



**Evaluación del Impacto de la Metodología BIM en Algunos Proyectos de
Infraestructura Vial en Colombia.**

Alexandra Catalina Romero Alvarez

Diego Alejandro Ayala Monje

Laura Mariana Cruz Peralta

Universidad EAN

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Maestría en Administración de Empresas (MBA)

Bogotá, Colombia

28/noviembre/2023

**Evaluación del Impacto de la Metodología BIM en Algunos Proyectos de
Infraestructura Vial en Colombia.**

Alexandra Catalina Romero Álvarez

Diego Alejandro Ayala Monje

Laura Mariana Cruz Peralta

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Administración de Empresas (MBA)

Director (a):

David Ricardo Ocampo Eljaiek

Modalidad:

Monografía

Universidad EAN

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Maestría en Administración de Empresas (MBA)

Bogotá, Colombia

28/noviembre/2023

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Ciudad, día/mes/año

Resumen

Como resultado de la evaluación del Building Information Modeling por sus cifras en inglés y en adelante BIM, se toma como referencia de una tendencia global para el sector de la arquitectura y la construcción en este trabajo denominado “Evaluación del impacto de la metodología BIM en algunos proyectos de infraestructura vial en Colombia”, donde el propósito inicial es conocer la forma en que las organizaciones del sector de la infraestructura vial de primer orden del país han implementado este modelo, pues de manera que para los proyectos de infraestructura vial de proyectos de vías primarias solo se ha encontrado información de algunos proyectos viales que se han estructurado bajo la implementación de la metodología BIM, en este sentido la presente investigación se basó en la información de dos proyectos de infraestructura vial como lo son; Villeta -Guaduas y Pasto - Popayán, que hasta el presente se encontraban en etapa de factibilidad, para de esta manera poder conocer los beneficios que se han obtenido de esta aplicación en relación con algunos factores como tiempos, costos, recursos, sostenibilidad, rendimientos, reducción de todos aquellos factores que puedan ser evidenciados en el desarrollo de estos proyectos, entre otros, y que hayan sido generados durante la ejecución de los mismos con la metodología BIM.

En el desarrollo de la investigación se analiza la información obtenida para las empresas o entidades que en el desarrollo de su objeto social o sus funciones se encargan de ejecutar proyectos de infraestructura vial en Colombia.

Palabras clave: BIM, construcción, arquitectura, diseño, proyectos, impacto, infraestructura, evaluación.

Abstract

As a result of the evaluation of Building Information Modeling by its figures in English and hereinafter BIM, it is taken as a reference of a global trend for the architecture and construction sector in this work called "Evaluation of the impact of the BIM methodology in some road infrastructure projects in Colombia", where the initial purpose is to know the way in which organizations in the road infrastructure sector of the first order. In this sense, this research was based on information from two road infrastructure projects such as; Villeta-Guaduas and Pasto-Popayán, which until now were in the feasibility stage, in order to know the benefits that have been obtained from this application in relation to some factors such as time, costs, resources, sustainability, yields, reduction of all those factors that may be evidenced in the development of these projects, among others, and that have been generated during the execution of the same with the BIM methodology.

In the development of the research, the information obtained for the companies or entities that in the development of their corporate purpose or functions are responsible for executing road infrastructure projects in Colombia is analyzed.

Keywords: BIM, construction, architecture, design, projects, impact, infrastructure, evaluation.

Contenido

	Pág.
Lista de Figuras.....	10
Lista de Tablas	11
Introducción	12
Objetivos.....	14
<i>Objetivo General.....</i>	<i>14</i>
<i>Evaluar el impacto de la implementación de la metodología BIM en los proyectos de infraestructura vial realizados por entidades adscritas al Ministerio de Transporte en Colombia, caso Villeta – Guaduas y Pasto – Popayán.....</i>	<i>14</i>
<i>Objetivos Específicos</i>	<i>14</i>
Justificación para la Evaluación del Impacto de la Metodología BIM en Algunos Proyectos de Infraestructura Vial en Colombia	15
Marco Teórico para la Evaluación del Impacto de la Metodología BIM en Algunos Proyectos de Infraestructura Vial en Colombia	17
Hipótesis Aplicada a la Evaluación del Impacto de la Metodología BIM en Algunos Proyectos de Infraestructura Vial en Colombia	45
Variables Aplicadas a la Evaluación del Impacto de la Metodología BIM en Algunos Proyectos de Infraestructura Vial en Colombia.....	48
Metodología para la Evaluación del Impacto de la metodología BIM en Algunos Proyectos de Infraestructura Vial en Colombia	51

<i>Enfoque y Alcance de la Investigación</i>	51
<i>Instrumentos de Medición Utilizados para la Evaluación del Impacto de la Metodología BIM en Algunos Proyectos de Infraestructura Vial en Colombia</i>	60
<i>Técnicas para el Análisis de la Información de la Metodología BIM</i>	62
Trabajo de Campo para la Evaluación del Impacto de la Metodología BIM en Algunos Proyectos de Infraestructura Vial en Colombia	63
Aplicación del Instrumento en la Agencia Nacional de Infraestructura ANI	65
Entrevista a Experto BIM de la Agencia Nacional de Infraestructura ANI	78
Discusión Sobre los Resultados Obtenidos del Trabajo de Campo	84
Conclusiones y Trabajo Futuro	95
<i>Conclusiones</i>	95
<i>Trabajo Futuro</i>	97
Referencias	102
Anexos	108
A. Derecho de Petición	108
B. Respuesta del Derecho de Petición por Parte de la Agencia Nacional de Infraestructura Vial - ANI	109
C. Cuestionario de Investigación Resuelto	111

D. Evidencias de la reunión con la Agencia Nacional de Infraestructura - ANI

113

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1	16
Figura 2	19
Figura 3	20
Figura 4	22
Figura 5	23
Figura 6	27
Figura 7	28
Figura 8	28
Figura 9	29
Figura 10	30
Figura 11	31
Figura 12	35
Figura 13	41
Figura 14	42
Figura 15	43
Figura 16	44
Figura 17	45
Figura 18	56
Figura 19	56
Figura 20	58
Figura 21	59
Figura 22	61
Figura 23	62

Figura 24	65
Figura 25	66
Figura 26	67
Figura 27	68
Figura 28	70
Figura 29	72
Figura 30	73
Figura 31	74
Figura 32	75
Figura 33	76
Figura 34	84
Figura 35	85
Figura 36	88
Figura 37	89
Figura 38	91
Figura 39	92

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1	18
Tabla 2	21
Tabla 3	25
Tabla 4	34
Tabla 5	37
Tabla 6	39
Tabla 7	49
Tabla 8	52
Tabla 9	53
Tabla 10	55
Tabla 11	57
Tabla 12	64
Tabla 13	71
Tabla 14	78
Tabla 15	80
Tabla 16	82
Tabla 17	86
Tabla 18	87
Tabla 19	88
Tabla 20	89
Tabla 21	92

Introducción

Castro en su estudio menciona que... [la construcción es una de las industrias que más influye en la economía del país, esta representa el 54% del aparato productivo colombiano y se evidencia en el Producto Interno Bruto (PIB)], en este indicador, está representado con un porcentaje del 5.1% y genera el 6.8% de empleo en todo el país, valores en precios corrientes. Sin embargo, este sector al desarrollar sus proyectos de forma tradicional, constantemente en el día a día presenta algunas dificultades que comúnmente se conocen como imprevistos, que conllevan a no conocer los costos finales generando inestabilidad en las entregas de los proyectos de construcción público-privados del país, lo cual se ve reflejado en las bajas en la productividad del sector ya que estas problemáticas ocurren en todas sus etapas desde el inicio en sus estudios, hasta la ejecución y operación (Castro, 2022).

Para este documento se tiene en cuenta que la metodología BIM, se conoce como un método de trabajo participativo y colaborativo que crea, implementa y gestiona un proyecto de un edificio o una infraestructura durante su periodo de ejecución, y para este trabajo de monografía nos permitió direccionar la investigación en esta metodología en busca de saber si las entidades encargadas de contratar y ejecutar estos proyectos, realmente optimizan recursos económicos, tiempos y tener un control; del mismo modo, se caracteriza por ser un proceso en el cual se comparte y se usa información estandarizada en un entorno digital durante todo el ciclo de vida de un proyecto (Meana et al, 2019).

En Colombia el grupo BIM está integrado por el Departamento Nacional de Planeación - DNP, la Financiera de Desarrollo Nacional (FDN), el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio; este grupo desarrolló en el año 2020 un documento que contiene la Estrategia Nacional BIM 2020 - 2026¹ mencionada anteriormente; esta estrategia está

¹ Es la estrategia nacional, impulsada por el gobierno colombiano para la modernización del sector de la construcción e infraestructura en el país.

soportada en el documento CONPES 3975², en donde se destaca la necesidad de estandarizar los procesos del sector de la construcción, con el fin de que sean procesos más transparentes y auditables, con el fin de mejorar y tener un sector más eficaz y productivo, de igual forma, se evidencia un cronograma de implementación de la metodología BIM en las diferentes carteras públicas bien sean de la rama distrital o nacional, donde se estima que finalizando la vigencia 2026, se tenga la metodología BIM implementado a nivel nacional; sin embargo, en el desarrollo de esta monografía se tendrán en cuenta dos (2) proyectos de infraestructura vial, los cuales están actualmente en etapa de factibilidad³ según lo informado por la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), estos proyectos son: Villeta – Guaduas y Pasto – Popayán, la razón por la cual se tienen en cuenta estos dos (2) proyectos es porque hacen parte de los proyectos que realizan la implementación de la metodología BIM, que están estructurados por la ANI y se encuentran en etapa de factibilidad, de acuerdo con la etapa en la que se encuentran aún no es posible evidenciar la aplicación y ejecución de la metodología debido a que hace menos de un año se viene implementando en este sector.

De acuerdo con lo anterior, en el presente trabajo de monografía se busca responder la siguiente pregunta de investigación y la resolveremos en el desarrollo del trabajo:

¿Cuál ha sido el impacto que ha tenido la implementación de la metodología BIM en los proyectos de infraestructura vial de Villeta – Guaduas y Pasto – Popayán?

² Es el documento gubernamental que formula la política nacional para la transformación digital e inteligencia artificial en Colombia.

³ También llamada fase de pre-inversión y es la etapa donde se determina la visión del proyecto de construcción, se estudian los recursos necesarios, el impacto ambiental, social, económico de las obras, la normatividad vigente, los riesgos y diversos costos asociados a este, entre otros aspectos.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el impacto de la implementación de la metodología BIM en los proyectos de infraestructura vial realizados por entidades adscritas al Ministerio de Transporte en Colombia, caso Villeta – Guaduas y Pasto – Popayán.

Objetivos Específicos

- Medir el impacto de la metodología BIM en los proyectos de infraestructura vial Villeta – Guaduas y Pasto – Popayán, generando el levantamiento de información que permita tener un instrumento de evaluación.
- Comparar el impacto de la metodología BIM en la ejecución los proyectos Villeta – Guaduas y Pasto – Popayán frente al no uso de esta metodología.
- Realizar la evaluación del impacto de la metodología BIM en los proyectos de Villeta – Guaduas y Pasto – Popayán.

Justificación para la Evaluación del Impacto de la Metodología BIM en Algunos Proyectos de Infraestructura Vial en Colombia

Para la siguiente monografía tendremos en cuenta el Building Information Modeling (BIM) ya que es una de las nuevas tendencias que ha tomado relevancia a nivel mundial gracias a la innovación, la mejora de los procesos y la revolución tecnológica que, además responde a las actividades que adelanta el sector de la construcción y la arquitectura.

La importancia de implementar esta tendencia radica inicialmente en que reduce de manera significativa los errores en los diseños y además se gestiona, planea, controla y reduce el nivel de pérdidas, los desechos o desperdicios de materiales utilizados en los proyectos, garantizando un mejor desempeño y una acertada toma de decisiones (Bello & Osorio, 2022), es por ello que, las empresas o entidades públicas encargadas de la infraestructura vial en Colombia siempre deben estar atentas a implementar el estudio de la metodología para tomar la mejor decisión y que mejor les convenga con respecto a sus recursos y tiempo.

Es por esto que, realizar la evaluación del impacto que ha tenido la implementación de esta metodología en algunos proyectos de infraestructura vial en Colombia es sumamente importante, pues se considera que en el país es una metodología muy reciente y poco documentada que ha ido tomando relevancia y siendo conocida a través de las estrategias propuestas y lideradas por el Gobierno Nacional desde el año 2020 y proyectadas al 2026 a través de la estrategia nacional BIM y justificadas en el CONPES 3975.

Para llevar a cabo la evaluación propuesta, en el desarrollo de este trabajo se ha realizado la investigación de dos (2) proyectos de infraestructura vial que han implementado esta tendencia en el país, de modo que se pueda evidenciar de qué manera se ha logrado la revolución de los modelos de construcción tradicionales, de igual forma, que permita conocer de qué manera ha incidido en la productividad y en la digitalización de los procesos por medio de una gestión sostenible y sustentable, conociendo qué resulta útil para todas las etapas de

los procesos a través de la transferencia de conocimiento, mejorando los procesos colaborativos y la comunicación, disminuyendo errores, mejorando los análisis y los seguimientos, optimizando costos, tiempos y logrando ser eficientes en dichos proyectos de construcción (Ramírez, 2022).

Figura 1

Beneficios de la metodología BIM

	Planeamiento	Entrega	Operación
Económico	Mejor caso de negocios y selección de opciones	Control de costos y programas.	Menor costo de mantenimiento Mantenimiento predictivo
Ambiental	Evaluación del Impacto Ambiental de las opciones	Reducción de carbono Monitoreo de ruido y acústica.	Operaciones optimizadas Activos energéticamente eficientes
Social	Consulta pública e involucramiento	Reducción de riesgos de salud y seguridad	Tiempo de inactividad no programado minimizado

Nota: La grafica anterior evidencia de manera resumida los beneficios económicos, ambientales y sociales de la aplicación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura. La grafica fue tomada del Anexo 7 que lleva por título Metodología BIM y está relacionado con el proceso contractual Villeta – Guaduas publicado en Colombia Compra Eficiente (SECOP, 2021).

Marco Teórico para la Evaluación del Impacto de la Metodología BIM en Algunos Proyectos de Infraestructura Vial en Colombia

La metodología del Building Information Modeling por sus siglas en inglés BIM y que en español se traduce como modelado de información de construcción o edificación, es de suma importancia para el desarrollo del presente trabajo de investigación ya que se trata de un modelo de trabajo colaborativo empleado en la arquitectura, la ingeniería y la construcción, el cual surge como respuesta a los inconvenientes o retrasos que presentan los modelos tradicionales para la ejecución de los proyectos en algunos factores como la gestión del tiempo, la sostenibilidad, los costos y la eficiencia; logrando con esto, innovar y evolucionar la gestión de los procesos a través de la digitalización y el empleo de metodologías tecnológicas, de calidad, de buenas prácticas, a través de la estandarización y la inteligencia artificial a través de algunos software, aplicaciones y la nube, lo que facilita la interconectividad y el flujo efectivo de la información en todas las áreas o partes interesadas, garantizando la ejecución desde el inicio hasta finalizar el ciclo de vida de un proyecto, por lo que se considera uno de los temas más importantes en la gestión de activos.

El ciclo de vida de un proyecto de construcción vial con BIM, básicamente se puede resumir en cuatro etapas que son: la planeación, el diseño, la construcción y el mantenimiento del proyecto, estas cumplen una función muy importante para garantizar el éxito de un proyecto, ya que se pueden estudiar, analizar y prever situaciones con suficiente anticipación, reduciendo errores y mejorando la toma de decisiones. Para una mejor comprensión de estas etapas, en la siguiente tabla se presenta una breve descripción de cada una:

Tabla 1

Ciclo de vida de un proyecto con aplicación BIM

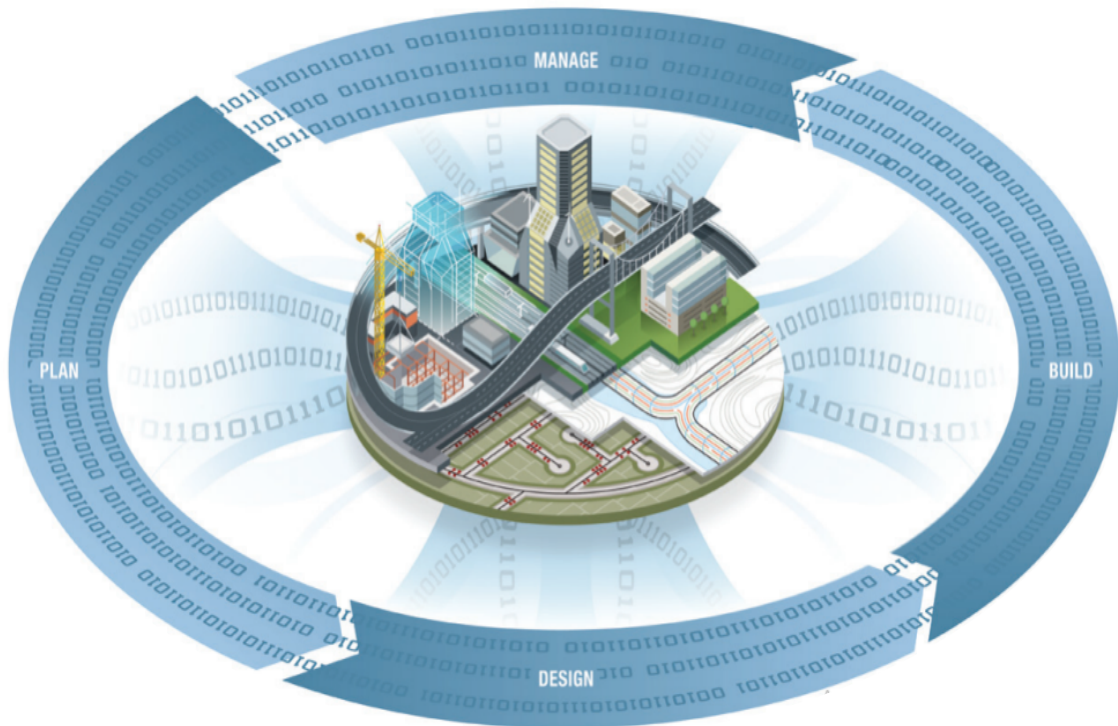
Ciclo de Vida de un Proyecto BIM	
Planeación	Consiste en identificar, analizar y coordinar todos los recursos necesarios para ejecutar un proyecto tales como: Recursos humanos, financieros, materiales, tiempos, entre otros para dar cumplimiento con el alcance de este. Consta de la fase de factibilidad y estudios previos.
Diseño	Consiste en definir el modelo que debe seguir la construcción y se desarrollan y socializan las primeras propuestas de diseño del proyecto.
Construcción y Operación	Consiste en la implementación efectiva del diseño que se concibió previamente. En esta fase se desarrolla la programación y la documentación gráfica del proyecto, y todo el periodo desde el comienzo de la construcción hasta la puesta en marcha y entrega.
Mantenimiento	Esta etapa se define como la supervisión del estado del proyecto de forma periódica.

Nota: Esta tabla explica de manera resumida, las etapas que componen el ciclo de vida de un proyecto bajo la metodología BIM. La tabla fue elaborada con información de (Montilla Duque, 2023).

De igual manera, a continuación, se presentan las 4 etapas del ciclo de vida de un proyecto empleando la metodología BIM de manera gráfica para una mejor comprensión del proceso.

Figura 2

Etapas del ciclo de vida de un proyecto con BIM

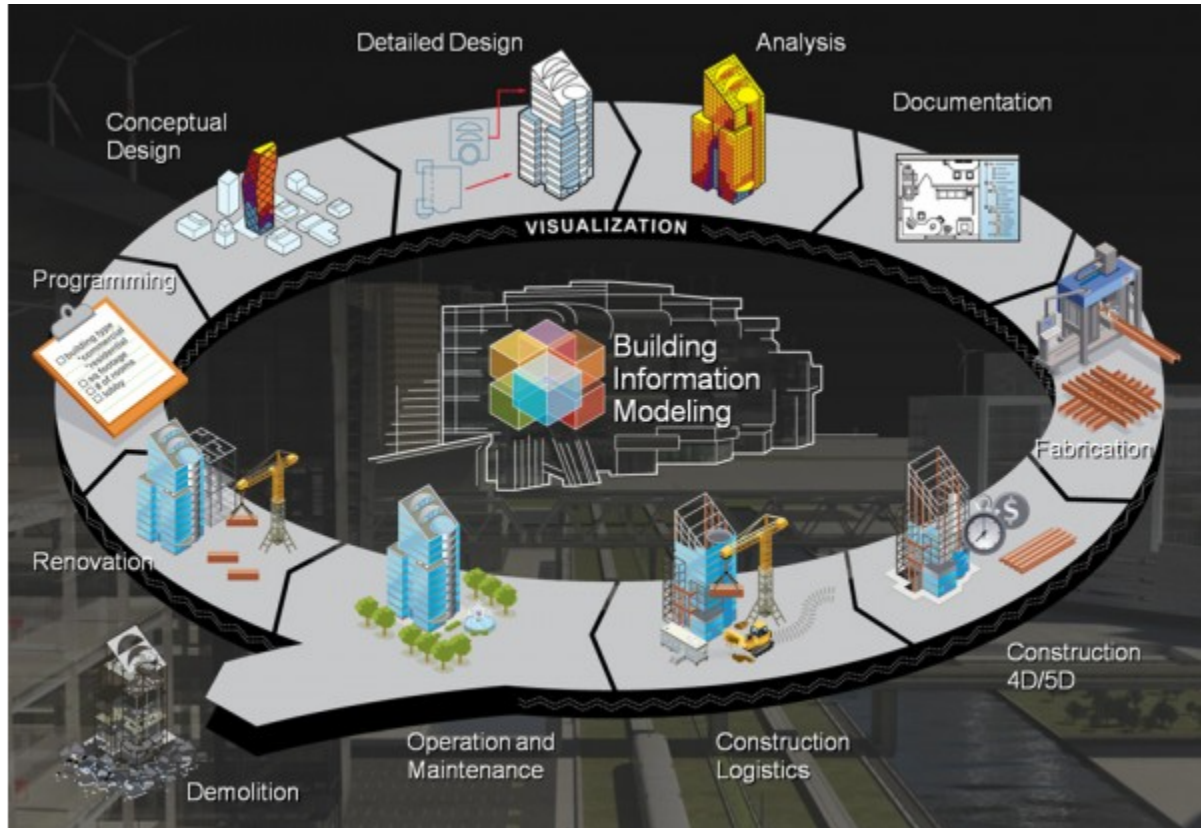


Nota: En la gráfica anterior se evidencia de manera gráfica las 4 etapas del proyecto de construcción vial: la planeación, el diseño, la construcción y la operación – mantenimiento a través de la implementación de la metodología BIM. Esta gráfica fue tomada de (Sonda MCO, 2015).

Por otra parte, con el fin de mostrar la amplitud del ciclo de vida de los proyectos con metodología BIM, la siguiente figura muestra una visión más amplia:

Figura 3

Etapas del ciclo de vida de un proyecto con BIM



Nota: En la gráfica anterior se evidencia de manera gráfica de un modelo virtual que contiene toda la información relacionada con la obra durante todo su ciclo de vida. Esta gráfica fue tomada de (Kaizen Arquitectura & Ingeniería , 2024)

Para la ejecución de la metodología BIM en los proyectos de construcción, se emplean siete dimensiones 7D, con las cuales se busca desarrollar la máxima calidad de un proyecto, generar mayor retorno económico de la inversión y mantener la competitividad en la industria.

Es por esto por lo que a continuación se detalla de manera resumida la función de cada una de las dimensiones de la metodología BIM en los proyectos.

Tabla 2

Dimensiones de la metodología BIM

Dimensiones	Elemento Característicos de la Dimensión	Elementos Asociados
1D	Investigación	Primeras estimaciones e investigación.
2D	Vector - boceto.	Documentación, planos, esquemas, entre otros.
3D	Espacio tridimensional.	Visualización en 3D.
4D	Tiempos.	Programación de la obra.
5D	Costos.	Presupuestos.
6D	Sostenibilidad.	Análisis de eficiencia energética, ventilación, iluminación, análisis estructural, simulaciones, entre otros.
7D	Mantenimiento	Inspecciones, reparaciones, entre otros.

Nota: la tabla anterior fue tomada y adaptada de (Mojica & Valencia, 2012). En esta se evidencian los elementos que caracterizan y se asocian a la metodología BIM en cada una de sus dimensiones.

De acuerdo con la tabla anterior, durante el proceso de construcción de algún proyecto se inicia con la idea dentro de la fase de planeación y se culmina con la fase de mantenimiento aplicando el seguimiento constante y necesario durante todo el proyecto. A continuación, se muestra de manera explicativa las 7 dimensiones de las que se trató la tabla anterior.

Figura 4

7 dimensiones (7D) de la metodología BIM

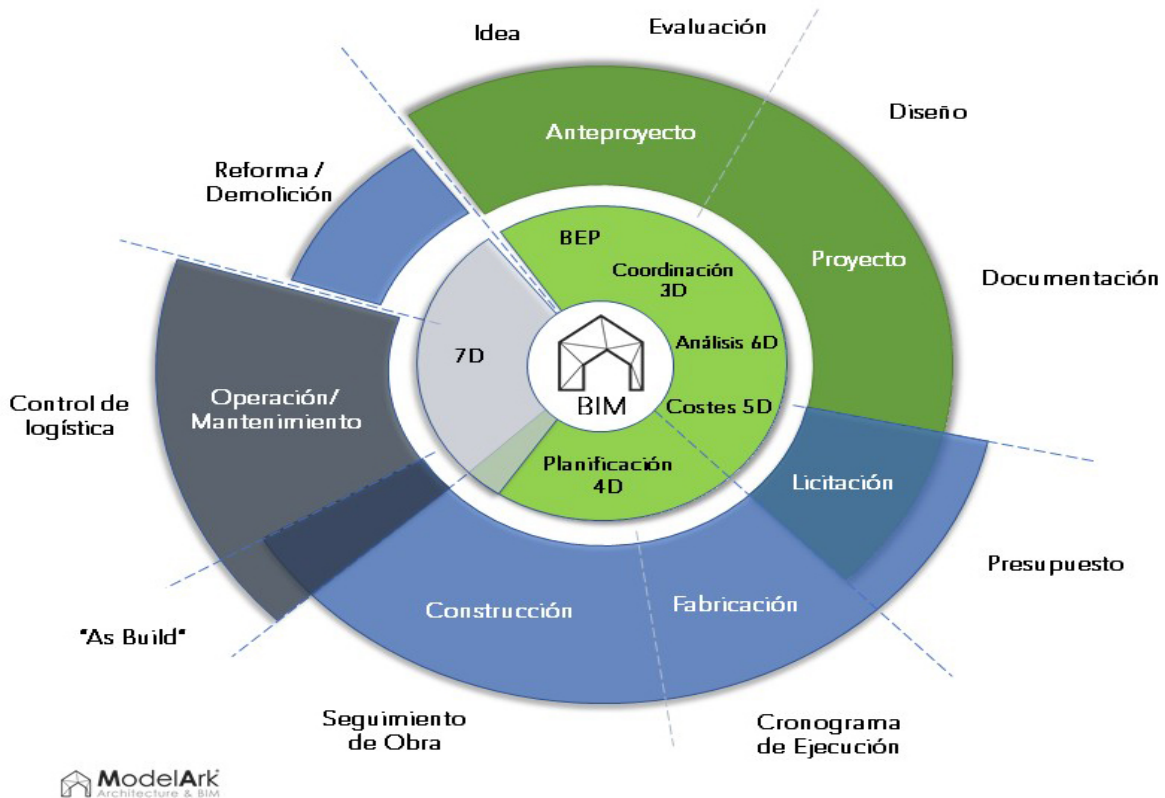


Nota: La grafica anterior muestra las siete (7) dimensiones que tiene la metodología BIM en el desarrollo de su aplicación a los proyectos de infraestructura, estas dimensiones permiten gestionar el ciclo de vida del proyecto. Imagen tomada de (Bimtool, 2019).

A continuación, se unifican las siete dimensiones de la metodología BIM y las etapas del ciclo de vida de un proyecto de construcción con esta metodología.

Figura 5

Las siete dimensiones (7D) de la metodología BIM en las 4 etapas del ciclo de vida



Nota: La imagen anterior representa de manera unificada las siete dimensiones de la metodología BIM y las cuatro etapas del ciclo de vida de los proyectos, inicialmente, se parte de planeación con la formulación de la idea y la creación del anteproyecto, continúa con el diseño y la formulación del proyecto, prosigue la construcción y operación de la obra, para finalizar con los controles y el mantenimiento pertinente. La imagen explicativa fue tomada de (ModelArk Architecture & BIM)

Seguidamente, para contextualizar un poco sobre la evaluación del impacto que ha tenido esta metodología en algunos de los proyectos de infraestructura vial en Colombia, inicialmente se presenta una investigación sobre su implementación a nivel mundial, la

adopción que ha tenido en algunos países, la normativa que la regula y, por último, se presenta la información recopilada de la metodología BIM en Colombia.

Los inicios de la metodología BIM como metodología y teniendo en cuenta los análisis realizados por Arévalo y Soto en su tesis de pregrado de ingeniería civil, la metodología BIM surge gracias al señor Chuck Eastman a quien actualmente se considera como el padre de este modelado, esto se debe a la publicación que realizó en la revista American Institute of Architects aproximadamente en el año 1975 (Arevalo & Soto, 2022). En este artículo Eastman describió el Building Description System o Sistema de descripción de edificios (BDS), que es un programa informático en donde se evidencian las aproximaciones de las propuestas para el diseño y el modelado en 3D, siendo este el aporte más significativo de la época para lo que hoy se conoce como BIM.

Por otro lado, como indican los mismos autores para el año 1980 se identificaban los modelos de productos de construcción por sus iniciales BPM y (Building Products Models) en Estados Unidos, lo que en países como Finlandia y Europa se denominaban PIM (Product Information Model) o modelos de productos de información, lo que terminó con la combinación de ambas terminologías y finalmente sintetizó lo que hoy se conoce como BIM (Building Information Modeling) marcando un hecho fundamental que permite conocer las raíces etimológicas de este modelo y facilita una mejor comprensión para la evaluación propuesta por esta investigación monográfica. Una vez conocido el término BIM como modelo de construcción, se infiere que la primera publicación en la que apareció fue un paper titulado “Threedimensional Input and Visualization” que traduce “Entrada y visualización tridimensional” y donde se expuso las bases de este modelado que fue escrito por Robert Aish en 1986 (Mojica & Valencia, 2012).

Adicionalmente, es importante mencionar que, durante las décadas de los años 1980 y 1990, otros sucesos contribuyeron con la evolución de este modelo; pues para esta época,

Leonid Raiz y Gabor Bojar creadores del software de diseño Revit y ArchiCAD⁴, realizando trabajos con este software como una herramienta que surgió antes de la metodología BIM y que ha contribuido en la digitalización de los proyectos, al ser un programa usado en las construcciones con BIM. (Blanco et al, 2021).

En línea con la investigación de estos autores, se destacan los avances de este software en mención puesto que resalta la evolución de la metodología BIM a nivel tecnológico, considerando que se caracteriza por estar orientado al modelado digital y es una herramienta utilizada en los proyectos de construcción de carreteras con implementación BIM; por tanto, a continuación, se presentan algunas características de los principales software implementados en este tipo de proyectos.

Tabla 3

Características de los principales software empleados en la construcción con BIM

Características de los Principales Software BIM		
Autodesk REVIT	Graphisoft ArchiCAD	SIMILITUDES
		Ambos son herramientas de la metodología BIM.
Primer software de diseño arquitectónico totalmente paramétrico.	Es el software para el diseño paramétrico ⁵ de arquitectura más antiguo.	Los dos software permiten la colaboración en tiempo real y la gestión de cambios por parte de los profesionales del proyecto.

⁴ Autodesk Revit es un software de diseño inteligente de modelado BIM para arquitectura e ingeniería, que facilita las tareas de diseño de proyecto y los procesos de trabajo.

ArchiCAD es un software para gestionar y centralizar toda la información necesaria para la construcción.

⁵ Permite crear una infraestructura de manera virtual con elementos como paredes, techos, entre otros, algunos de estos ya están prediseñados en la aplicación.

Usa un archivo único que contiene toda la información del proyecto y puede compartirse con múltiples usuarios.

Se organiza en torno a un archivo único o base de datos central similar a Revit pero está más desarrollada y cualquier cambio que se realice se sincroniza automáticamente.

Ambos programas tienen herramientas de dibujo avanzadas.

Está enfocado en la documentación, la coordinación y la construcción.

Centra su enfoque en el diseño inicial y la exploración de opciones. Mayor capacidad para el diseño de estructuras.

Ambos programas permiten la integración con otras herramientas de diseño y software de construcción.¹

Utiliza tablas para capturar, filtrar, ordenar, visualizar y compartir de forma más eficaz los datos del proyecto.²

Se comunica eficazmente con varias aplicaciones especializadas, como Cinema 4D (infografía), Presto, Arquímedes y Gesto (mediciones y presupuestos), la suite de Cype de instalaciones mecánicas y eléctricas a través del modelado en 2D y 3D.

(cálculo de estructuras e instalaciones), Tricalc (cálculo de estructuras), Líder y Calener (del CTE), Maxoform (modelado de formas libres).

Tiene dos aplicaciones gemelas, Revit MEP y Revit Structure, especializadas en la generación de objetos de instalaciones y estructurales respectivamente que se conectan dinámicamente con herramientas de cálculo especializado.

No solo funciona con Windows, sino que también permite otros sistemas operativos como macOS.

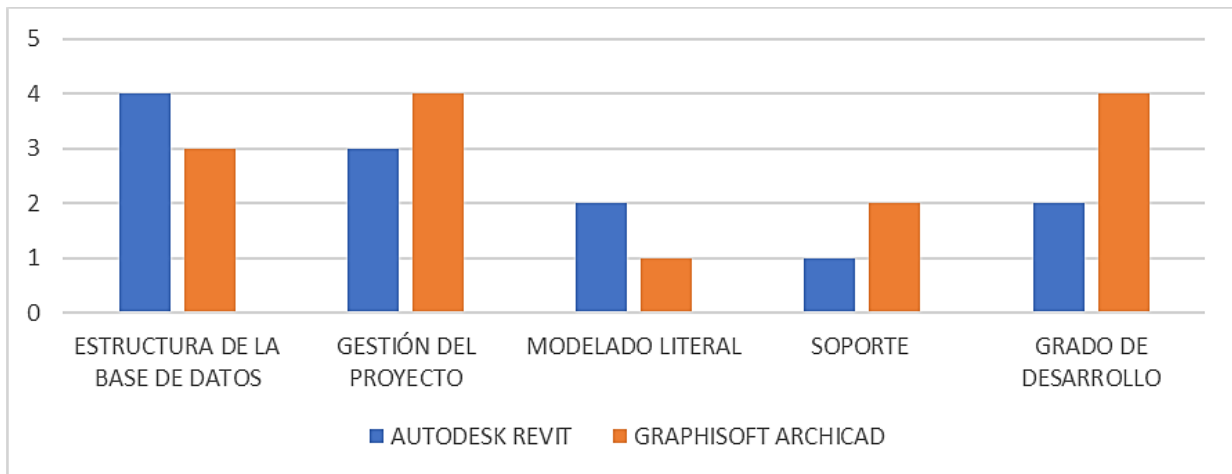
Admite solamente sistema operativo Microsoft® Windows® 10 u 11 de 64 bits

Nota: En la tabla anterior, se evidencian las principales características de los 2 principales software usados para la aplicación de la metodología BIM. Para el desarrollo de presente

trabajo es necesario revisar estos factores para comprender el aporte que cada uno de estos software le brinda a la metodología BIM y la forma en la que contribuye cada uno en la ejecución de proyectos de construcción. Esta representación gráfica ha sido elaborada con información de (Coloma, 2008), ¹ (Structuralia, 2023) y ² (SONDA, 2023).

Figura 6

Comparación de los 2 principales software relacionados con la metodología BIM.



Nota: En el gráfico anterior, se comparan los 2 principales software caracterizados de esta forma por ser pioneros en los inicios de la metodología BIM. Estos aspectos son de suma importancia para evaluar el impacto de este modelo, porque permiten una mejor comprensión de la tecnología empleada para desarrollar proyectos de infraestructura y permite validar si realmente mejora la gestión de los procesos. Esta representación gráfica ha sido elaborada con información de (Coloma, 2008).

A continuación, se presenta la aplicación de la metodología BIM a través de los dos software principales, descritos y detallados anteriormente.

Figura 7

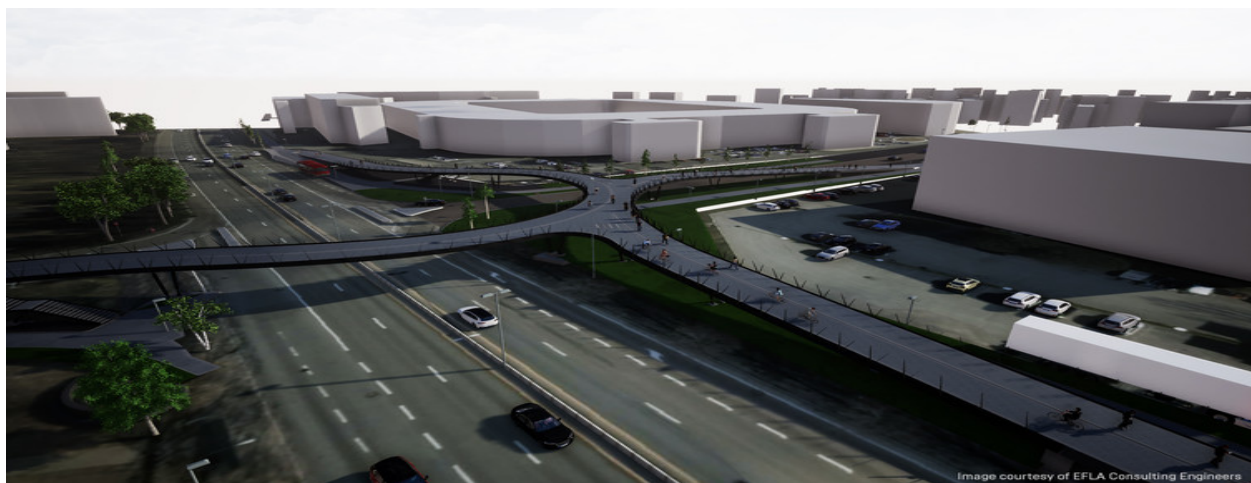
Modelado BIM para infraestructura vial con software Autodesk



Nota: En la gráfica anterior se evidencia un ejemplo del modelado utilizado para la construcción de un puente sobre infraestructura vial a través del software Autodesk. La imagen fue tomada de (Taveras & Cruz, 2018).

Figura 8

Modelado BIM de vía y puente con ArchiCAD y Twinmotion⁶



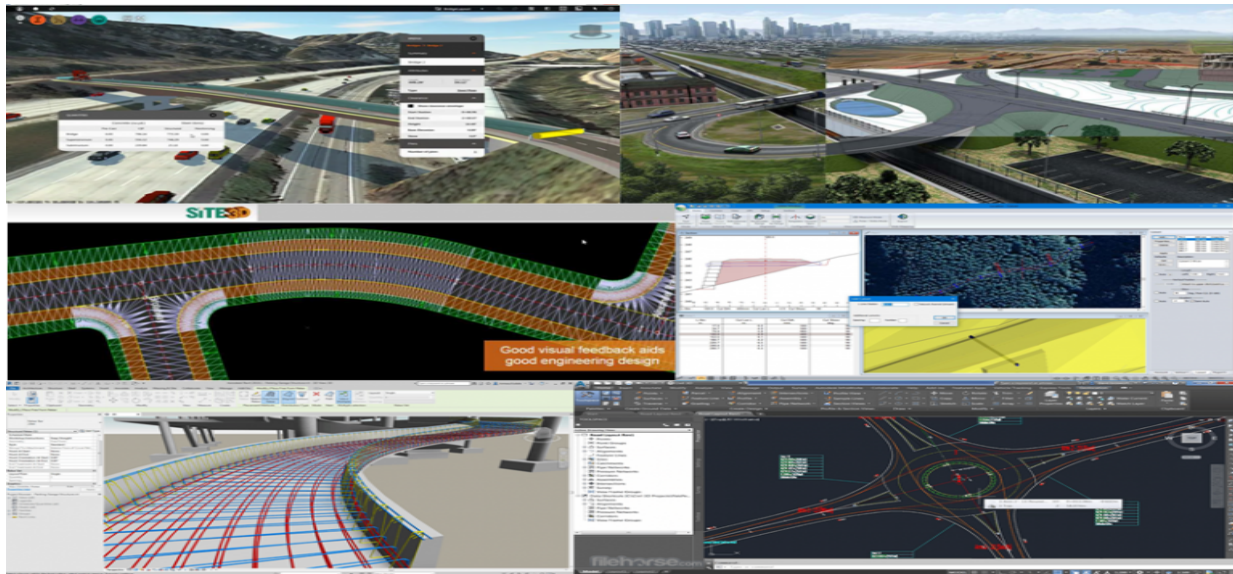
Nota: En la gráfica anterior se presenta un ejemplo del modelado en 3D en infraestructura vial a

⁶ Es un software integrado de ArchiCAD que permite el diseño en 3D y la visualización en tiempo real a través de la producción de imágenes de alta calidad y videos.

través del software ArchiCAD y su aplicación complementaria Twinmotion. Esta imagen fue obtenida de (Megan Schires, 2019).

Figura 9

Diseño de un proyecto de construcción vial a través de herramientas BIM



Nota: En la figura anterior se evidencian varios diseños realizados para la construcción de infraestructura vial, permitiendo la creación través de planos digitales con aspectos realistas gracias a la realidad virtual e inteligencia artificial de hoy día a través de la metodología BIM y sus herramientas. La gráfica fue tomada de (Pumasupa, 2022)

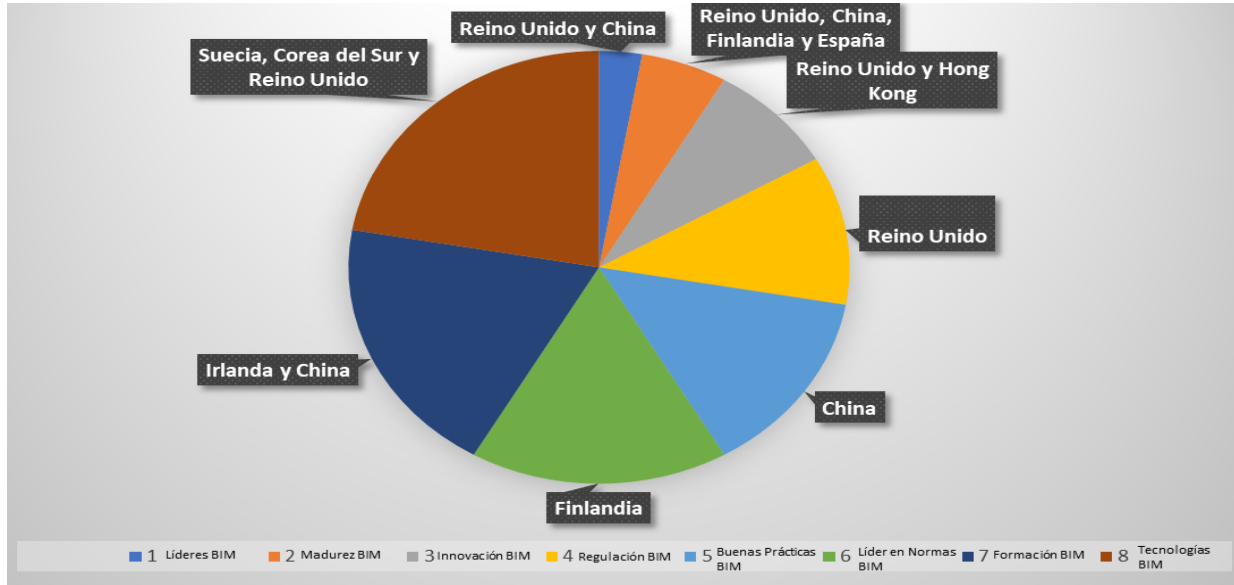
Por otro lado, es evidente que con el paso del tiempo se ha ido potencializando el conocimiento y la aplicación de la metodología BIM como una revolución tecnológica en los procesos de la construcción, sin embargo, para el desarrollo de esta investigación se hace necesario identificar la manera en la que se ha ido adoptando a nivel mundial considerando que, en algunos países como Colombia, es relativamente nueva. Según los resultados de la investigación realizada por José Fernández Tamames e Iván Zamarrón Mieza en 2018, para conocer el grado de implantación de la metodología BIM a nivel mundial en el que se clasifican

a los países sobre el nivel de la adopción de la metodología BIM de distintas maneras, por ejemplo, se reconoce a Reino Unido y China como los líderes en brindar los contenidos necesarios para implementar este modelo; según el grado de madurez, se destacan Reino Unido, China, Finlandia y España; según el grado de impulso e innovación se encuentran Reino Unido y Hong Kong, según el marco normativo y publicaciones reseñables es Reino Unido el país que más ha regulado esta iniciativa, mientras que China es líder en buenas prácticas y en aplicar las normas establecidas seguido de Finlandia como líder normativo y en el desarrollo de objetos. Sin embargo, en la formación en BIM resaltan Irlanda y China como los países más preocupados por estar a la vanguardia, mientras que Suecia, Corea del Sur y Reino Unido consideran que la tecnología es el medio más importante para adoptar de la metodología BIM en los procesos (Fernández & Zamarrón, 2018).

Para una mejor comprensión de lo mencionado, a continuación, se presenta la comparación de los países según el grado de implantación de la metodología BIM a nivel mundial.

Figura 10

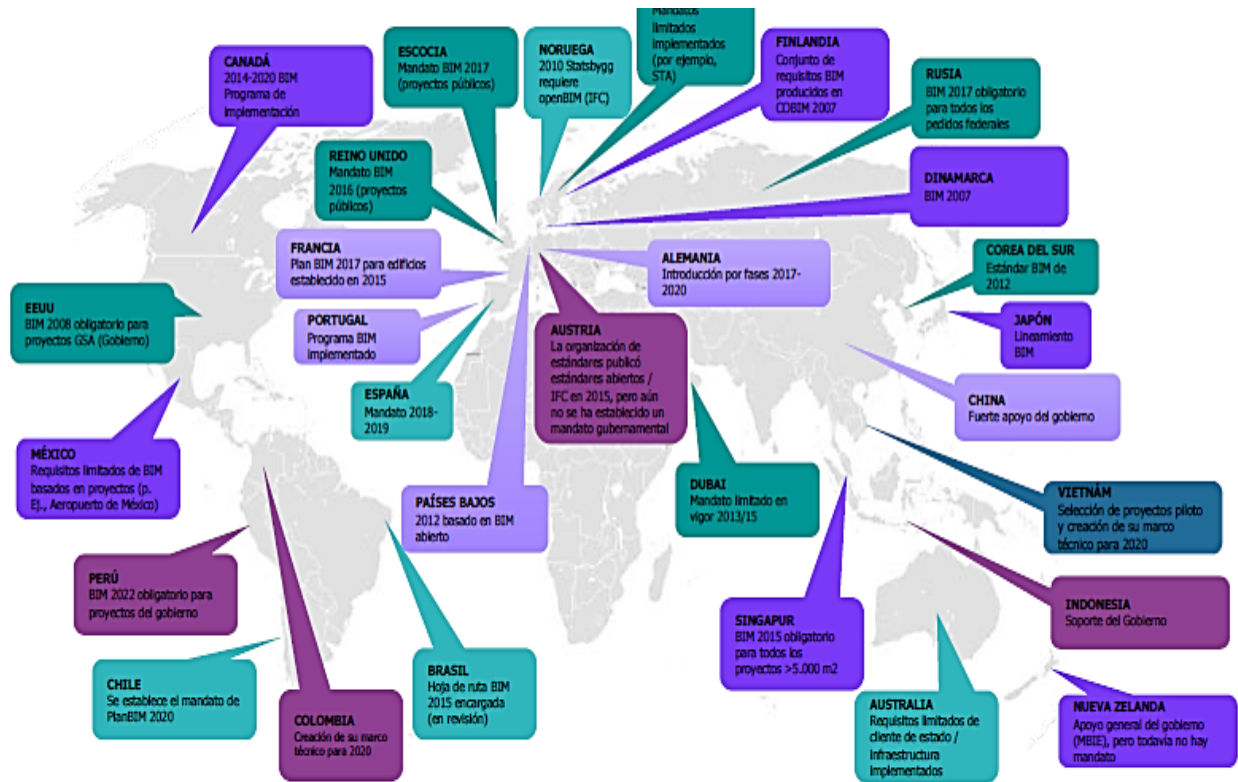
Grado de implantación de la metodología BIM a nivel mundial



Nota: El gráfico anterior permite visualizar la forma en la que la metodología BIM ha ido implementándose en cada uno de los países a nivel mundial y el rol tan importante que juegan los gobiernos de cada uno para que esta metodología pueda implantarse de forma apropiada y permita generar los resultados esperados, análisis que se considera importante para el presente trabajo ya que resalta el impulso de las políticas gubernamentales para el desarrollo y la modernización del sector de la construcción. Esta figura fue adaptada por los autores con información de José Fernández Tamames e Iván Zamarrón Mieza en 2018.

En línea con lo anterior, se presenta la adopción de la metodología BIM a nivel mundial según el Anexo 7 denominado metodología BIM y corresponde a la información contractual del proyecto Villeta – Guaduas publicado en el 2021.

Figura 11



Nota: La gráfica anterior muestra la adopción de la metodología BIM a nivel mundial y el estado de este en cada uno de los países en los que se implementa, esta gráfica fue tomada del Anexo 7 de la información contractual correspondiente al proyecto Villeta – Guaduas y publicada en (SECOP, 2021).

En este mismo sentido, en el continente americano la implantación de la metodología BIM cuenta con un desarrollo exponencial liderado por Estados Unidos siendo el país líder, seguido por Canadá y México; mientras que en Sudamérica, esta metodología ha tenido un lento crecimiento debido a varias causas como la deficiencia tecnológica, falta de formación e información, aspectos culturales como la construcción a través de modelos tradicionales, entre otros, sin embargo, se destacan los países de Colombia, Perú y Chile como los líderes en la implementación de la metodología BIM, según (Oberto, 2023).

Por otra parte, es importante resaltar las regulaciones que tiene la metodología BIM a nivel mundial, pues este se encuentra direccionado por normas técnicas internacionales con las que se pretenden garantizar las condiciones mínimas de gestión y control de la calidad en los proyectos BIM a través de los estándares ISO (International Organization for Standardization) y se caracterizan de la siguiente manera:

Tabla 4

Estándares ISO aplicados a la metodología BIM

Nombre de la Norma	Título	Contenido
Norma ISO 19650: 2018	Organización y digitalización de la información en edificaciones y obras de ingeniería civil, incluyendo el BIM (Building Information Modelling).	Gestiona la información durante el ciclo de vida de los activos construidos a través de la implementación del modelado BIM, a través de 4 partes. Parte 1: (ISO 19650-1) Conceptos y principios. Parte 2: (ISO 19650-2) Fase de entrega de los activos. Parte 3: (ISO 19650-3) Fase operacional de activos. Parte 4: (ISO 19650-4) Intercambio de información. Parte 5: (ISO 19650-5) Seguridad BIM.
Norma ISO 23387:2021	Modelado de información de construcción (BIM).	Establece los principios y conceptos, así como las plantillas de objetos de construcción.
Norma ISO 22057:2022	Sostenibilidad en edificación y obras de ingeniería civil.	Proporciona los principios y requisitos en temas ambientales para medir y evaluar el desempeño de las obras en su ciclo de vida.
Norma ISO 12911:2023	Marco para la especificación de la implementación de BIM.	Consiste en proporcionar todas las especificaciones para la implementación del (BIM) en la entrega y operación.

Nota: Los datos de la tabla anterior aportan valiosa información para el presente trabajo, porque en esta se evidencia la normatividad técnica internacional por la que se rige la metodología BIM, permitiendo validar las fases y los campos de acción de cada una de las normas para la construcción de infraestructuras, garantizando los requisitos en temas de gestión y calidad. Esta tabla fue elaborada con la información correspondiente a las normas (ISO, 2023).

La metodología BIM en Colombia

De acuerdo con la información anterior, es necesario mencionar que, aunque Colombia es catalogado como uno de los países líderes en la implementación de la metodología BIM, esta es relativamente nueva y se promueve a partir del año 2020 gracias a la estrategia del Gobierno Nacional BIM para los años 2020 a 2026 con la que se propone conseguir la modernización de algunos sectores de la economía como la infraestructura y la construcción en el país; esta estrategia es liderada por el Ministerio Vivienda, Ciudad y Territorio; el Ministerio de Transporte; Financiera de Desarrollo Nacional (FDN) y el Departamento Nacional de Planeación (DNP), en donde sus actores principales son la academia, el Gobierno Nacional y la industria como se presenta a continuación.

Figura 12

Organizaciones que lideran la metodología BIM en Colombia



Nota: La imagen anterior presenta las organizaciones estatales encargadas de liderar la metodología BIM en el país, de manera que promueven la estrategia nacional 2020 – 2026. Esta imagen fue tomada de (CAMACOL, 2020).

En el país actualmente se están gestionando algunas iniciativas como las propuestas por la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), que es la entidad líder del BIM en Colombia y ha hecho su gestión a través del ciclo de conferencias en implementación BIM, con el cual busca dar a conocer cuáles son los mitos y realidades que trae consigo el reto de la transformación digital de estos sectores, de igual forma, ha liderado la realización de cursos y diplomados, ha gestionado además, alianzas con entidades como el SENA⁷, la Universidad Javeriana y el clúster de construcción de la Cámara de Comercio de Bucaramanga; de igual forma, a través del Programa de Prosperidad del Reino Unido en Colombia en conjunto con Camacol Nacional y Camacol Valle, realizaron actividades de capacitación para mujeres y jóvenes en temas de construcción sostenible, buscando cerrar las brechas de género en este sector y buscando incentivar el fomento del conocimiento sobre la metodología BIM en el país. Así mismo, Camacol creó en 2017 la metodología BIM Forum Colombia, que es una propuesta para implementar herramientas digitales en este sector, a través de una plataforma en la cual se articulan actores y la gestión del conocimiento buscando mejorar la productividad y competitividad de este, cuenta además con una colección de documentos con la información suficiente para poder implementar esta mencionada metodología (CAMACOL, 2022).

En el estudio realizado por el CAF - banco de desarrollo de América Latina en 2022 para analizar el panorama actual de la metodología BIM en Latinoamérica y el Caribe, países como Colombia demuestran que el 64 % de la iniciativa para promover la implementación de este modelo se realiza a través de la metodología BIM Fórum de la cámara de la construcción nacional representando con esto un factor clave para apoyar las estrategias del sector público (Soto & Manríquez, 2023). De acuerdo con esta información, la metodología BIM Fórum de un país no es más que un conjunto de actores que trabajan en conjunto para lograr la tan

⁷ SENA: El Servicio Nacional de Aprendizaje es un establecimiento público del orden Nacional que ofrece formación gratuita a través de programas técnicos, tecnológicos y complementarios enfocados en el desarrollo económico, científico y social del país.

anhelada transformación digital del sector de arquitectura y construcción, convocando a las principales instituciones, profesionales y gestores de conocimiento para promover la metodología BIM en el territorio nacional.

En línea con lo anterior, se considera que la principal entidad que contrata proyectos de construcción vial en Colombia, es el Ministerio de Transporte a través del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), seguidamente se encuentra la Agencia Nacional de Infraestructuras (ANI), la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (AEROCIVIL), de igual forma, la Superintendencia de Puertos y Transporte (SUPERTRANSPORTE) y por último pero no menos importante, la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) (Mintransporte, 2016).

Tabla 5

Principales entidades relacionadas con la infraestructura vial en Colombia

Entidades Relacionadas con la Construcción de Infraestructura Vial en Colombia	
Ministerio de Transporte	Formula y adopta las políticas, planes, programas, proyectos y regulación económica en materia de transporte, tránsito e infraestructura de los modos de transporte carretero, marítimo, fluvial, férreo y aéreo y la regulación técnica. ^a
Instituto Nacional de Vías (INVIAS)	Ejecuta las políticas y proyectos relacionados con la infraestructura vial a cargo de la Nación. Entidad encargada de la estructuración, ejecución y operación de proyectos de infraestructura de transporte carretero, férreo, fluvial y marítimo a cargo, con procesos de desarrollo sostenible e innovación tecnológica y normativa, para el fortalecimiento del transporte intermodal. ^b

<p>Agencia Nacional de Infraestructuras (ANI)</p>	<p>Organiza la construcción de diferentes vías en todo el país como carreteras, ferrocarriles, puertos y las vías de los aeropuertos. Entidad encargada de planear, coordinar, estructurar, contratar, ejecutar, administrar y evaluar proyectos de concesiones y otras formas de Asociación Público-Privada - APP, para el diseño, construcción, mantenimiento, operación, administración y/o explotación de la infraestructura pública de transporte en todos sus modos y de los servicios conexos o relacionados. ^c</p>
<p>Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (AEROCIVIL)</p>	<p>Es la autoridad en materia aeronáutica en todo el territorio nacional y le compete regular, administrar, vigilar y controlar el uso del espacio aéreo colombiano por parte de la aviación civil. Así mismo, le corresponde reglamentar y supervisar la infraestructura aeroportuaria del país, y administrar directa o indirectamente los aeropuertos de su propiedad o los de propiedad de la Nación. Igualmente autorizará y vigilará la construcción de aeródromos, actividad ésta que continuarán desarrollando las entidades territoriales, las asociaciones de éstas o el sector privado. ^d</p>
<p>Superintendencia de Puertos y Transporte (SUPERTRANSPORTE)</p>	<p>Ejerce las funciones de inspección, control y vigilancia que le corresponden al presidente de la República como Suprema Autoridad Administrativa, en materia de puertos y en materia de tránsito, transporte y su infraestructura. ^e</p>
<p>Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV)</p>	<p>Es la máxima autoridad para la aplicación de las políticas y medidas de seguridad vial nacional. Coordina los organismos y entidades públicas y privadas comprometidas con la seguridad vial e implementa el plan de acción de la seguridad vial del Gobierno; su misión es prevenir y reducir los accidentes de tránsito. ^f</p>

Nota: En la tabla anterior se presentan las principales entidades relacionadas con la infraestructura vial en Colombia ^a (Secretaría Senado, 2011) ^b (INVIAS, 2022) ^c (Función Pública, 2011) ^d (Función Pública, 1993) ^e (Función Pública, 2000) ^f (Función Pública, 2013).

Todas las organizaciones mencionadas representan una fuente de información importante para este trabajo de investigación, ya que con estas se podrá tener una información de primera mano sobre la actualidad que atraviesa la metodología BIM en el país, los avances que se han logrado después de casi 3 años del surgimiento de la estrategia nacional y toda

esta información permitirá realizar el estudio de campo correspondiente para dar respuesta a la pregunta de esta investigación.

A continuación, se presenta la propuesta del gobierno nacional para promover la construcción en Colombia a través de la implementación de la metodología BIM en los proyectos. Esta propuesta lleva por nombre estrategia nacional BIM 2020 – 2026, fundamentada en el CONPES 3975⁸.

Tabla 6

Estrategia Nacional BIM 2020 – 2026

Visión Nacional	Objetivo General	Objetivos Específicos	Beneficios	Factores Involucrados
La estrategia prevé la transformación digital del sector de construcción para un mejor uso de los recursos disponibles y una mayor productividad.	Pretende impulsar la transformación digital, para los proyectos financiados por el gobierno nacional.	1. Consistencia: a través de un marco BIM colaborativo. 2. Eficiencia: para lograr un 10% mínimo de ahorro en costos de construcción e infraestructura pública. 3. Eficacia: para utilizar las herramientas digitales de este modelo en el sector.	1) Económicos: Ahorros de costos. 2) Ambiental: Gestión e impacto ambiental en los proyectos de construcción. 3) Social: Comunicación con las comunidades.	Empresas privadas, entidades estatales y las Instituciones de formación académica.

Nota: La tabla anterior, registra la información de la estrategia nacional que tiene un alcance de cumplimiento entre 2020 y 2026, adicional a esto, se comunica el objetivo que tiene con

⁸ CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y Social). Es la máxima autoridad nacional de planeación y se desempeña como organismo asesor del Gobierno en todos los aspectos relacionados con el desarrollo económico y social del país.

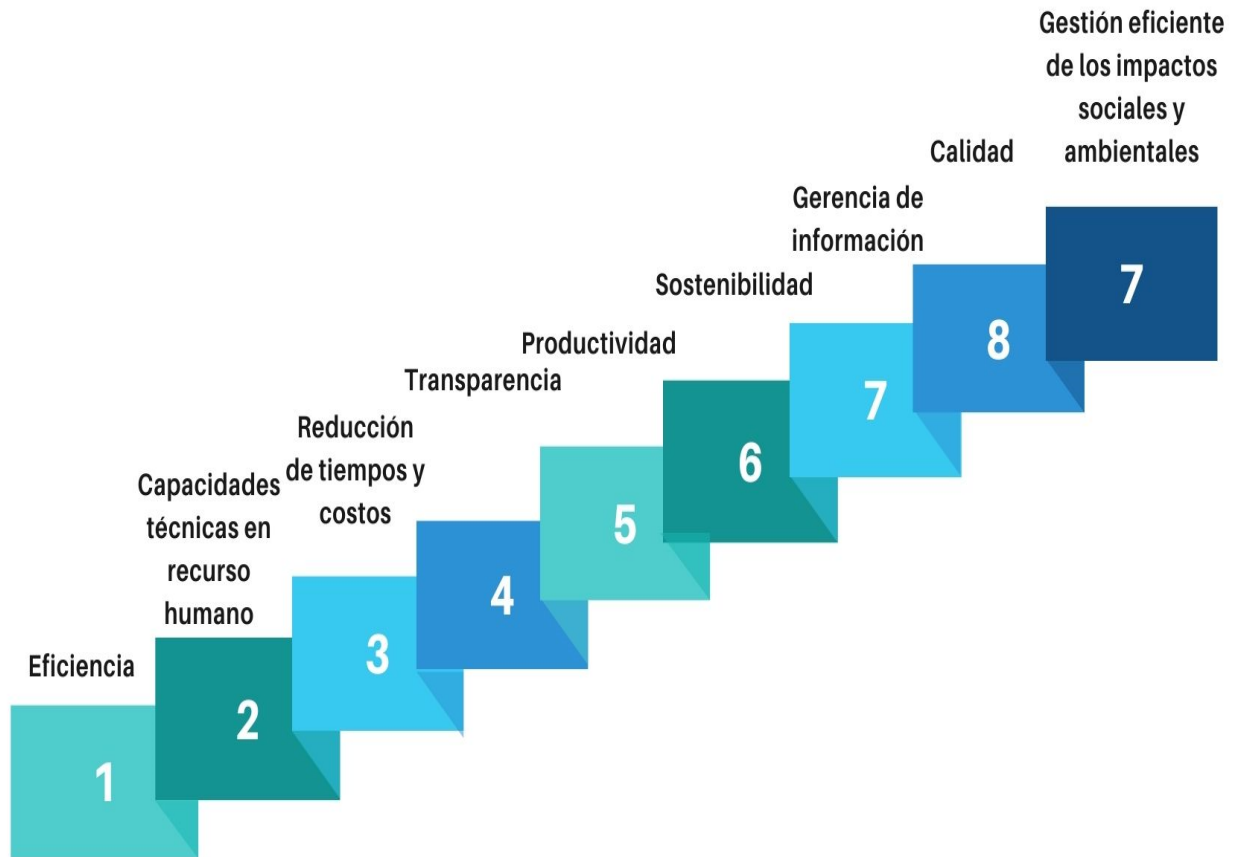
respecto a la implementación de esta metodología en el país. Esta información es relevante para evaluar el impacto de la metodología BIM en algunos proyectos de Colombia, porque a partir de esta es que se gestiona la implantación del modelo a través de gestiones que permitan para lograr la eficiencia y digitalización de dicho sector. La información de la tabla anterior proviene del Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2020).

De acuerdo con lo anterior, en Colombia se priorizan las normas ISO 19650 como norma estándar BIM, para aprender lo que respecta a: la información que se necesita para un activo, como se especifican los requisitos de la metodología BIM en adquisición de proyectos, como se revisan y evalúan las respuestas de los proveedores y como se moviliza al equipo, según la información del (DNP, 2020).

Por otro lado, la estrategia nacional para promover la metodología BIM en Colombia se fundamenta en el CONPES 3975, este documento consta de una política creada para potenciar la transformación digital y la inteligencia artificial en el país, buscando potenciar el valor social y económico a nivel nacional tanto en el sector público como en el privado. Para lograr esta gestión de valor, la estrategia BIM tiene algunos elementos fundamentales y se presentan a continuación:

Figura 13

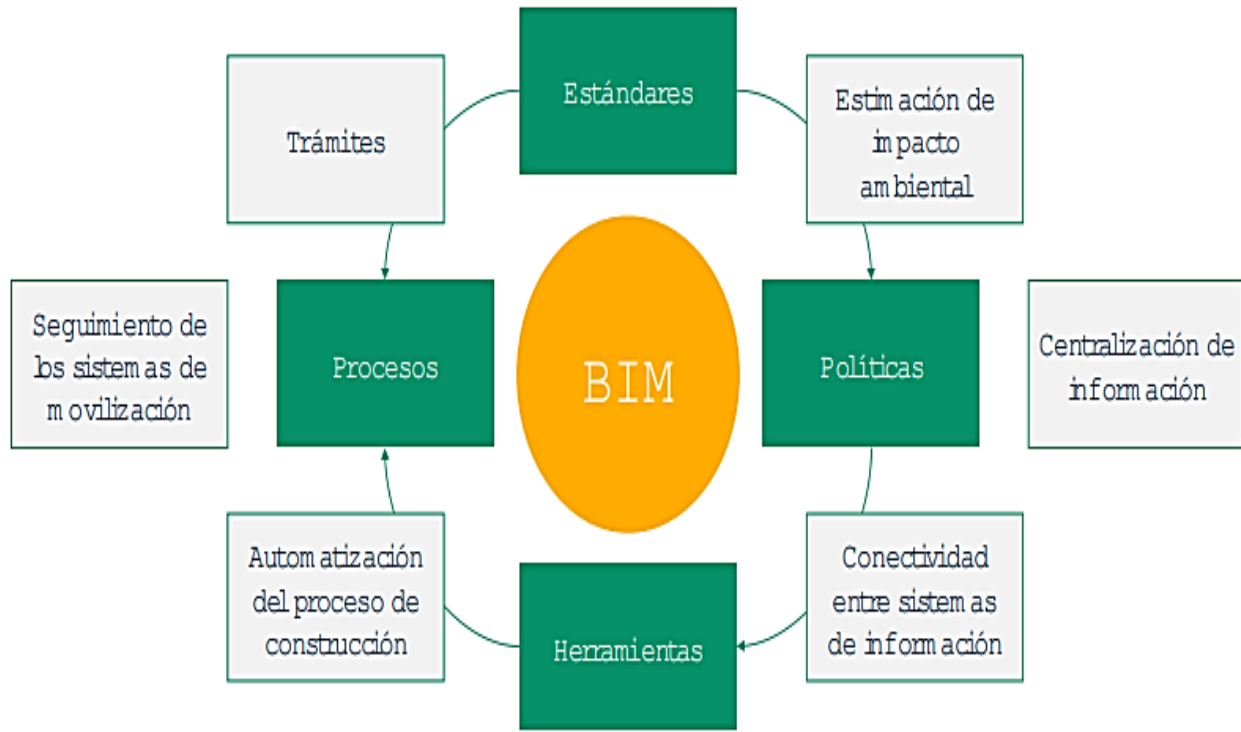
Generación de valor de la estrategia nacional BIM 2020 – 2026.



Nota: En la gráfica anterior se puede evidenciar los 7 elementos fundamentales en los que se sustenta la creación de valor que propone la estrategia nacional a través de la digitalización y modernización del sector de la construcción en el país, fundamentada en el CONPES 3975, con el cual se busca que todos los procesos se orienten hacia la sostenibilidad y la gestión eficiente de los recursos. Esta información es relevante para el presente trabajo, en la manera que permite conocer los fundamentos y las bases teóricas de esta propuesta prometedora para lograr estar a la vanguardia de la innovación digital a través de la metodología BIM. Esta gráfica fue elaborada con información de (CAMACOL, 2020).

Figura 14

Cambios previstos en el sector de la construcción a partir de la estrategia nacional BIM



Nota: La imagen anterior representa los principales factores que se pretenden alcanzar a través de la digitalización de la industria de la construcción mediante la estrategia BIM 2020 – 2026. La imagen fue tomada de (CAMACOL, 2020).

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, la propuesta BIM en Colombia tiene una proyección de 6 años a partir del año 2020, con los que espera alcanzarse cada uno de los objetivos de esta estrategia. A continuación, se puede evidenciar la propuesta planeada por cada año para el alcance de la estrategia y los pilares sobre los que se sustentan estos avances; esta información es importante de tal manera que permite conocer el alcance de la estrategia nacional con la que se impulsan los proyectos de construcción con implementación BIM.

Figura 15

Pilares de la estrategia nacional BIM 2020 – 2026



Hoja de Ruta

Cada una de las acciones se desarrolla en torno a 4 pilares principales

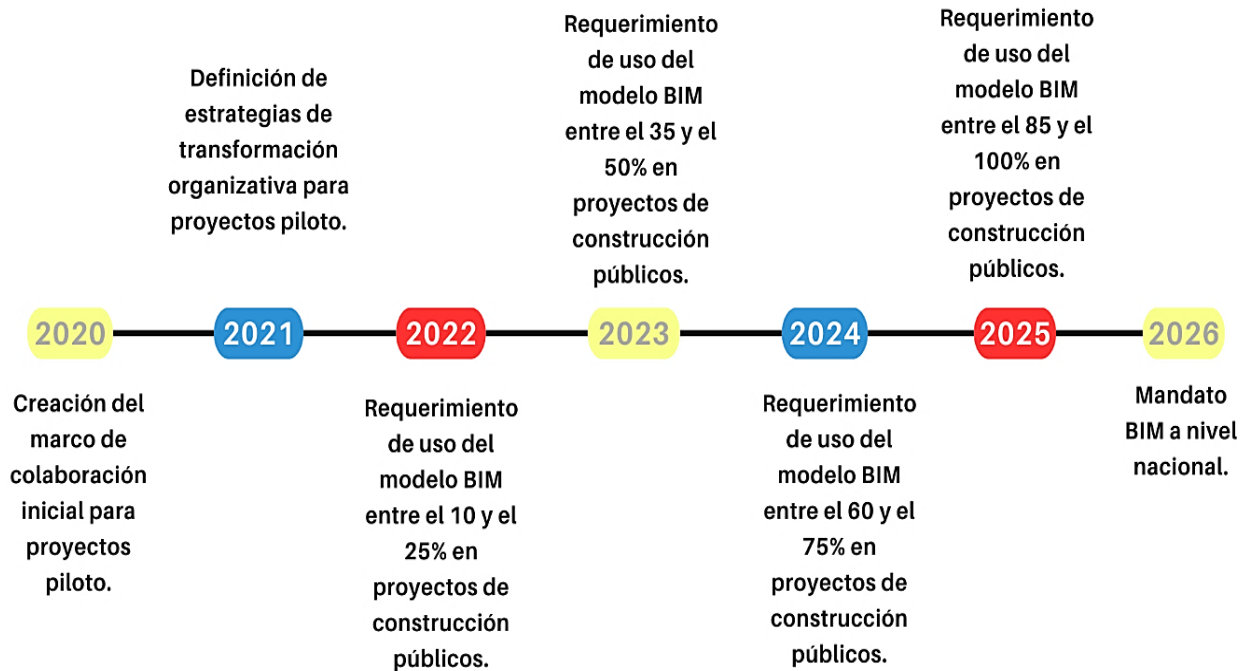
Pilares/Plazo	Corto 2021-2022	Mediano 2023-2024	Largo 2025-2026
 Comunicación y difusión	<ul style="list-style-type: none"> • Plataforma web • Comunidades BIM • Socialización Estrategia 	<ul style="list-style-type: none"> • Centro de conocimiento técnico • Publicar casos prácticos de BIM 	<ul style="list-style-type: none"> • Continuar la difusión de los avances y beneficios de la metodología BIM
 Liderazgo Público	<ul style="list-style-type: none"> • Transformación Organizacional • Fortalecer el Grupo de Trabajo BIM 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de impacto normativo (mandato) • Ampliar redes BIM (Ministerios/Territorio) 	<ul style="list-style-type: none"> • Planes BIM en territorios • Implementación mandato BIM.
 Desarrollo de Capacidades	<ul style="list-style-type: none"> • Comunidad académica • Apoyo a pilotos • Talleres/Cursos BIM 	<ul style="list-style-type: none"> • Criterios de certificación BIM • Fortalecer alianzas entre sectores 	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyar el proceso de certificación institucional e individual
 Marco Colaborativo	<ul style="list-style-type: none"> • Adopción de las normas ISO 19650 • Guías y plantillas de apoyo a pilotos 	<ul style="list-style-type: none"> • Retroalimentar y actualizar el marco • Instrumentos reglamentarios BIM 	<ul style="list-style-type: none"> • Evolución del Marco Colaborativo




Nota: La imagen anterior explica a detalle los 4 pilares fundamentales de la estrategia BIM con la proyección en el corto, mediano y largo plazo según la hoja de ruta de Colombia hacia el mandato BIM explicado por Carolina Sarmiento en el seminario online Implementación BIM en Latinoamérica: avances 2021. La imagen fue tomada de (*Bim Management, 2021*).

Figura 16

Alcance BIM en Colombia para cada año de la estrategia nacional.



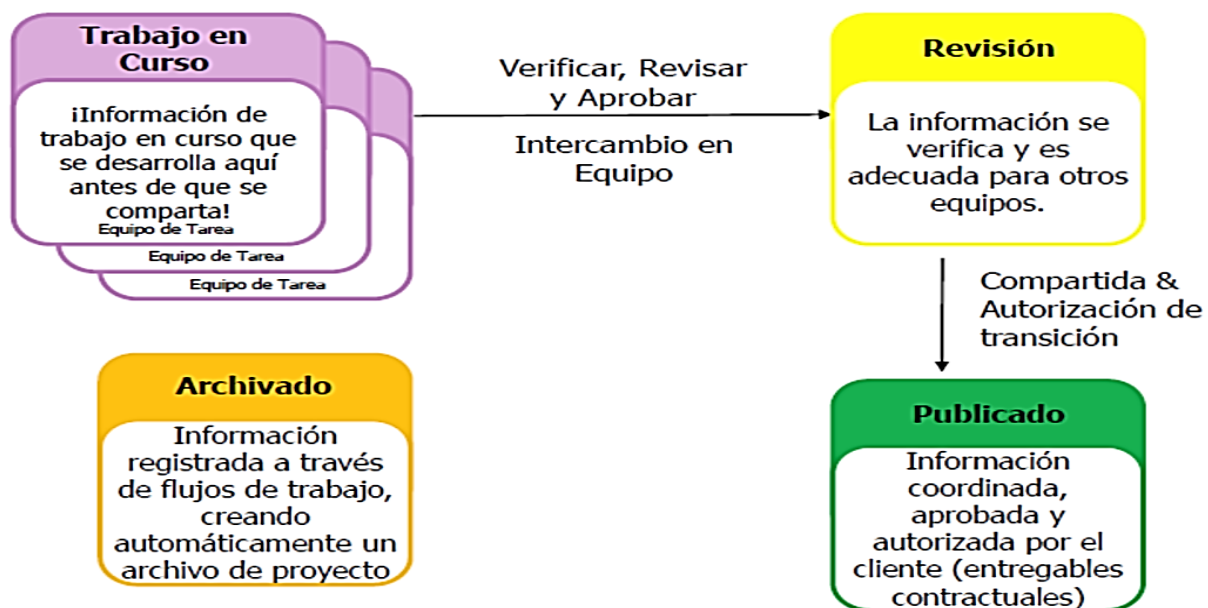
Nota: Con la información graficada se puede revisar el plan de cada uno de los años que se encuentran proyectados en la estrategia BIM de Colombia, lo que permite tener una idea previa de la forma en cómo se están llevando a cabo los proyectos de infraestructura para cumplir con lo establecido en la normativa. Esta gráfica fue adaptada por los autores según información de (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2020) .

Hipótesis Aplicada a la Evaluación del Impacto de la Metodología BIM en Algunos Proyectos de Infraestructura Vial en Colombia

Teniendo en cuenta la aplicación y la plena implementación de la metodología BIM en algunos de los proyectos de infraestructura vial en el país, se debe tener en cuenta que estos están bajo la responsabilidad de las entidades públicas a nivel nacional o distrital, representan un paso fundamental hacia la optimización del sector de la construcción y a infraestructura. Este es un gran logro por parte de los gobiernos y sus gabinetes que han sido escogidos gracias a sus ideas nuevas y otorgando, un enfoque innovador y tecnológicamente avanzado que tiene el potencial de generar mejoras significativas en términos de eficiencia y eficacia en diversas dimensiones clave, tales como la económica, la ambiental, la tecnológica y la social, beneficiando a todos los actores involucrados en la cadena de valor.

Figura 17

Flujo de información en un proyecto con metodología BIM



Nota: La grafica anterior representa el intercambio de información entre los diferentes actores

involucrados en la ejecución de un proyecto en el que le sea aplicado la metodología BIM; cabe resaltar que todos los actores deben tener acceso a la información cargadas en la nube o en sistemas de gestión que permitan acceder en tiempo real a todos los documentos relacionados con el proyecto. Esta imagen fue tomada del Anexo 7 del proyecto Villeta – Guaduas denominado metodología BIM publicado en (SECOP, 2021).

En primer lugar, desde una perspectiva económica, la adopción de BIM en algunos de proyectos de infraestructura vial puede conducir a una gestión más eficaz de los recursos financieros y materiales. Al permitir una planificación más precisa y una mejor coordinación entre los diferentes equipos y disciplinas involucrados en el proyecto, se pueden evitar costos innecesarios y retrasos en la ejecución de los proyectos, lo que finalmente se traduce en un ahorro significativo para las entidades públicas y los contribuyentes.

Desde el punto de vista ambiental, la aplicación de la metodología BIM ofrece la capacidad de modelar y analizar el impacto de las decisiones de diseño y construcción en el entorno natural. Esto permite la identificación temprana de posibles problemas ambientales y la adopción de medidas preventivas, lo que contribuye a la sostenibilidad de los proyectos de infraestructura vial y reduce su huella ecológica gracias al uso de materiales más adecuados para la ejecución del proyecto.

En cuanto a la dimensión tecnológica, si se implementa la metodología BIM promoverá la adopción de herramientas y tecnologías avanzadas, como la realidad virtual y la inteligencia artificial, que mejoran la precisión de los diseños, facilitan la comunicación entre los equipos de trabajo y agilizan el proceso de construcción y entrega. Con esto no solo aumentaría la calidad de las infraestructuras, sino que también impulsaría la competitividad de la industria de la construcción en el ámbito municipal, distrital o nacional, depende del proyecto en donde se esté aplicando.

Finalmente, en lo que respecta a la dimensión social, la metodología BIM fomentaría la colaboración y la transparencia en la ejecución de proyectos al permitir que todas las partes interesadas tengan acceso a información actualizada y precisa, se facilita la toma de decisiones informadas y se promueve una mayor confianza entre las partes interesadas como lo son las entidades públicas, los contratistas, los diseñadores y la ciudadanía en general.

Es por todo lo anterior que se considera muy importante medir el impacto que ha tenido la adopción de la metodología BIM en algunos proyectos públicos de infraestructura vial, tomando como referencia 2 de estos proyectos y observando si al culminarlos, se pudo representar como una oportunidad para transformar positivamente los indicadores como el de cumplimiento y calidad, en cifras y elementos positivos para las partes interesadas de la industria de la construcción, promuevan la eficiencia, la sostenibilidad y la colaboración, con el objetivo de ofrecer infraestructuras de mayor calidad y beneficio para la sociedad en su conjunto.

Variables Aplicadas a la Evaluación del Impacto de la Metodología BIM en Algunos Proyectos de Infraestructura Vial en Colombia

La implementación exitosa de la metodología BIM en algunos proyectos de infraestructura vial es un tema de creciente interés en Colombia, en línea con la Estrategia Nacional BIM 2020-2026 y fundamentada en el CONPES 3975. Para evaluar el impacto de esta adopción en el sector de la construcción y operación de carreteras, es esencial realizar un análisis integral que abarque aspectos cuantitativos y cualitativos. En este contexto, se plantea un estudio que se centra en diversas variables relacionadas con la aplicación de BIM en dos proyectos de infraestructura vial en Colombia.

Estas variables abarcan desde la medición cuantitativa de la adopción de la metodología BIM en proyectos específicos hasta la evaluación cualitativa de su efectividad en términos de ahorro financiero, impacto ambiental y tecnológico, y diferenciarlo de los proyectos que no aplican la metodología BIM. A través de esta investigación, se busca proporcionar una visión completa de cómo la implementación de BIM está influyendo en la industria de la construcción de carreteras en Colombia y si está generando eficiencia económica, beneficios ambientales y tecnológicos, así como una mejora en la calidad de los proyectos viales. Este estudio utilizará diversas técnicas de análisis, incluyendo la observación directa, análisis de datos cuantitativos y encuestas aplicadas a entidades públicas adscritas al Ministerio de Transporte para obtener una perspectiva integral de la adopción de BIM en el país.

En la siguiente tabla, se presentan las variables definidas para la investigación y sus atributos:

Tabla 7

Variables de la investigación

Tipo de variable	Definición de la variable	Dimensiones	Indicadores	Técnica de análisis
Cuantitativa	Adopción de la metodología BIM en algunos proyectos de infraestructura vial en Colombia.	Análisis e interpretación de algunos proyectos de infraestructura vial posterior a la creación de la estrategia Nacional BIM 2020-2026 y trabajados con base en esta.	Número de proyectos con la estrategia implementada.	Recolección de información y análisis de datos.
Cuantitativa	Niveles de ahorro financiero en algunos de los proyectos ejecutados con BIM en Colombia.	Aprovechamiento y eficiencia de los recursos asignados al proyecto.	Porcentajes de ahorro en los costos del proyecto.	Observación directa y análisis de información recaudada.
Nominal	Favorabilidad ambiental y tecnológica en algunos proyectos desarrollados con BIM en Colombia.	Análisis de los esquemas y beneficios obtenidos en materia ambiental y tecnológica.	Tiempos, resultados y porcentajes de favorabilidad.	Observación directa y análisis de información recaudada.
Cualitativa	Diferencias entre los proyectos de infraestructura vial estructurados bajo BIM y procesos ejecutados sin su aplicación.	Estudio de casos desarrollados en el país con y sin BIM.	Resultados obtenidos.	Observación directa y análisis de información recaudada.

Nominal	En Colombia ha sido efectiva la adopción de BIM en algunos proyectos de infraestructura vial.	ha	Análisis de impacto en el uso de la metodología (procesos de contratación, austeridad, planeación y ejecución)	Beneficios/ perjuicios o inconvenientes.	Análisis de información recaudada, encuestas.
---------	---	----	--	--	---

Nota: La tabla anterior indica las variables sobre las que se sustentará la presente investigación para evaluar el impacto de la metodología BIM en dos proyectos de infraestructura vial en Colombia.

Metodología para la Evaluación del Impacto de la metodología BIM en Algunos Proyectos de Infraestructura Vial en Colombia

Según Roberto Hernández Sampieri, la investigación exploratoria se realiza cuando la idea principal o el objetivo inicial de la investigación es examinar un tema o un problema que ha sido poco estudiado (Zafra, 2006). El planteamiento de este tipo de investigación se relaciona directamente con el tema principal de esta monografía, considerando que la metodología BIM en Colombia es reciente y su aplicabilidad según la estrategia del gobierno se encuentra en sus inicios. De igual forma, el desarrollo esta investigación es de tipo explicativa, con la que se busca sustentar los resultados de la evaluación del impacto de la metodología BIM luego del estudio y la revisión de los proyectos que lo apliquen.

Por lo anterior, para el desarrollo del presente trabajo se implementará una investigación de tipo exploratoria y explicativa, de tal manera que se desarrollará un instrumento de investigación que consta de un cuestionario aplicando un muestreo no probabilístico; este instrumento será radicado en las entidades objeto de estudio y permitirá identificar cuáles implementan la metodología BIM en sus proyectos, del mismo modo, con el fin de ampliar y especificar más la información, se desarrollará una entrevista a la entidad o a las entidades que respondan positivamente el cuestionario, de modo que permita complementar los datos para desarrollar un análisis que evidencie la evaluación del impacto de la metodología BIM en dos proyectos de infraestructura vial en Colombia, considerando la dificultad para acceder a este tipo de información.

Enfoque y Alcance de la Investigación

Para la lograr los objetivos propuestos y la ejecución de la correcta investigación de la evaluación del impacto de la metodología BIM en algunos proyectos de infraestructura vial en Colombia, se desarrollará una investigación de tipo exploratoria y explicativa, tras realizar un

análisis de información sobre las entidades que implementan la metodología BIM en sus procesos y proyectos.

Tabla 8

Diseño Metodológico

Objetivo Específico	Tipología de Investigación	Fuente de Investigación	Descripción
1	Descriptivo	Primaria	Enfocada al análisis de los rasgos de la implementación de BIM, mediante la búsqueda de información, entrevistas a las personas encargadas de las entidades y encuestas ejecutadas a las entidades de infraestructura vial en Colombia que implementen BIM.
2	Explicativa	Mixta	Encaminada a la depuración de la información certificada y contrastar con los argumentos concluidos con el fin Comparar el impacto de la metodología BIM en la ejecución de algunos proyectos de infraestructura vial en Colombia.
3	Explicativa	Mixta	Enfocada en encontrar la relación entre la causa, efectos y estado actual de la implementación de BIM en algunos proyectos de infraestructura vial en Colombia, de este modo realizar la evaluación del impacto de la metodología BIM en los mismos.

Nota: En la tabla anterior se pueden evidenciar los objetivos según el tipo de investigación que se realizará para el desarrollo de este proyecto, los cuales serán argumentados también bajo diferentes fuentes y de acuerdo con el enfoque que se requiera para la correcta alineación con el objetivo general de la investigación presente.

La población objeto de análisis del presente trabajo de investigación, son las entidades adscritas al Ministerio de Transporte encargadas de la infraestructura vial del país. En el estudio se tendrán en cuenta las siguientes:

Tabla 9

Entidades Adscritas al Ministerio de Transporte de Colombia

Entidades Adscritas al Ministerio de Transporte	
Agencia Nacional de Infraestructura	ANI
Instituto Nacional de Vías	INVIAS.
Agencia Nacional de Seguridad Vial.	ANSV
Aeronáutica Civil.	Aerocivil
Superintendencia de Puertos y Transporte.	
Unidad de Planeación de Infraestructura de Transporte.	UPIT

Nota: En la tabla anterior se señalan las principales entidades adscritas al Ministerio de transporte en Colombia según la fuente (Ministerio de Transporte, 2022).

En la presente investigación se realizará un sondeo por todas las entidades que permitan identificar en cual de sus proyectos de infraestructura vial implementan la metodología BIM.

La muestra del presente trabajo de investigación se desarrolla con la información suministrada por la Agencia Nacional de Infraestructura, pues es la Entidad encargada de la infraestructura vial del país, para efectos de la presente investigación y debido a que en el momento de recopilar información se identifica que son pocos los proyectos que implementan la Metodología BIM y están en etapa de factibilidad, por esta razón se definen solamente los

siguientes dos proyectos de infraestructura vial Villeta – Guaduas y Pasto – Popayán, los cuales se tendrán en cuenta para la evaluación del impacto de la metodología BIM.

A continuación, se presentan los dos proyectos para su respectiva evaluación:

1. **Proyecto Villeta – Guaduas**

Este proyecto tiene como principal objetivo construir 18 kilómetros de carretera que conectaría a los municipios Villeta y Guaduas del departamento de Cundinamarca a través de una doble calzada que busca reducir el tiempo de recorrido entre estas por aproximadamente 1 hora u hora y media, además, se considera que con esta construcción vial se conectaría Bogotá - Villeta con la Ruta del Sol 1 que se dirige a la costa Caribe, de esta manera podrían transitar todos los vehículos particulares y de carga, que tengan recorrido de ciudades como Cartagena o Medellín hacia Bogotá, y en el sentido contrario, esta es la información que presenta la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI, 2022).

Adicional a esto, este proyecto de construcción no solamente busca reducir los costos de transporte, sino que también pretende según lo establecido en el estudio previo módulo 3 de la ANI:

Contribuir en el aumento de la competitividad, promover el crecimiento económico e incrementar la calidad de vida de los colombianos del área de influencia de la carretera (..) lo cual es de gran importancia para la región y el país, al propender por el desarrollo económico y logístico de la zona, reducir los tiempos de recorrido actual entre las poblaciones (SECOP, 2021).

La información de los dos principales municipios beneficiarios de este proyecto es la siguiente:

Villeta: Latitud: 5.0117060° Longitud: -74.4703620°

Guaduas: Latitud: 5.06906 Longitud: -74.5993

A continuación, se relaciona la descripción del proyecto y los principales datos representativos de este proyecto:

Tabla 10

Descripción del proyecto Villeta - Guaduas

Proyecto Villeta - Guaduas	
Etapa	Factibilidad
Longitud Origen destino	82 km
Construcción Doble Calzada	18 km
Rehabilitación Calzada existente	59 km
Operación y Mantenimiento	82 km
Duración Pre-Construcción	1,5 años
Duración Construcción	5,5 años
Duración Concesión	29 años
Municipios beneficiados	Villeta, Quebrada negra, Guaduas, Caparrapí, Puerto Salgar

Nota: La anterior tabla muestra información sobre el proyecto Villeta - Guaduas, esta tabla fue tomada de la presentación de los proyectos de concesiones de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI, 2022)

Figura 18

Ubicación geográfica de la vía Villeta – Guaduas



Nota: En la imagen anterior se muestra la ubicación del proyecto en la vía Villeta – Guaduas tomada de Google (Earth, 2023).

Figura 19

Representación gráfica de la ruta del proyecto Villeta - Guaduas



Nota: la imagen anterior referencia lo que sería el tramo por construir según el proyecto Villeta – Guaduas, garantizando la disminución de tiempo e interconexión de municipios y ciudades.

La imagen pertenece a la presentación de las concesiones de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI, 2022).

2. Proyecto Pasto – Popayán.

Este proyecto busca mejorar la conexión entre las ciudades de Pasto y Popayán, es decir, la vía desde la variante de Popayán hasta conectar con la doble calzada de Pasto a Chachagüí y a su vez busca garantizar la conexión de esta región con el centro del país, fomentando el comercio entre estos departamentos de alimentos, el turismo teniendo en cuenta que es el corredor hacia la salida y entrada del país. Las coordenadas de estas dos ciudades son las siguientes:

Pasto: Longitud: -77.2772226 Latitud: 1.2135255

Popayán: Longitud: -76.6288038 Latitud: 2.4460889

A continuación, se presenta una breve descripción del proyecto y algunos datos representativos de este.

Tabla 11

Descripción del proyecto Pasto - Popayán

Proyecto Pasto - Popayán	
Etapa	Factibilidad / en elaboración de estudios y diseños.
Longitud Origen destino	270 km
Construcción segunda calzada	161 km
Construcción Doble Calzada	5,1km
Construcción Calzada Sencilla	82,8 km
Mejoramiento Calzada existente	178 km
Rehabilitación Calzada existente	101 km

Operación y Mantenimiento	528 km
Municipios Beneficiados	Popayán, Timbío, el Tambo, Sotaró, Rosas, la Sierra, Patía y Mercaderes en el departamento del Cauca y Taminango, El Tambo, San Lorenzo, Chachagüí y Pasto en el Departamento de Nariño

Nota: la anterior tabla muestra información sobre el proyecto Pasto – Popayán, esta tabla fue tomada de la presentación de concesiones de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI, 2022).

Figura 20

Ubicación geográfica de la vía Pasto – Popayán



Nota: en la imagen anterior se muestra la ubicación del proyecto en la vía Pasto - Popayán tomada de Google Earth (Earth, 2023).

Figura 21

Representación gráfica de la ruta del proyecto Pasto – Popayán



Nota: la imagen anterior referencia lo que sería el tramo por construir según el proyecto Pasto - Popayán, garantizando la disminución de tiempo e interconexión de estos municipios y ciudades. La imagen pertenece a la presentación de las concesiones de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI, 2022).

Instrumentos de Medición Utilizados para la Evaluación del Impacto de la Metodología BIM en Algunos Proyectos de Infraestructura Vial en Colombia

De acuerdo con (Hernández, 2014) en su libro metodología de la investigación, para la presente investigación se realizará la revisión y recolección de datos en un momento establecido, debido al diseño de tipo no experimental que se plantea en el diseño metodológico del presente trabajo.

De modo que en concordancia con el tipo investigación del presente trabajo, se requiere realizar la recolección de información con el fin de recopilar los datos de las diferentes entidades del estado seleccionadas para esta actividad. El propósito de este instrumento es tener un panorama completo de la implementación de BIM en las entidades públicas de infraestructura vial de Colombia, de tal manera que permita evaluar el impacto de la ejecución de sus proyectos bajo esta metodología en relación con el tiempo y los recursos invertidos, logrando así la consecución del objetivo de esta investigación.

Por consiguiente, el instrumento seleccionado para la recolección está compuesto por un cuestionario y unas entrevistas a expertos para su validación, forma que permita conseguir una amplia información y los datos provienen directamente de las entidades y de las personas encargadas de la aplicación de BIM en las mismas, obteniendo así una información profunda y coherente para el estudio que se pretende.

Por lo anterior, en la siguiente imagen se presenta el cuestionario planteado para la ejecución del instrumento. Ver detalle en el Anexo 1.

Figura 22

Instrumento de investigación para el desarrollo de la investigación

CUESTIONARIO 1								
Impacto de la metodología BIM en los proyectos de infraestructura vial del sector público colombiano								
Objetivo:	Recopilar información de las entidades públicas del sector de infraestructura vial en Colombia con respecto al impacto que ha tenido la implementación de la metodología BIM en sus proyectos.							
Dirigido a:	Las entidades públicas del sector de infraestructura vial en Colombia.							
Alcance:	Proyectos de infraestructura de transporte en todos sus modos, a cargo de la entidad en todo el territorio nacional.							
Responsables:	Alexandra C. Romero, Diego A. Ayala y Laura M. Cruz, estudiantes de Maestría en Administración de Empresas (MBA) de la Universidad EAN.							
Fecha de Aplicación	Julio de 2023							
Entidad:	AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA (ANI)							
1. ¿Conoce usted la metodología BIM?								
Si		No						
2. ¿Actualmente se implementa esta metodología en esta entidad?								
Si		No						
3. ¿Cuánto tiempo lleva la implementación de esta metodología en la entidad ?								
a) Menos de un año.	b) De uno a dos años.	c) De dos a 4 años.	d) Más de cuatro años.	e) No aplica / No se ha implementado				
4. ¿Qué dificultades encontró para su implementación?								
1. Falta de concepto técnico: los primeros documentos generados para el uso de BIM en la ANI están idealizados, es decir, no responden adecuadamente a la situación real de los proyectos. 2. Implementación de la tecnología: baja capacidad de gestionar la información BIM a través de un Centro común de datos (CDE), lo que genera un bajo entendimiento de la entidad con las empresas privadas (originadores, consultores, diseñadores, concesionarios e interventorías). 3. Manuales de funciones de interventores y supervisores VS. Metodología BIM: en los flujos de trabajo de la metodología, aplicado al proceso normal de las etapas de la vida útil de los proyectos, los diferentes actores no saben cómo interactuar y como almacenar la información en el cuarto de datos de la ANI. 4. Coordinación de la unificación de conceptos y glosario entre las diferentes dependencias de la ANI. 5. Falta de estandarización de procesos entre los involucrados en los proyectos BIM: no se han documentado los procesos.								
5. ¿La entidad cuenta con un manual de cumplimiento de esta metodología? Indique Sí o No, si marca Sí, por favor mencione su ubicación								
Si		No						
Observación: La ANI cuenta con un estudio previo adelantado en el marco de la consultoría con TDC-Lab, durante la cual se construyeron dos ERs preliminares para carreteras y aeropuertos, aunque muy enfocados en la infraestructura vertical. Dichos documentos están en proceso de maduración para los diferentes modos de transporte y el alcance de la entidad. Los documentos todavía no se encuentran disponibles al público.								
6. ¿En los estudios previos de los futuros contratos está establecida la metodología BIM para su ejecución?								
Si		No						
7. ¿La entidad cuenta con un equipo diseñado para la implementación de la metodología BIM?								
Si		No						
Por favor indicar ¿Quiénes lo conforman?: Todos funcionarios de la Vicepresidencia de Estructuración: Germán Currea (Asesor de Vicepresidencia), Milton Carabuena (BIM Manager), Khendry Rueda (Asesor modo aeroportuario), Leonardo Díaz (Asesor modo carretero), Jaime Niño (Asesor modo aeroportuario), Nicolás Quitán (Asesor legal), Iván Darío Herrán (Asesor modo portuario), por contratar o definir el Asesor del modo ferroviario.								
8. ¿Cuáles han sido los efectos de la implementación de la metodología BIM en su entidad?								
a) Ahorro de tiempo durante todas las etapas de los proyectos.	b) Optimización de los recursos financieros invertidos.	c) Demoras en la contratación.	d) Falta de personal capacitado.	e) Mejora continua en la ejecución de los proyectos.	f) Positivos en todos los aspectos y etapas de los proyectos.	g) Negativos en todos los aspectos y etapas de los proyectos.	h) Todas las anteriores	i) Otros, por favor indique ¿cuáles?

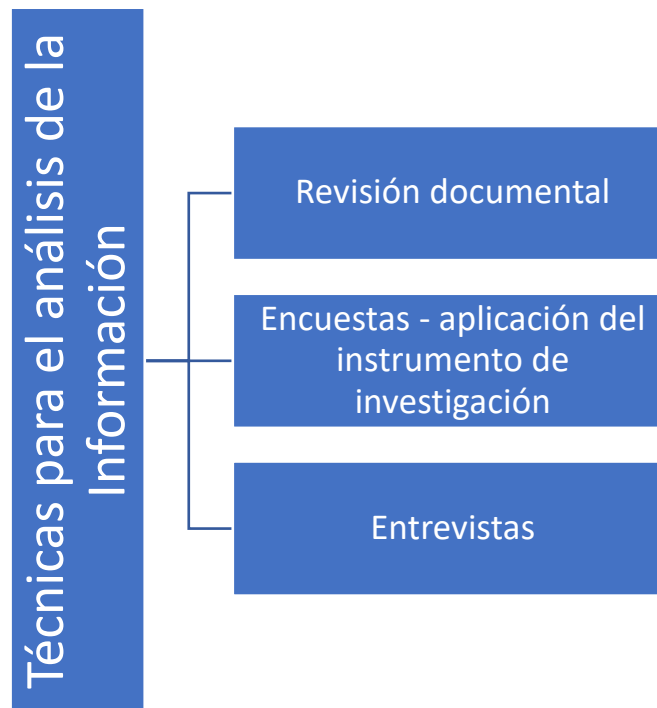
Nota: la anterior imagen representa el instrumento que fue remitido y radicado en las entidades públicas cuyo propósito es desarrollar el objetivo del presente trabajo. El instrumento es elaborado por los autores de esta investigación.

Técnicas para el Análisis de la Información de la Metodología BIM

En relación con el tipo de investigación propuesto en el presente trabajo se realizará el análisis de información teniendo en cuenta la descripción y comprensión de los datos recolectados mediante la revisión documental, las entrevistas y encuestas realizadas a las entidades del sector de infraestructura vial de Colombia.

Figura 23

Técnicas para el análisis de la información



Nota: En la gráfica anterior se encuentran las técnicas aplicadas a este trabajo de investigación, con el que se pretende realizar la evaluación del impacto de la metodología BIM en los dos proyectos mencionados.

**Trabajo de Campo para la Evaluación del Impacto de la Metodología BIM en
Algunos Proyectos de Infraestructura Vial en Colombia**

Inicialmente, en el desarrollo de este trabajo monográfico, se ejecutó la elaboración y el envío de un derecho de petición de información académica dirigido a las a las entidades adscritas al Ministerio de Transporte como lo son: la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI, el Instituto Nacional de Vías – INVIAS, la Agencia Nacional de Seguridad Vial, la Aeronáutica Civil, la Superintendencia de Puertos y Transporte y la Unidad de Planeación de Infraestructura de Transporte, con el fin de poder identificar en cual o cuales de estas organizaciones se aplica la metodología BIM, de tal modo que se identificaran los proyectos de infraestructura vial bajo este modelo en Colombia y poder medir su impacto.

En el derecho de petición se solicitó responder el instrumento de tipo cuestionario elaborado en Microsoft Excel, para medir la implementación de la metodología BIM, así como en las etapas de aplicación, tiempo, entre otras preguntas que facilitarían el acceso al conocimiento desde el sector público y además se solicitó amablemente agendar una reunión para aplicar una encuesta en relación con este ejercicio monográfico.

Por lo anterior, a continuación, se presentan los resultados iniciales del ejercicio. El documento de derecho de petición y el instrumento se encuentran en los anexos de este documento.

Tabla 12

Respuestas de las entidades adscritas al ministerio de transporte.

Entidades Consultadas	¿Se obtuvo Respuesta?		¿Implementa BIM en los proyectos de infraestructura vial?	
	Si	No	Si	No
Agencia Nacional de Infraestructura – ANI	X		X	
Instituto Nacional de Vías – INVIAS	X			X
Agencia Nacional de Seguridad Vial	X			X
Aeronáutica civil		X		
Superintendencia de Puertos y Transporte		X		
Unidad de Planeación de Infraestructura de Transporte		X		

Nota: la tabla anterior fue elaborada con base en la información suministrada por cada una de las entidades consultadas, de las cuales es evidente que la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI, es la principal entidad que implementa la metodología BIM a nivel nacional.

De acuerdo con este primer filtro de información, la ANI en este caso, diligenció el cuestionario propuesto para este trabajo de investigación, en el cual se evidencia la implementación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial de Colombia y su respuesta ante el agendamiento de una reunión fue positiva y se llevó a cabo el día 4 de octubre de 2023 con el Ingeniero Civil Milton Fidel Carabuena Mendoza, asesor encargado de dirigir la implementación de la metodología BIM de manera interna y en desarrollo de proyectos para la ANI. En esta reunión se logró revisar algunos proyectos que han sido implementados bajo esta metodología y son los siguientes:

1. Villeta – Guaduas (etapa de factibilidad).
2. Pasto – Popayán (etapa de factibilidad).

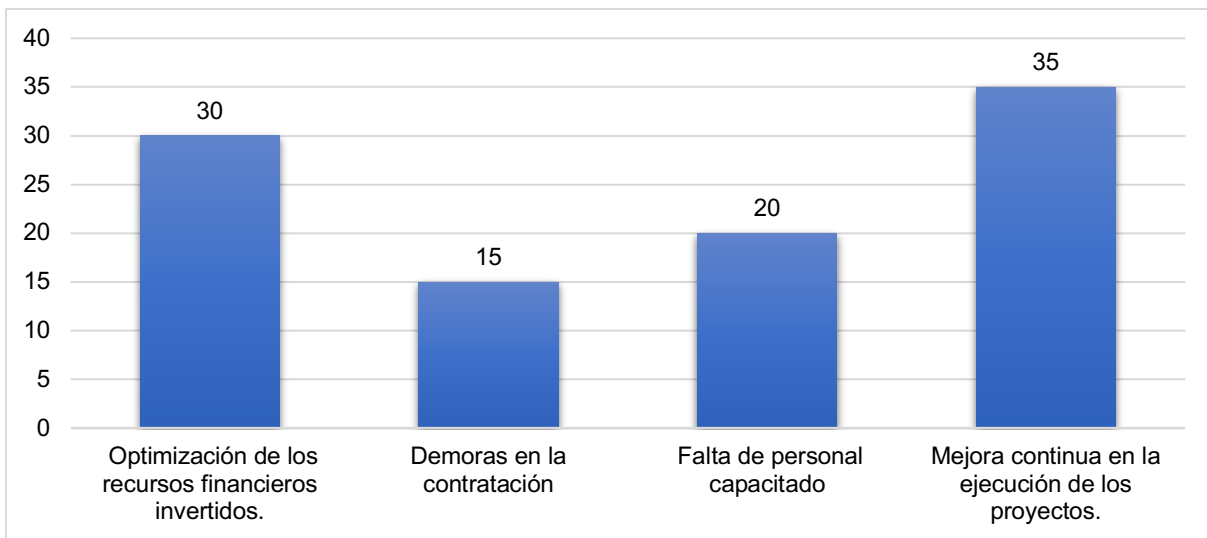
Aplicación del Instrumento en la Agencia Nacional de Infraestructura ANI

Para el desarrollo de este trabajo, la Agencia Nacional de Infraestructura ANI, dio respuesta a la encuesta realizada mediante el radicado de salida 202340090790292 del 31 de julio de 2023, donde se pudo evidenciar que dicha entidad hace menos de un año inició con la implementación de la metodología BIM en algunos de sus proyectos, enfrentándose a dificultades como desconocimiento de la norma ISO-19650, la cual es referente de la gestión de la información en el ciclo de vida de un proyecto que aplica el modelado BIM, así mismo, la entidad tiene el desconocimiento de la aplicación de la metodología BIM, en todos los aspectos.

Por otra parte, se realizaron preguntas específicas en cuanto a los efectos de la implementación de la metodología BIM en la entidad, por lo que a continuación, los principales efectos relacionados por la entidad son los siguientes:

Figura 24

Efectos de la Implementación de la Metodología BIM en la ANI

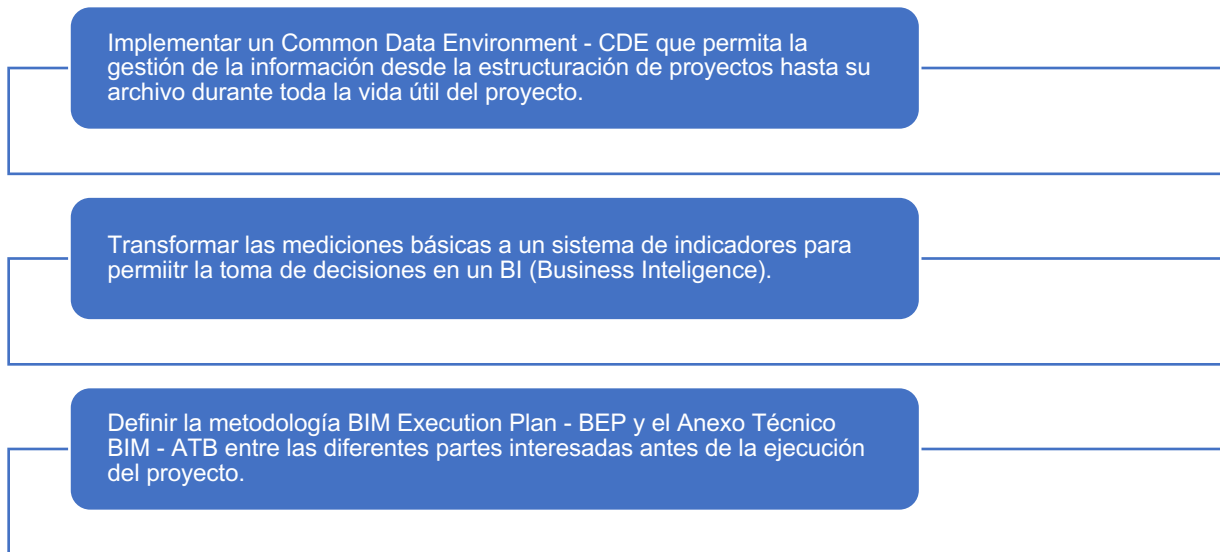


Nota: la anterior imagen muestra los efectos de la implementación de la Metodología BIM, con los datos suministrados por la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI en la aplicación del instrumento de investigación.

De igual manera, se identificaron los diferentes enfoques que tiene la entidad para controlar que los proyectos sean ejecutados con la metodología BIM, los cuales se relacionan a continuación:

Figura 25

Enfoques para el control de la aplicación BIM

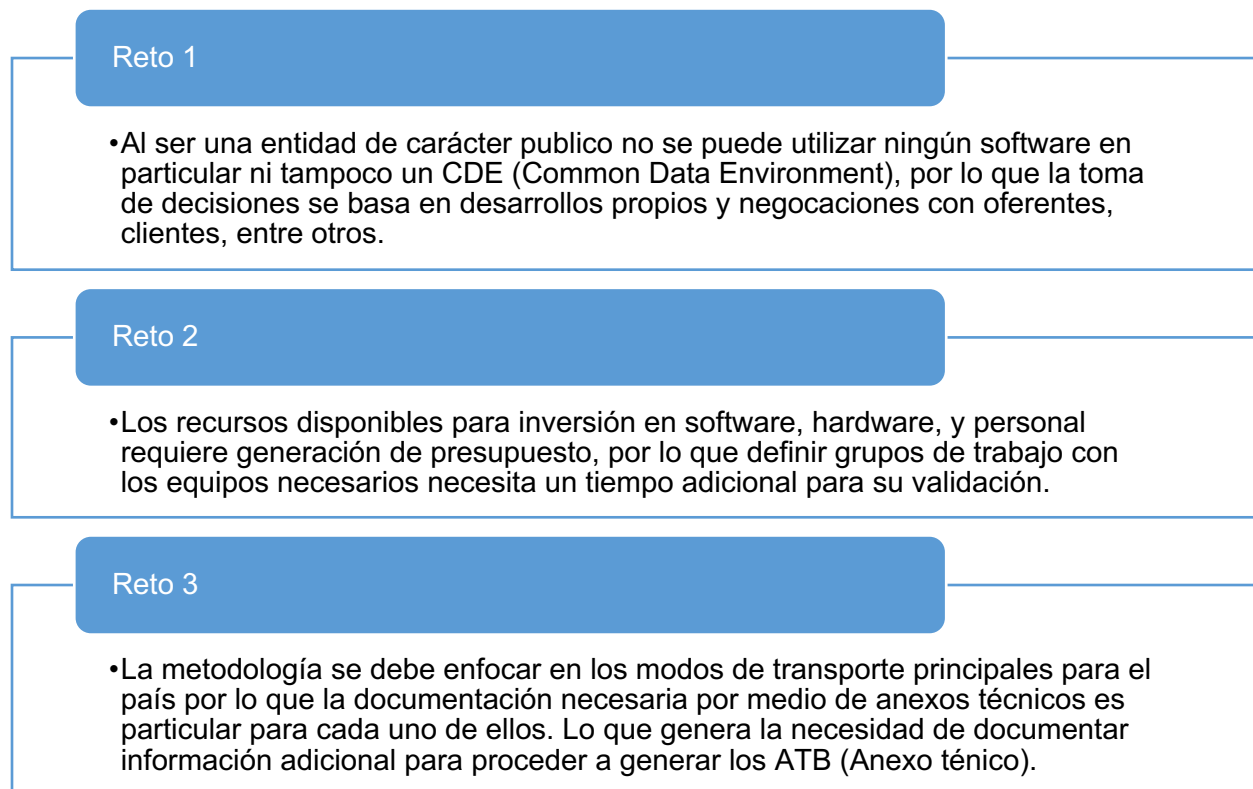


Nota: la anterior imagen muestra los efectos de la implementación de la Metodología BIM en los proyectos de infraestructura vial, esta imagen fue elaborada a partir de la información suministrada por la Agencia Nacional de Infraestructura. Los enfoques de control que realiza la ANI están orientados a la gestión eficiente de la información de los proyectos a través de la nube, un espacio digital compartido para la estructuración de la información relacionada con este, también denominado CDE por sus siglas en inglés que significa entorno común de datos o entorno de datos compartidos. Adicional a esto, la definición del BEP o plan de ejecución BIM que contiene y distribuye toda la información requerida para que el proyecto sea exitoso y además, el Anexo Técnico BIM – ATB que es el documento que reúne los requerimientos y obligaciones mínimas que se debe cumplir en el proyecto.

De acuerdo con la investigación surtida, a continuación, se presentan los principales retos que tuvo la Agencia Nacional de Infraestructura ANI en la implementación de la metodología BIM en algunos proyectos de infraestructura vial en Colombia.

Figura 26

Retos de la implementación de la metodología BIM.

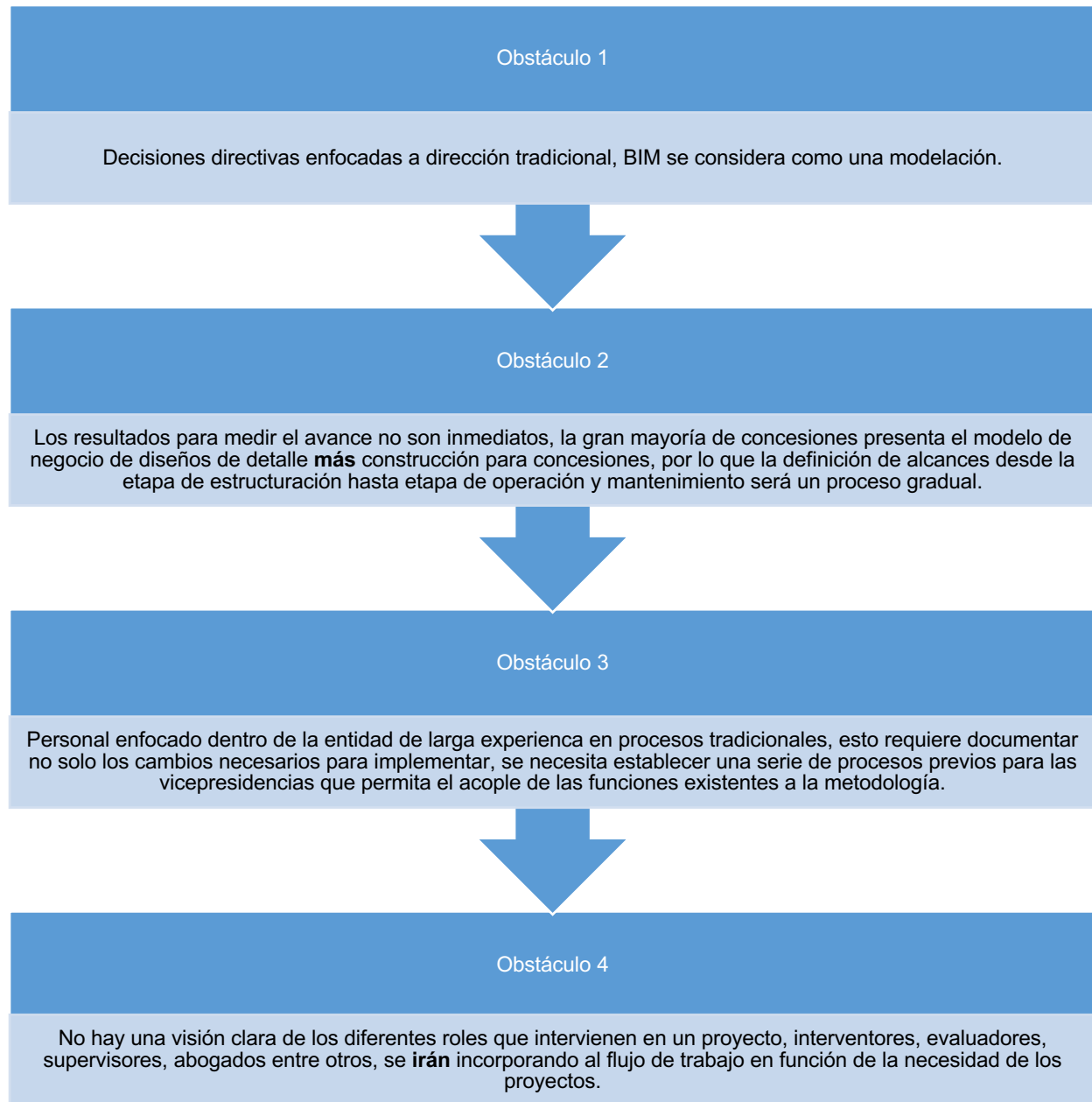


Nota: La anterior imagen muestra los retos de la implementación de la Metodología BIM, de acuerdo con los datos suministrados por la Agencia Nacional de Infraestructura.

De igual forma, a través del desarrollo de este trabajo, se evidenciaron obstáculos por parte de la ANI al momento de implementar la metodología BIM en los proyectos de infraestructura vial en Colombia, estos son los siguientes:

Figura 27

Obstáculos de la implementación BIM



Nota: La anterior imagen muestra los obstáculos de la implementación de la Metodología BIM, esto, teniendo en cuenta los datos suministrados por la Agencia Nacional de Infraestructura.

Por otra parte, con el fin de realizar la evaluación de la efectividad de la implementación de la metodología BIM en los proyectos de infraestructura vial en Colombia, la ANI se encuentra en la formulación y definición de una serie de indicadores que permitan medir proyectos, gestión, operación de la entidad y alineación con políticas gubernamentales.

A lo largo de la implementación del instrumento se evidenció que hasta el momento la Agencia Nacional de Infraestructura no ha realizado comparaciones de los proyectos ejecutados con la metodología BIM, debido a que se encuentran en etapa de factibilidad y aún no se evidencian resultados que permitan la medición de recursos proyectados y ejecutados, así como el tiempo de duración de cada proyecto; es por esto que la entidad refiere un impacto poco significativo en la aplicación de la metodología. Se define como etapa de factibilidad, al estudio y evaluación previa que se realiza para disminuir la incertidumbre y garantizar el éxito de un proyecto de construcción; en esta etapa se realizan 3 análisis que son: estudio de mercado, estudio técnico y un estudio económico financiero, todos estos para considerar la viabilidad de su ejecución, así lo explica Oscar Vargas en su tesis de especialización (Vargas, 2017).

Desarrollando el análisis de la encuesta realizada se evidenció que, las entidades públicas aunaron esfuerzos para crear la Mesa Sectorial BIM, en esta, se socializan los diferentes proyectos realizados, sus buenas prácticas y lecciones aprendidas a través de la ejecución de proyectos, adicional a esto se toman las mejores y acertadas decisiones por parte de los expertos de cada entidad participe con el fin de dar cumplimiento a las políticas impartidas por el gobierno nacional para así cumplir tanto como el Plan Nacional de Desarrollo, objetivos estratégicos y planes de acción relacionados con el Departamento Nacional de Planeación. De igual forma, se analiza el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible ODS, garantizando que en la ejecución de los proyectos se apunte a la sostenibilidad desde todos sus enfoques.

A continuación, se presentan los 17 objetivos de desarrollo sostenible ODS propuestos por la ONU y la forma en que se cumplen a través de la metodología BIM en la ANI.

Figura 28

Objetivos de Desarrollo Sostenible



Nota: En la figura anterior, se evidencian los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible que fueron aprobados por la Organización de Naciones Unidas en el año 2015 para conseguir la sostenibilidad social, económica y ambiental. El Gobierno Nacional de Colombia ha tomado partido por sus diferentes carteras para realizar la implementación y aporte de diferentes tecnologías o comportamientos con el fin de subir sus índices de salud, educación y reducción de índices de hambre, pobreza, entre otros y poder dar cumplimiento a estos 17 ODS. La imagen fue tomada de la página web de la (ONU)

Tabla 13

Aporte de la ANI en los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Objetivos de Desarrollo Sostenible	Aporte de la ANI con Implementación BIM
ODS 6: Agua limpia y saneamiento.	Durante la ejecución de los proyectos, en la ANI se tienen en cuenta las necesidades de las poblaciones en donde estará de construcción para mejorar, restablecer o implementar acueductos o alcantarillados en la región.
ODS 7: Energía asequible y no contaminante.	Durante la ejecución de los proyectos, en la ANI se tienen en cuenta las necesidades de las poblaciones en donde se realizará la construcción para mejorar, restablecer o implementar las fuentes de energía convencional o no convencional en la región.
ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico.	En la ANI, se aplica este ODS a través de la contratación y la generación de empleos a nivel nacional para dar cumplimiento con los requerimientos de talento humano y conseguir la materialización de las obras de infraestructura.
ODS 9: Industria, innovación e infraestructura.	En la ANI, se implementa este OSD en la forma de contratar y construir la infraestructura vial del país a través de la mejora de sus proyectos, reducción de tiempos y costos.
ODS 13: Acción por el clima.	A través de los criterios de sostenibilidad ambiental para la estructuración y el desarrollo de los proyectos.
ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos.	A través de la articulación de los actores principales de la metodología BIM como las entidades públicas y empresas privadas, la academia, la sociedad y entre profesionales de las áreas afines.

Nota: En la tabla anterior se evidencia la forma en que la ANI como entidad estatal principal de la rama ejecutiva del país aporta conforme a los Objetivos de Desarrollo Sostenible que son implementados para reducir los índices mencionados en este trabajo de grado. La tabla fue elaborada con la información de la ANI según el informe de gestión de 2022 (Agencia Nacional de infraestructura ANI, 2023) y el lineamiento de la aplicación de los ODS en la metodología

BIM definida en los documentos técnicos para infraestructura vial de (BIM Forum Colombia - CAMACOL, 2021).

Mediante el presente trabajo se puede evidenciar que la Agencia Nacional de Infraestructura y la Metodología BIM pueden contribuir a varias metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) y el ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles), al mejorar la planificación, eficiencia y sostenibilidad en la construcción y gestión de infraestructuras.

El Gobierno Nacional se ha trazado diferentes metas para dar cumplimiento a todos los ODS, en este caso se especificará para los ODS 9 y ODS 11 en donde contribuye la ANI al desarrollo de estos objetivos.

Figura 29

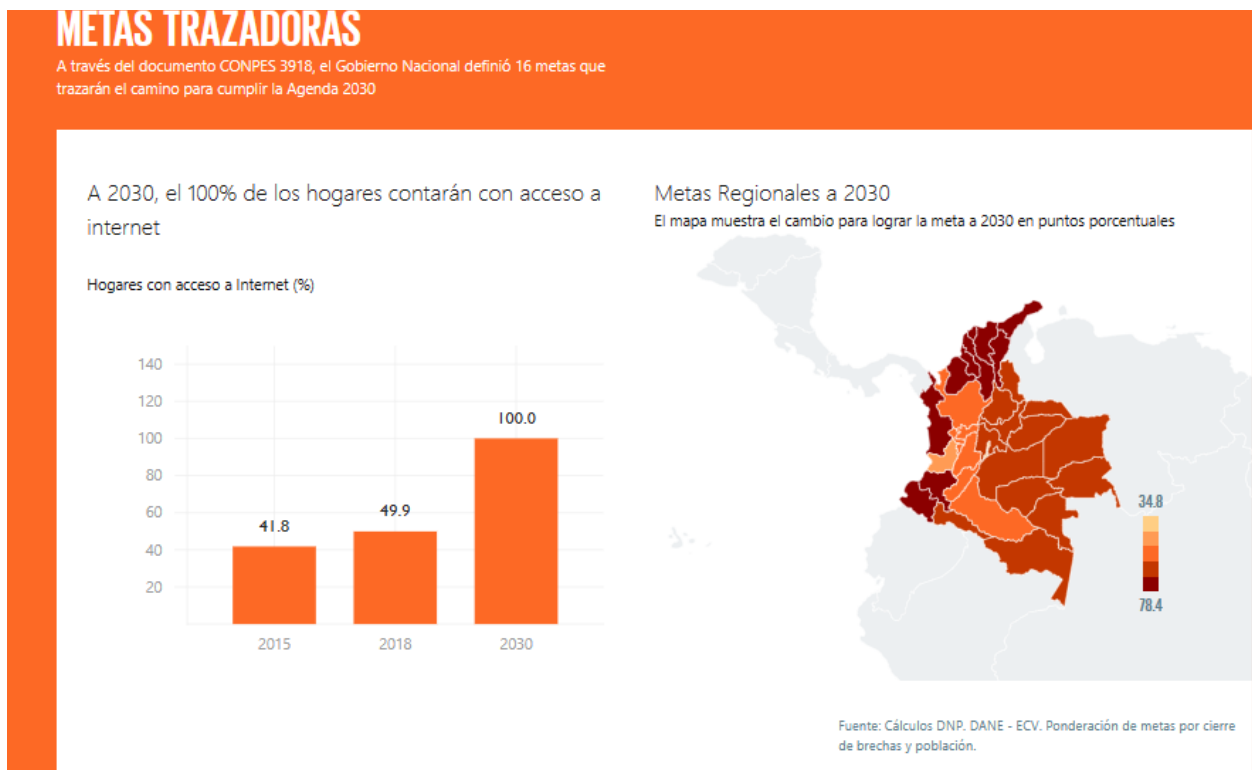
Objetivos donde contribuyen la ANI y BIM.



Nota: En la figura anterior, se muestran las metas de los objetivos ODS 9 y ODS, objetivos a los que se aporta desde la actividad de la ANI y la implementación de la metodología BIM. Esta información fue tomada de la página web del DNP (Departamento Nacional de Planeación-DNP, 2024)

Figura 30

Metas Trazadas para el ODS 9

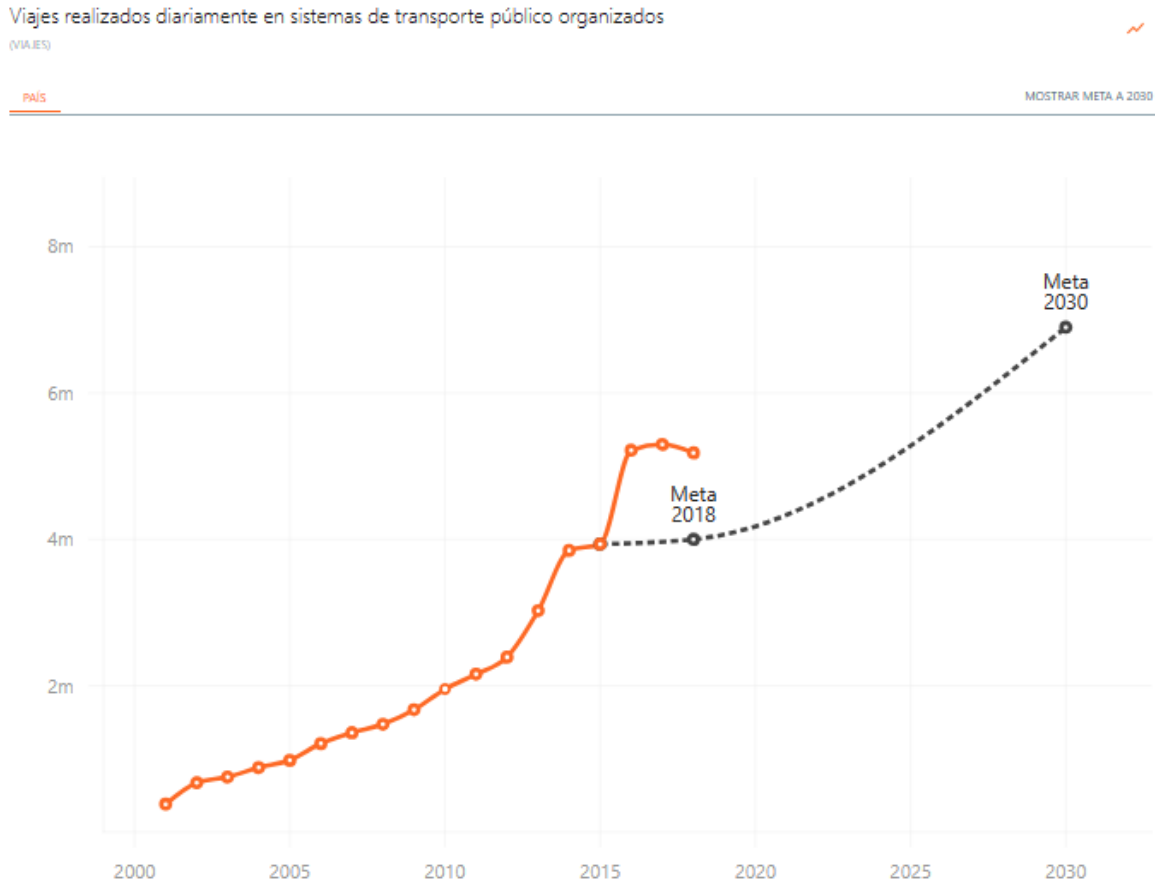


Nota: En la figura anterior, se muestra una de las metas trazadas para el ODS 9, así mismo, el mapa de calor de Colombia para lograr la meta. Esta información fue tomada de la página web del DNP (Departamento Nacional de Planeación-DNP, 2024)

Para el seguimiento de las metas relacionadas anteriormente, el Gobierno Nacional planteo indicadores, algunos de ellos son los siguientes:

Figura 31

Indicador de meta 9.1

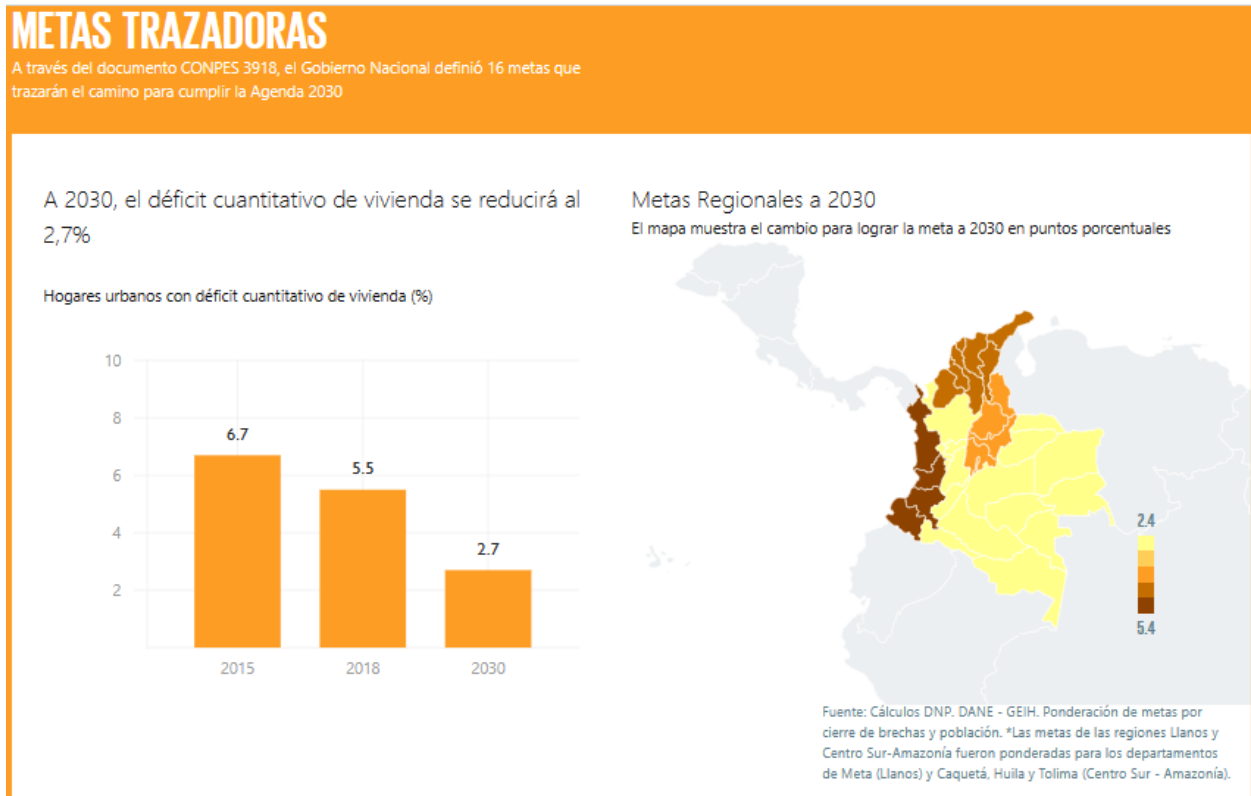


Nota: la figura anterior muestra el comportamiento de uno de los indicadores planteados para el seguimiento al cumplimiento de las metas para el ODS 9, el cual mide el número de viajes diarios realizados en sistemas de transporte público organizados (SITP □ SITM □ SETP □ SITR). La curva muestra el comportamiento del indicador y se visualiza que puede cumplirse la meta para el 2030. La figura fue tomada de (Departamento Nacional de Planeación-DNP, 2024)

Para el ODS 11, también se trazan metas, a través del documento CONPES 3918, para dar cumplimiento a la agenda 2030, a continuación las metas trazadoras del mismo:

Figura 32

Metas Trazadas para el ODS 9

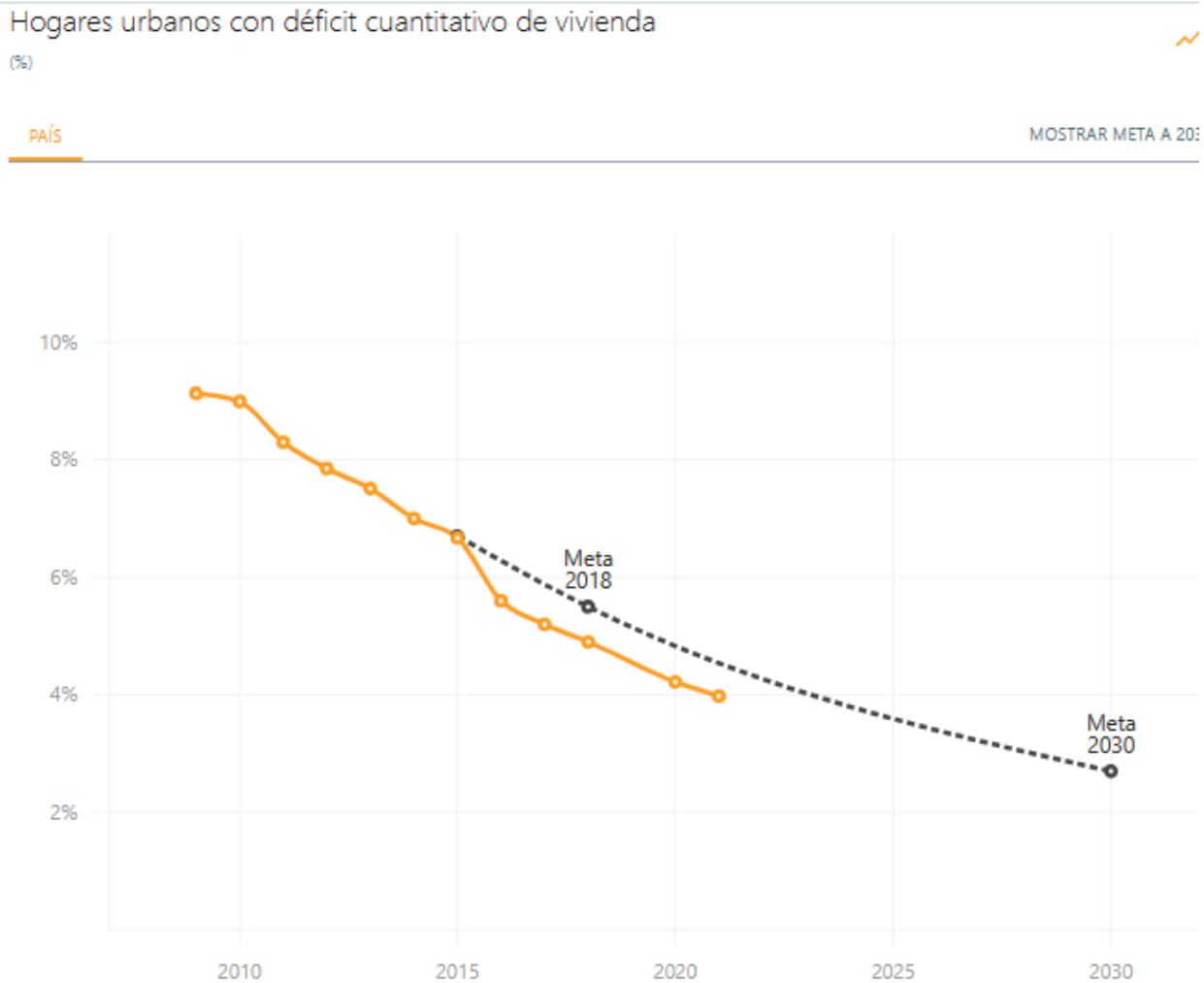


Nota: En la figura anterior, se muestra una de las metas trazadas para el ODS 11, así mismo, el mapa de calor de Colombia para lograr la meta. Esta información fue tomada de la página web del DNP (Departamento Nacional de Planeación-DNP, 2024)

Del mismo modo para dar seguimiento a las metas planteadas para cumplir con el ODS 11, han realizado ejercicio de medición mediante indicadores como:

Figura 33

Indicador de meta 11.1



Nota: la figura anterior muestra el comportamiento de uno de los indicadores planteados para el seguimiento al cumplimiento de las metas para el ODS 11, el cual mide el porcentaje de hogares que requieren de una vivienda urbana para que exista una relación uno a uno entre las viviendas adecuadas y los hogares que necesitan alojamiento. Cuando existe esta relación uno a uno, no existe déficit cuantitativo y por lo tanto el indicador es 0%. La figura fue tomada de (Departamento Nacional de Planeación-DNP, 2024)

Finalmente, con esta investigación se evidenció que la entidad considera que la metodología BIM es un modelo sostenible para la ejecución de sus proyectos de construcción vial, pues ayuda a la toma de decisiones con una mejor coordinación desde la etapa de planeación permitiendo el control y el monitoreo permanente de los materiales, el modelo de construcción, la reducción del consumo energético, de agua y las emisiones de CO₂ (Dióxido de carbono), este proceso se realiza durante todo el ciclo de vida de las infraestructuras y es el punto de partida para una ingeniería más eficiente en cada una de las etapas del proyecto.

Entrevista a Experto BIM de la Agencia Nacional de Infraestructura ANI

Para el desarrollo de la presente investigación y con la respuesta positiva del Ingeniero Civil Milton Fidel Carabuena Mendoza, asesor encargado de dirigir la implementación de la metodología BIM de manera interna y en desarrollo de proyectos para la Agencia Nacional de Infraestructura, el cual dio a conocer que en la actualidad y conforme al modelo de negocios de la ANI, se realiza cada proyecto por etapas, estas son prefactibilidad y factibilidad, compartiendo los proyectos que actualmente se están desarrollando con la metodología BIM en Colombia, para este caso, los proyectos carreteros en etapa de factibilidad son: Villeta – Guaduas, Pajarito – Aguazul, Pasto – Popayán y Boquerón – El tablón.

Se desarrolló la siguiente Ficha técnica para la realización de la entrevista:

Tabla 14

Ficha técnica de la entrevista para la Agencia Nacional de Infraestructura - ANI

Ficha Técnica Entrevista	
Responsables	Alexandra Catalina Romero Diego Alejandro Ayala Monje Laura Mariana Cruz Peralta
Tema	Implementación de la metodología BIM en la Agencia Nacional de Infraestructura
Persona Entrevistada	Milton Fidel Carabuena Mendoza
Profesión	Ingeniero Civil, Especialista en infraestructura vial
Cargo	Asesor
Modalidad	Virtual
Duración	90 minutos
Fecha	4/10/2023
Objetivo	Ampliar la información recopilada a través del cuestionario de investigación, con respecto a la aplicación de la metodología BIM en algunos proyectos de infraestructura vial en Colombia.

Resultados Esperados	información más específica en cuanto a proyectos con implementación de la metodología BIM
Preguntas por realizar	<p>¿Cuáles han sido los proyectos que implementan o implementaron metodología BIM?</p> <p>¿En cuál de sus etapas implementan su metodología?</p> <p>¿Se ha realizado alguna comparación entre los proyectos implementados con la metodología BIM vs proyectos sin esta y qué resultados han arrojado?</p> <p>Según los resultados obtenidos, ¿recomienda la implementación BIM a otras organizaciones?</p>

Nota: La tabla anterior muestra la ficha técnica que se desarrolló para realizar la entrevista, esta ficha es elaboración propia.

A continuación, se presentan las respuestas dadas por el asesor e Ingeniero Milton Carabuena según las preguntas generadas en el desarrollo de la entrevista.

¿Cuáles han sido los proyectos que implementan o implementaron metodología BIM?

La ANI desarrolla proyectos en distintos modos como lo son carretero, férreo, aeroportuario, portuario y fluvial, dentro de cada modo actualmente se realiza la estructuración, prefactibilidad y factibilidad de proyectos que implementan la metodología BIM.

Los proyectos son para el modo carretero Villeta – Guaduas, Pajarito – Aguazul, Pasto – Popayán y Boquerón – El Tablón, todos en etapa de factibilidad.

¿En cuál de sus etapas implementan su metodología?

BIM se implementa en todo el ciclo de vida de un proyecto incluyendo las etapas de estructuración, prefactibilidad y factibilidad.

¿Se ha realizado alguna comparación entre los proyectos implementados con la metodología BIM vs proyectos sin esta y qué resultados han arrojado?

Hasta el momento no se han realizado comparaciones de los proyectos que implementan y no BIM, a futuro se pretende hacer, cuando se vean reflejados los resultados y sean comparables.

Según los resultados obtenidos, ¿recomienda la implementación BIM a otras organizaciones?

Si se recomienda la implementación de BIM, no solo como una metodología que reduce riesgos en tiempo y costos, sino BIM como elemento basado en metodología en todo el ciclo de vida de un proyecto, en tecnología, calidad, buenas prácticas y estandarización que facilita la comunicación de los interesados en todo momento.

Finalmente, el Ingeniero Milton, mencionó la existencia de la mesa sectorial BIM que es la unión de las entidades públicas y la importancia de esta para hacer seguimiento a los avances por entidad y aunar esfuerzos para lograr articularse para dicha implementación.

Para dar cumplimiento con el objetivo general a través de la evaluación del impacto de la metodología BIM en los dos proyectos analizados (Villeta – Guaduas y Pasto – Popayán), a continuación se presenta el análisis correspondiente a la etapa en la que se encuentran y la forma en que implementan la metodología BIM.

Tabla 15

Proyectos con implementación BIM

Proyecto	Descripción	Etapas	Aplicación BIM
Villeta – Guaduas	Proyecto que empalmara la vía doble calzada Bogotá - Villeta con la Ruta del Sol 1 que conduce hasta la costa caribe del país y garantizar su operación y mantenimiento a largo plazo.	Factibilidad	La Entidad incluye dentro de sus anexos técnicos y pliegos de condiciones para este proyecto la presentación del proyecto con utilización de metodología BIM.

Pasto - Popayán	Busca mejorar la conexión entre Pasto y Popayán, garantizando la operación y mantenimiento de todo el corredor y la conexión de la región con el centro del país.	Factibilidad	La Entidad incluye dentro de sus anexos técnicos y pliegos de condiciones para este proyecto la presentación del proyecto con utilización de metodología BIM.
------------------------	---	--------------	---

Nota: En la anterior tabla se contempla la información de los dos proyectos en etapa de factibilidad con aplicación de la metodología BIM, la tabla se elaboró con la información contenida en la presentación de los proyectos de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI, 2022) y la información de los estudios previos para estos contratos (SECOP, 2021).

Aunado lo anterior, ya conociendo los dos proyectos que se desarrollan con la metodología BIM en la Agencia Nacional de Infraestructura, es necesario realizar la comparación entre estos proyectos que implementan la metodología y los que no. Para este caso como los proyectos se encuentran en etapa de factibilidad, la comparación se realiza teniendo en cuenta las especificaciones y entregables solicitados en cada caso, de este modo se puede evaluar el impacto de la implementación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial en Colombia.

Tabla 16

Comparación entre 2 tipos de ejecución de proyectos

Proyectos con BIM	Proyectos sin BIM
<p>Para el caso de un proyecto que requiere la implementación de la metodología BIM, además de los entregables de un proyecto tradicional como lo son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudios de tráfico y demanda • Estudio de topografía y geometría • Estudio y Diseño de hidráulica, hidrología y socavación • Estudio y Diseño geotécnico y geológico • Estudio y Diseño de pavimentos • Estudio y Diseño de túneles (si aplica) • Estudio y Diseño de puentes y viaductos • Análisis ambiental, social y predial • Estudios y análisis adicionales • Presupuestos y Programaciones <p>Se solicita presentación del proyecto con la utilización de la metodología BIM, mediante el anexo BIM, se establecen obligaciones de carácter técnico, metodología y cargas de personal para la ejecución del contrato.</p> <p>Así mismo, presentar descripción del procedimiento y propuesta de manejo de los archivos que utilizará en el desarrollo de la metodología. Para efectos de la utilización de la metodología dentro de los documentos contractuales la entidad cuenta con el procedimiento descrito en el Anexo 7. "Metodología BIM".</p>	<p>Los entregables que se solicitan en la etapa de factibilidad en un proyecto sin la aplicación de la Metodología BIM son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudios de tráfico y demanda • Estudio de topografía y geometría • Estudio y Diseño de hidráulica, hidrología y socavación • Estudio y Diseño geotécnico y geológico • Estudio y Diseño de pavimentos • Estudio y Diseño de túneles (si aplica) • Estudio y Diseño de puentes y viaductos • Análisis ambiental, social y predial • Estudios y análisis adicionales • Presupuestos y Programaciones

Nota: La anterior tabla muestra la comparación de los entregables de los proyectos que implementan la metodología BIM y los que no implementan dicha metodología, con información tomada de la paginas web de la Agencia Nacional de Infraestructura y Secop.

De acuerdo con el cuadro anterior es evidente que aun cuando los entregables que se solicitan en cada caso son muy similares, en el proyecto con BIM se solicita la presentación del proyecto con la metodología pues esta llama a una mejor gestión de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto, que permita una mejor relación entre las partes interesadas del proyecto, además de una interacción más eficiente entre todas las especialidades que intervienen en el mismo.

De igual forma, la comparación anterior permite identificar que la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI mediante los contratos Villeta – Guaduas y Pasto – Popayán, da inicio a la aplicación de la metodología BIM en sus proyectos, incluyendo en pliegos de condiciones y anexos técnicos de sus procesos licitatorios la condición de implementar la metodología BIM, así mismo se incluye dentro de estos documentos la entrega por parte de la ANI a los consultores e interventores de una presentación con los fundamentos de la metodología BIM realizada por el fondo de prosperidad BIM en Colombia.

Discusión Sobre los Resultados Obtenidos del Trabajo de Campo

Antes de mostrar los resultados obtenidos en la presente investigación es importante mencionar que en la actualidad la Agencia Nacional de Infraestructura ANI, tiene 47 proyectos en ejecución, en fases de pre - construcción y construcción, estos proyectos se ejecutan en todo el territorio nacional y sin la aplicación de la Metodología BIM.

Figura 34

Proyectos Agencia Nacional de Infraestructura ANI

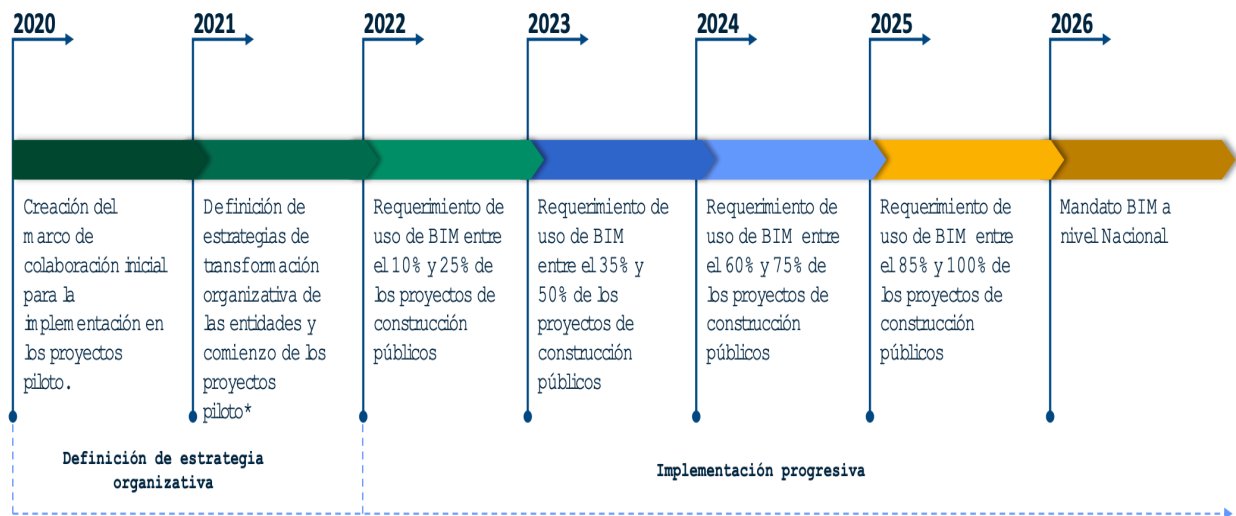


Nota: La anterior imagen muestra los proyectos a cargo de la Agencia Nacional de Infraestructura, imagen tomada de (ANIScopio, 2023).

Lo anterior con el fin de mencionar que de los 47 proyectos que se encuentran en etapas de pre - construcción, construcción, operación y mantenimiento, ninguno está implementando la metodología BIM; ahora bien, la ANI en la actualidad está adelantando procesos de estructuración donde incluye proyectos que implementan la metodología como lo son Villeta – Guaduas y Pasto – Popayán y se espera que presenten beneficios, como mejoras en la planeación de los recursos tiempo y costo, adicionalmente, la interacción entre los actores del proyecto a lo largo de su ciclo de vida, para dar cumplimiento con la implementación propuesta por el gobierno nacional como se muestra a continuación.

Figura 35

Ruta de implementación BIM según estrategia nacional



Nota: En la figura anterior se evidencia que, conforme al plan de implementación propuesto y promovido desde el Gobierno Nacional desde el 2020 hasta lo que va del año 2023, considerando que esta gestión ha dado frutos logrando implementar la metodología BIM gradualmente en los proyectos de construcción nacional. La imagen anterior fue tomada de la estrategia de adopción BIM en Colombia (CAMACOL, 2020).

Seguidamente, considerando los resultados obtenidos de esta investigación, Colombia es un país que está emergiendo con la tecnología y la sostenibilidad, aplicando la metodología BIM en algunos de los proyectos de construcción vial. A nivel general, esta es una información que no tiene mucho alcance público, pues como se evidenció, no todas las entidades aplican la metodología BIM en sus proyectos y la gran mayoría se encuentra en etapa de planeación para posteriormente ejecutarse. Si bien es cierto, la metodología BIM en el país se gestiona a través de la estrategia gubernamental BIM 2020 – 2026, en el cual participan entidades públicas, empresas privadas y la formación a través de la academia.

Tabla 17

Objetivos de la Estrategia Nacional BIM 2020 – 2026

Objetivos	Metodología
1. Consistencia	Consistencia a través de un marco BIM colaborativo. Estrategia de "fomento para la transformación digital del sector de la construcción e infraestructura."
2. Eficiencia	Eficiencia para lograr un 10% mínimo de ahorro en costos en proyectos de construcción e infraestructura pública.
3. Eficacia	Eficacia para el manejo de la información de manera digital a través de un entorno común de datos.

Nota: En la tabla anterior se evidencian los tres (3) objetivos fundamentales que tiene la estrategia BIM en Colombia, estos objetivos deben ser alcanzados desde el punto de vista político y de gobernanza de la rama ejecutiva de Colombia para poder lograr una implementación real y acorde con las necesidades de la Nación; para esto, la ANI se encuentra trabajando con compromiso y consistencia aplicando la metodología BIM hace menos de un año en sus proyectos de infraestructura vial. Tabla elaborada con la información de la estrategia nacional BIM publicada por el (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2020).

Asimismo, la información que se puede obtener 3 años después del surgimiento de esta estrategia es muy limitada y con pocos resultados de la implementación de la metodología BIM. Actualmente los proyectos que se encuentran con mayor avance están en etapa de factibilidad como lo informa la ANI y según la investigación realizada, estos son: Villeta – Guaduas y Pasto – Popayán, ambos proyectos hacen parte de los denominados proyectos 5G o de quinta generación.

En la actualidad, estas son los logros y las proyecciones que tiene la ANI para dar alcance a estos proyectos.

Tabla 18

Información de la ANI para los 2 proyectos hasta 2022

Origen de Iniciativas	Logros alcanzados 2022
Origen público	Se aprobaron vigencias futuras ordinarias para proyectos de gran relevancia nacional, como la actualización de los estudios y diseños a nivel de factibilidad de la estructuración integral de los corredores por valor de \$ 6.935.459.010

Nota: En la tabla anterior se evidencia uno de los mayores logros que se ha obtenido en Colombia en cuanto a los proyectos de infraestructura vial y es la apropiación y asignación de presupuesto público para desarrollar este tipo de proyectos. La información de la tabla fue obtenida del informe de gestión 2022 de la (Agencia Nacional de infraestructura ANI, 2023).

Tabla 19

Proyecciones de la ANI para la construcción de los 2 proyectos analizados

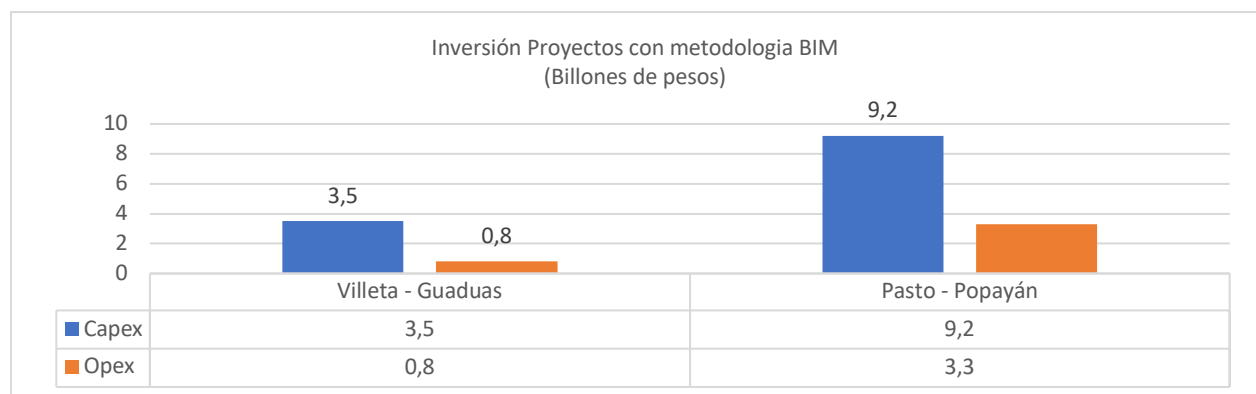
Origen de Iniciativas	Retos 2023	Hitos 2023
Origen público	Apertura de proceso licitatorio (sujeto a la aprobación de las entidades involucradas en el proceso) para los proyectos: - Corredor Pasto – Popayán - Corredor Villeta - Guaduas	Apertura proceso licitatorio - noviembre 2023

Nota: La tabla anterior representa las proyecciones de la ANI para dar cumplimiento con el desarrollo de los 2 proyectos evaluados en este trabajo de investigación. Esta tabla ha sido elaborada con la información publicada en el informe de gestión 2022 de la (Agencia Nacional de infraestructura ANI, 2023).

Por otra parte, las inversiones realizadas en los proyectos carreteros, Villeta – Guaduas y Pasto – Popayán, se presentan a Continuación:

Figura 36

Inversión de los proyectos Villeta – Guaduas y Pasto - Popayán

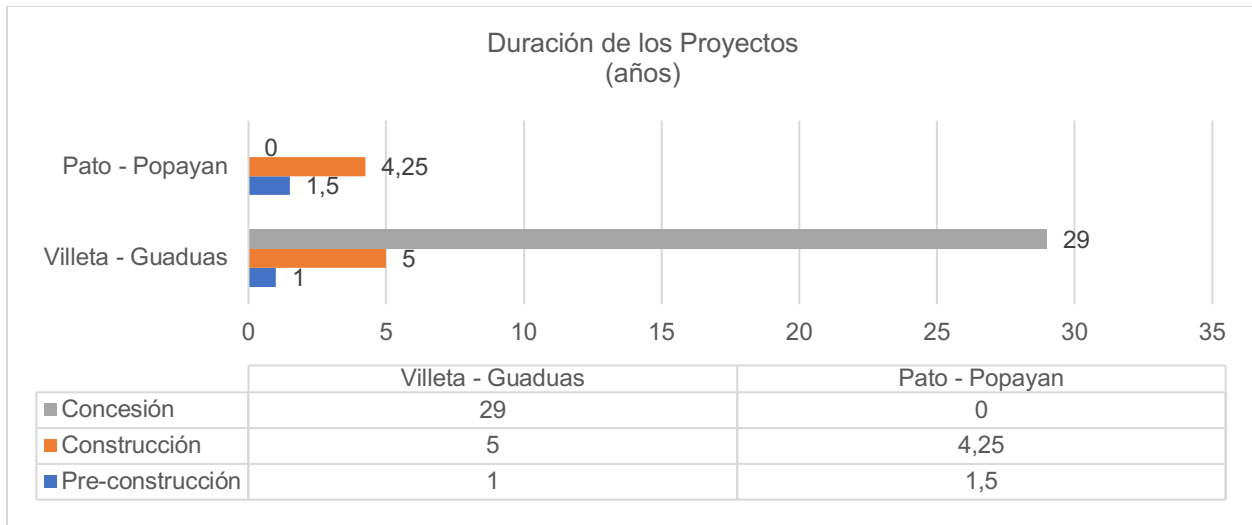


Nota: La grafica anterior representa la inversión proyectada para los proyectos Villeta – Guaduas y Patos – Popayán con información tomada de Informe de Gestión de la Agencia Nacional de Infraestructura (Agencia Nacional de Infraestructura, 2023)

Del mismo modo los tiempo planteados en todas las etapas de los proyectos son los siguientes:

Figura 37

Duración Proyectos Villeta - Guaduas y Pasto - Popayán



Nota: La gráfica anterior representa la duración proyectada para los proyectos Villeta – Guaduas y Pasto – Popayán con información tomada de Informe de Gestión de la Agencia Nacional de Infraestructura (Agencia Nacional de infraestructura ANI, 2023).

Tabla 20

Fases del proyecto Bogotá – Villeta – El Korán y Guaduas – Puerto Bogotá

Fase	Plazo de ejecución
FASE I	Debida Diligencia y Propuesta de Estructuración Integral: Dos (2) meses a partir del acta de inicio.
FASE II	Actualización, complementación, validación y presentación de la Estructuración Integral a Factibilidad (Estudios y diseños, técnico, ambiental, social, predial, legal y Financiero) y del estudio de Tráfico: Siete (7) meses y quince (15) días a partir del Acta de Inicio.

FASE III	Aprobaciones de Ley, Documentos contractuales para la licitación, Reportes Finales e Informe Final de Estructuración: A partir de la terminación de la Fase II y hasta el 31 de diciembre de 2021.
FASE IV	Proceso de Promoción y acompañamiento en la etapa de selección y adjudicación del Contrato APP ⁹ : Desde la terminación de la Fase III hasta la Adjudicación del Contrato APP.

Nota: En la tabla anterior se evidencian las distintas fases con las que cuenta el proyecto según los estudios previos de la vigencia 2018, cabe destacar que estas actividades tienen como fecha límite el 31 de diciembre de 2021 y que se llevan hasta la adjudicación del contrato. Esta tabla fue elaborada con la información del módulo 3 denominado estudios previos, correspondiente al proyecto Villeta Guaduas y publicado en el (SECOP, 2021).

Es necesario considerar que la Agencia Nacional de Infraestructura está realizando la implementación de esta metodología desde hace menos de un año como se evidenció en la aplicación del instrumento y considera que es importante seguirla implementando en sus estudios previos para los futuros contratos puesto que es una metodología sostenible que además de mejorar la gestión de la información, promueve la gestión oportuna de activos. Es por esto, que realizar una evaluación final entre los proyectos ejecutados bajo esta metodología versus los que no lo aplican en la ANI, no es posible hasta tanto la información sea publicada oficialmente con los resultados obtenidos de tal implementación, a pesar de esto, en los capítulos anteriores se pudo realizar una comparación teniendo en cuenta la especificaciones y requerimientos de los entregables según la ejecución de cada proyecto.

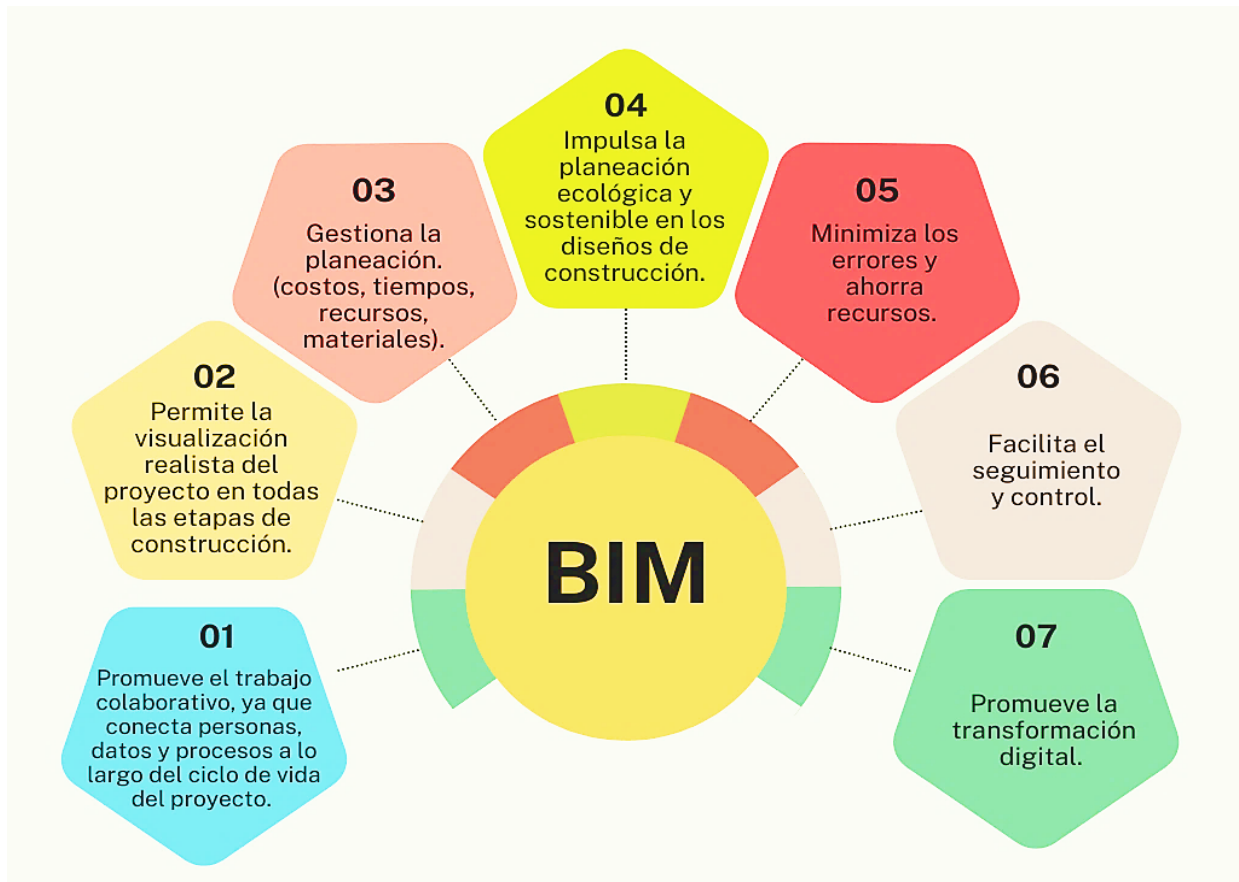
De igual forma a continuación, se resaltan las bondades y beneficios que propone la metodología BIM y la forma en la que Colombia busca tener un modelo de construcción más

⁹ APP: Asociación Público-Privada: es un contrato celebrado entre una organización gubernamental y una persona natural o jurídica de derecho privado a fin de garantizar la provisión de bienes públicos y sus servicios relacionados.

sostenible y sustentable a través de la implementación por parte de las entidades gubernamentales como la ANI que representa un pilar fundamental para tal alcance.

Figura 38

7 pilares de los beneficios de la metodología BIM.



Nota: La gráfica anterior muestra los 7 principales beneficios que propone la metodología BIM y que se esperan obtener en el desarrollo y ejecución contractual de los dos proyectos analizados en el presente trabajo. La gráfica fue elaborada con base en la información obtenida del trabajo de campo realizado con el acompañamiento de la Agencia Nacional de Infraestructura ANI.

Tabla 21

Cifras positivas de la implementación de la metodología BIM

	Costos de diseño e ingeniería	Reducción en tiempos de construcción	Costos de operación
Infraestructura Vial	15 - 25 %	23%	8 - 13 %

Nota: En la tabla anterior se evidencia que, las cifras reportadas por el Departamento Nacional de Planeación indican los ahorros en tres (3) factores importantes de la construcción vial en el país, estos son los costos de diseño de los proyectos y su ingeniería, la reducción de los tiempos de construcción y los costos de operación. Es por lo que, en el desarrollo de este trabajo se estudia la implementación como un aspecto resaltable en la construcción de infraestructura vial en el país. Esta tabla fue elaborada con la información de (CAMACOL, 2020).

Así mismo cabe mencionar a continuación, los principales beneficios de los proyectos, objeto de investigación del presente trabajo con la implementación de la metodología BIM:

Figura 39

Beneficios BIM de los dos proyectos analizados

Villeta - Guaduas	Pasto - Popayán
<ul style="list-style-type: none"> • La automatización de la información, permite una comunicación adecuada a lo largo del proyecto. Así mismo, una visión de la realidad y actualidad del proyecto. • Reducción en costos, pues es un proyecto basado en la planeación de costos, tiempo, y recursos material. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto de alta influencia en el sector, por lo que la aplicación de la metodología BIM, trae como beneficio, una buena planificación de los recursos, costos y tiempo, adicionalmente, trabajo social con las comunidades beneficiadas, gremios económicos y gubernamentales. • Debido a la planificación son proyectos que minimizan errores y ahorran recursos.

Nota: La anterior imagen es realizada con información tomada del Informe de Gestión de la (Agencia Nacional de Infraestructura, 2023).

De acuerdo con la información anterior, se considera que la implementación de la metodología BIM en los 2 proyectos analizados puede tener un impacto positivo desde todos sus enfoques, ya que parte de la iniciativa de implementar este modelo desde sus primeras etapas haciendo énfasis en la importancia que este tiene no simplemente como un sistema de modelación y diseño sino como una metodología que contribuye a mejorar los procesos de planeación, construcción, operación y gestiona la efectiva toma de decisiones.

Considerando que la estrategia BIM en Colombia es relativamente nueva y que a través de ella se promueve esta metodología, se resalta la aplicación que hasta el momento ha tenido uno de los factores más importantes como el valor de la información de los proyectos, el trabajo colaborativo, el aporte a la sostenibilidad, la formación en BIM y la implementación de la inteligencia artificial desde las primeras etapas de los proyectos para garantizar su correcta ejecución en todo el ciclo de vida , considerando además que se suman los aportes entre las organizaciones estatales tanto para el seguimiento de los avances como la articulación para implementar la metodología BIM en los proyectos de construcción.

Por otro lado, es necesario que se brinde a la ciudadanía una mayor información sobre este modelo, es decir, que en el país se conozca sobre los beneficios que ofrece y además se informen periódicamente los resultados que se han obtenido mediante la ejecución de dichos proyectos y de esta manera se comience a culturizar, especializar y emplear a nivel nacional no solamente por parte de las entidades públicas sino en todas las organizaciones del sector de la construcción y a partir de esto, se consiga la tan anhelada transformación digital.

Por último, se necesita disminuir los obstáculos que se tienen a la fecha para poder implementar la metodología BIM, por lo que se considera tener presentes algunas propuestas como:

- Realizar mejoras en las decisiones directivas, considerando la metodología BIM como un modelo de construcción moderna.

- Promover la gestión de los resultados de construcción de manera inmediata, periódica y al alcance de la ciudadanía.
- Gestionar la formación y especialización en la metodología BIM, de manera que no exista un enfoque en la construcción tradicional dejando de considerarlo únicamente como herramienta de diseño y garantizando con esto su correcta implementación.
- Priorizar y exigir que cada rol profesional que intervenga en los proyectos tenga una visión específica y con un alcance puntual, con las habilidades y experiencias necesarias para garantizar las mejoras esperadas en esta modalidad de construcción.
- Fomentar la formación de profesionales con énfasis en la metodología BIM.
- Priorizar la implementación BIM en todos los proyectos de infraestructura vial.
- Promover la información relacionada con esta metodología, los propósitos y los resultados de la implementación, de modo que sea pública y de fácil acceso para los ciudadanos.

Conclusiones y Trabajo Futuro

Conclusiones

Con el presente trabajo de investigación se evidenció que la implementación de la metodología BIM en los proyectos de infraestructura vial, Villeta – Guaduas y Pasto – Popayán ha marcado un hito en la industria de la construcción, ya que esta metodología ha impulsado una transformación significativa para el sector por la forma en la que se diseñan, construyen y se gestionan las obras viales en el país.

El presente trabajo presentó el desarrollo de los objetivos específicos que se han planteado con el fin de medir, comparar y evaluar el impacto de BIM en los proyectos de infraestructura vial Villeta – Guaduas y Pasto – Popayán, para realizar la medición del impacto de la metodología BIM en dichos proyectos se aplicó instrumento (cuestionario) y estructuró una entrevista a la Agencia Nacional de Infraestructura. EN la implementación del instrumento se evidenció que hasta el momento la ANI no ha realizado comparaciones de los proyectos ejecutados con la metodología BIM, debido a que se encuentran en etapa de factibilidad y aún no se evidencian resultados que permitan la medición de recursos proyectados y ejecutados,

En encuesta realizada se evidenció que, las entidades públicas aunaron esfuerzos para crear la Mesa Sectorial BIM, en esta, se socializan los diferentes proyectos realizados, sus buenas prácticas y lecciones aprendidas a través de la ejecución de proyectos, adicional a esto se toman las mejores y acertadas decisiones por parte de los expertos de cada entidad participe con el fin de dar cumplimiento a las políticas impartidas por el gobierno nacional.

Estas conclusiones arrojan luz sobre los beneficios y desafíos que enfrenta la implementación de BIM en la industria de la construcción y cómo estos impactan en la calidad, eficiencia y sostenibilidad de la infraestructura vial colombiana. Además, estas conclusiones proporcionan información valiosa para orientar futuras estrategias y decisiones en la implementación de BIM en el sector de la construcción del país.

La metodología BIM en Colombia se promueve a través de la Estrategia Nacional BIM 2020 – 2026 con la que se busca un desarrollo y la digitalización de la industria de la construcción a partir del beneficio social, económico y ambiental.

La evaluación del impacto de la metodología BIM en los proyectos Villeta – Guaduas y Pasto – Popayán es esencial para medir el progreso y los beneficios que esta metodología aporta al sector de la construcción en Colombia.

La búsqueda y recopilación de toda la información fue relevante para la evaluación de estos dos proyectos que se encuentran actualmente en etapa de factibilidad, pero se puede evidenciar la implementación de la metodología BIM desde sus primeras etapas, a través de los requisitos técnicos y entregables para la contratación.

La disponibilidad de datos confiables fue limitada, ya que la información hasta el momento no ha sido publicada oficialmente por los entes encargados, con lo que se pueda evidenciar la fase actual de implementación BIM en la que se encuentran estos dos proyectos, sin embargo se llevó a cabo la creación de un instrumento de evaluación sólido aplicado a las principales entidades relacionadas con la infraestructura vial en el país, de la cual se tuvo respuesta positiva por parte de la Agencia Nacional de Infraestructura, que posteriormente brindó un espacio para realizar la entrevista con el acompañamiento del Ingeniero Milton Carabuena quién brindó asesoría y claridad sobre la información de los dos proyectos con BIM.

Se realizó una comparación de los proyectos de infraestructura vial que aplican la metodología BIM con aquellos que no lo hacen, considerando los requisitos contractuales como una de las principales variables de evaluación, lo que proporciona una visión clara de las ventajas y desventajas de esta metodología en términos de eficiencia, calidad y costos, así como en la obtención de confianza para tener y aplicar las lecciones aprendidas y buenas prácticas.

La comparación de estos tipos de proyectos permitió identificar la mejor mitigación de los riesgos latentes en la proyección y ejecución de proyectos con la aplicación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial en Colombia.

La evaluación de impacto de la metodología BIM no se limitó solamente a los aspectos económicos, sino que también permitió la revisión de aspectos como la disponibilidad de la información en un ambiente compartido de datos, la implementación de la metodología BIM como un aporte para el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, la oportuna gestión de activos, el valor de la información, la calidad de la infraestructura vial en Colombia, entre otros.

El conocimiento adquirido en las entidades públicas, empresas privadas y externos a través de la evaluación y aplicación de esta metodología en infraestructura vial puede contribuir a la formación y consolidación de altos estándares y así como en la generación directrices para su uso en el sector de la construcción en Colombia.

La evaluación del impacto de la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial debe ser es un proceso continuo y en constante evolución, ya que la tecnología y las buenas prácticas están en constante cambio y actualización.

Los resultados de la evaluación del impacto de la metodología BIM en los de infraestructura vial en Colombia deben ser un pilar fundamental para aquellos que tienen el poder de tomar una decisión para generar crecimiento en el país, para aquellos que tengan en su poder fomentar la generación de empleo y educación, así como la sociedad en general al momento de escoger a sus dirigentes, ya que deben ser las personas más preparadas y profesionales debido a que se generará a un desarrollo sostenible de la infraestructura vial en Colombia.

Trabajo Futuro

Desde el desarrollo de este trabajo se evidenció que la implementación de la metodología BIM está transformando la industria de la construcción y de la infraestructura vial en el mundo, es por esto que Colombia no puede quedarse atrás en la exploración de nuevas tecnologías, aumentar la formación académica de modo que le permita a la nación incrementar sus índices de desarrollo, lo cual puede lograrse implementando políticas públicas que obliguen de cierta manera o en cierto grado la implementación de la metodología BIM en los proyectos de infraestructura vial en el país.

Teniendo en cuenta todos los beneficios de la metodología BIM mencionados a lo largo de este trabajo de investigación, es importante que el gobierno nacional se una a los esfuerzos de los organismos internacionales a través del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS otorgados por Naciones Unidas y que son de vital importancia para el crecimiento del país con equidad, transparencia y desarrollo.

La adopción de BIM en proyectos de infraestructura vial en el país está generando múltiples oportunidades que impactarán positivamente tanto en la calidad de las obras que sean proyectadas y ejecutadas y por supuesto en el crecimiento de la economía nacional. Se evidencia que el futuro de la infraestructura vial en Colombia y las oportunidades que se derivan de la implementación de BIM en proyectos de esta índole es de vital importancia para generar los siguientes puntos a continuación:

Mayor Eficiencia y Reducción de Costos:

La implementación de BIM en proyectos de infraestructura vial permite contar con una gestión más eficiente de los recursos y una mejor planificación y ejecución. Los modelos con los programas mencionados como ArchiCAD en 3D y 4D, incorpora aspectos temporales, facilita la identificación de posibles problemas antes de iniciar la construcción, reduciendo costos y plazos de ejecución. Así como, en la optimización del diseño y la detección temprana de alertas y conflictos que mejoran la calidad de la obra final.

Seguridad:

La seguridad en la ejecución de las obras de infraestructura vial es una prioridad para sus ejecutores, y la metodología BIM puede contribuir significativamente a este aspecto. Toda la tecnología aplicada a la visualización en 3D y 4D permite una comprensión más clara de los riesgos potenciales en los diferentes sectores de la cartografía colombiana, lo que facilita la implementación de medidas de seguridad mucho más adecuadas y la formación de los trabajadores para mitigar estos riesgos.

Sostenibilidad:

Uno de los aspectos más importantes que genera la metodología BIM es la sostenibilidad ya que actualmente es una preocupación creciente en el desarrollo de infraestructura vial debido al derroche de recursos naturales. Es por ello por lo que esta metodología permite la evaluación de múltiples alternativas de diseño y construcción que minimizan el impacto ambiental en la ejecución de proyectos. La optimización de rutas y la planificación de obras para reducir la degradación del entorno natural y cascos urbanos son ejemplos tangibles de cómo la metodología contribuye a la sostenibilidad y cuidado del medio ambiente.

Innovación tecnológica:

La adopción de la metodología BIM estimula la innovación en la industria de la construcción de infraestructura vial en Colombia y en el mundo. Esta implementación abre oportunidades para la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y aplicación de buenas prácticas, lo que, a su vez, puede impulsar el crecimiento del sector tecnológico en Colombia.

Fomento de la Competitividad:

Buscar que Colombia tenga una implementación exitosa de la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial pone al país en una posición más competitiva en el mercado global de la construcción. La experiencia adquirida en proyectos con esta metodología puede ser de gran interés a países que aún no la tengan implementada a nivel internacional, generando oportunidades de negocio para empresas o entidades públicas que hagan acuerdos interadministrativos con entidades de otros países y generen conocimiento y recursos para seguir en la exploración de nuevos negocios y mayor competitividad en la región.

Mejora en el Mantenimiento y Operación:

La implementación de la metodología BIM no se limita al ciclo de construcción; también es supremamente valioso en la etapa de operación y mantenimiento de la malla vial construida. La información que fue generada durante el proceso de planeación y construcción del proyecto se convierte en un insumo valioso para la gestión de activos y la planificación de mantenimiento a largo plazo y mitigación de posibles riesgos, generando la prolongación en el tiempo de la vida útil de las infraestructuras viales y ahorrando costos y nuevas intervenciones a lo largo del tiempo de vida útil del proyecto.

Fomentación de Formación y Generación de Empleo:

La implementación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial requiere personal capacitado. Esto crea oportunidades de formación y empleo especializado en esta metodología, bien sea para carreras profesionales como cualquiera de las ingenierías, arquitectura, administración, contabilidad, economía, así como para carreras técnicas en diseño o construcción. Teniendo en cuenta el auge de la implementación de esta metodología, la capacitación y formación se convierte en una habilidad altamente demandada en el mercado laboral.

Reducción de Errores y Siniestros:

La precisión y la documentación detallada que ofrece el modelamiento de los proyectos de infraestructura vial con la metodología BIM reducen significativamente la posibilidad de la materialización de riesgos y generación de errores lo que disminuye la probabilidad de reclamaciones legales, siniestros de pólizas de seguro, cumplimiento y calidad y conflictos legales entre las contratistas, entidades públicas y empresas privadas, lo que beneficia a la industria, a la rama judicial del país reduciendo demandas y a la economía en general.

Referencias

- Bello, V., & Osorio, S. (2022). *Caracterización de los Beneficios de la Metodología BIM Identificando las Principales Causas que Ocasionan Falencias Dentro de la Construcción Generando Una Consulta a Profesionales del Sector*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/4ebd5334-394c-44c3-a8c9-3d0bccef202e/content>
- Ramírez, M. (2022). *Análisis de la Implementación BIM en Colombia: Caso de Estudio y Diagnóstico de Industria de la Construcción [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes]*. Repositorio Institucional Séneca. Obtenido de https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/59246/TESIS__MFR.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Castro, J. (2022). *Beneficios de la Industria 4.0 en la Estrategia Nacional BIM 2020 - 2026 en Colombia*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/44655/CastroColoradoJoanSebastian2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Meana, V., Bello, A., & Garcia, R. (2019). *Análisis de la implantación de la metodología BIM en las titulaciones españolas de ingeniería industrial bajo la perspectiva competencial*. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-50732019000200169&script=sci_arttext&lng=en
- Arevalo, A., & Soto, J. (2022). *Building Information Modeling (BIM) y su Desarrollo en la Industria de la Construcción*. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5635/ICI_2208.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Blanco, J., Fuquen, C., Narvaez, A., & Suarez, J. (2021). Obtenido de Protocolo Básico para la Implementación de la Metodología BIM en Entidades Públicas para Proyectos de Inversión en Infraestructura:
<https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/10722/NarvaezAngela2021.pdf?sequence=1>
- Fernández, J., & Zamarrón, I. (2018). *Grado de Implantación del BIM (Building Information Modelling)*. Obtenido de
<https://www.activatie.org/descarga?documento=pu1537289155.pdf>
- Revista Constructivo. (2022). *¿Qué países lideran la adopción de BIM?* Obtenido de
<https://constructivo.com/noticia/que-paises-lideran-la-adopcion-de-bim-1625778685>
- Oberto, D. (2023). *Guía para la implementación de la metodología BIM en empresas de Arquitectura*. Obtenido de [Tesis de pregrado, Universidad Antonio Nariño]. Repositorio UAN. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/7498>
- ISO. (2023). *Organización Internacional para la Estandarización*. Obtenido de
<https://www.iso.org/search.html?q=bim>
- CAMACOL. (2022). *INFORME GESTION CAMACOL*. Obtenido de
https://camacol.co/sites/default/files/descargables/INFORME%20GESTION%20CAMACOL%202021-2022_HD%20VF.pdf
- DNP. (2020). *DNP - Departamento Nacional de Planeación. Estrategia Nacional BIM 2020 - 2026*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf>
- Bnamericas. (2022). *Colombia: el IDU Tendrá 25 Proyectos con BIM en 2023*. Obtenido de
<https://www.bnamericas.com/es/noticias/colombia-el-idu-tendra-25-proyectos-con-bim-en-2023>
- Soto, C., & Manríquez, S. (2023). *Panorama general del avance de BIM en América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2022>

Graphisoft ArchiCAD. (2023). *Graphisoft a nemetscher company*. Obtenido de

<https://graphisoft.com/co/solutions/archicad#visualize>

Mojica, A., & Valencia, D. (2012). *Implementación de las Metodologías BIM Como Herramienta Para la Planificación y Control del Proceso Constructivo de una Edificación en Bogotá*.

Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/71419247.pdf>

Coloma, E. (2008). *Introducción a la Tecnología BIM*. Universitat Politècnica de Catalunya.

Departament d'Expressió Arquitectònica I (EGA1). ISBN 978-84-95249-44-9. Obtenido de <http://www.practicaintegrada.com/storage/tecnologiabim/>

Vargas, O. (2017). *Estudio De Factibilidad Para La Construcción De Vivienda Multifamiliar Utilizando Contenedores En La Ciudad De Bogotá*. Obtenido de [Tesis para optar grado de Especialista en Gerencia, Universidad La Gran Colombia]. Repository UGC.

<http://hdl.handle.net/11396/3809>

SECOPI. (2021). *CONCURSO DE MERITOS ABIERTO - CONSULTORIAS ESTUDIOS Y DISEÑOS - MÓDULOS*. Obtenido de

<https://community.secop.gov.co/Public/Tendering/OpportunityDetail/Index?noticeUID=C01.NTC.1841919&isFromPublicArea=True&isModal=true&asPopupView=true>

Montilla Duque, A. (2023). *Metodología BIM: Modelado de la información para edificación*.

Obtenido de INESEM, Business School: <https://www.inesem.es/revistadigital/disenoy-artes-graficas/metodologia-bim/>

Sonda MCO. (2015). Obtenido de <https://www.sonda-mco.com/productos/pdf/fy15-bim-for-infraestructure-white-paper-high-resolution-es-la.pdf>

Pumasupa, K. (2022). *BIM en la preconstrucción de proyectos viales*. Obtenido de

KONSTRUEDU.COM: <https://konstruedu.com/es/blog/bim-en-la-preconstruccion-de-proyectos-viales>

INVIAS. (2022). *Decreto 2171 del 30 de diciembre de 1992*. Obtenido de Invias 2022

<https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/objetivos-y-funciones>

DNP . (2023). *Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES)*. Obtenido de
<https://www.dnp.gov.co/conpes>

SENA. (s.f.). *Quiénes somos*. Obtenido de [https://www.sena.edu.co/es-
co/sena/Paginas/quienesSomos.aspx](https://www.sena.edu.co/es-co/sena/Paginas/quienesSomos.aspx)

Agencia Nacional de Infraestructura. (2022). *ANI*. Obtenido de
www.ani.gov.co/sites/default/files/proyectos_en_estructuracion.pdf

Earth, G. (2023). *Google Earth*. Obtenido de [https://earth.google.com/web/search/via+pasto+-
+popayan/@2.26549032,-
76.81546562,1193.17245726a,92916.39385913d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCU1d07FO
iBRAEXSwNMildhNAGf1d1EwljFLAIUcMBnkssVLAOgMKATA](https://earth.google.com/web/search/via+pasto+-+popayan/@2.26549032,-76.81546562,1193.17245726a,92916.39385913d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCU1d07FOiBRAEXSwNMildhNAGf1d1EwljFLAIUcMBnkssVLAOgMKATA)

Bimtool. (2019). *Las 7 dimensiones BIM: 1D, 2D, 3D, 4D, 5D, 6D y 7D*. Obtenido de
[https://www.bimtool.com/Article/12468893/Las-7-dimensiones-BIM-1D-2D-3D-4D-5D-
6D-y-7D](https://www.bimtool.com/Article/12468893/Las-7-dimensiones-BIM-1D-2D-3D-4D-5D-6D-y-7D)

ModelArk Architecture & BIM. (s.f.). *Modelark: Proyectos BIM que optimizan recursos*. Obtenido
de modelarkbim.com

Structuralia. (2023). *Archicad vs Revit: softwares dentro la metodología BIM*. Obtenido de
<https://blog.structuralia.com/archicad-revit-software-bim>

SONDA. (2023). *Revit: software de BIM para diseñadores, constructores y emprendedores*.
Obtenido de <https://www.sonda-mco.com/productos/revit/>

Taveras, A., & Cruz, P. (2018). *BIM: El futuro está en la construcción inteligente*. Obtenido de
[https://blogs.iadb.org/transporte/es/bim-el-futuro-esta-en-la-construccion-
inteligente/#_ftn1](https://blogs.iadb.org/transporte/es/bim-el-futuro-esta-en-la-construccion-inteligente/#_ftn1)

Megan Schires. (2019). *ArchDaily*. Obtenido de Visualización en tiempo real: cómo trabajar más
rápido con la herramienta Twinmotion:
[https://www.archdaily.co/co/929792/visualizacion-en-tiempo-real-como-trabajar-mas-
rapido-con-la-herramienta-twinmotion](https://www.archdaily.co/co/929792/visualizacion-en-tiempo-real-como-trabajar-mas-rapido-con-la-herramienta-twinmotion)

- CAMACOL. (2020). *Estrategia de Adopción de BIM en COLOMBIA*. Obtenido de <https://camacol.co/sites/default/files/LANZAMIENTO%20DE%20LA%20ESTRATEGIA%20DE%20ADOPCI%C3%93N%20BIM%20EN%20COLOMBIA.pdf>
- Bim Management. (2021). *BIM: EL AHORA, NORMATIVIDAD Y AVANCE EN COLOMBIA*. Obtenido de <https://bimmanagement.co/2021/12/02/bim-el-ahora-normatividad-y-avance-en-colombia/>
- Zafra, O. (2006). *Tipos de Investigación*. Obtenido de Revista Científica Jose María Córdoba: <https://www.redalyc.org/pdf/4762/476259067004.pdf>
- Ministerio de Transporte. (2022). *Entidades Adscritas*. Obtenido de <https://mintransporte.gov.co/publicaciones/5191/entidades-adscritas/>
- ANI. (2022). *Proyectos Concesiones del Bicentenario*. Obtenido de https://www.ani.gov.co/sites/default/files/proyectos_en_estructuracion.pdf
- BIM Forum Colombia - CAMACOL. (2021). *BIM KIT 2 Documentos Técnicos*. Obtenido de https://camacol-new.demodayscript.com/sites/default/files/descargables/01_Infraestructura_Vial.pdf
- ONU. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Agencia Nacional de infraestructura ANI. (2023). *Informe de Gestión*. Obtenido de https://www.ani.gov.co/sites/default/files/informe-de-gestion-2022_1.pdf
- Departamento Nacional de Planeación DNP. (2020). *Estrategia de adopción BIM en Colombia*. Obtenido de <https://camacol.co/sites/default/files/LANZAMIENTO%20DE%20LA%20ESTRATEGIA%20DE%20ADOPCI%C3%93N%20BIM%20EN%20COLOMBIA.pdf>
- ANIscoopio. (2023). *ANIscoopio*. Obtenido de <https://aniscopio.ani.gov.co/>
- Agencia Nacional de Infraestructura. (2023). *ANI*. Obtenido de https://www.ani.gov.co/sites/default/files/informe_de_gestion_william_camargo.pdf

Función Pública. (2000). *Decreto 1016 de 2000*. Obtenido de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=64914>

Función Pública. (1993). *Decreto 2724/93*. Obtenido de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=76274>

Función Pública. (2011). *Decreto 4165 de 2011*. Obtenido de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=44678>

Secretaría Senado. (2011). *DECRETO 87 DE 2011*. Obtenido de

http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_0087_2011.html#:~:text=El%20Ministerio%20de%20Transporte%20tiene,regulaci%C3%B3n%20t%C3%A9cnica%20en%20materia%20de

Función Pública. (2013). *Ley 1702 de 2013*. Obtenido de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=56286>

Kaizen Arquitectura & Ingeniería . (15 de 1 de 2024). *Kaizen Arquitectura & Ingeniería* .

Obtenido de <https://www.kaizenai.com/bim/que-es-el-bim/>

Departamento Nacional de Planeación-DNP. (15 de 1 de 2024). *DNP*. Obtenido de

<https://ods.dnp.gov.co/es/objetivos/ciudades-y-comunidades-sostenibles>

Anexos

A. Derecho de Petición

Bogotá D.C, 1 de julio de 2023.

Señores
Agencia Nacional de Infraestructura - ANI
Ciudad

Asunto: Solicitud de Información

Cordial saludo,

Con la presente solicitud, Alexandra Romero, Diego Ayala y Laura Cruz, nos dirigimos a ustedes de la manera más respetuosa posible, somos estudiantes de la Maestría en Administración de Empresas (MBA) de la universidad EAN; actualmente nos encontramos realizando nuestro trabajo de grado y con la investigación se busca realizar una *Evaluación del impacto de la metodología BIM en los proyectos de infraestructura vial del sector público colombiano*. Para la etapa de recolección de la información hemos diseñado un cuestionario con el fin de poder identificar experiencias positivas y negativas en el momento de la implementación de la metodología BIM y que adicionalmente permita identificar el impacto que ha tenido en los proyectos con los que se ha ejecutado este modelo.

Dicho esto, mediante la presente solicitamos de su colaboración dando respuesta al cuestionario que se anexa junto a este oficio, se aclara que como entidad tiene toda la libertad para responder las preguntas abiertas con la información que considere, es decir no hay un límite en cuanto a la cantidad de información que sea suministrada. Adicionalmente, pedimos amablemente su respuesta ante la posibilidad de que podamos ser contactados con la persona encargada de la implementación de la metodología BIM en la entidad y poder realizar una reunión para profundizar los resultados de la investigación.

Agradecemos de antemano su respuesta y colaboración.

Atentamente:


Alexandra Romero - aromero07042@universidadean.edu.co

Diego Ayala - dayalam39601@universidadean.edu.co


Laura cruz- lcruzpe54382@universidadean.edu.co

Estudiantes Universidad EAN

**B. Respuesta del Derecho de Petición por Parte de la Agencia Nacional de
Infraestructura Vial - ANI**



Documento firmado digitalmente







Para contestar cite:
Radicado ANI No.: **20232000268651**
20232000268651
Fecha: **31-07-2023**

Bogotá, D.C., Colombia, 31 de julio de 2023

Señora
Laura Mariana Cruz Peralta
lcruzpe54382@universidadean.edu.co

ASUNTO: Solicitud de Información con fines académicos. Respuesta a Radicado ANI No. 20234090790292, traslado Radicado MT No. 20235400742561.

No. de radicado al que responde: 20234090790292

Hemos recibido por traslado del Ministerio de Transporte la comunicación que refiere el asunto, en donde solicita *"su colaboración dando respuesta al cuestionario que se anexa a este oficio, se aclara que como entidad tiene toda la libertad para responder las preguntas abiertas con la información que considere, es decir no hay un límite en cuanto a la cantidad de información que sea suministrada"*.

En atención a su solicitud, nos permitimos anexar a la presente comunicación el cuestionario debidamente diligenciado en lo que corresponde (archivo en formato Excel), precisando que en este momento la Entidad se encuentra desarrollando tanto el Plan de Ejecución BIM como el Plan de Implementación para el desarrollo de la metodología hacia la Entidad.

Atentamente,

Iván Humberto Baquero Susa
Gerente de Proyectos Férreos
Vicepresidencia de Estructuración

Agencia Nacional de Infraestructura
Dirección: Calle 24A # 59 - 42, Bogotá D.C., Colombia
Conmutador: (+57) 601 484 88 60
Línea Gratuita: (+57) 01 8000 410151

Página | 1



Para contestar cite:
Radicado ANI No.: **20236010268921**
"20236010268921"
Fecha: **31-07-2023**

Bogotá D.C., Colombia, 31 de julio de 2023

Señores

Alexandra Catalina Romero Álvarez

aromero07042@universidadean.edu.co

Diego Alejandro Ayala Monje

davajam39601@universidadean.edu.co

Laura Mariana Cruz Peralta

lcruzpe54382@universidadean.edu.co

Estudiantes

Programa de Maestría en Administración de Empresas (MBA)

Universidad EAN

No. de radicado al que

responde: 20234090762732

ASUNTO: Respuesta a la solicitud de diligenciar un cuestionario acerca del uso BIM en la entidad. Radicado de entrada ANI No. 20234090762732 del 11 de julio de 2023.

Reciban un cordial saludo estimados,

Respondiendo a su requerimiento, se respondieron las preguntas del cuestionario solicitado, el cual se anexa en el archivo Excel titulado "Cuestionario 21.06.2023 Diligenciado"

Atentamente,

Diana Catalina Chiriví González

Coordinadora G.I.T. de Planeación.

Anexos: un (1) archivo Microsoft Excel.
Pro yectó: Julián Albeiro Manrique Agudelo – Gestor TI 7
Votó: Diana Catalina Chiriví González – Coordinadora GIT Planeación
Nro Rad Padre: 20234090762732
Nro Borrador: 20236010045575
GADP-F-012

Agencia Nacional de Infraestructura
Dirección: Calle 24A # 59 - 42, Bogotá D.C., Colombia
Conmutador: (+57) 601 484 88 60
Línea Gratuita: (+57) 01 8000 410151

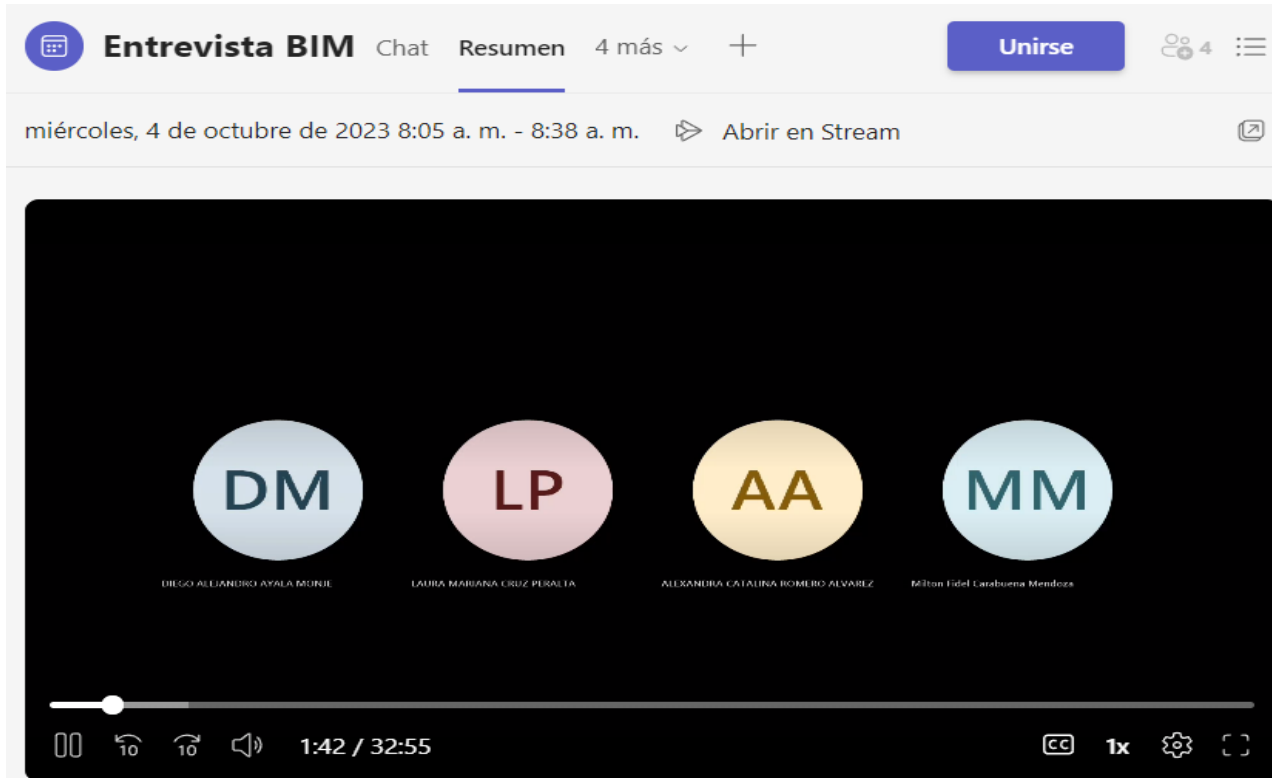
DIANA CATALINA CHIRIVÍ GONZÁLEZ
31-07-2023 09:31:18:1821
Firmado por DIANA CATALINA CHIRIVÍ GONZÁLEZ
Diana Catalina Chiriví González
01-07-2023 09:31:18:1821
AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA
Procesado por
Línea Píblica
Administración de
Infraestructura

C. Cuestionario de Investigación Resuelto

CUESTIONARIO 1								
Impacto de la metodología BIM en los proyectos de infraestructura vial del sector público colombiano								
Objetivo:	Recopilar información de las entidades públicas del sector de infraestructura vial en Colombia con respecto al impacto que ha tenido la implementación de la metodología BIM en sus proyectos.							
Dirigido a:	Las entidades públicas del sector de infraestructura vial en Colombia.							
Alcance:	Proyectos de infraestructura de transporte en todos sus modos, a cargo de la entidad en todo el territorio nacional.							
Responsables:	Alexandra C. Romero, Diego A. Ayala y Laura M. Cruz, estudiantes de Maestría en Administración de Empresas (MBA) de la Universidad EAN.							
Fecha de Aplicación	Julio de 2023							
Entidad:	AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA (ANI)							
1. ¿Conoce usted la metodología BIM?								
Si		No						
2. ¿Actualmente se implementa esta metodología en esta entidad?								
Si		No						
3. ¿Cuánto tiempo lleva la implementación de esta metodología en la entidad ?								
a) Menos de un año.	b) De uno a dos años.	c) De dos a 4 años.	d) Más de cuatro años.	e) No aplica / No se ha implementado				
4. ¿Qué dificultades encontró para su implementación?								
<p>1. Falta de concepto técnico: los primeros documentos generados para el uso de BIM en la ANI están idealizados, es decir, no responden adecuadamente a la situación real de los proyectos.</p> <p>2. Implementación de la tecnología: baja capacidad de gestionar la información BIM a través de un Centro común de datos (CDE), lo que genera un bajo entendimiento de la entidad con las empresas privadas (originadores, consultores, diseñadores, concesionarios e interventorías).</p> <p>3. Manuales de funciones de interventores y supervisores VS. Metodología BIM: en los flujos de trabajo de la metodología, aplicado al proceso normal de las etapas de la vida útil de los proyectos, los diferentes actores no saben cómo interactuar y como almacenar la información en el cuarto de datos de la ANI.</p> <p>4. Coordinación de la unificación de conceptos y glosario entre las diferentes dependencias de la ANI.</p> <p>5. Falta de estandarización de procesos entre los involucrados en los proyectos BIM: no se han documentado los procesos.</p>								
5. ¿La entidad cuenta con un manual de cumplimiento de esta metodología? Indique Si o No, si marca Si, por favor mencione su ubicación								
Si		No		Observación: La ANI cuenta con un estudio previo adelantado en el marco de la consultoría con TDC-Lab, durante la cual se construyeron dos EIRs preliminares para carreteras y aeropuertos, aunque muy enfocado en la infraestructura vertical. Dichos documentos están en proceso de maduración para los diferentes modos de transporte y el alcance de la entidad. Los documentos todavía no se encuentran disponibles al público.				
6. ¿En los estudios previos de los futuros contratos está establecida la metodología BIM para su ejecución?								
Si		No						
7. ¿La entidad cuenta con un equipo diseñado para la implementación de la metodología BIM?								
Si		No						
Por favor indicar ¿Quiénes lo conforman?: Todos funcionarios de la Vicepresidencia de Estructuración: Germán Correa (Asesor de Vicepresidencia), Milton Carabuena (BIM Manager), Khendry Rueda (Asesor modo aeroportuario), Leonardo Díaz (Asesor modo carretero), Jaime Niño (Asesor modo aeroportuario), Nicolás Quitian (Asesor legal), Iván Darío Herran (Asesor modo portuario), por contratar o definir el Asesor del modo ferroviario.								
8. ¿Cuáles han sido los efectos de la implementación de la metodología BIM en su entidad?								
a) Ahorro de tiempo durante todas las etapas de los proyectos.	b) Optimización de los recursos financieros invertidos.	c) Demoras en la contratación.	d) Falta de personal capacitado.	e) Mejora continua en la ejecución de los proyectos.	f) Positivos en todos los aspectos y etapas de los proyectos.	g) Negativos en todos los aspectos y etapas de los proyectos.	h) Todas las anteriores	i) Otros, por favor indique ¿cuáles?

9. ¿Cómo controla la entidad que los proyectos sean ejecutados con la metodología BIM?			
La ANI tiene tres enfoques particulares: 1. Implementar un CDE que permita la gestión de la información desde la estructuración de proyectos hasta su archivo durante toda la vida útil del proyecto. 2. Transformar las mediciones básicas a un sistema de indicadores para permitir la toma de decisiones en un BI. 3. Definir el BEP y el ATB entre las diferentes partes interesadas antes de la ejecución del proyecto.			
10. ¿Cuáles fueron los retos en la implementación de la metodología BIM?			
1. Cambio de la manera de pensar de la organización. 2. El uso de nuevas tecnologías afecta a las personas porque tienen que hacer las cosas de otra manera. 3. Falta de normativa aplicada a modos de transporte. 4. Uso de herramientas informáticas libres para evitar el sesgo del mercado.			
11. ¿Cuáles fueron los obstáculos para implementar la metodología de manera oportuna?			
1. Desarticulación entre Vicepresidencias y áreas. 2. Cambio de la manera de pensar de la organización. 3. El uso de nuevas tecnologías afecta a las personas porque tienen que hacer las cosas de otra manera. 4. Falta de normativa aplicada a modos de transporte. 4. Uso de herramientas informáticas libres para evitar el sesgo del mercado.			
12. ¿Cómo evalúa la efectividad que ha tenido la implementación del modelo BIM en los proyectos de la entidad?			
Se están definiendo una serie de indicadores para medir proyectos, gestión, operación de la entidad y alineación con políticas de gobierno. Así mismo el BI para tener métricas a lo largo del tiempo.			
13. ¿Se han realizado comparaciones de los proyectos ejecutados con la metodología BIM frente a los que no contaron con esta metodología?			
Si	No	¿Cuales fueron los resultados? Esta en desarrollo la comparación entre dos proyectos	
14. Además de las pólizas de cumplimiento y calidad de los proyectos con la metodología BIM ¿Se le exige a los contratistas algún otro tipo de póliza?			
Si	No	En caso de marcar sí, por favor indicar ¿Cuál otra póliza?	
15. ¿Considera la entidad que la implementación de la metodología BIM ha contribuido con la austeridad del gasto en los proyectos ejecutados?			
Si	No		
16. ¿Por favor califique el impacto que se ha evidenciado en la entidad en temas de tiempos y recursos con la aplicación de este modelo?			
a) Poco significativo.	b) Significativos.	c) Muy significativos.	d) No ha sido evidente.
17. ¿Se han realizado esfuerzos mancomunados para ejecutar proyectos con metodología BIM con otras entidades? Por favor justifique la respuesta.			
Si	No	¿Porqué? 1. Se han generado Acuerdos intersectoriales y la mesa sectorial BIM para atender políticas de gobierno.	
18. ¿Consideraría implementar la metodología BIM, dentro de los siguientes Planes de Gobierno nacionales y distritales? Por favor justifique la respuesta.			
Si	No	¿Porqué? Está reglamentado en el plan presidencial (mandato), BIM 2020-2026 es una política de Estado que la ANI está estructurando en su proceso de transformación.	
19. De acuerdo con la experiencia de la entidad, ¿considera que el modelo BIM es una metodología sostenible? Por favor justifique la respuesta.			
Si	No	¿Porqué? Esta volviendo toda la información construida a lo largo del tiempo a nivel nacional y una visión de gestión de activos.	

D. Evidencias de la reunión con la Agencia Nacional de Infraestructura - ANI



Funcionamiento actual oficina BIM

2 Flujo de trabajo <https://www.ani.gov.co/>

Milton Fidel Carabuena Mendez

DM: DIEGO ALTAMIRANO ...
LP: LAURIA MARIANA C...
AA: ALEXANDRA CATALI...
MM: Milton Fidel Carabu...
AR: Alejandra Romero





Agencia Nacional de Infraestructura



Visión BIM 2023

Aeropuertos

- ED Máx (Factibilidad)

Carretero

- Villeta - Guaduas (Factibilidad)
- Pajarito - Aguazul (Factibilidad)
- Pasto - (Factibilidad)
- Boquerón - El Tablón

Ferroviario

- FFCC Pacifico - (Prefactibilidad)
- Turbo Cupica FP - (Estructuración)
- Corredor férreo central CFC (Prefactibilidad)

Fluvial

Navegabilidad Rio Meta

Puertos

N.D.

5 Sistema de indicadores

<https://www.ani.gov.co/>

DM

DIEGO ALFARERO ...

LP

LADIA MARTIANA ...

AA

ALEXANDRA CATALI

MM

Milton Fidel Carabuena

AR

Alexandra Romero

Milton Fidel Carabuena Mendoza