

Marco metodológico para el diseño de un tablero BIM orientado al seguimiento y control de proyectos de infraestructura pública en Bogotá, Colombia

Yan Carlos Quintero Polania y Andrés Felipe Gaviria Galvis

Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Modelación y Coordinación BIM de Edificaciones y Obras Civiles

Director

Magíster Luis Alfredo Arenas Saavedra

Magíster en Ingeniería Estructural

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Especialización en Modelación y Coordinación BIM de Edificaciones y Obras Civiles

2026

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a la memoria de nuestro compañero Daniel Felipe Arias, quien hizo parte de este proceso académico en sus etapas iniciales. Su participación en los primeros módulos y sus valiosos aportes en las actividades desarrolladas contribuyeron de manera significativa a la construcción de las bases de este proyecto.

Recordamos con gratitud su compromiso, disposición y calidad humana, los cuales dejaron una huella en nuestro equipo de trabajo. Aunque hoy no nos acompaña, su contribución permanece presente en este resultado.

Honramos su memoria y extendemos esta dedicatoria como un reconocimiento sincero a su paso por este camino compartido.

Agradecimientos

Agradecemos de manera especial al docente Homer Buelvas, por su acompañamiento y valiosos aportes durante el desarrollo de los módulos de modelación BIM y gestión BIM. Su conocimiento, experiencia y disposición para orientar el proceso de aprendizaje fueron fundamentales para fortalecer nuestras competencias y consolidar los fundamentos que dieron soporte a este trabajo.

Reconocemos su compromiso con la formación académica y su capacidad para transmitir de manera clara y aplicada los conceptos, lo cual contribuyó significativamente al desarrollo de este proyecto

Contenido

Introducción 13

1. Marco metodológico para el diseño de un tablero BIM orientado al seguimiento y control de proyectos de infraestructura pública en Colombia..... 15

 1.1 Planteamiento del problema (“Ausencia de un marco metodológico estandarizado para la estructuración y visualización de datos BIM orientados al seguimiento de KPIs en la infraestructura pública colombiana”) 15

 1.2 Justificación..... 17

 1.3 Objetivos 18

 1.3.1 Objetivo general 18

 1.3.2 Objetivos específicos 18

2. Marco referencial 19

 2.1 Marco teórico 19

 2.1.1 Indicador clave de Desempeño (KPI)..... 19

 2.1.2 Building Information Modeling (BIM) 20

 2.1.3 Business Intelligence (BI) 20

 2.2 Marco conceptual 22

 2.2.1 Tablero de Control BIM (BIM Dashboard)..... 22

 2.2.3 Speckle 22

 2.2.4 Parámetros Compartidos (Shared Parameters)..... 23

 2.2.5 Interoperabilidad..... 23

 2.2.6 Proceso ETL (Extracción, Transformación y Carga) 23

 2.3 Marco legal..... 23

3. Método	24
3.1 Participantes	25
3.2 Herramientas	26
3.3 Procedimiento.....	26
3.3.1 Diagnosticar el estado actual de la implementación BIM en el seguimiento y control de proyectos de infraestructura vial pública en Bogotá.	27
3.3.2 Identificar los indicadores clave de desempeño (KPIs) más relevantes para el seguimiento y control del proyecto IDU 1674, grupo 3 – avenida ciudad de Cali en Bogotá.	28
3.3.3 Definición de requisitos técnicos y flujos de trabajo para extracción de datos BIM ...	29
3.3.4 Propuesta e implementación del tablero BIM para seguimiento y control.....	33
4. Resultados	36
4.1 Estado actual de la implementación BIM en el seguimiento y control de proyectos de infraestructura vial pública en Bogotá.	36
4.4.1 El mandato nacional y las políticas públicas	37
4.4.2 La implementación práctica: el Plan BIM IDU 2020–2023.....	38
4.4.3 Estado actual y retos de madurez: el Plan de Acción BIM IDU 2024–2027	39
4.2 Identificar los indicadores clave de desempeño (KPIs) más relevantes para el seguimiento y control del proyecto IDU 1674, grupo 3 – avenida ciudad de Cali en Bogotá.	41
4.2.1 KPI de avance físico (4D)	43
4.2.2 KPI control de costos y cantidades (BIM 5D).....	44
4.2.3 KPI de calidad y coordinación (BIM 3D)	44
4.2.4 KPI de gestión y adopción BIM	45

4.3 Propuesta metodológica para la construcción de un tablero BIM del proyecto IDU 1674, grupo 3 – avenida ciudad de Cali en Bogotá.....	45
5. Discusión.....	47
6. Conclusiones.....	48
7. Acerca de las referencias	50
Referencias.....	52

Lista de tablas

Tabla 1. *Resumen de actores clave y su contribución* 25

Tabla 2. *Opciones de configuración para exportación*..... 33

Lista de figuras

Figura 1. *Flujo de trabajo de BI, desde las fuentes y la recopilación de datos hasta los planes de acción* 21

Figura 2. *Metodología de investigación* 27

Figura 3. *Creación de archivo de parámetros compartidos* 30

Figura 4. *Asignación de parámetro por elemento* 31

Figura 5. *Configuración de campos para la construcción de tablas de planificación* 32

Figura 6. *Tabla de planificación de aparatos sanitarios*..... 32

Figura 7. *Limpieza de datos en el Power Query*..... 34

Figura 8. *Configuración de herramientas visuales en PowerBI*..... 35

Figura 9. *Diagramación de tablero BIM de seguimiento* 36

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar un marco metodológico para el diseño de un tablero BIM orientado al seguimiento y control de proyectos de infraestructura pública en la ciudad de Bogotá, Colombia. La propuesta surge de la necesidad de optimizar la gestión de información en proyectos de alta complejidad, permitiendo una visualización clara, oportuna y centralizada del estado de avance físico de las actividades. El marco metodológico planteado integra principios de la metodología BIM con herramientas de análisis y visualización de datos, facilitando la estructuración de indicadores clave de desempeño (KPIs) relacionados con programación, ejecución y variación del avance de obra. A través de la interoperabilidad entre modelos BIM y plataformas de análisis de datos, se establece un flujo de trabajo que permite transformar la información técnica en paneles de control dinámicos, como el ilustrado, donde se consolidan métricas de avance programado versus ejecutado, reportes semanales y seguimiento detallado por actividades. La metodología propuesta contempla fases que incluyen la estructuración de la información, definición de indicadores, integración de modelos BIM, procesamiento de datos y diseño del tablero, asegurando su aplicabilidad en entornos reales de proyectos públicos. Como resultado, se obtiene una herramienta que mejora la toma de decisiones, fortalece los procesos de control y contribuye a la transparencia en la ejecución de obras de infraestructura. En conclusión, este trabajo proporciona una base metodológica replicable para la implementación de tableros BIM en proyectos de infraestructura pública, promoviendo una gestión más eficiente, basada en datos y alineada con las tendencias actuales de digitalización en la industria de la construcción.

Palabras claves: BIM, Microsoft Power BI, Revit, tableros BIM, infraestructura pública, seguimiento y control

Abstract

This project aims to develop a methodological framework for the design of a BIM dashboard oriented toward the monitoring and control of public infrastructure projects in the city of Bogotá, Colombia. The proposal arises from the need to optimize information management in high-complexity projects, enabling a clear, timely, and centralized visualization of the physical progress status of activities. The proposed methodological framework integrates principles of the BIM methodology with data analysis and visualization tools, facilitating the structuring of key performance indicators (KPIs) related to scheduling, execution, and variation in construction progress. Through the interoperability between BIM models and data analysis platforms, a workflow is established that allows technical information to be transformed into dynamic control panels such as the one illustrated where metrics of planned versus executed progress, weekly reports, and detailed activity-level tracking are consolidated. The proposed methodology contemplates phases that include information structuring, indicator definition, BIM model integration, data processing, and dashboard design, ensuring its applicability in real public project environments. As a result, a tool is obtained that improves decision-making, strengthens control processes, and contributes to transparency in the execution of infrastructure works. In conclusion, this work provides a replicable methodological basis for the implementation of BIM dashboards in public infrastructure projects, promoting more efficient, data-driven management aligned with current digitalization trends in the construction industry.

Keywords: BIM, Microsoft Power BI, Revit, BIM dashboards, public infrastructure, monitoring and control

Glosario

BIM (building information modelling): “BIM es un proceso colaborativo a través del cual se crea, comparte y usa información estandarizada en un entorno digital durante todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción” (Departamento Nacional de Planeación, 2020, p. 3).

Tablero de control BIM: es una herramienta de gestión empresarial que permite la visualización de datos de forma centralizada y ordenada permitiendo mayor control o seguimiento a los indicadores KPI.

KPI (Key Performance Indicator): los indicadores claves de desempeño son una métrica cuantificable que mide el éxito y rendimiento de una empresa, proyecto o estrategia en función de sus objetivos. Permiten evaluar la efectividad de las acciones, tomar decisiones basadas en datos y ajustar estrategias para lograr metas específicas.

Interoperabilidad: en el contexto de la metodología BIM y la gestión de la información, se define como la capacidad técnica y operativa que tienen diferentes sistemas, plataformas de software y organizaciones para intercambiar datos de manera transparente, precisa y sin pérdida de información geométrica o semántica.

Speckle: es una plataforma diseñada para conectar herramientas CAD y BIM en tiempo real, eliminando la dependencia de flujos de trabajo basados en archivos. Ofrece una forma más inteligente y rápida de rastrear y automatizar los datos de diseño y construcción en todas las herramientas, flujos de trabajo y con todos los involucrados.

Revit: Software de modelado de información de construcción (BIM) desarrollado por Autodesk, diseñado para la arquitectura, ingeniería y construcción.

Microsoft Power BI: es la plataforma de análisis empresarial de Microsoft que le ayuda a convertir los datos en información procesable. Tanto si es usuario empresarial, creador de informes

o desarrollador, Power BI ofrece herramientas y servicios integrados para conectarse, visualizar y compartir datos en toda la organización.

Modelos BIM: es el término que utilizamos para referirnos a la digitalización de un proyecto de edificación u obra civil, elaborada mediante software específico y por profesionales del sector AECO (estudios de arquitectura, ingenierías, promotoras, constructoras...) que operan bajo metodología BIM.

ISO19650: es un estándar internacional que establece las mejores prácticas para la gestión de la información en proyectos de construcción utilizando el Modelado de Información de Construcción (BIM).

Introducción

En el contexto actual de la gestión de proyectos de infraestructura pública, caracterizado por altos niveles de complejidad técnica, múltiples actores involucrados y grandes volúmenes de información, se hace evidente la necesidad de fortalecer los mecanismos de seguimiento y control. En ciudades como Bogotá, donde la ejecución de obras públicas tiene un impacto directo en la calidad de vida de los ciudadanos y en el desarrollo urbano, resulta fundamental contar con herramientas que permitan consolidar, analizar y visualizar la información de manera oportuna y confiable.

Tradicionalmente, el seguimiento de proyectos de infraestructura se ha realizado mediante reportes dispersos, hojas de cálculo y sistemas de información no integrados, lo que dificulta la trazabilidad de los datos, limita la toma de decisiones basada en evidencia y aumenta el riesgo de desviaciones en tiempo, costo y alcance. En este sentido, la transformación digital en el sector de la construcción ha impulsado la adopción de metodologías como Building Information Modeling (BIM), que permiten gestionar de manera integral la información a lo largo del ciclo de vida de los proyectos.

Sin embargo, a pesar de los avances en la implementación de BIM, aún existen desafíos relacionados con la explotación efectiva de los datos generados por los modelos, especialmente en lo que respecta al seguimiento de indicadores de gestión y la generación de reportes dinámicos que apoyen el control de la ejecución. La información contenida en los modelos BIM, si bien es rica y detallada, no siempre se encuentra estructurada para su análisis en herramientas de inteligencia de negocios, lo que limita su aprovechamiento para la toma de decisiones estratégicas.

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar enfoques metodológicos que permitan integrar la información proveniente de modelos BIM con plataformas de análisis de datos,

facilitando la construcción de tableros de control que consoliden indicadores clave de desempeño (KPIs) relacionados con el avance físico de las obras. Estos tableros no solo permiten una visualización clara del estado del proyecto, sino que también contribuyen a mejorar la transparencia, la eficiencia en la gestión y la capacidad de respuesta ante posibles desviaciones.

El presente trabajo tiene como propósito desarrollar un marco metodológico para el diseño e implementación de un tablero BIM orientado al seguimiento y control de proyectos de infraestructura pública en Bogotá, Colombia. Para ello, se plantea un enfoque que integra la estructuración de la información, la definición de indicadores, la interoperabilidad entre modelos BIM y herramientas de análisis de datos, así como el diseño de paneles de control dinámicos que permitan transformar datos técnicos en información útil para la toma de decisiones.

Finalmente, este proyecto busca aportar una base metodológica replicable en el contexto de la gestión pública, que contribuya al fortalecimiento de los procesos de control y al aprovechamiento de las tecnologías digitales en la industria de la construcción, alineándose con las tendencias actuales de digitalización y gestión basada en datos.

1. Marco metodológico para el diseño de un tablero BIM orientado al seguimiento y control de proyectos de infraestructura pública en Colombia.

1.1 Planteamiento del problema (“Ausencia de un marco metodológico estandarizado para la estructuración y visualización de datos BIM orientados al seguimiento de KPIs en la infraestructura pública colombiana”)

En la actualidad, la gestión de datos en el entorno digital se ha consolidado como la base fundamental para la ejecución exitosa de proyectos, haciendo de la estandarización de flujos de trabajo una exigencia ineludible en la industria moderna. Sin embargo, la construcción se mantiene como uno de los sectores con mayor rezago en esta transición tecnológica; de acuerdo con el McKinsey Global Institute (2017), es la segunda industria menos digitalizada a nivel mundial. Esta resistencia ha perpetuado el uso de metodologías tradicionales basadas en documentación física en obra y el manejo fragmentado de múltiples plataformas no interoperables. Dicha desconexión tecnológica, sumada a una deficiente planeación en las fases iniciales del ciclo de vida del proyecto, desencadena constantes reprocesos que, como advierte el Foro Económico Mundial (2016), se traducen inevitablemente en graves sobrecostos, extensiones críticas del cronograma y, en el peor de los escenarios, en el abandono y proliferación de obras inconclusas.

A nivel nacional, esta problemática global impacta de manera crítica el desarrollo de la infraestructura pública en Colombia. A pesar de las normativas estatales para mejorar la planeación, hoy en día persiste una gran desconexión durante la ejecución de las obras. Esta situación evidencia la falta de un avance más radical en la adopción de metodologías integrales como BIM. Al no contar con procesos estandarizados que conecten tecnológicamente a todos los involucrados, el control de los proyectos sigue siendo reactivo: la supervisión y la interventoría

trabajan con información aislada y reportes desactualizados. Esto hace imposible tener una trazabilidad real del avance constructivo y anticipar problemas críticos de tiempo y presupuesto.

En un intento por mitigar estas deficiencias estructurales, el Estado colombiano ha impulsado la transición hacia la metodología BIM (*Building Information Modeling*). Sin embargo, su implementación ha revelado un nuevo desafío operativo: aunque los modelos BIM generan volúmenes masivos de datos valiosos, existe una evidente carencia de marcos metodológicos que articulen la extracción, transformación y estructuración de dicha información. Sin flujos de trabajo claros, la data contenida en los modelos tridimensionales queda aislada y no se traduce de manera eficiente en Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) que resulten legibles, confiables y útiles para la toma de decisiones gerenciales oportunas.

Esta incapacidad para conectar la riqueza de los datos BIM con el monitoreo estratégico hace imperativa la creación de interfaces analíticas. Los tomadores de decisiones requieren tableros de control (dashboards) dinámicos que centralicen y visualicen los KPIs en tiempo real. Esta necesidad es particularmente evidente en intervenciones urbanas de alta complejidad e impacto social, como el proyecto IDU 1674, Grupo 3 – Avenida Ciudad de Cali en Bogotá, donde la interoperabilidad de la información y el control riguroso son fundamentales para garantizar el éxito de la ejecución.

A partir de lo anterior, y ante la necesidad de optimizar el control en la infraestructura pública mediante herramientas de análisis de datos, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo estructurar un marco metodológico que permita la extracción, transformación y visualización de datos provenientes de modelos BIM en tableros de control, para optimizar el seguimiento de Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) en proyectos de infraestructura pública en Colombia, aplicado al caso del proyecto IDU 1674?

Desde una perspectiva práctica, el proyecto entrega una herramienta analítica directamente aplicable a la gerencia de proyectos de infraestructura: un tablero de control dinámico. Al aplicar este modelo al proyecto IDU 1674 (Grupo 3 – Avenida Ciudad de Cali), se aporta una solución tangible que transforma la supervisión tradicional y reactiva en un modelo de control proactivo.

1.2 Justificación

La presente investigación tiene como propósito fundamental impulsar la estandarización de los procesos de control y seguimiento mediante un marco metodológico estructurado. Este marco permitirá convertir los datos de los modelos BIM en información estructurada, facilitando la visualización de los Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) en tiempo real. Lo anterior responde a la necesidad imperativa de modernizar la gestión de la infraestructura pública colombiana, superando el enfoque reactivo y fragmentado que tradicionalmente caracteriza la supervisión de proyectos.

Asimismo, esta monografía toma como caso de aplicación un proyecto de alto impacto social y económico: el contrato IDU 1674 (Grupo 3 – Avenida Ciudad de Cali en Bogotá). Al implementar esta propuesta tecnológica en una intervención urbana de tal magnitud y complejidad, se busca demostrar cómo el control proactivo basado en datos mitiga los riesgos de sobrecostos y retrasos. De esta manera, el proyecto aporta un beneficio económico directo al optimizar la inversión de los recursos públicos, y un beneficio social al promover la entrega oportuna de una infraestructura vital para la movilidad de los ciudadanos.

Finalmente, el valor científico-técnico de este trabajo reside en la creación de flujos de trabajo (procesos ETL) que cierran la brecha operativa entre el modelado de información de construcción y la inteligencia de negocios (*Business Intelligence*). Se proyecta que este marco

metodológico sirva como un modelo escalable y replicable para futuras obras del Estado. Además, en cuanto a la formación de recursos humanos, la investigación fomenta la evolución del perfil tradicional del supervisor e interventor de obra hacia un gestor integral de datos, alineándose de forma directa con las exigencias de digitalización establecidas por la Estrategia Nacional BIM 2020-2026.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Proponer un marco metodológico para la estructuración y visualización de datos en tableros de control BIM que se implementara en el seguimiento de indicadores de gestión (KPIs) en proyectos públicos de infraestructura vial.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Diagnosticar el estado actual de la implementación BIM en el seguimiento y control de proyectos de infraestructura vial pública en Bogotá.
2. Identificar los indicadores clave de desempeño (KPIs) más relevantes para el seguimiento y control del proyecto IDU 1674, grupo 3 – avenida ciudad de Cali en Bogotá.
3. Definir los requisitos de información y los flujos de trabajo necesarios para la extracción, transformación y estructuración de datos provenientes de los modelos BIM, orientados al seguimiento de indicadores de gestión (KPIs) en proyectos de infraestructura pública.

4. Proponer la estructura y los componentes visuales de tablero de control BIM, basados en los requisitos de información y flujos de trabajo definidos, para apoyar la visualización y análisis de los KPIs del proyecto IDU 1674, grupo 3 – avenida ciudad de Cali en Bogotá.

2. Marco referencial

2.1 Marco teórico

2.1.1 Indicador clave de Desempeño (KPI)

Los indicadores clave de desempeño (KPI) son medidas cuantificables utilizadas para evaluar el éxito de un proyecto. De acuerdo con el Project Management Institute (2021), estos pueden clasificarse en indicadores adelantados y rezagados, lo que permite diferenciar entre métricas predictivas y métricas basadas en resultados. Esta clasificación resulta fundamental para el seguimiento y control en entornos BIM, donde la disponibilidad de datos en tiempo real permite potenciar el uso de indicadores adelantados.

Respecto a la clasificación de las métricas predictivas, el Project Management Institute (2021) establece lo siguiente:

Los indicadores adelantados predicen cambios o tendencias en el proyecto. Si el cambio o tendencia es desfavorable, el equipo de proyecto evalúa la causa raíz de la medición del indicador adelantado y toma acciones para revertir la tendencia. Utilizados de esta manera, los indicadores adelantados pueden reducir el riesgo de desempeño en un proyecto al identificar posibles variaciones de desempeño antes de que superen el umbral de tolerancia.

Los indicadores rezagados miden los entregables o eventos del proyecto. Proporcionan información después de que se presentan los hechos. Los indicadores rezagados reflejan el desempeño o las condiciones pasadas. Los indicadores rezagados son más fáciles de medir que los indicadores adelantados. Los ejemplos incluyen el número de entregables completados, el cronograma o la variación del costo y la cantidad de recursos consumidos.

2.1.2 Building Information Modeling (BIM)

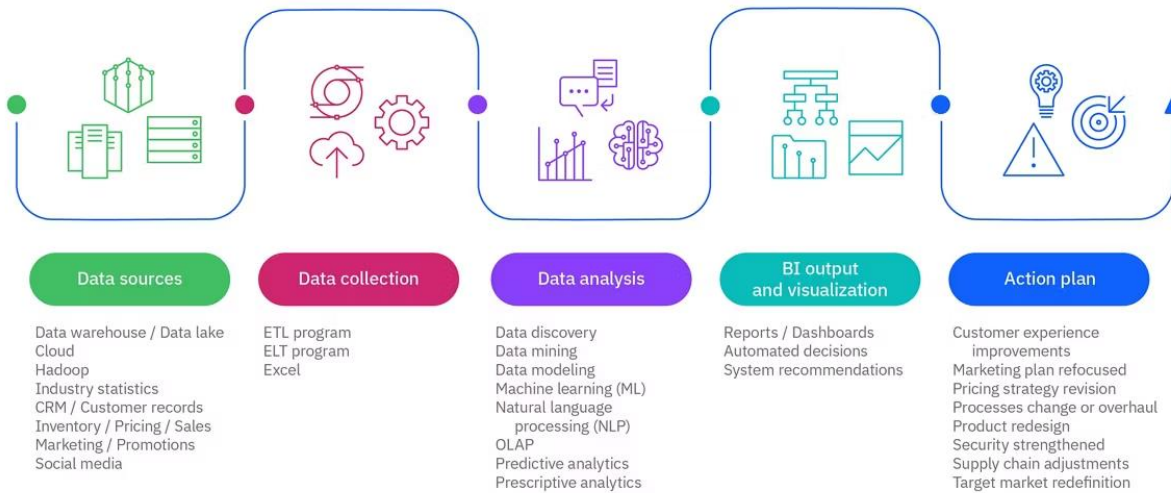
De acuerdo con el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC, 2021) en la norma NTC-ISO 19650-1, esta se define como el "uso de una representación digital compartida de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, para proporcionar una base confiable para la toma de decisiones" (p. 11). Esta metodología se destaca por centralizar toda la información de un proyecto en mismo entorno colaborativo basados en fuentes o modelos tridimensionales que se convierten en datos relevantes para la gestión de proyectos durante todo su ciclo de vida.

2.1.3 Business Intelligence (BI)

La Inteligencia de Negocios (BI, del inglés Business Intelligence) agrupa las estrategias, tecnologías y herramientas con las que las organizaciones recopilan, integran, analizan y visualizan datos para tomar decisiones con mejor sustento. Tableau Software (s.f.) la define en función de dos objetivos concretos: mejorar el rendimiento y fortalecer la competitividad. En la práctica, esto significa conectarse a múltiples fuentes de datos, procesarlas y entregar los resultados en reportes, gráficos y paneles de control (IBM, s.f.). Sin datos, no hay BI que valga; y sin un proceso

estructurado para obtenerlos y prepararlos, los datos tampoco sirven de mucho. Ese proceso sigue un flujo definido:

Figura 1. Flujo de trabajo de BI, desde las fuentes y la recopilación de datos hasta los planes de acción.



Adaptado de (IBM, s.f.)

En ese contexto, integrar modelos BIM a los tableros de control no es un capricho tecnológico: responde a la necesidad de conectar la información del modelo con otras fuentes de datos del proyecto para analizarlas en conjunto. Microsoft Power BI es la plataforma de visualización que hace posible ese análisis, pero necesita de conectores intermedios para acceder a la información del modelo. Herramientas como Speckle, Tracer y Autodesk Data Connector for Power BI cumplen ese rol: extraen, transforman y cargan los datos (proceso conocido como ETL) y los dejan disponibles para el tablero. Así se cierra el ciclo que va del modelo BIM al análisis de obra.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Tablero de Control BIM (BIM Dashboard)

Un tablero de control BIM es una herramienta de visualización que organiza la información del modelo en indicadores clave de desempeño (KPI), gráficos y vistas interactivas para facilitar el seguimiento del proyecto. Varela Romero (2018) señala que su valor principal radica en la calidad visual: permiten controlar aspectos del proceso BIM, ahorran tiempo y ofrecen mayor control sobre los modelos, y pueden compartirse en la nube para que cualquier colaborador haga seguimiento desde su área de interés.

2.2.3 Speckle

Speckle es una plataforma diseñada para conectar herramientas CAD y BIM en tiempo real, eliminando la dependencia de flujos de trabajo basados en archivos. Sobre su funcionamiento, los desarrolladores de la plataforma describen que:

Mantiene a los equipos sincronizados sin necesidad de exportaciones manuales, conflictos de versiones ni licencias de software especializadas. Speckle ofrece una forma más inteligente y rápida de rastrear y automatizar los datos de diseño y construcción en todas las herramientas, flujos de trabajo y con todos los involucrados. Ya sea que estés diseñando, desarrollando, construyendo, administrando o aprobando, Speckle hace que los datos de tu modelo trabajen a tu favor, no en tu contra. (Speckle Systems, s.f.)

2.2.4 Parámetros Compartidos (Shared Parameters)

Son campos de metadatos estandarizados y predefinidos que se pueden aplicar uniformemente a través de múltiples proyectos, modelos y disciplinas dentro de un ecosistema BIM.

2.2.5 Interoperabilidad

En el contexto de la metodología BIM y la gestión de la información, se define como la capacidad técnica y operativa que tienen diferentes sistemas, plataformas de software y organizaciones para intercambiar datos de manera transparente, precisa y sin pérdida de información geométrica o semántica.

2.2.6 Proceso ETL (Extracción, Transformación y Carga)

Es el procedimiento fundamental de la ingeniería de datos y la Inteligencia de Negocios (BI) utilizado para integrar información proveniente de múltiples fuentes heterogéneas en un único repositorio centralizado y estructurado (como un modelo relacional o un esquema de estrella en Power BI).

2.3 Marco legal

La monografía está enmarcada en la normativa vigente sobre contratación pública en Colombia y las iniciativas que impulsan la adopción de BIM en el sector público:

- *Ley 80 de 1993*: establece las reglas y principios que rigen la contratación pública en Colombia, incluyendo la obligación de garantizar eficiencia, transparencia y responsabilidad en la ejecución de contratos estatales (Congreso de la República, 1993).

- *Ley 1150 de 2007*: introduce modificaciones orientadas a mejorar la eficiencia y transparencia en los procesos de contratación pública, promoviendo la modernización de los procedimientos (Congreso de la República, 2007).
- *CONPES 3975 de 2019*: define la Estrategia Nacional BIM en Colombia, con el propósito de aumentar la productividad y eficiencia en los proyectos de infraestructura pública mediante la adopción de herramientas digitales (Departamento Nacional de Planeación, 2019).
- *ISO 19650 (Partes 1 y 2)*: norma internacional que establece principios y requisitos para la gestión de información BIM a lo largo del ciclo de vida de un activo, promoviendo la interoperabilidad y estandarización (Organización Internacional de Normalización, 2018).

Estos instrumentos legales y técnicos conforman el marco normativo y de política pública que respalda la pertinencia de este trabajo de grado, orientado a proponer una metodología que facilite el seguimiento y control de proyectos de infraestructura pública mediante el uso de tableros BIM interoperables.

3. Método

El presente trabajo de grado se desarrolla bajo un enfoque de investigación de tipo propositivo con alcance descriptivo y documental, orientado a la formulación de un marco metodológico para la implementación de herramientas basadas en la integración entre Building Information Modeling y Business Intelligence (BI) en proyectos de infraestructura pública en Colombia.

La investigación se fundamenta en la revisión de literatura científica, normativa nacional y documentos técnicos relacionados con la adopción de metodologías digitales en el sector de la

construcción. Asimismo, se realiza el análisis de plataformas tecnológicas utilizadas en la gestión de información de proyectos, con el propósito de identificar sus capacidades para la recopilación, procesamiento y visualización de datos.

A partir de este proceso de análisis, se propone un esquema conceptual que permita integrar información proveniente de modelos BIM con herramientas de análisis de datos, facilitando la generación de tableros de seguimiento para el monitoreo de indicadores de desempeño, avance de obra y gestión de proyectos en tiempo casi real. De esta manera, el método busca establecer una base metodológica que contribuya a mejorar la toma de decisiones y el control en proyectos de infraestructura pública.

3.1 Participantes

Este trabajo está orientado a proponer un marco metodológico para la construcción de un tablero de control BIM y establecer un diagnóstico de las distintas metodologías de seguimiento y control de proyectos públicos de infraestructura vial de la ciudad de Bogotá, siendo así un trabajo fundamentalmente propositivo y documental. Sin embargo, se reconocen como actores clave de validación contextual los siguientes perfiles, cuyo conocimiento y experticia informan el análisis de requisitos y la viabilidad técnica de la propuesta.

Tabla 1. *Resumen de actores clave y su contribución*

Actor clave	Rol	Modo de participación
Entidades contratantes (IDU)	Usuario final, responsable de planificación y seguimiento	Análisis documental de procesos, normas, plantillas internas
Interventorías técnicas	Expertos en supervisión y control de ejecución	Análisis de reportes, formatos de reporte, documentación de ejecución
Especialistas BIM y TI	Expertos técnicos en modelado, datos y visualización	Análisis de estándares BIM, modelo técnico, APIs, mejores prácticas

Los anteriores perfiles son identificados como actores clave cuyo conocimiento y experiencia orientan el análisis de requerimientos técnicos y funcionales, así como la viabilidad de la propuesta en el contexto colombiano de proyectos viales públicos. Su participación es indirecta, realizada a través de análisis documental de procesos, normas, estándares de la industria, y documentación técnica del caso de estudio.

3.2 Herramientas

Para el desarrollo de este trabajo se llevará a cabo una fase investigativa y otra de desarrollo del tablero de control BIM, para el cual se usarán las siguientes herramientas:

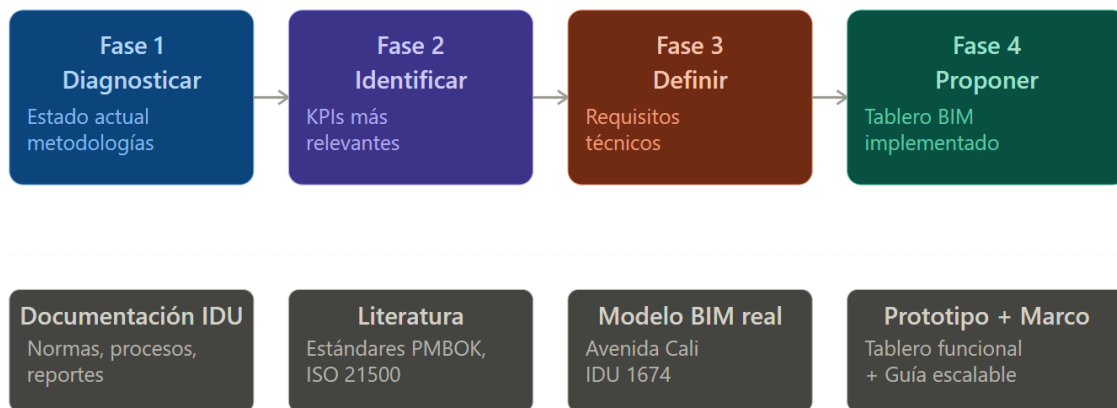
- Recursos Electrónicos institucionales: Como herramientas de investigación se usará la plataforma institucional Centro de recursos para el aprendizaje y la investigación (CRAI) para acceder a fuentes científicas, normativas y académicas.
- Revit: Software de modelado de información de construcción (BIM) desarrollado por Autodesk, diseñado para la arquitectura, ingeniería y construcción.
- Microsoft Power BI: Es la plataforma de análisis empresarial de Microsoft que le ayuda a convertir los datos en información procesable. Tanto si es usuario empresarial, creador de informes o desarrollador, Power BI ofrece herramientas y servicios integrados para conectarse, visualizar y compartir datos en toda la organización.

3.3 Procedimiento

Esta monografía se desarrolló a través de una metodología estructurada de cuatro (4) fases que inicia desde el análisis del contexto actual hacia la propuesta concreta de un tablero BIM. El enfoque es sistemático: comenzamos diagnosticando cómo funciona actualmente el seguimiento

en proyectos viales, continuamos identificando los indicadores más relevantes para medir el desempeño, luego definimos los requisitos técnicos para extraer la información de modelos BIM, y finalmente diseñamos e implementamos el tablero de control BIM. Cada fase genera resultados específicos que sirven como base para la siguiente, asegurando que la propuesta final sea práctica, fundamentada y aplicable.

Figura 2. Metodología de investigación



3.3.1 Diagnosticar el estado actual de la implementación BIM en el seguimiento y control de proyectos de infraestructura vial pública en Bogotá.

Para establecer un punto de partida de la investigación se realiza un diagnóstico contextual mediante un análisis documental, con el fin de comprender las metodologías, procesos, herramientas y limitaciones actuales que se está presentando en proyectos viales de Bogotá, esto nos permitirá tener una fuente documental clara para contrastarla con la metodología que se llevó a cabo en el proyecto IDU 1674, grupo 3 – avenida ciudad de Cali en Bogotá que es el caso de estudio referente para esta monografía.

Asimismo, como estrategia se revisarán normativas aplicables a proyectos de infraestructura vial en Colombia, incluyendo: resoluciones del instituto de Desarrollo Urbano (IDU), guías del Ministerio de Transporte, normas INVIAS sobre especificaciones técnicas, y gestión en adopción en la metodología BIM según la estrategia nacional BIM 2020- 2026. En esta fase es fundamental para identificar brechas y oportunidades de mejora basada en la realidad operacional del sector vial público en Bogotá.

3.3.2 Identificar los indicadores clave de desempeño (KPIs) más relevantes para el seguimiento y control del proyecto IDU 1674, grupo 3 – avenida ciudad de Cali en Bogotá.

La identificación de los KPIs para el proyecto IDU 1674 (Grupo 3 – Avenida Ciudad de Cali) es un proceso crítico para garantizar que el tablero de control sea una herramienta de decisión operativa y no solo informativa. Esta fase se fundamenta en un análisis de pertinencia técnica y contractual, seleccionando indicadores que cumplan con cuatro criterios esenciales: (1) alineación con los requerimientos del IDU y la normativa vial vigente; (2) disponibilidad de datos en el Contrato 1653-2020; (3) utilidad para la supervisión de obra en tiempo real; e (4) interoperabilidad para ser extraídos directamente de los modelos BIM.

Para el desarrollo de esta fase, se empleará un método de triangulación de fuentes técnicas: en primer lugar, se realizará un análisis documental de los manuales de gestión y planes de acción BIM del IDU (2024-2027); en segundo lugar, se revisarán los pliegos y anexos técnicos del proyecto específico para identificar las obligaciones de reporte; y finalmente, se validará la viabilidad técnica de estos indicadores mediante una revisión selectiva de literatura especializada en control de proyectos viales con tecnologías 4D y 5D.

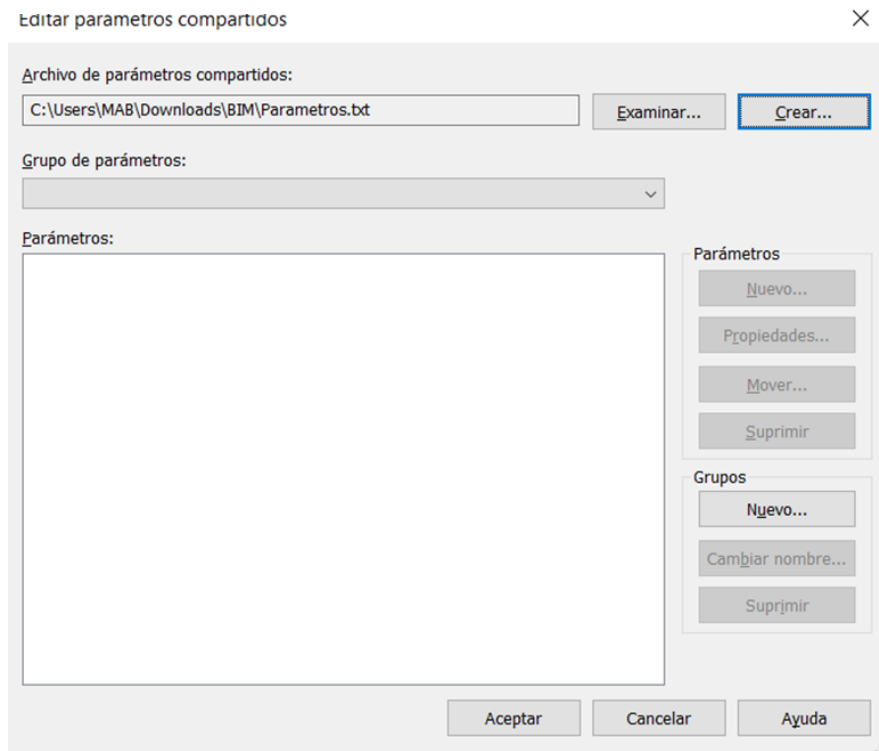
3.3.3 Definición de requisitos técnicos y flujos de trabajo para extracción de datos BIM

Para que un tablero BIM sea funcional, es necesario entender qué información está disponible en los modelos BIM, cómo se puede extraer, qué transformaciones se requieren, y cómo se integra con sistemas de visualización. Esta fase traduce los KPIs conceptuales (Fase 2) en especificaciones técnicas concretas, validadas contra el modelo BIM real del proyecto Avenida Cali. En esta fase se establecen los lineamientos técnicos necesarios para garantizar la correcta estructuración, extracción e interoperabilidad de la información contenida en los modelos BIM, con el fin de que pueda ser utilizada en procesos de seguimiento y control mediante herramientas de analítica de datos.

Como punto de partida, se definen los prerequisites tecnológicos, estableciendo el uso de software especializado como Revit (versión 2022 o superior) para la modelación y estructuración de la información, y Power BI Desktop para el procesamiento, análisis y visualización de datos. Esta selección responde a criterios de accesibilidad, compatibilidad y capacidad de integración dentro de entornos BIM.

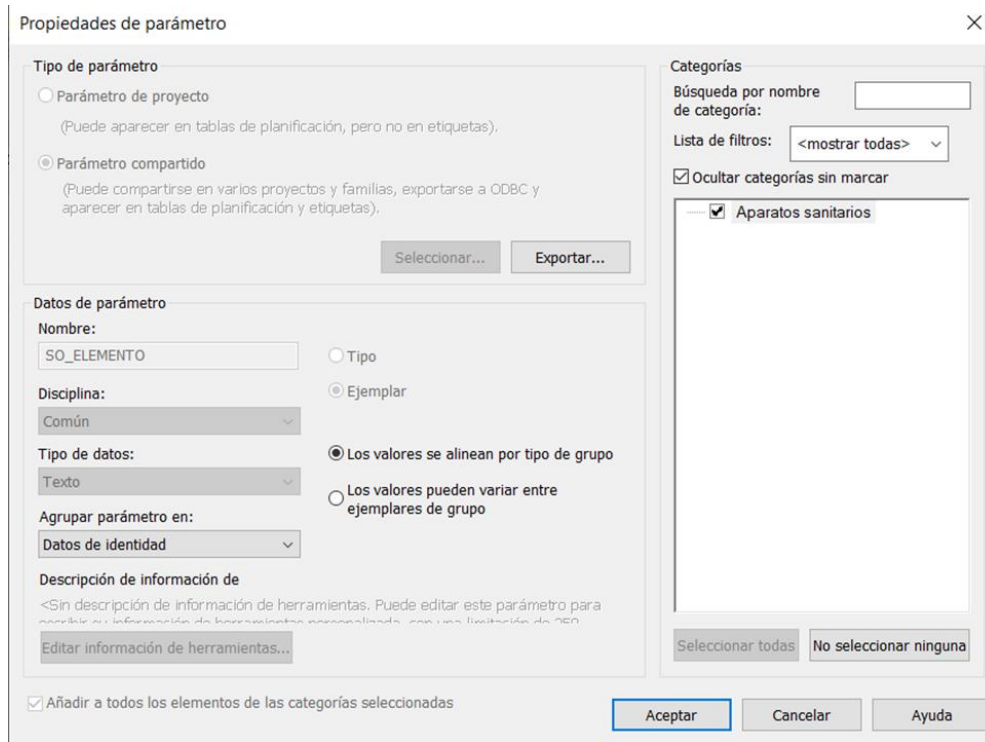
Posteriormente, se desarrolla la configuración de parámetros compartidos, los cuales constituyen la base para la estandarización de la información. Se crea un archivo externo de parámetros en formato .txt, permitiendo centralizar y reutilizar los campos definidos en distintos proyectos. Dentro de este archivo, se estructuran grupos de parámetros orientados al seguimiento de obra, incluyendo variables como códigos de identificación, descripciones, fases constructivas, tramos, estados (construido, excavado, entre otros) y atributos geométricos o de localización.

Figura 3. Creación de archivo de parámetros compartidos



Una vez definidos, los parámetros son asignados a las diferentes categorías del modelo BIM, garantizando que cada elemento contenga la información necesaria para su posterior trazabilidad. Esta asignación se realiza bajo criterios de consistencia y alineación con los requerimientos de control del proyecto, permitiendo que los datos sean homogéneos y comparables.

Figura 4. *Asignación de parámetro por elemento.*



Como siguiente paso, se configuran las tablas de planificación (schedules) dentro del entorno BIM, las cuales actúan como mecanismos de extracción estructurada de la información. En estas tablas se integran los parámetros previamente definidos, permitiendo organizar los datos por elementos, familias, tipos y atributos específicos. Estas tablas constituyen la base para la exportación de información hacia herramientas externas.

Figura 5. Configuración de campos para la construcción de tablas de planificación

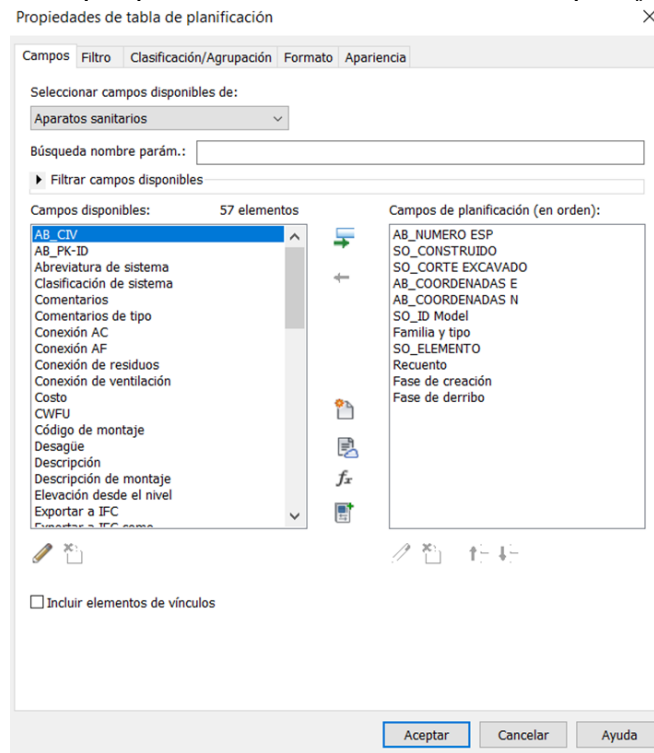


Figura 6. Tabla de planificación de aparatos sanitarios

<Tabla de planificación de aparato sanitario>							
A	B	C	D	E	F	G	H
AB_NUMERO ESP	SO_CONSTRUIDO	SO_CORTE EXCAVAD	AB_COORDENADA	AB_COORDENADA	SO_ID Model	Familia y tipo	SO_ELEMENTO
	C53	C50	90392.260633	104177.716882	2316742	Caja: Caja	N_Diseño
	C53	C50	90365.960787	104140.320071	2316940	Caja: Caja	N_Diseño
	C53	C50	90548.490785	104296.651243	2318081	Caja: Caja	N_Diseño
	C53	C50	90540.345725	104289.236239	2318198	Caja: Caja	N_Diseño
	C53	C50	90394.186522	104164.016321	2318268	Caja: Caja	N_Diseño
	C55	C50	90411.010500	104180.090000	2334511	Caja: Caja	N_Diseño
	C55	C50	90557.357990	104304.939073	2334552	Caja: Caja	N_Diseño
MP02214	C51	C50	90380.307839	104105.952869	2015841	POZO INSPECCION: POZO INSPECCION	N_Diseño
MP02219	C52	C50	90427.994986	104146.613419	2317897	POZO INSPECCION: POZO INSPECCION	N_Diseño
	C52	C50	90335.039695	104114.492795	2317015	SL100 – Sumidero prefabricado: Sumidero convencional	N_Diseño
	C52	C50	90338.821208	104116.250913	2331039	SL100 – Sumidero prefabricado: Sumidero convencional	N_Diseño
S10-256	C52	C50	90025.014605	103843.950120	2035390	SL100 – Sumidero prefabricado: Sumidero prefabricado	N_Diseño
S1E-113	C52	C50	90458.046783	104166.721091	2035686	SL100 – Sumidero prefabricado: Sumidero prefabricado	N_Diseño
S1E-111	C53	C50	90408.485195	104123.414466	2035704	SL100 – Sumidero prefabricado: Sumidero prefabricado	N_Diseño
S1E-110	C51	C50	90377.565077	104096.888300	2035707	SL100 – Sumidero prefabricado: Sumidero prefabricado	N_Diseño
S1E-109	C51	C50	90343.164472	104067.911855	2035710	SL100 – Sumidero prefabricado: Sumidero prefabricado	N_Diseño
S1E-106	C51	C50	90284.228241	104018.132650	2035722	SL100 – Sumidero prefabricado: Sumidero prefabricado	N_Diseño
S1E-104	C51	C50	90211.047369	103956.498685	2317125	SL100 – Sumidero prefabricado: Sumidero prefabricado	N_Diseño
Total general: 18							

Adicionalmente, se realiza la configuración de opciones de exportación, asegurando que los datos generados en el modelo BIM puedan ser transferidos de manera adecuada hacia formatos compatibles con herramientas de análisis, tales como archivos CSV o Excel. Este proceso incluye la verificación de codificación, estructura de campos y consistencia de datos.

Tabla 2. *Opciones de configuración para exportación*

Opción	Valor recomendado	Motivo
Tipo de archivo	.txt o .csv	Ambos son compatibles; .txt con tabulación es más estable
Incluir encabezados de columna	Sí — una fila de encabezado	Power BI tomará esta fila como nombres de columna
Exportar encabezamientos de grupo, pies de página y líneas en blanco	No	Este tipo de filas en una base de datos genera ruido durante el proceso de análisis de información en la herramienta BI
Delimitador de campo	Tab (tabulación)	Evita conflictos si los datos contienen comas o puntos y coma

Finalmente, se establecen los criterios para la integración de la información en entornos de analítica de datos, contemplando la posterior importación en Power BI. Con ello, se garantiza que la información proveniente del modelo BIM sea completa, confiable y adecuada para procesos de transformación, modelado y visualización, constituyendo así una base sólida para el desarrollo del tablero de control.

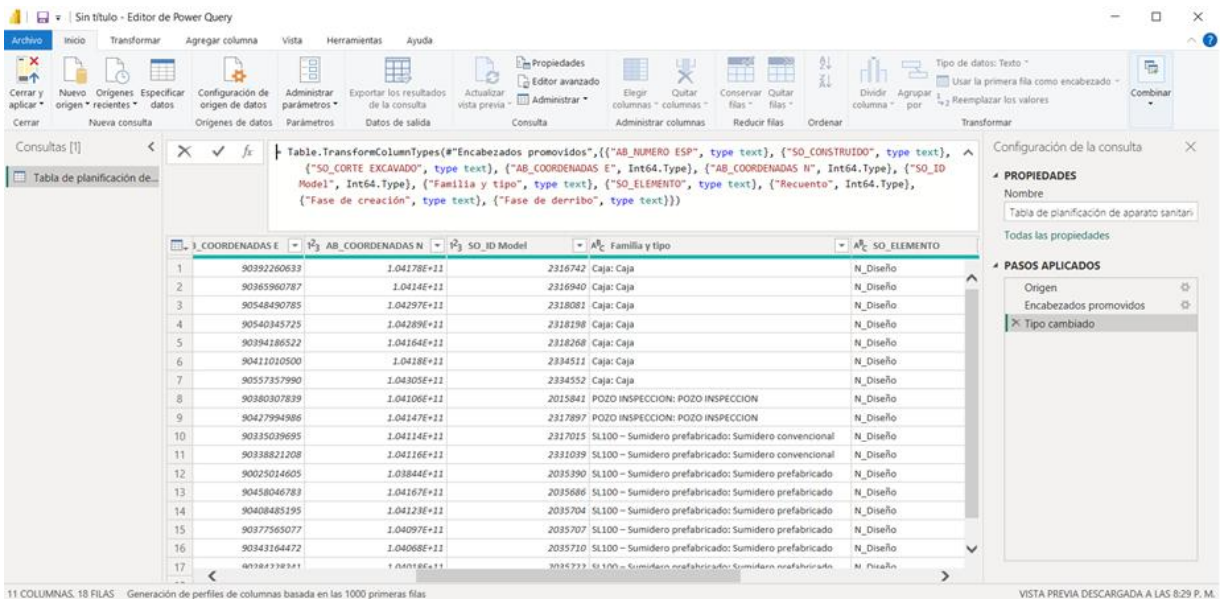
3.3.4 Propuesta e implementación del tablero BIM para seguimiento y control

En esta fase se materializa la propuesta metodológica mediante el diseño, desarrollo e implementación de un tablero BIM orientado al seguimiento y control de proyectos de infraestructura pública, a partir de la información estructurada en la fase anterior.

El proceso inicia con la importación de datos en Power BI, donde se integran las tablas de planificación exportadas desde el modelo BIM. Una vez cargada la información, se procede a la transformación de datos mediante el uso de herramientas como Power Query, permitiendo realizar procesos de limpieza, depuración, normalización de campos y estructuración de relaciones entre

tablas. Esto incluye la estandarización de nombres, eliminación de valores nulos o inconsistentes y la generación de campos derivados necesarios para el análisis.

Figura 7. Limpieza de datos en el Power Query

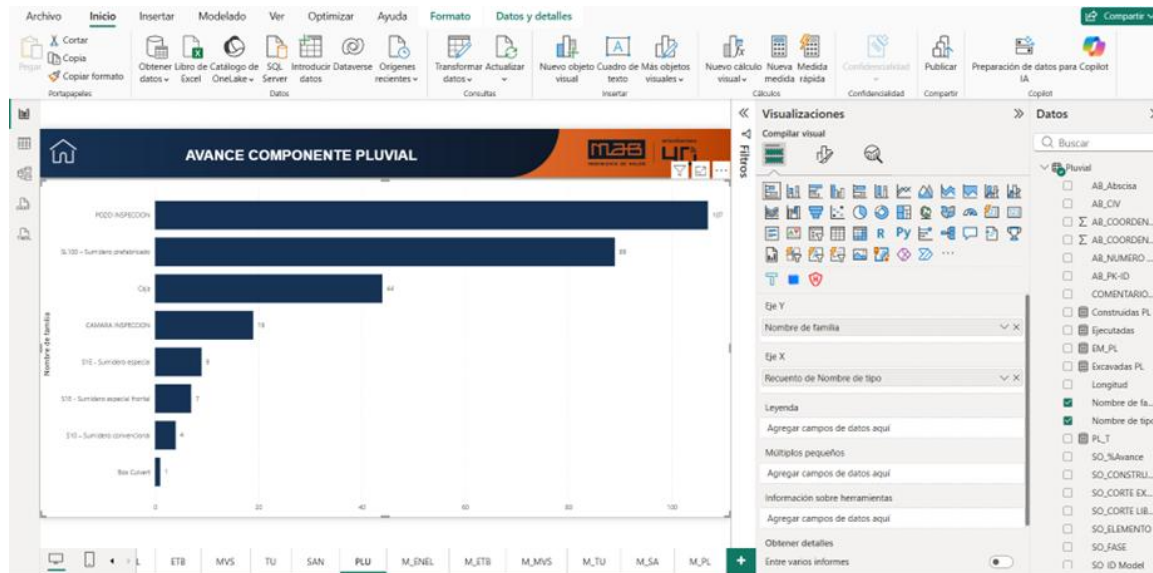


Posteriormente, se lleva a cabo el modelado de datos, en el cual se establecen relaciones lógicas entre las diferentes tablas importadas, asegurando la integridad referencial y la coherencia del modelo. En esta etapa se definen también las medidas e indicadores clave de desempeño (KPIs) mediante el uso de lenguaje DAX (Data Analysis Expressions), tales como avance programado, avance ejecutado, porcentaje de cumplimiento, variación porcentual y seguimiento por actividades específicas.

Con base en este modelo, se desarrolla la visualización de la información, diseñando gráficos y elementos interactivos que permiten representar de manera clara el estado del proyecto. Entre las visualizaciones implementadas se incluyen gráficos comparativos de avance programado

versus ejecutado, indicadores tipo velocímetro para medir cumplimiento, tablas dinámicas de seguimiento por actividad y reportes consolidados de avance semanal.

Figura 8. Configuración de herramientas visuales en PowerBI

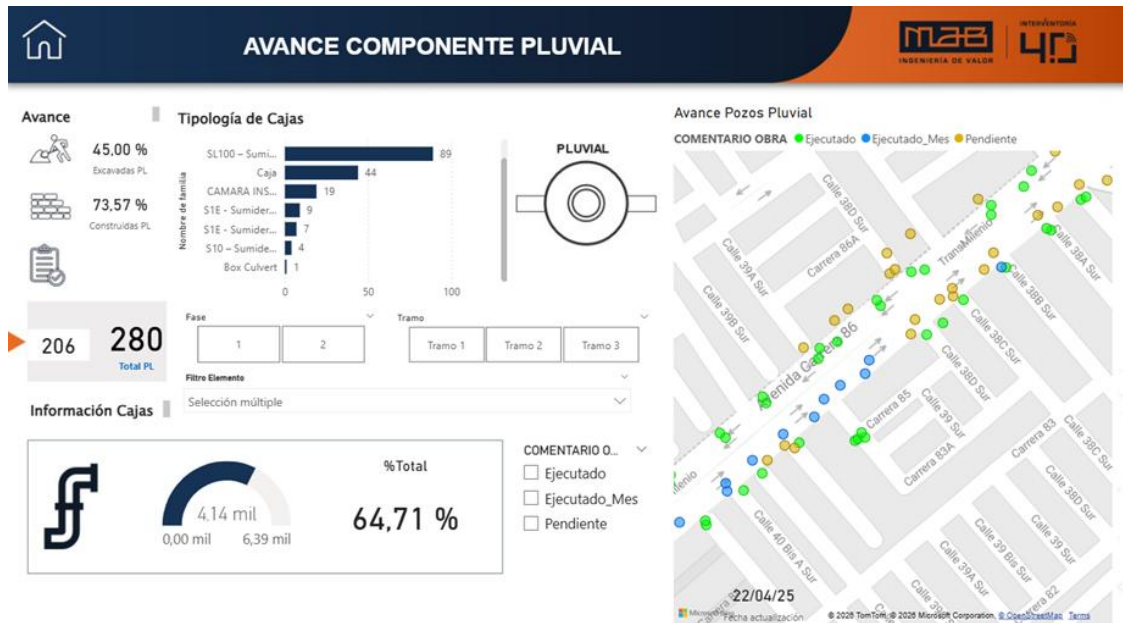


Finalmente, se realiza la diagramación del tablero de control, estructurando la interfaz de usuario bajo criterios de jerarquía visual, claridad y facilidad de interpretación. El tablero integra en una sola vista los principales indicadores del proyecto, permitiendo una lectura rápida del estado general, identificación de desviaciones y apoyo a la toma de decisiones. Asimismo, se incorporan filtros y segmentadores que permiten analizar la información por periodos, frentes de obra o tipos de actividad. Adicionalmente, se integran herramientas de georeferenciación como Azure maps que permiten la ubicar un elemento dadas sus coordenadas dentro del mapa para establecer los puntos exacto de ejecución del proyecto.

Como resultado, se obtiene un tablero BIM funcional e interactivo, que consolida la información proveniente del modelo en una herramienta de control eficiente, replicable y escalable a otros proyectos de infraestructura pública. Esta propuesta no solo mejora la gestión del

seguimiento de obra, sino que también fortalece la transparencia, trazabilidad y toma de decisiones basada en datos dentro del contexto de la gestión pública.

Figura 9. Diagramación de tablero BIM de seguimiento



4. Resultados

4.1 Estado actual de la implementación BIM en el seguimiento y control de proyectos de infraestructura vial pública en Bogotá.

La gestión de proyectos de infraestructura vial pública ha operado históricamente bajo un modelo de manejo de información descentralizado, en el que cada fase del ciclo de vida del proyecto incorpora nuevos actores, herramientas y fuentes de datos de manera independiente y, en muchos casos, sin mecanismos de integración entre sí. Durante la etapa de planeación, las entidades contratantes formulan, presupuestan y programan mediante sistemas propios; en la fase constructiva, la interventoría registra el avance a través de reportes periódicos en formatos no

estandarizados; y en la liquidación, la información se consolida manualmente a partir de múltiples fuentes que raramente han sido gestionadas de forma articulada. Este esquema genera pérdida de trazabilidad, duplicidad de registros y latencia en la toma de decisiones, convirtiendo el seguimiento y control en un reto de naturaleza informacional e interinstitucional antes que puramente técnico. En palabras de (Jezreel Fonseca, Perez Corredor, & Zambrano Urbano, 2024) "en la mayoría de las obras civiles se utilizan metodologías convencionales que resultan en retrasos, incremento en los costos y pérdida de información", situación que se agrava en los proyectos viales públicos, donde adicionalmente existe una falta de transparencia en la gestión.

Frente a estas limitaciones estructurales, la metodología BIM (Building Information Modeling) ha emergido como un paradigma de gestión de información que integra, en un entorno colaborativo y centralizado, los datos técnicos, contractuales y temporales del proyecto a lo largo de su ciclo de vida. Comprender el estado actual de su implementación en la gestión pública de infraestructura vial requiere observar cómo las directrices nacionales se han materializado en entidades territoriales clave. El sector ha transitado de la exploración teórica hacia la adopción progresiva con metas obligatorias, buscando optimizar el ciclo de vida de los proyectos en términos de costo, tiempo y calidad.

4.4.1 El mandato nacional y las políticas públicas

El impulso principal para la adopción de BIM en Colombia proviene de la Estrategia Nacional BIM 2020–2026, formulada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), la cual definió una hoja de ruta para la incorporación progresiva de esta metodología en proyectos públicos de construcción. Esta estrategia estableció metas escalonadas de requerimiento de uso BIM: entre el 10% y el 25% para 2021, avanzando hasta exigir entre el 85% y el 100% de uso en

proyectos de construcción pública para el año 2026, consolidando así lo que el propio documento del IDU denomina el Mandato BIM Nacional (Instituto de Desarrollo Urbano, 2024).

Para el sector específico de infraestructura vial, un hito normativo de primer orden es la Resolución 20243040050505 de octubre de 2024 del Ministerio de Transporte, mediante la cual se adopta oficialmente la metodología BIM para proyectos de infraestructura del sector transporte y se crea la Mesa de Articulación Interinstitucional denominada MAI-BIM, cuyo propósito es garantizar el diálogo técnico y la coordinación entre entidades (Instituto de Desarrollo Urbano, 2024).

4.4.2 La implementación práctica: el Plan BIM IDU 2020–2023

Como entidad líder en el desarrollo de infraestructura vial del Distrito Capital, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) se alineó voluntariamente con la estrategia nacional desde el año 2020, adoptando la metodología BIM como proyecto estratégico mediante la Resolución 156 de 2021, cuyo objetivo declarado es "mejorar la gestión en el ciclo de vida de los proyectos para asegurar el cumplimiento de los mismos en términos de costo, tiempo y calidad" (Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), 2021). Su primer Plan BIM (2020–2023) definió una estructura de implementación progresiva organizada en cinco etapas: inicio, planeación, ejecución, medición y seguimiento, y retroalimentación.

Durante este periodo, la entidad concentró sus esfuerzos en la integración de BIM en sus procesos misionales críticos: prefactibilidad, factibilidad, estudios y diseños, construcción, conservación de infraestructura y gestión predial. El aprendizaje práctico se sustentó en el desarrollo de proyectos piloto de referencia, entre los que se destacan la Avenida Ciudad de Cali, Patio La Reforma y Cable San Cristóbal (Instituto de Desarrollo Urbano, 2024). Estos proyectos

permitieron al equipo BIM del IDU desarrollar competencias operativas, identificar cuellos de botella y ajustar los estándares de modelado y entrega de información.

El resultado más significativo de este primer ciclo fue cuantificable: al cierre del año 2023, el IDU logró adjudicar e iniciar el 92% de sus proyectos nuevos con inclusión de requerimientos BIM, posicionándose como referente nacional en adopción institucional de la metodología (Instituto de Desarrollo Urbano, 2024). No obstante, la medición de madurez BIM realizada al finalizar ese período se llevó a cabo en dimensiones como software, hardware, estándares, entrenamiento, liderazgo y flujos de trabajo. Evidenció que, si bien los avances en adopción contractual eran sólidos, las dimensiones de interoperabilidad, flujos de trabajo integrados y seguimiento basado en datos del modelo presentaban brechas significativas respecto a las metas proyectadas (Instituto de Desarrollo Urbano, 2024).

4.4.3 Estado actual y retos de madurez: el Plan de Acción BIM IDU 2024–2027

A pesar del alto porcentaje de adopción en nuevas adjudicaciones, el Plan de Acción BIM IDU 2024–2027 reconoce explícitamente que la entidad enfrenta el desafío de madurar tecnológicamente, pasando de la incorporación contractual de BIM hacia su uso efectivo como herramienta de seguimiento, control y toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida. Este plan se estructura en cinco etapas: transformación, ejecución, seguimiento, medición y retroalimentación, y traza un horizonte de consolidación al año 2027.

Las líneas de acción vigentes se concentran en cuatro frentes que revelan con precisión el estado actual de la implementación y sus brechas operacionales.

El primero es la consolidación del Entorno Común de Datos (CDE) y el trabajo colaborativo. El IDU opera desde 2021 con la plataforma Autodesk Construction Cloud (ACC)

como entorno centralizado de gestión de información, pero la integración efectiva de terceros en particular las Empresas de Servicios Públicos (ESP) y entidades distritales como la Secretaría de Movilidad, ETB, Enel y el Acueducto sigue siendo un objetivo en proceso de alcanzar (Instituto de Desarrollo Urbano, 2024). La coordinación interinstitucional a través del CDE es reconocida como condición necesaria para eliminar las pérdidas de información, los versionamientos no controlados y los reprocesos que caracterizan el modelo tradicional de gestión.

El segundo frente es la integración BIM-SIG. Se están adelantando proyectos piloto para integrar la información paramétrica de los modelos BIM con el Sistema de Información Geográfica del IDU (SIGIDU), lo que resulta esencial para la gestión predial, el análisis ambiental y el trazado de infraestructura lineal. Esta integración, liderada de forma conjunta por el equipo táctico BIM y la Dirección Técnica de Inteligencia de Negocio e Innovación (DTINI), representa un paso hacia la interoperabilidad real entre sistemas de información que históricamente han operado de manera independiente (Instituto de Desarrollo Urbano, 2024).

El tercer frente corresponde a la estandarización bajo la norma ISO 19650. El Manual Operativo BIM, en proceso de elaboración, definirá la nomenclatura, la estructura de carpetas, los Niveles de Información Necesaria (LOIN) y las pautas para la coordinación de modelos multidisciplinarios. Paralelamente, el equipo táctico tiene asignada la responsabilidad de contribuir a la definición de requisitos para extensiones IFC y el mapeo de requisitos de intercambio de información (EIR), orientando la adopción hacia formatos abiertos que garanticen la interoperabilidad entre plataformas (Instituto de Desarrollo Urbano, 2024).

El cuarto frente, y el más directamente relevante para los propósitos de esta monografía, es el seguimiento y control mediante tableros de control. El plan 2024–2027 establece entre sus objetivos de corto plazo 2024 a 2025 el desarrollo de tableros de control alimentados por datos

extraídos directamente del modelo BIM, como mecanismo para hacer seguimiento efectivo a los contratos que implementan la metodología. El propio documento del IDU describe el procedimiento: los datos del modelo pueden extraerse mediante vinculación directa a la base de datos, hojas de cálculo o archivos CSV estructurados, y ser procesados a través de herramientas de gestión de información para crear vinculaciones dinámicas que permitan el seguimiento en el tiempo (Instituto de Desarrollo Urbano, 2024). A mediano plazo, el plan prevé la medición de KPIs en proyectos y fases terminadas, y a largo plazo, la medición del retorno de la inversión de la implementación BIM y el alcance de un alto nivel de madurez.

Este panorama revela que el IDU se encuentra en una etapa de transición crítica: ha consolidado la adopción formal de BIM en sus proyectos, pero aún está construyendo la capacidad operacional para aprovechar plenamente el potencial informacional de los modelos en el seguimiento y control de la ejecución. La extracción sistematizada de indicadores clave de desempeño desde modelos BIM, su transformación en tableros de control y su uso para la toma de decisiones en tiempo real constituyen precisamente la brecha que el presente trabajo busca atender mediante el desarrollo de un marco metodológico aplicado al proyecto IDU 1674, Grupo 3 — Avenida Ciudad de Cali.

4.2 Identificar los indicadores clave de desempeño (KPIs) más relevantes para el seguimiento y control del proyecto IDU 1674, grupo 3 – avenida ciudad de Cali en Bogotá.

El proyecto seleccionado corresponde al Grupo 3 de un corredor de infraestructura vial urbana en Bogotá, con una longitud aproximada de 1.67 km, localizado entre la Avenida Villavicencio y la Avenida Manuel Cepeda Vargas. Esta intervención hace parte del

fortalecimiento del sistema de transporte masivo TransMilenio, orientado a mejorar la movilidad, accesibilidad y conectividad en un sector de alta demanda urbana.

Desde el punto de vista técnico, el proyecto comprende la construcción, adecuación y modernización de un corredor troncal, el cual integra múltiples componentes de infraestructura, tales como: calzadas exclusivas para transporte masivo, carriles mixtos, espacio público asociado, intersecciones viales y obras complementarias. Dentro de sus elementos más representativos se destacan las estaciones Patio Bonito y Biblioteca El Tintal, las cuales constituyen nodos estratégicos de operación y transferencia de pasajeros.

El desarrollo del proyecto se ejecuta bajo el contrato IDU 1653-2020 por Obrascon Huarte Lain S.A., con interventoría de MAB Ingeniería de Valor S.A., y supervisión del Instituto de Desarrollo Urbano. La inversión destinada a la obra es del orden de \$128.484 millones COP, con una interventoría aproximada de \$13.469 millones COP, lo cual evidencia la magnitud técnica y económica del proyecto.

En términos de planificación, el proyecto se estructura en tres fases principales: pre-construcción (6 meses), construcción (22 meses) y mantenimiento (60 meses), incorporando un enfoque de ciclo de vida que trasciende la ejecución de obra e incluye la operación y conservación de la infraestructura.

Desde la perspectiva BIM, este proyecto representa un caso de estudio idóneo debido a su alto nivel de complejidad, extensión lineal y diversidad de disciplinas involucradas (vías, transporte, espacio público y gestión urbana). La implementación de un tablero BIM permite centralizar, integrar y visualizar información clave del proyecto, facilitando el seguimiento de indicadores de avance, control de costos, gestión de interferencias y análisis del cumplimiento de

la programación. Asimismo, posibilita la toma de decisiones basada en datos, mejorando la eficiencia en la gestión del proyecto y la comunicación entre los diferentes actores involucrados.

Para el seguimiento y control contractual del **Proyecto IDU 1674 (Contrato 1653-2020)**, correspondiente al Grupo 3 de la Avenida Ciudad de Cali, es fundamental alinear los indicadores con las fases de pre-construcción y ejecución, considerando que se trata de una obra de gran magnitud con una inversión que supera los \$128.000 millones de pesos.

A continuación, se presentan los indicadores clave (KPIs) más relevantes, seleccionados bajo los lineamientos técnicos del IDU para asegurar la transparencia y eficiencia en la gestión de esta infraestructura vial:

4.2.1 KPI de avance físico (4D)

Estos indicadores permiten monitorear el cronograma de 22 meses de construcción y mitigar retrasos en un corredor de alta demanda urbana.

- *Variación en la Programación de Obra:*
 - *Objetivo:* optimizar la secuencia constructiva y detectar desviaciones de forma temprana.
 - *Cálculo:* $(\text{Días Reales} - \text{Días Programados}) / \text{Días Programados}$.
 - *Relevancia Contractual:* permite al IDU y a la interventoría visualizar en el modelo qué frentes de obra (ej. Estación Patio Bonito) presentan retrasos críticos frente al plan original.
- *Días de Actividades No Programadas (ANP):*
 - *Objetivo:* medir la eficiencia de la planeación y la reducción de imprevistos.
 - *Cálculo:* $(\text{Días de Actividades No Programadas} - \text{Días Meta}) / \text{Días Meta}$.

- *Relevancia Contractual*: controla el impacto de eventos externos o falta de definición técnica que no fueron contemplados inicialmente.

4.2.2 KPI control de costos y cantidades (BIM 5D)

Dado el alto presupuesto del proyecto, la precisión en las cantidades es vital para evitar adiciones presupuestales innecesarias.

- *Exactitud de Cantidades de Obra*:
 - *Objetivo*: comparar las cantidades extraídas del modelo BIM contra las cantidades realmente ejecutadas y pagadas en acta.
 - *Cálculo*: $(\text{Cantidad Modelo} - \text{Cantidad Ejecutada}) / \text{Cantidad Modelo}$.
 - *Relevancia Contractual*: garantiza que los recursos públicos se asignen con base en datos técnicos verificables, reduciendo reclamaciones por mayores cantidades de obra.

4.2.3 KPI de calidad y coordinación (BIM 3D)

Este indicador es crítico para este proyecto debido a la complejidad de las redes de servicios públicos y la infraestructura de estaciones.

- *Índice de Resolución de Interferencias (Clashes)*:
 - *Objetivo*: reducir reprocesos y demoliciones por cruces no detectados entre disciplinas (ej. alcantarillado vs. estructura de calzada).
 - *Cálculo*: número de interferencias detectadas en campo / m² de intervención.

- *Relevancia Contractual*: un índice bajo demuestra una alta calidad en la coordinación de los modelos de diseño y pre-construcción, evitando costos extra en la fase de obra.

4.2.4 KPI de gestión y adopción BIM

Mide el cumplimiento de la metodología por parte del contratista según los estándares exigidos por la entidad pública.

- *Índice de Madurez BIM del Proyecto*:
 - *Objetivo*: evaluar el cumplimiento de los Requisitos de Intercambio de Información (EIR) definidos por el IDU.
 - *Cálculo*: nivel de cumplimiento de estándares ISO 19650 en la entrega de modelos.
 - *Relevancia Contractual*: asegura que la información generada sea útil para la futura etapa de mantenimiento (60 meses) y operación del sistema TransMilenio.

4.3 Propuesta metodológica para la construcción de un tablero BIM del proyecto IDU 1674, grupo 3 – avenida ciudad de Cali en Bogotá.

Como resultado de la aplicación del marco metodológico propuesto, se desarrolló un tablero BIM orientado al seguimiento y control del avance físico del proyecto IDU 1674, Grupo 3 – Avenida Ciudad de Cali en Bogotá. Este tablero integra información proveniente de los modelos BIM y de las bases de datos asociadas al proyecto, permitiendo la visualización consolidada de indicadores clave de desempeño (KPIs) relacionados con la programación y ejecución de las actividades.

El tablero diseñado permite comparar de manera dinámica el avance programado frente al ejecutado, facilitando la identificación de desviaciones en el cumplimiento de metas físicas. A través de gráficos de barras y medidores de desempeño, se presenta una visión general del estado del proyecto, destacando porcentajes globales de avance y variación, lo que contribuye a una lectura rápida y efectiva de la información por parte de los actores involucrados.

Adicionalmente, se incorpora un módulo de seguimiento detallado por actividades, en el cual se desagrega el avance físico de cada componente del proyecto, tales como ciclorrutas, estaciones, corredores viales y espacio público. Esta funcionalidad permite identificar de manera específica los frentes de obra con mayores rezagos o avances significativos, fortaleciendo los procesos de control y toma de decisiones.

El tablero también integra filtros y segmentaciones de información, como reportes semanales y selección de componentes del proyecto, lo que permite analizar el comportamiento del avance en diferentes periodos de tiempo y niveles de detalle. Asimismo, se incluye la fecha de actualización de la información, garantizando la trazabilidad y confiabilidad de los datos presentados.

En conjunto, esta herramienta evidencia la aplicabilidad del marco metodológico propuesto, al transformar datos técnicos provenientes de entornos BIM en información visual, estructurada y útil para la gestión del proyecto. De esta manera, el tablero contribuye a mejorar la eficiencia en el seguimiento de obras de infraestructura pública, facilitando una gestión basada en datos, orientada a resultados y alineada con los principios de transparencia y control en la ejecución de recursos públicos.

5. Discusión

Los resultados obtenidos a partir del desarrollo del tablero BIM evidencian el potencial de la integración entre la metodología BIM y las herramientas de análisis de datos para el fortalecimiento de los procesos de seguimiento y control en proyectos de infraestructura pública. En particular, la posibilidad de consolidar información proveniente de diferentes fuentes en un entorno visual e interactivo permite superar las limitaciones asociadas a los métodos tradicionales de gestión, caracterizados por la dispersión de datos y la baja capacidad de análisis en tiempo real.

Desde una perspectiva teórica, el proyecto reafirma la relevancia de la interoperabilidad como un principio fundamental en la implementación de BIM, no solo en términos de modelación, sino también en la explotación de datos para la toma de decisiones. La estructuración de la información y su transformación en indicadores clave de desempeño (KPIs) demuestran que el valor de BIM trasciende la representación gráfica, posicionándose como una herramienta estratégica para la gestión integral de proyectos.

En cuanto a las implicaciones prácticas, el tablero desarrollado facilita la identificación oportuna de desviaciones entre el avance programado y ejecutado, lo que permite a los actores del proyecto adoptar medidas correctivas de manera anticipada. Asimismo, la visualización desagregada por actividades contribuye a un mayor control sobre los frentes de obra, optimizando la asignación de recursos y mejorando la eficiencia en la ejecución. Este enfoque resulta especialmente relevante en el contexto de la infraestructura pública, donde la transparencia y el control en el uso de los recursos son aspectos críticos.

No obstante, es importante reconocer algunas limitaciones asociadas al desarrollo de la herramienta. La calidad y confiabilidad de los resultados dependen en gran medida de la consistencia y actualización de la información de entrada, así como del nivel de estandarización

en la estructuración de los datos provenientes de los modelos BIM. Adicionalmente, la implementación del tablero requiere capacidades técnicas en el manejo de herramientas de análisis de datos, lo que puede representar una barrera en entornos con menor madurez digital.

A pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos validan la pertinencia del marco metodológico propuesto, al demostrar su aplicabilidad en un caso real y su capacidad para generar valor en la gestión de proyectos. En este sentido, el trabajo aporta una base sólida para futuras investigaciones orientadas a la automatización de flujos de datos, la integración con sistemas de información institucionales y la ampliación del uso de tableros BIM en diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos.

6. Conclusiones

- El desarrollo del presente trabajo permitió estructurar un marco metodológico claro y aplicable para el diseño e implementación de tableros BIM orientados al seguimiento y control de proyectos de infraestructura pública. A partir de una metodología en cuatro fases —diagnóstico, identificación de indicadores, definición de requisitos técnicos y desarrollo del tablero— se logró integrar de manera sistemática la información proveniente de modelos BIM con herramientas de análisis de datos.
- El análisis del estado actual evidenció que la gestión de información en proyectos de infraestructura vial pública en Bogotá presenta limitaciones asociadas a la fragmentación de datos, la ausencia de estandarización y la baja interoperabilidad entre sistemas, lo cual afecta la trazabilidad, la transparencia y la toma de decisiones. En este contexto, se confirma la necesidad de adoptar enfoques basados en metodologías digitales como BIM, que permitan una gestión más integrada y eficiente de la información.

- La implementación del tablero BIM en el caso de estudio del proyecto IDU 1674 – Grupo 3 demostró que es posible transformar información técnica en indicadores clave de desempeño (KPIs) visuales y dinámicos, facilitando el análisis del avance programado versus ejecutado, así como el seguimiento detallado por actividades. Esto contribuye a la identificación oportuna de desviaciones y al fortalecimiento de los procesos de control del proyecto.
- El tablero desarrollado constituye una herramienta funcional, interactiva y escalable, que mejora la gestión del seguimiento de obra y promueve una toma de decisiones basada en datos. Asimismo, aporta a la transparencia en la ejecución de recursos públicos, al permitir una visualización clara y centralizada del estado del proyecto para los diferentes actores involucrados.
- El marco metodológico propuesto presenta un alto potencial de replicabilidad en otros proyectos de infraestructura pública, siempre que se garantice la adecuada estructuración de la información y la interoperabilidad entre modelos BIM y plataformas de análisis de datos. No obstante, su implementación depende del nivel de madurez digital de las entidades y de la disponibilidad de capacidades técnicas para el manejo de estas herramientas.
- En el contexto de las políticas públicas y el impulso del mandato BIM en Colombia, este trabajo contribuye al fortalecimiento de la adopción de metodologías digitales en el sector de la infraestructura, alineándose con las directrices nacionales orientadas a mejorar la eficiencia, calidad y transparencia en la gestión de proyectos públicos.

7. Acerca de las referencias

En el presente documento, la gestión de las referencias bibliográficas se realizó conforme a las normas establecidas por el estilo APA (7ª edición), garantizando la correcta citación de las fuentes utilizadas tanto en el desarrollo teórico como en el análisis del tema abordado. Este enfoque permitió mantener la coherencia, trazabilidad y rigor académico en el uso de la información.

Se emplearon tanto citas textuales como citas parafraseadas, con el propósito de sustentar adecuadamente los argumentos expuestos. Las citas textuales fueron utilizadas cuando se consideró necesario conservar la precisión del planteamiento original de los autores, mientras que las citas parafraseadas permitieron integrar y contextualizar la información dentro del discurso propio del documento.

Las fuentes consultadas corresponden a diferentes tipos de documentos, entre los cuales se incluyen tesis de maestría, artículos científicos, documentos normativos y páginas web institucionales. Estas fuentes fueron seleccionadas bajo criterios de relevancia temática, confiabilidad y actualidad, priorizando aquellas publicaciones recientes que reflejan el estado actual de la implementación de la metodología BIM, especialmente en el contexto de la infraestructura vial en Colombia.

Dentro de las referencias más representativas se destacan los trabajos de Benavides Zambrano y Gómez Guacaneme (2025), quienes proponen una metodología para el desarrollo de proyectos de infraestructura vial mediante BIM; Díaz Peña y Cely Andrade (2024), quienes analizan estudios de caso sobre la implementación de esta metodología en proyectos de construcción; y Fonseca et al. (2024), quienes presentan un diagnóstico del estado actual de BIM aplicado a la infraestructura vial en Colombia. Asimismo, se incluyeron documentos institucionales del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), como el Plan de Acción BIM 2024–2027

y la Resolución 156 de 2021, los cuales aportan lineamientos normativos y estratégicos relevantes para el análisis.

La organización de las referencias se realizó en orden cronológico descendente, es decir, de la fuente más reciente a la más antigua, con el fin de resaltar la evolución y actualidad del conocimiento en el área de estudio. Para la gestión de las citas y la bibliografía se utilizó el administrador de referencias de Microsoft Word, herramienta que facilitó la inserción, edición y estandarización de las fuentes conforme a las normas APA.

Referencias

- Benavides Zambrano, A. M., & Gómez Guacaneme, C. A. (2025). *Propuesta metodológica para el desarrollo de proyectos de infraestructura vial mediante un modelo BIM*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Estrategia Nacional BIM 2020-2026*. Gobierno de Colombia.
- Díaz Peña, P. V., & Cely Andrade, Á. M. (2024). *Análisis de la implementación de la metodología BIM: estudios de caso de proyectos de construcción*. CITAS. doi:10.15332/24554529.10133
- IBM. (s.f.). *¿Qué es Business Intelligence?* Obtenido de IBM: <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/business-intelligence>
- Instituto de Desarrollo Urbano (IDU). (2021). *ETAPA 1: ADOPCIÓN BIM Y LAS COMPETENCIAS PROFESIONALES*. Instituto de Desarrollo Urbano, Bogotá D.C.
- Instituto de Desarrollo Urbano. (2024). *Plan de Acción BIM IDU 2024–2027*. Instituto de Desarrollo Urbano, Bogotá D.C.
- Jezreel Fonseca, P., Perez Corredor, N. S., & Zambrano Urbano, H. L. (2024). *Estado actual en la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) aplicada a la infraestructura vial en Colombia*. Avances Investigación en Ingeniería. doi:10.18041/1794-4953/avances.12141
- McKinsey Global Institute. (2017). *Un futuro que funciona: automatización, empleo y productividad*.

Project Management Institute. (2021). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK®)* (7 ed.). Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute.

Speckle Systems. (s.f.). *Welcome to Speckle*. Obtenido de Speckle Docs: <https://docs.speckle.systems/quickstart/welcome>

Tableau Software. (s.f.). *¿Qué es la inteligencia de negocios (BI)?* Obtenido de Tableau: <https://www.tableau.com/es-mx/learn/articles/business-intelligence>

Varela Romero, A. (5 de marzo de 2018). *Información visual al alcance de un tablero*. Obtenido de buildingSMART Spain: <https://www.buildingsmart.es/2018/03/05/informaci%C3%B3n-visual-al-alcance-de-un-tablero/>

World Economic Forum. (2016). *The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. enero.