

DOI: <https://doi.org/10.18359/rcin.6956>



Detalle de la información geométrica de los niveles de información del modelo 3D para los proyectos de infraestructura vial urbana en Bogotá, D. C.*

Juan Sebastián Calixto Hernández^a

Resumen: Actualmente, la metodología Building Information Modeling (BIM) ha cobrado especial relevancia en el sector de la infraestructura, al punto de que diversas entidades gubernamentales han optado por generar planes de trabajo que permitan lograr objetivos BIM, con miras a optimizar los procesos constructivos y de diseño. Lo anterior es relativamente nuevo en el distrito capital, lo que ha llevado a que el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) adelante lo pertinente desde el 2020. Sin embargo, en el proceso de incorporación de los requisitos que deben tener los distintos proyectos, aún falta por definir algunos aspectos, como los niveles de información (LOD) geométrica para cada una de las entidades que hacen parte de los componentes en las distintas fases del proyecto, toda vez que los documentos del IDU establecen LOD determinados para cada fase del proyecto, mas no por entidad geométrica. Así las cosas, este artículo identifica cuáles son los productos que se desarrollan para cada fase del diseño de un proyecto, con base en la Guía de Maduración de Proyectos del IDU, y los correlaciona con el LOD establecido por el Anexo Contractual BIM V.5, para concluir que es necesario separar los componentes de diseño por entidades, ya que cada una de estas responde a un LOD distinto, incluso para una misma fase de diseño.

Palabras clave: BIM; nivel de detalle (LOD); infraestructura; ciclo de vida del proyecto; Anexo Contractual BIM; información geométrica

Recibido: 09/10/2023 **Aceptado:** 11/11/2023 **Disponible en línea:** 27/12/2023

Cómo citar: J. S. Calixto Hernández. Detalle de la información geométrica de los niveles de información del modelo 3D para los proyectos de infraestructura vial urbana en Bogotá, D.C., Cien. Ing. Neogranadina, vol. 33, n.º 2, pp. 99-117. Diciembre 2023.

* Artículo de investigación.

^a Magíster en ingeniería civil, Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: jcalixto@unisalle.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0952-3856>

Detail of the Geometric Information for the Levels of Information in the 3D Model (LOD) for Urban Road Infrastructure Projects in Bogotá, D.C.

Abstract: Currently, the Building Information Modeling (BIM) methodology has gained special relevance in the infrastructure sector, to the point that various government entities have chosen to develop work plans to achieve BIM objectives, with the aim of optimizing construction and design processes. This is relatively new in the capital district, leading the Urban Development Institute (IDU) to take relevant actions since 2020. However, in the process of incorporating the requirements that different projects must meet, some aspects still need to be defined, such as the geometric levels of information (LOD) for each of the entities that are part of the components in different phases of the project. The IDU documents establish specific LODs for each project phase but not for each geometric entity. Therefore, this article identifies the products developed for each design phase of a project based on the IDU Project Maturation Guide and correlates them with the LOD established by the BIM Contract Annex V.5. It concludes that it is necessary to separate design components by entities since each of these corresponds to a different LOD, even for the same design phase.

Keywords: BIM; Level of Detail (LOD); Infrastructure; Project life cycle; BIM Contract Annex; Geometric information

Introducción

Desde hace algunos años, en el mundo y en Colombia, la metodología Building Information Modeling (BIM) ha cobrado relevancia para el ciclo de vida en los proyectos de ingeniería civil [1].

En su mayoría, la documentación que se ha establecido al respecto está basada en proyectos de construcción vertical, mayormente en edificación.

Para poder hablar de BIM, es necesario asociar distinta información a elementos en 3D, representados como entidades geométricas que incluyen tamaño, volumen, forma, altura y orientación, entre otros [2]. El nivel de precisión geométrica de la entidad depende del nivel de información (NDI), también llamado LOD (por sus siglas en inglés de *Level of Detail*, ‘nivel de detalle’, o *Level of Definition*, ‘nivel de definición’), en función del desarrollo de la ingeniería con base en las fases de vida en un proyecto.

Para el caso de la infraestructura vial urbana de Bogotá, no se cuenta con documentos que detallen el nivel de la información geométrica que debe emplear cada entidad en cada fase de diseño de un proyecto, lo cual permite cierta subjetividad al momento de realizar un modelo 3D para un proyecto de estudios y diseños. Dicho lo anterior, desde 2020, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) viene adelantando en Bogotá un plan BIM [3], pensado para que permita detallar con más precisión el alcance de las actividades que se desarrollan mediante la metodología BIM e incorporando en sus pliegos de condiciones la obligatoriedad de implementar dicha metodología en los proyectos viales urbanos.

Este plan ha permitido que en los pliegos de condiciones se haya tenido un avance considerable en virtud del contenido de estos, pasando de simples párrafos, en los cuales se solicitaba la implementación BIM sin mayor detalle [4] y protocolos BIM [5], a anexos técnicos exclusivos para la metodología [6]. Sin embargo, estos últimos documentos no reflejan el detalle que deberían tener las entidades modeladas en 3D (geometría), sino que establecen el LOD para cada uno de los modelos de las fases del proyecto, y por ende se entiende que todas las entidades de este modelo deberán diseñarse para cumplir ese LOD en específico.

Adicionalmente, el Estándar BIM para Proyectos Públicos de Chile señala que:

[...] es la información de las entidades la que pasa por distintos grados de información y por consecuencia la información de los modelos, y no viceversa. Es decir, no son los modelos los que se definen según un NDI, sino que los modelos albergan diferentes NDI, dependiendo del NDI de las entidades que contengan. [2]

Lo anterior deriva en una mayor precisión en los modelos, además de permitir una armonía entre los productos definitivos de las fases del proyecto y la modelación en 3D, generando una línea objetiva para establecer los LOD de las entidades.

Así las cosas, este artículo tiene como objetivo definir con mayor detalle la información geométrica que deben tener las distintas entidades que componen un modelo 3D de infraestructura vial, tomando como referencia el LOD que indica el IDU en los apéndices BIM de algunos proyectos licitados en el 2023, llevándolo a la precisión individual que requiere cada entidad.

El presente artículo genera un aporte a la ingeniería bastante relevante para la infraestructura vial, toda vez que los resultados permiten que los proyectos puedan desarrollar todos los beneficios de la metodología BIM de acuerdo con el alcance de cada fase de diseño, lo cual derivará en ahorros económicos y temporales, al evitarse reprocesos y encontrar posibles dificultades constructivas desde las etapas de diseño.

El artículo se abordará de manera inicial identificando los antecedentes y los documentos de referencia sobre el tema, y posteriormente pasará a definir las entidades sujetas a modelación geométrica según la fase de diseño del proyecto para, finalmente, definir el LOD que corresponde a cada entidad.

Antecedentes

Con el paso del tiempo, el IDU ha evolucionado el nivel de detalle de los requerimientos BIM para los proyectos de infraestructura vial. Este artículo tomará como referencia los pliegos de condiciones de tres proyectos que se están ejecutando en Bogotá, licitados en tiempos distintos y que

cuentan con la construcción de calzadas exclusivas para el sistema Bus Rapid Transit (BRT) de la ciudad, de tal forma que sean comparables.

Construcción para la adecuación al sistema Transmilenio de la avenida Congreso Eucarístico (carrera 68) desde la carrera 9 hasta la autopista sur y obras complementarias en Bogotá, D. C.

Uno de los primeros proyectos que implementó BIM en infraestructura vial en Bogotá fue la construcción del sistema BRT por la avenida 68. Los pliegos de condiciones de este proyecto no cuentan con un anexo o apéndice técnico BIM y el documento se limitó a definir dentro del anexo técnico 1 las actividades de preconstrucción:

El consultor y la interventoría deberán garantizar la implementación de una plataforma de seguimiento integral (con BIM, BRIM, REVIT, TEKLA o cualquier otro que permita interacciones con GIS) garantizando que sus diferentes productos no presentarán inconsistencias, plataforma que debe ser alimentada con una periodicidad bimensual y estar en concordancia con los diferentes hitos contractuales, deberá garantizar informes provenientes de la misma si el IDU o la interventoría lo considera procedente. [4]

Se evidencia que, de manera preliminar, el IDU inicia con un acercamiento a la metodología, pero deja abierta la puerta para que sea el contratista el encargado de definir el alcance de los trabajos a realizar.

Construcción para la adecuación al sistema Transmilenio de la troncal avenida Ciudad de Cali tramo 1 - entre la avenida Circunvalar del Sur y la avenida Manuel Cepeda Vargas y obras complementarias en Bogotá, D. C.

Posterior al proyecto de la avenida 68, el IDU abre la licitación para la extensión del sistema BRT por la avenida Ciudad de Cali, y en los pliegos se incluye un protocolo BIM, que ya se refiere al LOD que

debe implementar el contratista para sus estudios y diseños de la siguiente manera: “El LOD de cada proyecto será especificado en el alcance de este documento, que para este caso es LOD 350 para la fase de diseño de todos los componentes” [5].

A su vez, define el alcance específico para este LOD, así: “En este los elementos se representan gráficamente en el modelo como un sistema específico e irreplicable, los objetos o montajes se especifican en términos de calidad, forma, ubicación y orientación” [5]. De esta manera, se entiende que el IDU solicita al contratista que su modelo geométrico y sus entidades y subentidades derivadas sean susceptibles a un único LOD.

Construcción para la adecuación de la calle 13 al sistema de transporte público masivo, calzadas de tráfico mixto, nuevas ciclorrutas y espacio público, desde la carrera 69F hasta el límite occidente del distrito, incluidas las demás obras complementarias en Bogotá, D. C., lotes 3 y 4

Este proyecto se encuentra incluido en las últimas licitaciones que el IDU ha sacado y posee un mayor avance en la definición de los alcances de la metodología BIM. Particularmente, este proyecto cuenta con un documento denominado Anexo Contractual BIM IDU, en su versión 5 [6], en el cual se establecen los niveles de definición del modelo de la siguiente manera:

El contratante/parte que designa determina los niveles de definición de la información o nivel de precisión de los datos geométricos o no geométricos que deben estar contenidos en las entidades de los modelos de conformidad con el alcance definido en cada fase. [6]

A su vez, en breves párrafos, el documento indica el LOD que deberá tener cada una de las fases de diseño del proyecto [6]:

Información Inicial General - LOD 100

Información inicial estimada que puede ser indicativa, no geométrica, con símbolos o representaciones

genéricas, o geométrica acerca del área, altura, volumen, localización y orientación de los elementos generales.

Información de Ingeniería Conceptual o Arquitectura Esquemática - LOD 200

Información geométrica acerca del área, altura, volumen, localización y orientación de los elementos generales en su entorno o espacio, especificando genéricamente cantidades, tamaño, forma y/o ubicación en el modelo 3D [...]

Información de Ingeniería Básica o Arquitectura de Anteproyecto - LOD 300

Información geométrica acerca del área, altura, volumen, localización y orientación de los elementos en su entorno o espacio, especificando cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto de todas las especialidades [...]

Información de Ingeniería de Detalle o Arquitectura de Proyecto Arquitectónico Coordinada - LOD 350

Información geométrica acerca del área, altura, volumen, localización y orientación de los elementos en su entorno o espacio, especificando detalladamente cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto de todas las especialidades [...]

Es el nivel en el que debe estar perfectamente coordinado cada una de las especialidades del proyecto.

En este nivel los elementos se representan gráficamente en el modelo como un sistema específico e irreplicable, los objetos o montajes se especifican en términos de calidad, forma, ubicación y orientación.

Finalmente, este documento resume los niveles de detalle para las siguientes fases del proyecto [6]:

LOD 100: Prefactibilidad

LOD 200: Factibilidad

LOD 300: Estudios y Diseños

LOD 350: Estudios y Diseños de Detalle

LOD 400: Construcción

LOD 500: Modelo Record *As-built*

Este documento será la base de partida para la definición del detalle geométrico de las entidades que se pueden presentar en un proyecto de infraestructura vial y en las fases de diseño de este.

Guía de Maduración de Proyectos IDU [7]

Para poder definir el detalle de la información geométrica, debe primero entenderse cuáles son los productos entregables que tiene cada fase de diseño en un proyecto. Para esto, el documento base que pone a disposición el IDU es la Guía de Maduración de Proyectos, la cual establece el alcance y los requisitos de entregables por fases de estudios de ingeniería para proyectos de infraestructura, lo que será correlacionado con los distintos LOD indicados en el Anexo Contractual BIM V.5, pero con la salvedad de que se definirá para cada entidad y subentidad un LOD específico.

Metodología

Con el Anexo Contractual BIM V.5 se identifican los niveles de detalle requeridos para el modelo 3D con base en la fase correspondiente del proyecto. Con el ánimo de respaldar el análisis del presente artículo, se comparan los LOD con los NDI que establece el Estándar BIM para Proyectos Públicos de Chile:

Tabla 1. Niveles de información

NDI	Concepto	Descripción
1	Información inicial general	Información inicial, que puede ser estimativa, acerca de área, altura, volumen, localización y orientación de los elementos generales.

NDI	Concepto	Descripción
2	Información básica aproximada	Información básica del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación de los sistemas y elementos generales y su ensamblaje.
3	Información detallada	Información detallada del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación que sea relevante para el montaje de los elementos.
4	Información detallada y coordinada	Información detallada y coordinada respecto del tamaño, forma, localización, cantidad, orientación e interacción entre los sistemas de construcción y sus elementos de montaje específico.

Fuente: Estándar BIM para Proyectos Públicos de Chile [2].

Comparando ambos documentos, se puede evidenciar que el LOD 100 corresponde al NDI-1 y que continúa de esta manera en forma ascendente hasta llegar al LOD 350, el cual corresponde al NDI-4. Lo anterior indica que la definición de los LOD del IDU y los NDI del Estándar BIM de Chile se corresponden en términos del alcance, aunque dependiendo del documento que establece cada entidad, se denominan los niveles de detalle de distinta forma.

Por otro lado, con la Guía de Maduración de Proyectos del IDU se identifican alcances y entregables para cada componente (especialidad) de diseño, que se puede representar físicamente en campo y que por lo tanto está sujeto a una modelación 3D, a diferencia de otros componentes —como ambiental, social, de presupuesto y de arqueología, entre otros—, que no se representan como un tangible en la etapa de construcción, por lo que no entran en el análisis de este artículo.

Finalmente, según indica el protocolo BIM usado para el proyecto de la extensión de Transmilenio por la avenida Ciudad de Cali:

El modelado de la infraestructura vial o civil se deberá llevar a cabo mediante una plataforma BIM apta para este tipo de proyectos con flujo de trabajo del *software* Civil 3D e Infracore, o plataformas similares, el modelado estructural y MEP también deberá realizarse mediante una plataforma BIM apta para este tipo de proyectos con flujo de trabajo del *software* REVIT, o plataformas similares en su defecto. [5]

A partir de ello se toman como base los *softwares* mencionados y de acuerdo con las capacidades de estos se definen los LOD correspondientes para cada una de las entidades de los componentes sujetos a una modelación 3D.

Correlación de documentos y capacidades de *software*

A continuación, se identifican los componentes que pueden representarse mediante un tangible en la construcción (por lo tanto, modelables en 3D), así como sus entidades, y se explica su alcance de acuerdo con los productos entregables indicados en los estudios y diseños de la Guía de Maduración de Proyectos del IDU. Además, se tienen en cuenta las capacidades de los *softwares* para poder definir el alcance de manera más acertada.

Prefactibilidad

Topografía

- *Modelo digital del terreno*: A partir de información secundaria se obtiene una aproximación del terreno que permite identificar de manera general su tipo y los cambios de alturas.
- *Ortofoto*: Imagen de una fuente secundaria con baja/media calidad que permite identificar las generalidades del terreno.

Diseño geométrico

- *Corredor del tronco*: Presentado a nivel de diseño geométrico conceptual en planta, perfil y sección, con la topografía de esta etapa. Se recogen las recomendaciones geotécnicas y de pavimentos en esta etapa, las cuales se consideran preliminares, por lo cual es una primera aproximación a lo que será el proyecto definitivo.

- *Infraestructura de transporte*: Identificar en el diseño geométrico, con inscripciones, chinchetas o pines, las posibles ubicaciones de estaciones BRT y paradas de buses.
- *Corredores de intersecciones*: Identificar en el diseño geométrico, con inscripciones, chinchetas o pines, las posibles intersecciones a nivel y desnivel en el proyecto

Diseño urbano

- *Circulación peatonal*: Representar la franja de circulación peatonal en ancho constante y longitud, sin los materiales definidos ni detalles.
- *Ciclorruta*: Representar la franja de ciclorruta en ancho constante y longitud, sin los materiales definidos ni detalles.
- *Paisajismo*: Representar la franja de mobiliario y paisajismo en ancho constante y longitud, sin los materiales definidos ni detalles.

Redes hidrosanitarias

- *Redes existentes*: De acuerdo con la información secundaria obtenida, se representan las tuberías existentes con su diámetro, material y cotas (se sugiere que cada material y servicio se pueda identificar fácilmente, si es el caso se emplean colores en las tuberías). Los pozos y cámaras se incluyen con sus dimensiones aproximadas y material, y las válvulas se pueden representar con una entidad tipo. No es necesario incluir la modelación de sumideros o SUDS. Las redes que se propongan para inspección con CCTV, a ubicar mediante apiques, se indican con colores de tuberías distintos.
- *Redes proyectadas*: Redes proyectadas de alcantarillado y acueducto sin cotas ni materiales definidos. Si como producto de los estudios y diseños se tienen diámetros, estos se representan gráficamente. Los pozos y cámaras se representan con una estructura tipo sin mayor detalle y no se modelan sumideros. Las tuberías se modelan con colores distintos para cada material y servicio, y distintas a las redes

existentes, para identificarlas fácilmente de manera visual.

- *Cuerpos de agua existentes*: Modelación del cuerpo de agua sin profundidad y sin estructuras complementarias como taludes, recubrimientos, ZMPA, etc.

Redes secas

- *Redes existentes*: De acuerdo con la información secundaria obtenida, se representan las redes subterráneas y elevadas (se sugiere que cada servicio se pueda identificar fácilmente, si es el caso se emplean colores en los ductos o cables aéreos). Las cámaras de inspección se incluyen con sus dimensiones aproximadas y material, y los postes llevan la altura promedio de ese tipo de estructuras.
- *Redes proyectadas*: Se presentan las redes secas, sin cotas ni materiales definidos. Las cámaras se representan con una estructura tipo sin mayor detalle y las redes se modelan con colores distintos para cada servicio, y distintas a las redes existentes para identificarlas fácilmente de manera visual.

Estructuras

- *Estructuras existentes*: Identificar en el diseño geométrico de manera preliminar, mediante viñetas, chinchas o pines, las ubicaciones de puentes peatonales, vehiculares, deprimidos, estructuras de contención, estaciones, estructuras verticales, entre otras existentes.
- *Estructuras proyectadas*: Identificar en el diseño geométrico de manera preliminar, mediante viñetas, chinchas o pines, las ubicaciones de puentes peatonales, vehiculares, deprimidos, estructuras de contención, entre otras proyectadas.
- *Estructuras verticales*: Identificar en el diseño geométrico de manera preliminar, mediante viñetas, chinchas o pines, las ubicaciones de estaciones, casetas de peajes, CCO, cicloparqueaderos, taquillas, edificios en el proyecto, etc.

Geotecnia

- *Inclinación de taludes:* En el diseño geométrico se incluyen las inclinaciones típicas para tramos homogéneos, de acuerdo con las recomendaciones preliminares.
- *Zonas inestables:* Identificar en el diseño geométrico de manera preliminar, mediante viñetas, chinchas o pines, las ubicaciones de las zonas inestables o puntos críticos.

Pavimentos

- *Estructura de pavimento:* Con la información disponible de este estudio, se incluye en el diseño geométrico la estructura de pavimento recomendada para calzadas vehiculares y espacio público. Los espesores son exactos y las capas separadas por materiales.

Señalización

- *Señalización:* Únicamente para identificar carriles y bermas, se demarca longitudinalmente el tronco. No es requerida la demarcación con colores, anchos de línea, ni segmentación.

Factibilidad

Topografía

- *Modelo digital del terreno:* Representar con detalle el terreno y los aspectos específicos que hagan parte de este.
- *Líneas de rotura:* Dibujar las líneas de rotura que permitan identificar los detalles de cambios de altura con precisión, como los son sardinales, señalización horizontal elevada, muros, canales, ríos, y en general todos los desniveles del terreno.
- *Ortofoto:* Imagen de alta precisión y calidad, georreferenciada y acorde con el levantamiento topográfico.

Figura 1. Ortofoto de detalle



Fuente: información pública del cuarto de datos del IDU Cto.: 1345-2017

Diseño geométrico

- *Corredor del tronco:* Diseño geométrico avanzado en planta, perfil y sección, con la topografía de esta etapa. Recoge las recomendaciones geotécnicas y de pavimentos disponibles.
- *Infraestructura de transporte:* Implantar a nivel superficial del terreno, y con una estructura tipo, la ubicación de las estaciones BRT. Las bahías para las paradas de buses se representan con el mayor detalle geométrico disponible.
- *Corredores de intersecciones:* Modelado de la intersección con diseño geométrico avanzado en planta, perfil y sección con la topografía de esta etapa. Recoge las recomendaciones geotécnicas de pavimentos y estructuras. Se presenta un empalme preliminar de la intersección con el tronco y las vías conectadas.
- *Reserva vial:* Marcar longitudinalmente la reserva vial requerida de acuerdo con el diseño del corredor e intersecciones, para lo cual pueden emplearse cercas o vegetación.

Diseño urbano

- *Circulación peatonal*: Representar la franja de circulación peatonal en ancho y longitud definitivos sin los materiales definidos ni detalles. Si se cuenta con la ubicación de pozos o cámaras de redes, las tapas se pueden implantar a nivel referencial.
- *Ciclorruta*: Representar la franja de ciclorruta en ancho y longitud definitivos, sin los materiales definidos ni detalles.
- *Paisajismo*: Representar la franja de mobiliario y paisajismo en ancho y longitud definitivos sin los materiales definidos ni detalles. Se incluye la ubicación preliminar de individuos arbóreos y arbustivos sin definir la especie, pero procurando que se represente de manera aproximada el tamaño.
- *Mobiliario*: Si aplica, se incluye mobiliario como canecas, bancas, bolardos, etc., procurando su ubicación precisa. El tamaño es aproximado y los materiales, no tienen que ser los definitivos.
- *Zonas verdes*: Representar las posibles zonas verdes, blandas, semiduras, parques, etc., en ubicación mediante coberturas y mobiliario tipo/genérico.

Figura 2. Mobiliario, paisajismo, ciclorruta y zonas verdes LOD 200

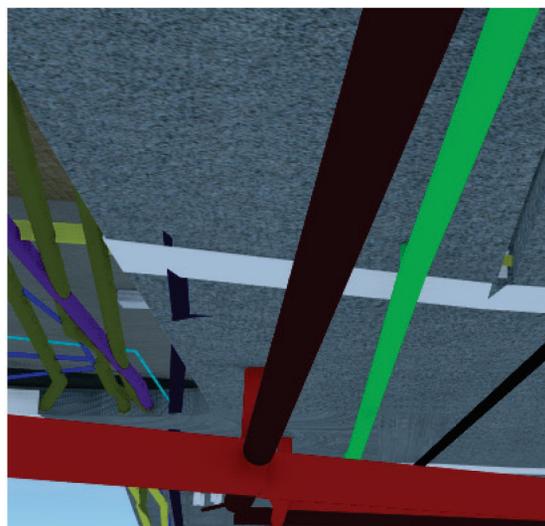


Fuente: elaboración propia.

Redes hidrosanitarias

- *Redes existentes*: De acuerdo con la información secundaria obtenida, se representan las tuberías existentes con su diámetro, material y cotas (se sugiere que cada material se pueda identificar fácilmente, si es el caso se emplean colores en las tuberías). Los pozos y cámaras se incluyen con sus dimensiones aproximadas y material, y las válvulas se pueden representar con una entidad tipo/genérica. No es necesario incluir la modelación de sumideros o SUDS. Además, las redes que se propongan para inspección con CCTV, a ubicar mediante apiques, se indican con colores de tuberías distintos.
- *Redes proyectadas*: Se representan las redes proyectadas de alcantarillado y acueducto con cotas aproximadas, materiales definidos y diámetros. Los pozos y cámaras se representan con una estructura tipo sin mayor detalle y no se modelan sumideros. Las tuberías proyectadas se modelan con colores distintos a las redes existentes para poder identificarlas de manera visual. Cada material tendrá un color específico.

Figura 3. Modelado de redes hidrosanitarias LOD 200. En rojo sanitaria proyectada, en vinotinto sanitaria existente y en verde pluvial proyectada



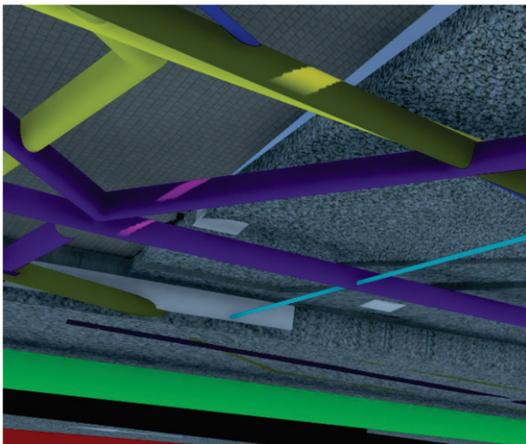
Fuente: elaboración propia.

- *Cuerpos de agua existentes:* A partir del levantamiento topográfico se modela el cuerpo de agua con su profundidad y estructuras complementarias como taludes, recubrimientos, ZMPA, etc.
- *SUDS:* Identificar en el diseño geométrico de manera preliminar, mediante viñetas, chinchos o pines, las posibles ubicaciones de SUDS.
- *Detalles:* Identificar en el diseño geométrico de manera preliminar, mediante viñetas, chinchos o pines, las ubicaciones de tees, codos, válvulas, uniones, etc.

Redes secas

- *Redes existentes:* De acuerdo con la información secundaria obtenida, se representan las redes subterráneas y elevadas (se sugiere que cada servicio se pueda identificar fácilmente, si es el caso se emplean colores en ductos y cables). Las cámaras incluyen dimensiones aproximadas y material. Los postes llevan la altura promedio de ese tipo de estructuras.
- *Redes proyectadas:* Se modelan las redes proyectadas de redes secas, sin cotas ni materiales definidos. Las cámaras se representan con una estructura tipo sin mayor detalle y las redes se modelan con colores distintos para cada servicio y distintos a las redes existentes para identificarlas fácilmente de manera visual.

Figura 4. Redes secas proyectadas LOD 200. En amarillo energía, en morado ETB y en cian telecomunicaciones

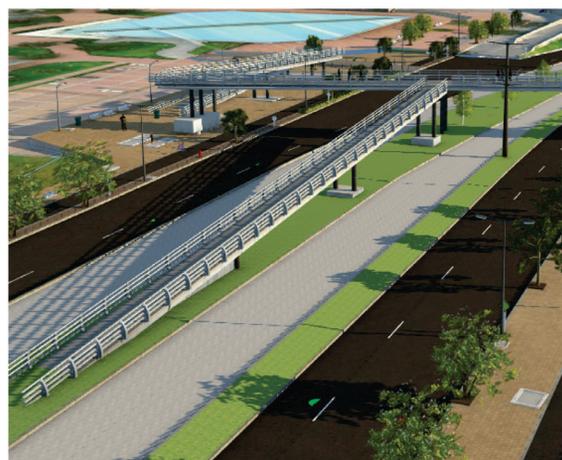


Fuente: elaboración propia.

Estructuras

- *Estructuras existentes:* Modelar en 3D de manera preliminar los puentes peatonales, vehiculares, deprimidos, estructuras de contención, estaciones, entre otras existentes. Se grafican con una cimentación preliminar sin mayor detalle en los apoyos, de tal forma que se puedan evitar interferencias con redes. La cantidad de columnas, vigas y estribos, el espesor de losa y los apoyos no se modelan. El ancho de las losas de fondo o superiores y de los tableros se corresponde con el ancho real y los materiales son los reales. En caso de que alguna estructura presente interferencia con otra de un componente de diseño diferente, es recomendable que el elemento de la estructura se modele en detalle para identificar con claridad la posible solución.
- *Estructuras proyectadas:* A partir de los diseños para estructuras nuevas, ampliación, rehabilitación y/o repotenciación, se modelan la cimentación, los estribos, las columnas, vigas y losas con las dimensiones y materiales reales. Los aceros no se modelan en esta etapa. Se pueden emplear barandas típicas, sin mayor detalle, la altura del puente es la real de diseño y su ubicación es precisa.

Figura 5. Puente peatonal proyectado LOD 200



Fuente: elaboración propia.

- *Estructuras verticales:* Con la información disponible de la fase de este estudio, se hacen todas

las modelaciones MEP, arquitectónicas, geotécnicas y estructurales según el alcance.

Geotecnia

- *Inclinación de taludes:* En el diseño geométrico se incluyen las inclinaciones definidas para cada sector por este componente.
- *Zonas inestables:* Graficar una alternativa de estructura para la estabilización típica para cada zona con su longitud y altura adecuada.
- *Obras de contención:* Graficar una alternativa de estructura para contención típica para cada zona con su longitud y altura adecuada.
- *Cimentación:* Graficar una entidad que abarque el área exacta de la cimentación diseñada, con su ubicación y profundidad exacta. Para identificar los distintos tipos de cimentación se pueden utilizar colores.

Pavimentos

- *Estructura de pavimento:* Con la información disponible de este estudio, se incluye en el diseño geométrico la estructura de pavimento recomendada para calzadas vehiculares, intersecciones y espacio público. Los espesores son exactos y las capas separadas por materiales.
- *Mejoramiento de subrasante:* Con la información disponible de este estudio, se incluye en el diseño geométrico la estructura de mejoramiento recomendada para calzadas vehiculares, intersecciones y espacio público. Los espesores son exactos. Si el mejoramiento es un geotextil o geomalla no es necesario modelarla.

Señalización

- *Señalización:* Únicamente para identificar carriles y bermas, se demarcan longitudinalmente el tronco y las intersecciones. Se requiere la demarcación con colores, anchos de línea y segmentación. Si se cuentan con diseños preliminares de señalización vertical, esta se incluirá

como una señal tipo, siendo precisos en ubicación y procurando una altura aproximada.

Figura 6. Señalización vertical LOD 200



Fuente: elaboración propia.

- *Semaforización:* Identificar en el diseño geométrico de manera preliminar, mediante viñetas, chinchas o pines, las ubicaciones de los posibles semáforos.
- *Elementos de contención:* Graficar únicamente en los puntos críticos las alternativas de estructuras para la solución.

Diseño de detalle

Topografía

- *Modelo digital del terreno:* Representar con detalle el terreno y sus particularidades. Coordinar con los demás componentes y, si es el caso, realizar levantamientos y el MDT en sectores donde falte la topografía.
- *Líneas de rotura:* Dibujar las líneas de rotura que permitan identificar los detalles de cambios de altura con precisión, como los son sardineles, señalización horizontal elevada, muros, canales, ríos, y en general todos los desniveles del terreno.
- *Ortofoto:* Imagen de alta precisión y calidad, georreferenciada y acorde con el levantamiento topográfico.

Diseño geométrico

- *Corredor del tronco*: Diseño geométrico definitivo en planta, perfil y sección, con la topografía de esta etapa. Se recogen las recomendaciones geotécnicas y de pavimentos definitivas, además de coordinar que no se presenten interferencias con redes de servicios ni zonas ambientales de protección o arqueológicas.
- *Infraestructura de transporte*: Implantar a nivel superficial y subsuperficial (cimentación) la estructura específica para cada una de las estaciones BRT. Las bahías para las paradas de buses se representan con el mayor detalle geométrico. Se recogen las recomendaciones geotécnicas y de pavimentos en esta etapa, además de coordinar que no se presenten interferencias con redes de servicios, zonas ambientales de protección o arqueológicas.
- *Corredores de intersecciones*: Intersección con diseño geométrico definitivo en planta, perfil y sección, con la topografía de esta etapa. Recoge las recomendaciones geotécnicas, de pavimentos y estructuras. Se presenta un empalme definitivo en planta, perfil y sección con el tronco y las vías conectadas y se coordina para que no existan interferencias ambientales o con redes de servicios.
- *Reserva vial*: Marcar longitudinalmente la reserva vial requerida de acuerdo con el diseño del corredor y las intersecciones, ya coordinada con los chaflanes definitivos.
- *Corredores de bocacalles*: Representar la planta-perfil y la sección típica del sector, debidamente empalmado con el tronco y coordinado con los demás componentes.

Figura 7. Diseño geométrico de detalle LOD 350 con corredores y bocacalles. Representación de estructuras a nivel de factibilidad



Fuente: elaboración propia.

Diseño urbano

- *Circulación peatonal*: Representar la franja de circulación peatonal en el ancho y longitud definitivos, indicando sardineles, bordillos, cenefas, modulaciones y la ubicación de las tapas de pozos o cámaras de redes. Se coordina con diseño geométrico y redes.
- *Ciclorruta*: Representar la franja de ciclorruta en ancho y longitud definitivos, indicando sardineles y bordillos. Se coordina con diseño geométrico y redes.
- *Paisajismo*: Representar la franja de mobiliario y paisajismo en ancho y longitud definitivos, incluyendo sardineles y bordillos. Se incluye la ubicación definitiva de individuos arbóreos y

arbustivos representando la especie y dimensiones exactas, además de estar coordinado con el componente de redes de servicios, iluminación, mobiliario, señalización y accesibilidad.

- *Mobiliario*: Incluir el mobiliario, como canecas, bancas, bolardos, contenedores de raíces, etc., en su ubicación, material y tamaño precisos. Se coordina con el componente de redes de servicios, iluminación, paisajismo, señalización y accesibilidad.
- *Zonas verdes*: Representar zonas verdes, blandas, semiduras, parques, etc., en ubicación y materiales precisos. El mobiliario también se grafica a detalle.
- *Materiales*: Representan todos los materiales del mobiliario y las franjas funcionales, incluyendo colores y texturas.
- *Accesibilidad*: Representar rampas peatonales, accesos vehiculares y losetas podotáctiles con pendiente, longitud, ancho, material y textura definitivos. Estos elementos están coordinados con el componente de redes de servicios, iluminación, mobiliario, señalización y paisajismo.

Redes hidrosanitarias

- *Redes existentes*: De acuerdo con la información de levantamientos e inspecciones, se representan las tuberías existentes con su diámetro, material y cotas (se recomienda que cada material se pueda identificar fácilmente, si es el caso se emplean colores en las tuberías). Los pozos y cámaras se incluyen con sus dimensiones y materiales exactos. Las válvulas se pueden representar con una entidad tipo. No es necesario incluir la modelación de sumideros o SUDS.
- *Redes proyectadas*: Representación de redes proyectadas de alcantarillado y acueducto con cotas definitivas, materiales definidos y diámetros. Los pozos y cámaras se representan con la estructura específica para cada una de estas. Se modelan los sumideros con su ubicación y tamaño precisos. Las tuberías proyectadas se modelan con colores distintos a las redes existentes para poder identificarlas de manera

visual, además de que cada material tiene un color específico. Se incluyen las modelaciones de estructuras de protección (si aplica). En esta etapa se hace la coordinación con todos los componentes de diseño.

- *Cuerpos de agua existentes*: A partir del levantamiento topográfico se podrá modelar el cuerpo de agua con su profundidad y estructuras complementarias como taludes, recubrimientos, ZMPA, etc. Se coordina con el componente ambiental.
- *SUDS*: Graficar la estructura definida y sus conexiones con dimensiones, altura y ubicación exactas. Se coordina con el diseño urbano.
- *Detalles*: Identificar en el diseño geométrico de manera definitiva mediante viñetas, chinchos o pines, las ubicaciones de tees, codos, válvulas, uniones, etc.
- *Filtros*: Graficar los filtros que se requieran para la protección del pavimento, mediante estructuras tipo. No es necesario presentar el detalle del elemento y se coordina con pavimentos.

Redes secas

- *Redes existentes*: De acuerdo con la información secundaria obtenida, se representan las redes subterráneas y elevadas (se sugiere que cada servicio se pueda identificar fácilmente, si es el caso se emplean colores en ductos y cables). Las cámaras se incluyen con sus dimensiones exactas y materiales. Los postes llevan la altura encontrada en campo y los bancoductos se pueden representar mediante una sola tubería con distintos colores que indiquen la cantidad de ductos existentes.
- *Redes proyectadas*: Representación de las redes secas proyectadas definitivas con profundidad y materiales definidos. Las cámaras se representan con la estructura definitiva de detalle. Las redes se modelan con colores distintos para cada servicio y distintos a los de las redes existentes para identificarlas fácilmente de manera visual. Los postes llevan la altura e interdistancia definitiva y los bancoductos se

pueden representar mediante una sola tubería con distintos colores para indicar la cantidad de ductos existentes. En esta etapa se hace la coordinación con todos los componentes de diseño.

- *Alumbrado público:* Graficar la postería con su ubicación, altura, material y número y longitud de brazos. Se grafica la profundidad del empotramiento del poste. Se coordinará con redes y diseño urbano.

Estructuras

- *Estructuras existentes:* Modelar en 3D de manera general los puentes peatonales, vehiculares, deprimidos, estructuras de contención, estaciones, entre otros existentes. Se modela la cimentación real en los apoyos de forma que se puedan evitar interferencias con redes. La cantidad de columnas, vigas y estribos, el espesor de losa y los apoyos no se modelan. El ancho de las losas de fondo o superiores y los tableros se corresponde con el ancho real y los materiales son los reales. En caso de que alguna estructura presente interferencia con otra de un componente de diseño distinto, se sugiere que el elemento de la estructura se modele en detalle.
- *Estructuras proyectadas:* A partir de los estudios y diseños obtenidos para estructuras nuevas, ampliación, rehabilitación y/o repotenciación, se modelan la cimentación, los estribos, columnas, vigas, losas, neoprenos, juntas, barandas y drenajes, con las dimensiones y materiales reales. Se modelan los aceros de cada elemento. La altura del puente es la real y la ubicación precisa; todo se coordina con diseño geométrico y geotecnia.
- *Estructuras verticales:* Con la información disponible de la fase de este estudio, se hacen las modelaciones MEP, arquitectónicas, geotécnicas y estructurales, según el alcance. Se coordina con predios, redes hidrosanitarias, geotecnia, arquitectura, diseño urbano y demás.

Geotecnia

- *Inclinación de taludes:* En el diseño geométrico se incluyen las inclinaciones definidas para cada sector por este componente. Se incluyen los materiales de la protección del talud y la modelación de elementos de estabilidad como anclajes, pernos, drenes, etc. Se coordina con predios y ambiental.
- *Zonas inestables:* Graficar la estructura definitiva para la estabilización. La longitud, altura, inclinación, espesor y ubicación son exactos. Se incluyen los detalles en cada obra como drenes, geotextil, capas, concreto, materiales, etc. Los aceros se grafican (si aplica).
- *Obras de contención:* Graficar la estructura definitiva para la contención. La longitud, altura, inclinación, espesor y ubicación son exactos. Se incluyen los detalles en cada obra como drenes, geotextil, capas, concreto, materiales, etc. Los aceros se grafican. Se coordina con diseño geométrico y estructuras.
- *Cimentación:* Se grafica cada elemento de la cimentación, además de los aceros. La ubicación, profundidad y dimensiones de cada elemento son exactos. Para identificar los distintos tipos de cimentación se pueden utilizar colores. Se coordina con redes para evitar interferencias.

Figura 8. Cimentación de un puente peatonal proyectada LOD 350



Fuente: elaboración propia.

- *Redes húmedas*: Se grafica cada elemento de la cimentación para redes, además de los aceros. La ubicación, profundidad y dimensiones de cada elemento son exactos.

Pavimentos

- *Estructura de pavimento*: Con la información disponible de este estudio, se incluye en el diseño geométrico la estructura de pavimento recomendada para calzadas vehiculares,

intersecciones, bocacalles y espacio público. Los espesores son exactos y las capas separadas por materiales.

- *Mejoramiento de subrasante*: Con la información disponible de este estudio, se incluye en el diseño geométrico la estructura de mejoramiento recomendada para calzadas vehiculares, intersecciones, bocacalles y espacio público. Los espesores son exactos. Si el mejoramiento es un geotextil o geomalla no es necesario modelarla.

Figura 9. Estructura de pavimento LOD 350



Fuente: elaboración propia.

Señalización

- *Señalización*: Se demarcan longitudinal y transversalmente el tronco, las intersecciones y las bocacalles en sus carriles y bermas. Se requiere la demarcación con colores, anchos de línea y segmentación. Se incluye la señalización vertical discriminada por tipo con su ubicación, forma, altura, tamaño, pictograma y texto reales. La demarcación horizontal elevada se modela con detalle y se coordina con el especialista estructural (si aplica). La señalización se coordina con diseño geométrico y diseño urbano.
- *Semaforización*: Implantar los semáforos en su ubicación precisa, con altura, forma y colores. Se incluye la cimentación de estos.
- *Elementos de contención*: Graficar todos los elementos de contención vial con su detalle (tipo, ubicación, altura, cimentación, longitud, etc.), en cada una de las zonas dispuestas para tal fin, incluyendo defensas, *new jersey*, atenuadores de impacto, entre otros.

Análisis de resultados

Realizada la correlación entre documentos, se pueden identificar los LOD que corresponden a cada entidad o subentidad sujeta a modelación, como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 2. LOD para las entidades y subentidades en función de la fase del proyecto

Componente	Entidad	Pre -factibilidad	Factibilidad	Diseño
Topografía	Modelo digital del terreno	200	300	350
	Líneas de rotura	N. A.	300	300
	Ortofoto	200	300	300
Diseño geométrico	Corredor del tronco	200	300	350
	Infraestructura de transporte	100	200	350
	Corredores de intersecciones	100	300	350
	Reserva vial	N. A.	200	350
	Corredores de bocacalles	N. A.	N. A.	350
Diseño urbano	Franjas funcionales	200	200	350
	Ciclorruta	200	200	350
	Paisajismo	200	200	350
	Mobiliario	N. A.	200	350
	Zonas verdes	N. A.	200	350
	Materiales	N. A.	N. A.	350
	Accesibilidad	N. A.	N. A.	350
Redes hidrosanitarias	Redes existentes	200	200	200
	Redes proyectadas	200	200	350
	Cuerpos de agua	100	300	300
	suds	N. A.	100	350
	Detalles	N. A.	100	100
	Filtros	N. A.	N. A.	200
Redes secas	Redes existentes	200	200	200
	Redes proyectadas	200	200	350
	Alumbrado público	N. A.	N. A.	350
Estructuras	Estructuras existentes	100	200	200
	Estructuras proyectadas	100	200	350
	Otras estructuras	100	200	350
Geotecnia	Inclinación de taludes	200	200	350
	Zonas inestables	100	200	350
	Obras de contención	N. A.	200	350
	Cimentación	N. A.	200	350
	Redes húmedas	N. A.	N. A.	350
Pavimentos	Estructura de pavimento	300	300	350
	Mejoramiento de subrasante	N. A.	300	350
Señalización	Señalización	200	200	350
	Semaforización	N. A.	100	350
	Elementos de contención	N. A.	200	350

Fuente: elaboración propia.

Inicialmente, se encuentra que la fase de diseño no debe definir el LOD a nivel general de los componentes ni de las entidades. Tal es el caso de las líneas de rotura en topografía, que no requieren ser modeladas en la etapa de prefactibilidad debido a que probablemente no se cuente con esta información de detalle; también, las ortofotos para las etapas de factibilidad y diseño tienen un mismo LOD en vista de que el producto es el mismo para las dos fases y no necesita coordinarse con otros componentes, ya que es una información tomada directamente de campo.

Cuando se analiza el diseño geométrico, se identifica que los LOD varían en función de la información disponible de cada etapa; por ejemplo, no se puede establecer un LOD de 300 en factibilidad para desarrollar intersecciones, cuando hasta ahora se están elaborando las alternativas de solución. Adicionalmente, en la prefactibilidad, se debe recurrir a elementos no gráficos que permitan identificar la ubicación de infraestructuras de transporte o intersecciones, toda vez que no se cuenta con información suficiente para realizar un modelo geométrico básico.

En el caso de diseño urbano se identifica que la mayoría de las entidades se desarrollan en la fase de diseño: por ejemplo, en esa etapa se definen los materiales a emplear, las modulaciones y tipos de mobiliario. Al revisar la Guía de Maduración de Proyectos del IDU, los productos que se desarrollan en las fases de prefactibilidad y factibilidad constan de un alcance similar caracterizado por la definición de las franjas funcionales, por lo cual no es posible asignarle un detalle muy alto a la etapa de factibilidad o mínimo LOD 300. No obstante, cuando se tiene información más avanzada en la factibilidad, es posible agregar entidades como el mobiliario, que no requieren de un detalle exacto en esta fase.

Las redes hidrosanitarias tienen unos LOD bastante variables en función de la fase de diseño en la que se encuentran. En un principio, las redes existentes se deben modelar en un nivel de detalle básico que permita identificar su ubicación, diámetros y alturas, pero que no llegue al detalle de identificar sumideros o elementos de dimensión pequeña. Asimismo, hay entidades de las redes

hidrosanitarias como los detalles pequeños que, aunque son posibles de modelar con mayor detalle, demandan un trabajo dispendioso que puede que no aporte valor al modelo, por lo que, en todas las fases de diseño, únicamente se limita a indicar mediante información no gráfica su ubicación y características.

En el caso de las redes secas sucede algo similar a las redes húmedas: las redes existentes se pueden representar hasta el punto en el que se pueden detectar interferencias, además de que, en el caso de un LOD 350, se deben hacer salvedades para realizar las modelaciones, toda vez que, aunque se busca un nivel de detalle alto y de coordinación, resulta una tarea complicada y larga el tratar de detallar los bancos de ductos o cada uno de los circuitos que estos manejan.

Del mismo modo sucede con las estructuras existentes. Bajo la premisa de que estas se van a conservar, no se requiere mayor detalle, por eso se indica un LOD de 200. Esta situación cambia cuando se habla de las estructuras proyectadas, que pueden incluir trabajos en una existente (rehabilitación, ampliación, repotenciación, etc.), en las cuales es necesario ir avanzando en los LOD respecto a las fases de diseño, hasta llegar a un LOD 350.

En los componentes de geotecnia y pavimentos se tiene una característica particular y es que en algunas entidades se pueden tener LOD más avanzados que los indicados por el IDU en cada fase de diseño, lo cual se debe a que la modelación en cuanto a ubicación, cantidades y dimensiones es bastante precisa, claro está, con la información que se encuentra disponible en ese momento, que no necesariamente tiene que ser la definitiva.

Finalmente, la señalización puede ir avanzando en una secuencia ascendente según la fase de diseño; no obstante, la semaforización solo se desarrolla al detalle en la fase de diseño, por lo que en factibilidad se puede emplear información no gráfica en la planta para mostrar la posibilidad de implantar un semáforo en una intersección. Esta información gráfica, especialmente la modelada en el subsuelo y coordinada, permite lograr la identificación de interferencias entre un mismo componente de diseño o con uno distinto, como se

identifica en la figura 4, ya que de manera visual se detectan cruces entre las tuberías de alcantarillado.

Conclusiones

Correlacionando el Anexo Contractual BIM V.5 y la Guía de Maduración de Proyectos del IDU, se identifica que no necesariamente el LOD de la fase del proyecto corresponde al que se asigna a un modelo general, para que este abarque todas las disciplinas o componentes de dicha fase.

Entrando en detalle, se concluye que las entidades que componen un modelo pueden tener diversos LOD en cada una de las fases del diseño del proyecto y esto se debe a que, dependiendo de la fase, cada componente tiene un desarrollo en ingeniería con un avance distinto, por lo que no se podrían agrupar todos los componentes y sus entidades en un solo modelo al que se le asigne un único LOD, debido a la carencia de estudios y diseños que permitan graficar en 3D la entidad.

Por otro lado, se identifica que hay entidades cuyo LOD no avanza de acuerdo con la fase de diseño en la que está el proyecto, en razón de que ya alcanzaron el nivel máximo de desarrollo o debido a que la información de los estudios y diseños no cuenta con el avance suficiente para hacer una modelación que tenga detalles significativos en las fases de prefactibilidad y factibilidad.

No todos los componentes de diseño pueden modelarse, como es el caso de ambiental, predial, social, de arqueología, presupuesto y de aquellos que no son tangibles en la construcción. Adicionalmente, determinados elementos no se pueden modelar con un detalle mayor, debido a las capacidades del software o a que esta información puede que no aporte en la etapa en la que se encuentra el proyecto.

Se identifica que la modelación geométrica en los proyectos de infraestructura se puede desarrollar acorde con los alcances de las fases de diseño, permitiendo ahorros en tiempos y recursos al precisar los contenidos de cada componente y sus entidades sujetas a modelación. También se logran identificar posibles interferencias y problemas constructivos desde las fases de diseño, a través de las modelaciones preliminares y definitivas de

elementos como redes y cimentaciones, además de la coordinación de todos los componentes en su fase de diseño de detalle.

Referencias

- [1] Financiera de Desarrollo Nacional, Embajada Británica Colombia, Mott MacDonald, Cámara Colombiana de la Construcción y BIM Forum Colombia, “Estrategia Nacional BIM 2020 – 2026”, 2020. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf>
- [2] Plan BIM de Corfo, “Estándar BIM para Proyectos Públicos de Chile. Intercambio de Información entre Solicitante y Proveedores V.1.1”, 2021. <https://planbim.cl/documentos/estandar-bim-para-proyectos-publicos/estandar-bim-para-proyectos-publicos-vertical-alta/>
- [3] Instituto de Desarrollo Urbano, IDU, “Plan BIM IDU 2020-2023”, 2021. https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Micrositios/BIM/01_Cartilla_PLAN_IDU-BIM.pdf
- [4] Instituto de Desarrollo Urbano, IDU, “Construcción para la Adecuación al Sistema Transmilenio de la Avenida Congreso Eucarístico (Carrera 68) desde la Carrera 9 hasta la Autopista Sur y Obras Complementarias en Bogotá, D.C. Anexo 1 - Anexo Técnico”, 2019. <https://community.secop.gov.co/Public/Tendering/OpportunityDetail/Index?noticeUID=CO1.NTC.999906&isFromPublicArea=True&isModal=False>
- [5] Instituto de Desarrollo Urbano, IDU, “Construcción para la Adecuación al Sistema Transmilenio de la Troncal Avenida Ciudad de Cali Tramo 1 - entre la Avenida Circunvalar del Sur y la Avenida Manuel Cepeda Vargas y Obras Complementarias en Bogotá D.C. Protocolo BIM”, 2020. <https://community.secop.gov.co/Public/Tendering/ContractNoticeManagement/Index?currentLanguage=es-CO&Page=login&Country=CO&SkinName=CCE>
- [6] Instituto de Desarrollo Urbano, IDU.1. Construcción para la Adecuación de la Calle 13 al Sistema de Transporte Público Masivo, Calzadas de Tráfico Mixto, Nuevas Ciclorrutas y Espacio Público, Desde la Carrera 69f Hasta el Límite Occidente del Distrito, Incluidas las Demás Obras Complementarias en Bogotá D.C. Lotes 3 Y 4., Anexo Contractual BIM IDU V.5.0 En: <https://community.secop.gov.co/Public/Tendering/OpportunityDetail/Index?noticeUID=CO1.NTC.5035908&isFromPublicArea=True&isModal=true&asPopupView=true>
- [7] Instituto de Desarrollo Urbano, IDU, “Guía de Maduración de Proyectos IDU: alcance y

requisitos entregables por fases de estudios de ingeniería para proyectos de infraestructura”, 2021. https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Micrositios/

Documentacion_contractual/Gu%C3%ADas/2021/GU-FP-04_GUIA_DE_MADURACION_DE_PROYECTOS_IDU_1.pdf

