deberían presentarse a la entidad.

- Precisión y Compleción de los Modelos BIM:
- Compatibilidad de Software y Formatos
- Protección de la Propiedad Intelectual
- Falta de Estándares y Protocolos
- Coordinación y Comunicación entre Partes Interesadas
- Actualización y Mantenimiento de los Modelos
- Capacitación y Conocimiento de los Usuarios

3. Si bien el anexo BIM IDU, hace referencia gráficamente a que en el BEP debe ir incluido en Plan detallado de trabajo (PDT), sería recomendable **ser más específico o profundizar más en este concepto**, ya que solo menciona este término en una gráfica.

Establecer el Programa de Desarrollo de Información (PDT) en un proyecto BIM es crucial para garantizar la coherencia, precisión y eficacia en la gestión de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto. El PDT proporciona un marco estructurado que define los niveles de desarrollo (LOD) esperados en cada etapa, especificando qué información debe ser incluida, cómo debe ser presentada y cuándo debe ser entregada. Esto facilita la colaboración entre las partes interesadas, reduce el riesgo de malentendidos y errores, y asegura que todos los participantes tengan acceso a información actualizada y relevante. En última instancia, un PDT bien definido mejora la toma de decisiones, optimiza los procesos constructivos y contribuye a la calidad y el éxito del proyecto.

4. De la misma manera que el inciso anterior, en cuanto al programa general de desarrollo de la información (MIDP), se pudo evidenciar que este término se menciona muy **superficialmente en el Anexo BIM IDU**, sería interesante para los contratistas que estudiaran dicho anexo, tener más claridad sobre este concepto y su importancia.

Establecer el Programa General de Desarrollo de la Información (MIDP) en un proyecto BIM es fundamental para coordinar y gestionar de manera eficiente la creación, distribución y actualización de toda la información del proyecto a lo largo de su ciclo de vida. El MIDP actúa como una hoja de ruta que integra los diferentes programas de desarrollo de información específicos de cada tarea, asegurando que todos los participantes sigan un enfoque coherente y estandarizado. Esto facilita la colaboración, mejora la comunicación y minimiza el riesgo de duplicidades y errores, permitiendo una entrega de información precisa y oportuna. Además, el MIDP ayuda a definir claramente los roles y responsabilidades de cada parte interesada,

contribuyendo a una planificación y ejecución más eficaz del proyecto, optimizando recursos y aumentando la calidad y el éxito global del proyecto.

5. A pesar de que el Anexo BIM IDU, no hace referencia a recoger las lecciones aprendidas para futuros proyectos , se puede analizar que realizar esta acción es **esencial para mejorar continuamente la eficiencia, calidad y éxito de futuros proyectos**. Esta práctica permite identificar qué estrategias y técnicas fueron efectivas y cuáles presentaron desafíos, proporcionando una base de conocimiento valiosa que puede ser aplicada en nuevas iniciativas.

Al documentar y analizar tanto los éxitos como los fracasos, las organizaciones pueden refinar sus procesos, mitigar riesgos, y fomentar una cultura de aprendizaje y adaptación. Además, compartir estas lecciones con todos los involucrados promueve la estandarización de buenas prácticas, mejora la toma de decisiones y optimiza la colaboración entre equipos, asegurando que los próximos proyectos BIM se beneficien de experiencias previas y se desarrollen de manera más eficaz y eficiente.

11. Conclusiones y Recomendaciones

- Se analizó detalladamente los requerimientos establecidos por el IDU para proyectos que requieren implementación de metodología BIM en las etapas de preconstrucción y construcción
- Se analizó el estado actual de la implementación del BIM en los procesos de obra pública del IDU en Bogotá, identificando las prácticas y herramientas utilizadas.
- Se desarrolló una evaluación o auditoría de la implementación del BIM basada en la EN ISO 19650-2
- Se pudo concluir que realizar una auditoría de la implementación BIM en la contratación pública es crucial para asegurar que los proyectos se desarrollen conforme a los estándares y objetivos establecidos. Esto permite verificar la calidad y precisión de los modelos BIM, garantizando que la información es confiable y completa. Además, identifica posibles áreas de mejora, asegurando que los recursos públicos se utilicen de manera eficiente y transparente. Al detectar y corregir problemas tempranamente, se minimizan los riesgos de retrasos y sobrecostos, mejorando la eficiencia y efectividad del proceso constructivo. La auditoría también promueve la rendición de cuentas y la adopción de mejores prácticas, contribuyendo a la profesionalización del sector y aumentando la confianza en los procesos de contratación pública basados en BIM.
- Al realizar esta auditoría y análisis del anexo técnico BIM IDU, se pudieron identificar oportunidades de mejora, para garantizar la correcta aplicación de la metodología BIM y maximizar los beneficios esperados.
- El desarrollo de esta auditoría se centró en un enfoque basado en procesos, subrayando la importancia de la normas 19650 para una gestión eficaz. Donde, se desglosan los procesos y subprocesos de la gestión BIM, desde la evaluación de las necesidades hasta la culminación de la fase de ejecución, resaltando actividades como

la movilización de recursos y la producción colaborativa de información, y cuyo objetivo final es obtener un modelo de información listo para la fase de operación y recopilar las lecciones aprendidas para aplicarlas en proyectos futuros

- Luego de comparar el Plan de Ejecución BIM (BEP) del Patio Zonal SITP "El Gaco" con el Anexo Contractual BIM IDU V 5.0, se identificaron carencias críticas en la gestión de proyectos BIM, como la falta de un sistema estructurado de control de versiones, capacitación formal y métricas de desempeño, así como la ausencia de protocolos claros para la interoperabilidad, validación de modelos y auditorías. Estas debilidades representan riesgos significativos para la eficiencia y calidad del proyecto, subrayando la necesidad urgente de implementar procedimientos detallados, estrategias formativas y herramientas de medición para garantizar una integración exitosa y controlada de los procesos BIM.
- Luego de analizar el Plan de Ejecución BIM (BEP) del Patio Zonal SITP "El Gaco" en comparación con el Anexo Contractual BIM IDU V 5.0, se evidencia que, aunque cumple con gran parte de los requisitos establecidos, existen áreas clave que requieren ajustes para lograr una mayor robustez y alineación con los estándares internacionales. Si bien se destacan avances como la definición de objetivos BIM, el uso de un Entorno Común de Datos (CDE), y procedimientos de coordinación y control de calidad, es necesario fortalecer aspectos como la capacitación del equipo, la gestión de versiones, la interoperabilidad, y la validación y auditoría de los modelos. La implementación de estas mejoras, incluyendo un plan de formación estructurado, un control de versiones más riguroso y KPIs específicos, contribuirá a optimizar la ejecución del proyecto, facilitará auditorías futuras y garantizará el cumplimiento de los lineamientos del IDU
- Se recomienda implementar la auditoría como un proceso constante y repetitivo durante todo el ciclo de vida del proyecto, asegurando que los modelos BIM sean recursos

confiables para la toma de decisiones y la eficiente gestión de recursos en las obras públicas de Bogotá.

12. Referencias

AlianzaBIM. (30 de junio de 2022). *6 normas ISO concernientes al BIM más allá de la 19650*. Obtenido de https://alianzabim.com/blog/6-normas-iso-concernientes-al-bim-mas-alla-de-la-19650/#:~:text=La%20norma%20ISO%2029481%2D1,el%20mantenimiento%2C%20y%20la%20demolici%C3%B3n.

Autodesk. (s.f.). *Ventajas de BIM*. Obtenido de https://www.autodesk.com/mx/solutions/bim/benefits-of-bim

Biblus. (29 de julio de 2022). *¿Cuáles son las normas BIM?* Obtenido de https://biblus.accasoftware.com/es/cuales-son-las-normas-bim/

BIM FORUM Colombia. (2023). Lineamientos de referencia para procesos contractuales con metodología BIM. Bogotá.

Brenes, N. (2020). Implementación de la Metodología BIM en el Diseño de Proyectos de Infraestructura Vial de la Organización INTRA Consultores. Instituto tecnológico de Costa Rica.

BSI. (s.f.). *ISO 19650 Building Information Modelling*. Obtenido de https://www.bsigroup.com/es-ES/iso-19650/

buildingSMART. (s.f.). *¿Qué es BIM?* Obtenido de https://www.buildingsmart.es/bim/

Cámara de Comercio de Bogotá. (2021).

CM Internacional. (17 de febrero de 2024). *Auditoría BIM* . Obtenido de https://cmeducativa.es/servicios-bim/auditoria-bim/#Tipos_de_Auditoria_BIM

Congreso de la República. (2007). Ley 1150 de 2007.

Construdata. (11 de noviembre de 2023). *Colombia es líder en implementación de la metodología BIM*. Obtenido de https://construdata.com/noticias/colombia-es-lider-en-implementacion-de-la-metodologia-bim-3934#:~:text=La%20metodolog%C3%ADa%20BIM%20contribuye%20a,costos%20hasta%20en%20un%2015%25.

Díaz, M. A., & Cogollo, C. A. (2021). Desarrollo de una guía para la implementación de la metodología BIM aplicada a las condiciones de proyectos de infraestructura vial en el territorio colombiano. Bogotá: Universidad Santo Tomás.

DistritoBIM. (17 de junio de 2023). *Proceso de certificación en el estándar ISO 19650*. Obtenido de https://distritobim.com/proceso-de-certificacion-en-el-estandar-iso-19650/

DNP. (2020).

DNP. (2020).

Domínguez, M. V., & Murillo, C. L. (2018). Propuesta de un estándar para implementar la metodología BIM en obras de edificación financiadas con recursos públicos en Colombia. Bogotá: Universidad Javeriana .

Estudio ESE. (27 de septiembre de 2021). *Entendiendo la norma ISO 19650*. Obtenido de https://estudioese.com.uy/entendiendo-la-norma-iso-19650-7?nid=24

García, D. L., Pinzón, Á. I., & Zapata, S. (2021). Creación de una guía para la planeación y control de proyectos de infraestructura de transporte en la etapa de construcción, empleando Building Information Modeling (BIM). Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Gobierno de España. (2021). Manual para la introducción de la metodología BIM aplicado a la intervención en Bienes Inmuebles declarados BIC. España.

Goméz, J. E. (2020). uía de lineamientos para la implementación de la metodología BIM (Building Information Modelling/Management) aplicable en el desarrollo de infraestructura longitudinal de modalidades Asociación Público Privada - APP y Obra Pública en Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Guío, É. L., Parra, Á. G., & Zola, D. (2022). Propuesta metodológica para la gestión de proyectos en la fase de diseños bajo un enfoque Building Information Modeling - BIM en el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá D.C. Bogotá : Universidad EAN.

Huaripata, J. (10 de mayo de 2024). *Gestión de la información BIM: Procesos para una gestión BIM correcta*. Obtenido de https://konstruedu.com/es/blog/gestion-de-la-informacion-bim-procesos-para-una-gestion-bim-correcta

Instituto de Desarrollo Urbano. (2022).

McKinsey. (2017). *Reinventing Construction*. Obtenido de https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20 Insights/Reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/MGI-Reinventing-Construction-Executive-summary.ashx

MDT Arquitectura . (s.f.). *Cinco errores más comunes en el uso de BIM*. Obtenido de https://mdtarquitectura.com/errores-mas-comunes-bim/

Niño, J. N. (2020). Modelo de gerencia de proyectos de infraestructura vial en la ciudad de Bogotá basado en estándares internacionales. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.

NTC - ISO 12006. (s.f.).

NTC - ISO 12911. (s.f.).

NTC - ISO 16739. (s.f.).

NTC - ISO 19650. (s.f.).

NTC - ISO 23386 . (s.f.).

NTC - ISO 23387. (s.f.).

NTC - ISO 29481. (s.f.).

Obils, R. (s.f.). *La Implementación De La Metodología BIM Debe Ser Una Decisión Con Convencimiento De La Alta Dirección De La Empresa, Con Disciplina Y Orden*. Obtenido de https://anacovi.gt/lecciones-aprendidas-implementacion-metodologia-bim-empresa-constructora/

Quintero, R. (2022). Análisis de la implementación BIM en Colombia: Caso de estudio y diagnóstico de industria de la construcción. Bogotá: Universidad de los Andes.

Ramírez, Á. (2023). Optimizando la gerencia como solución a la implementación fallida de metodologías BIM en proyectos de ingeniería en Colombia. Bogotá : Universidad Militar Nueva Granada .

Ramírez, J. C. (2022). Requisitos de información BIM (EIR) en la etapa de prefactibilidad de la fase de estudios y diseños en proyectos de infraestructura vial en Colombia. Universidad de los Andes. Bogotá : Universidad de los Andes.

UdeCataluña. (s.f.). *BIM: La importancia del entorno de intercambio de datos*. Obtenido de https://www.ucatalunya.edu.co/blog/bim-la-importancia-del-entorno-de-intercambio-de-datos

Valdivieso, A. (10 de marzo de 2023). *Modelos PIM, ¿Son necesarios antes de iniciar el proyecto BIM?* Obtenido de https://www.linkedin.com/pulse/modelos-pim-son-necesarios-antes-de-iniciar-el-bim-alirio-valdivieso/

Vargas, A. K., Ramírez, D. C., Osorio, J. S., Machuca, N. J., & Alvear, R. (2020). Gerencia de proyectos de infraestructura pública con Project Management Institute y Building Information Modeling. Bogotá: Universidad EAN.