

IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM (BUILDING
INFORMATION MODELING EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN BOGOTÁ

Elaborado por:

Claudia Patricia Castellanos Culma

Hamilton Andrés Santos Montagut

Leonard Andrés Castañeda Ardila

Tatiana Osorio Castro

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

Especialista en Gerencia de Proyectos

Universidad EAN

Escuela de Formación en Investigación

Seminario de Investigación de Posgrado

Bogotá

2023

RESUMEN

En Colombia, de acuerdo con la Estrategia Nacional BIM, para el 2026 se espera que todas las empresas de construcción adopten la metodología BIM para la creación y gestión de un proyecto de edificación; así mismo de acuerdo con este plan se espera que para el año 2023 entre el 35% y 50% de los proyectos de construcción públicos hayan adoptado BIM. En el presente documento se pretende identificar los avances de las constructoras de Bogotá en la implementación de la metodología BIM, pero además realizar un análisis de las principales problemáticas y estrategias que han tenido las organizaciones para su implementación. Adicionalmente se presenta la metodología a implementar en el desarrollo de la investigación que consiste en la evaluación de variables cuantitativas que contribuirán a la caracterización del estado de implementación actual de BIM en las empresas publicas y privadas del sector de la construcción.

Palabras clave: Sector construcción, Metodología BIM, Building Information Modeling, público, privado.

Tabla de contenido

1	Planteamiento del Problema	4
1.1	Antecedentes del problema	4
1.1.1	Descripción del problema	4
1.1.2	Pregunta de investigación	5
1.2	Objetivos	5
1.2.1	Objetivo general.....	5
1.2.2	Objetivos específicos.....	5
2	Justificación	6
3	Marco Teórico	7
4	Marco institucional	15
5	Metodología	17
5.1	Primer nivel	17
5.1.1	Enfoque, alcance y diseño de la investigación	17
5.2	Segundo nivel.....	23
5.2.1	Selección de métodos o instrumentos para recolección de información	23
5.2.2	Técnicas de análisis de datos.....	24
5.2.3	Análisis y discusión de resultados	26
6	Conclusiones	35
7	Lista de referencias	36

Tabla de Figuras

Figura 1	<i>Diagrama del modelo BIM durante las fases de diseño, construcción y mantenimiento</i> ..9	
Figura 2	<i>Países con mandatos BIM en el Mundo</i>	12
Figura 3	<i>Bim en Latinoamérica</i>	13
Figura 4	<i>Objetivos Estrategia nacional BIM 2020-2026</i>	15
Figura 5	<i>Hoja de ruta de Colombia hacia el mandato BIM</i>	17

1 Planteamiento del Problema

1.1 Antecedentes del problema

Actualmente Colombia no cuenta con un sistema de información estandarizado en el que se integre la totalidad de las entidades y empresas del sector de la construcción, lo que ocasiona demoras durante la ejecución de los proyectos debido a la poca confiabilidad de la información suministrada por los actuantes del proceso, por ello esta investigación está encaminada a realizar el análisis del impacto de la implementación de la metodología BIM en la ciudad de Bogotá, puesto que hay una clara necesidad de implementar procesos que sean transparentes y auditables, y que nos permitan, como industria y como país, mostrar más confianza a los financiadores, abriendo oportunidades para subvenciones que ayuden al nuestro desarrollo, para ello se tiene como una política de estado a través de la “Estrategia Nacional BIM 2020-2026” realizar la implementación de la metodología BIM (DNP, Estrategia Nacional BIM 2020-2026, 2020).

1.1.1 Descripción del problema

Actualmente la productividad del sector de la construcción tanto en el sector público como privado no es óptima debido a que durante la formulación y ejecución de los proyectos no se puede llevar a cabo una planificación adecuada por la poca confiabilidad de las bases de datos y de la información existente a nivel de servicios públicos y en ocasiones de normatividad, dificultad que conlleva a tener sobrecostos y a su vez debido a la incertidumbre, los tiempos estimados para la ejecución tienden a incrementarse respecto a los inicialmente programados.

Actualmente Bogotá ha presentado avances considerables frente a la construcción de la información básica para los proyectos, que de manera sincronizada con la implementación de

la metodología BIM se tendrá un avance considerable que ayudará al desarrollo tecnológico del sector, lo que va a permitir crecer en cuanto a la infraestructura multimodal y urbana, para consolidar un sistema eficiente en el comercio y la movilidad de bienes y personas.

1.1.2 Pregunta de investigación

¿Cuáles son los impactos, beneficios y retos en la implementación de la metodología BIM en el sector de la construcción tanto en entidades públicas como privadas en Bogotá?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Comparar los beneficios e impactos de la implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling) entre entidades públicas y privadas pertenecientes al sector de la construcción en Bogotá.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar revisión de literatura disponible en cuanto a la implementación de la metodología BIM.
- Realizar diagnóstico de las empresas del sector de la construcción frente a la implementación de metodología BIM.
- Identificar las principales brechas de las empresas de construcción para la implementación de la metodología BIM.
- Describir las experiencias y beneficios alcanzados por las empresas que implementan la metodología BIM.
- Determinar buenas prácticas y recomendaciones para la implementación de la metodología BIM.

2 Justificación

Durante los últimos años y con la implementación que han realizado los gobiernos tanto nacional como distrital respecto a los lineamientos anticorrupción y de correcta ejecución de la totalidad de las fases que se involucran en el desarrollo de proyectos de construcción en el país, se ha evidenciado que en el sector de la construcción es frecuente presentar retrasos en los tiempos de ejecución de los proyectos, lo cual genera reprocesos y sobrecostos producto en algunos casos de una incorrecta planificación y ejecución de los mismos; para afrontar esta problemática se requieren varias acciones, una de ellas debe ser implementar metodologías de diseño y construcción que involucren todas las etapas del ciclo de vida del proyecto considerando todos los tipos de intervención y disciplinas técnicas que abarca cada proyecto. Con la implementación de este tipo de metodologías participativas se prevé una globalización y consolidación de las intervenciones a realizar desde fase de prefactibilidad de un proyecto, pasando por su factibilidad, diseño, construcción o ejecución, operación, mantenimiento y cierre si es el caso. La metodología BIM involucra esta consolidación de diseños técnicos lo cual ataca directamente los problemas recurrentes en obra que corresponden a las interferencias e imprevistos de la misma. Busca disminuir y prever las acciones tanto técnicas como financieras a ejecutar en caso de un cambio del proyecto así sea mínimo, dando uso a las herramientas tecnológicas dispuestas en el mercado con el fin de unificar y gerenciar la totalidad del proyecto contemplando su interdisciplinariedad. Expuesto lo anterior, se considera oportuno comparar las tendencias y prácticas que se tienen en el sector de la construcción y la implementación de BIM teniendo en cuenta las experiencias obtenidas tanto en entidades públicas como privadas. Comparar el impacto que ha tenido la implementación de esta metodología en el sector de la construcción en el país, será útil para exponer las brechas entre los sectores mencionados y las buenas prácticas a ejecutar en las empresas interesadas en iniciar la adopción del BIM. Lo anterior, dado que dicha implementación contempla la inversión en recursos profesionales con

ciertos conocimientos especializados y cambio de políticas empresariales que constituyen una gran apuesta por parte de las empresas, con el fin de eficientizar sus procesos empleando dichas metodologías como plan de acción para la planificación, desarrollo y ejecución de sus actividades.

3 Marco Teórico

La construcción nace de la necesidad que tiene el ser humano de poder generar espacios donde se pueda sentir seguro y protegido, lo que hoy podemos denominar un “refugio”, esta necesidad se da producto de los peligros que se podía ver el ser humano enfrentado tales como el frío del invierno, lluvias, y ataques de animales, las primeras “construcciones o edificaciones” se caracterizaban por ser elaboradas con productos naturales tales como piedras, palos, vegetación o materiales de tipo sedimentarios. A partir de esto el ser humano a evolucionado a través del tiempo con lo que a generado la necesidad de crear nuevas herramientas y procesos para la estructuración y diseño de nuevas edificaciones.

Integrando la tecnología con la construcción una de las metodologías implementadas fue el diseño asistido por ordenador CAD. Patrick J. Hanratty e Ivan Sutherland son considerados como los pioneros del CAD, ambos tuvieron gran aporte y contribuciones que han marcado el nacimiento de la metodología lo cual incluye:

- En 1961, Patrick Hanratty se unió a los Laboratorios de Investigación de General Motors, donde ayudó a desarrollar DAC (Diseño Automatizado por Computadora), el primer sistema CAD en usar gráficos interactivos.

Ivan Sutherland abrió nuevos caminos en el modelado por computadora en 3D y la simulación visual, que es la base para CAD. Su doctorado de 1963. La tesis en el MIT fue "Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communications System". Permitted a los diseñadores usar un lápiz óptico para crear dibujos de ingeniería directamente en un CRT.

Para, los primeros programas CAD solo se tenía la capacidad de poder generar dibujos en 2D, que bien se podía entender como los planos hechos a mano para este entonces. Independientemente, los primeros programas simples estaban comenzando a cambiar la forma en que las industrias de fabricación y construcción veían el diseño. Gran parte de la investigación pasó de la creación de diseños en 2D a 3D.

Ya para 1970, salen los primeros Softwares de modelación de sólidos, lo que trajo con esto poder generar herramientas a los diseñadores poder combinar formas geométricas en sus diseños, en la década de los 90 los computadores son lo suficientemente potentes para poder incorporar CAD como AutoCAD, lo que convirtió a estos programas en un nombre familiar para los diseñadores de todas las industrias. (College, s.f.)

CAD la abreviatura de Computer-Aided Design, traducido como Diseño asistido por ordenador, toma gran fuerza dado la facilidad que este tiene para poder crear y editar modelos bidimensionales y tridimensionales, el propósito para su momento era poder brindar una herramienta que fuera capaz de poder optimizar y agilizar el flujo de trabajo del diseñador, llegando a ser usado por profesionales de ramas como Arquitectura, ingenierías, civil, o ingeniero aeronáutica y en la industria de la automotriz.

Actualmente el sistema y/o metodología CAD es una de las más populares y usadas por la industria de la construcción, automotriz y aeronáutica entre otras, evolucionando de tener que contar con grandes estaciones de computo a PC estándar, usado a nivel mundial en el diseño de nuevos proyectos, con el pasar del tiempo y las exigencias del mercado y algunas limitaciones de la metodología hacen que se deba evolucionar de CAD al BIM.

Building Information Modeling o más conocido como BIM, hace referencia a (Modelo de información de la construcción), es una metodología que hace años viene marcando una revolución en el sector de la construcción, este nuevo tipo de metodología se ha empezado a posicionar dado sus características de contar con un modelo 3D inteligente, basado en datos,

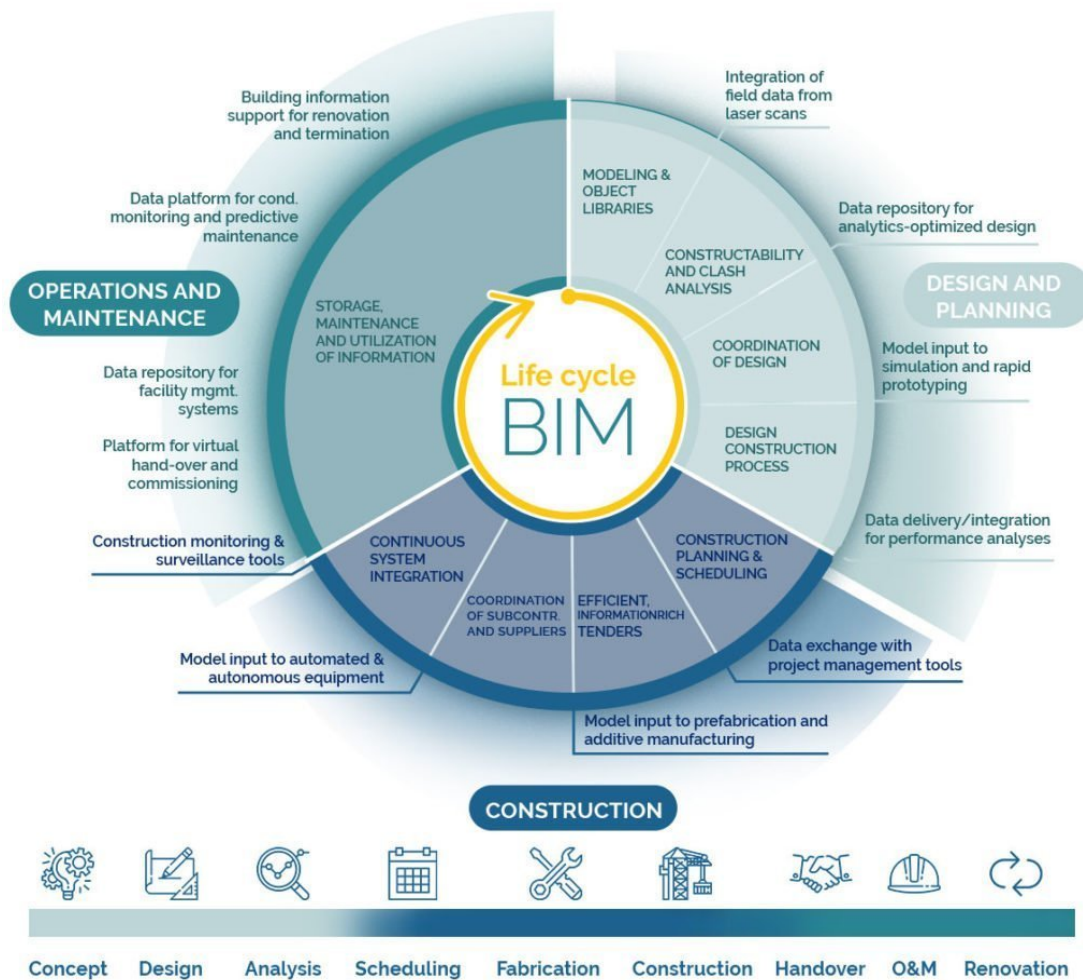
aunado que tiene la capacidad de poder ser trabajado colaborativamente por cada uno de los profesionales que hacen parte de un proyecto a la vez.

“Hasta el momento, en un proyecto de construcción se invertía relativamente más tiempo en la construcción que en la conceptualización del mismo. Esto hacía que surgieran las posibles interferencias durante la construcción del proyecto, en dónde realizar cualquier modificación resultaba mucho más costosa. El formato BIM pretende cambiar esta tendencia, permitiendo la visualización de las instalaciones y construcciones físicas por parte de cada uno de los actores involucrados antes de la construcción proyecto. De este modo, se pueden detectar los posibles problemas en las etapas iniciales del diseño, pudiendo modificar la geometría 3D del edificio o de las instalaciones antes de realizar la construcción, con el consecuente ahorro en la inversión de tiempo y recursos.” (S&P, 2017)

Esta metodología ha logrado grandes avances en poder simular mediante un modelo de 3D inteligente las variables a las que se puede estar enfrentando un proyecto en cada uno de los ciclos de vida de este (Diseño, construcción y operación) donde se contemplan variables como datos, conocimientos y herramientas para planificar, diseñar y construir sus proyectos.

Figura 1

Diagrama del modelo BIM durante las fases de diseño, construcción y mantenimiento



Nota: Adaptado de Intelligent information systems for the representation and management of the city. Urban survey and design for resilience by Bocconcino M. M., Lo Turco M., Vozzola M., Rabbia A. | pp. 90-117

Dentro de las facultades que da la metodología se resalta como la parte colaborativa que tiene esta metodología, abarcando no solo la interoperabilidad CAD que enlaza modelos de diseño + la gestión de la información que permite la cooperación sincrónica entre todos los equipos implicados, sobre la marcha de datos paramétricos.

¿Es BIM un proceso? Aunque este término se asocia con frecuencia a BIM, puede ser más bien el resultado de una proyección idealizada que de atributos reales. Los expertos

definen un proceso como una secuencia de acciones encaminadas a transformar los insumos en un resultado deseado. Otros atributos relacionados son "decisión", "propósito", "aprendizaje", "experiencia" y "calidad". Además, el término proceso tiene un amplio ámbito de aplicación que va desde la automatización industrial a organizaciones empresariales enteras. En todos los casos, el proceso es de naturaleza temporal e implica secuencias de acciones. Una herramienta puede considerarse un componente de bajo nivel de un proceso. Una herramienta puede implicar algunos pasos lógicos de un proceso. Sin embargo, por sí sola no revela nada sobre su objetivo, experiencia o decisión. Sólo en el contexto de un proceso, la herramienta puede desempeñar un papel significativo en la definición de tales atributos. En su forma actual, BIM exhibe más propiedades de una herramienta. No obstante, esto plantea la cuestión de si BIM puede convertirse en un proceso, qué se necesitaría para lograrlo y si existe una buena razón para perseguir esa función ampliada de BIM. (Wierzbick, 2011)

El correcto uso de la metodología a generar un impacto positivo en el sector de la construcción destacándose en los siguientes puntos:

- 1. Entrega de proyectos mas rapido**, Una encuesta realizada por National Building Specification (NBS) en el Reino Unido mostró que BIM ayudó a aumentar la velocidad de entrega para el 55% de los profesionales de la construcción en el Reino Unido .
- 2. Menores Gastos y riesgos reducidos**, La encuesta de NBS también mostró que el 60% de los profesionales de la construcción se benefician de la rentabilidad gracias a BIM. Las estimaciones de costos basadas en modelos que vienen con las soluciones BIM ayudan a optimizar este proceso
- 3. Estructuras de mayor calidad y mayor satisfacción del cliente.** BIM se puede combinar con otras tecnologías, como la realidad virtual o aumentada . Estas

tecnologías brindan la capacidad de probar completamente el diseño de una estructura.

- 4. Mejorar la sostenibilidad**, Las investigaciones han demostrado que representan una parte importante de las emisiones de CO2 en el mundo occidental, el 40 % en EE. UU. y el 36% en la UE.
- 5. Entrega de edificios más fluida**, BIM continúa proporcionando ROI incluso después de que se completa un proyecto de construcción. Los administradores de instalaciones y los renovadores pueden acceder a registros digitales precisos a lo largo del ciclo de vida de una estructura. (Admin, 2022)

Figura 2

Países con mandatos BIM en el Mundo



Nota: Adaptado de Estudio del BICP Global BIM, 2017.

Actualmente países como Finlandia país que se caracteriza por su innovación y desarrollo el gobierno ha invertido cerca de 21 millones de euros para favorecer la integración

de la metodología, Por su parte, en Suiza desde 2017 existe una Guía Open BIM de ayuda al usuario para desarrollo de sus proyectos en BIM. Mientras, en Reino Unido, desde 2016, el BIM es obligatorio para los proyectos públicos, el 80% de las empresas ya trabajan con algún proyecto BIM. En Alemania, su aplicación es de iniciativa privada siendo el cliente en un 90% el que lo demanda. El gobierno no exige el BIM en proyectos públicos. En Rusia desde 2019, el uso del BIM es obligatorio para todos los proyectos comisionados por el gobierno.

(Constructivo, s.f.)

En América del Norte, Estados Unidos lidera la metodología BIM; allí nació, fue experimentada y controlada hasta establecerse y difundirse sucesivamente a nivel mundial, llevan años utilizando el BIM en grandes proyectos públicos, en 2009 el 49% de las empresas ya lo utilizaban. En Canadá el gobierno impuso estándares BIM desde 2015. (Constructivo, s.f.)

En Canadá, los esfuerzos realizados en los últimos años son notables no sólo para promover la adopción del BIM en el sector del AEC (Arquitectura, Ingeniería, Construcción), sino también y sobre todo para aprobar políticas nacionales específicas.

Figura 3

Bim en Latinoamérica



Nota: Adaptado de Editeca, disponible en <https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/>

Según indican los estudios, en 2020 el mercado BIM aumentará hasta un 11% en esta región del mundo, pero vemos signos claros de que este crecimiento es mucho más lento de lo que se esperaba. A nivel de Suramérica en países como Chile, Colombia o Perú es ya una realidad. Con mucha aceptación en grandes proyectos públicos y un alto índice de contratación de profesionales BIM. Sin embargo, esta implementación no crece al mismo ritmo en todo el continente, y lo cierto es que en la mayoría de los países de habla hispana el paso al BIM sigue una progresión muy lenta. (BIM in Latin America, s.f.)

En Colombia desde el 2020 se estableció la política de implementación de estrategia nacional de BIM 2020 – 2026, desde el 2017 **BIM FÓRUM COLOMBIA** ha creado la plataforma institucional para la articulación de actores y gestión del conocimiento en torno a la digitalización del sector de la construcción, cuyo objetivo principal es para el incremento de la productividad en las empresas y de la competitividad de la actividad edificadora, su trabajo se ha enfocado en tres ejes principales: Según el Gobierno Nacional, el próximo año (2023) el

requerimiento de uso de BIM pasará a ser entre el 35% y 50% de los proyectos de construcción públicos. En 2024 será entre el 60% y 75%; en 2025 entre 85% y 100%; y en 2026 será obligatorio en su totalidad.

Para esto desde CAMACOL (Cámara Colombiana de la Construcción) y con BIM FÓRUM COLOMBIA han creado el BIM KIT el cual costa la cual es una recopilación de documentos que acompañan el paso a paso que deben seguir las empresas para tener una implementación de BIM exitosa que articula a todos los actores de BIM en un mismo lenguaje, nivelando el conocimiento a través de documentos técnicos. (Camacol, 2021)

4 Marco institucional

Entendiendo los avances que tiene los demás sectores a nivel mundial y nacional, para el año 2017 el sector de la construcción en cabeza de CAMACOL (Cámara colombiana de la construcción) con la unión de 10 empresas fundadoras (Apiros, Amarilo, Apro, Bolivar, Colpatria, Conconcreto, Cusezar, Prodesa, Construcciones planificadas y triada) se inicial el desarrollo para fomentar el uso de metodología BIM, bajo el objetivo de poder aumentar la productividad y competitividad del sector en el país.

En el 2020 se implementa la estrategia Nacional BIM 2020 – 2026, la cual toma como objetivo “ La adopción de la metodología BIM pretende impulsar la transformación digital, y el documento de estrategia establece como visión nacional la “Transformación digital del sector de la construcción para un mejor uso de los recursos disponibles y una mayor productividad”. Teniendo 3 objetivos secundarios de implementación gradualmente en un horizonte de 7 años. Lo cual asegura un plan de trabajo consistente con las acciones requeridas para su implementación y una transición gradual. (Camacol, 2020)

Figura 4

Objetivos Estrategia nacional BIM 2020-2026

Objetivos

1.

Consistencia

Consistencia a través de un marco BIM colaborativo.

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: Adaptado de Estrategia Nacional BIM, 2020, disponible en

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf>

Dentro de la estrategia planteada gradualmente en los 7 años para la capacitación y digitalización, se requiere el uso de la metodología desde el sector público, esto con el objetivo de poder generar una demanda y progresiva capacitación de la cadena de suministro. Para poder potencializar el uso de esta metodología en el 2020 mediante la Resolución 0441 del 01 de septiembre de 2020 se habilita la implementación de la metodología BIM con su digitalización de licencias de construcción en la modalidad de obra nueva.

En concordancia, 2021 ha sido un año clave para el avance de BIM en Colombia, según lo expuso Valentina Sarmiento Buitrago, coordinadora de productividad del Ministerio de Vivienda y recientemente elegida presidenta de la Red BIM Gob Latam, en el seminario online Implementación BIM en Latinoamérica: avances 2021, realizado el pasado 16 de noviembre. “2021 es esencial porque estamos definiendo y sabiendo y reconociendo que la metodología BIM no es el uso de un software sino requiere de unos esfuerzos a nivel público y organizacional, generando la transformación digital de sector de la construcción para un mejor uso de los recursos disponibles y una mayor productividad”. (Maritza, 2021)

Figura 5

Hoja de ruta de Colombia hacia el mandato BIM



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: Carolina Sarmiento explica la hoja de ruta de Colombia hacia el mandato BIM, en el seminario online Implementación BIM en Latinoamérica: avances 2021.

Según el Gobierno Nacional, para el año (2023) el requerimiento de uso de BIM pasará a ser entre el 35% y 50% de los proyectos de construcción públicos. En 2024 será entre el 60% y 75%; en 2025 entre 85% y 100%; y en 2026 será obligatorio en su totalidad. (Sistemas)

5 Metodología

5.1 Primer nivel

5.1.1 Enfoque, alcance y diseño de la investigación

La presente investigación está enfocada en realizar una investigación de campo; según (Zorrilla Arena, 1984) "La de campo o investigación directa es la que se efectúa en el lugar y tiempo en que ocurren los fenómenos objeto de estudio "el objetivo es poder hacer una

recolección de datos en la ciudad de Bogotá, enfocado en entidades del sector público y privado, bajo una recolección de datos en condiciones naturales.

Las fuentes de los datos se realizara mediante un modelo sistemático para la obtención de información numérica todo esto dentro de un modelo u|n modelo cuantitativo; según (Hernández Sampieri, 2018) “la investigación desde la ruta cualitativa se enfoca en comprender los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en su ambiente natural y en relación el contexto” con el que se pretende hacer un análisis de muestreo en las entidades públicas y privadas con el propósito de poder medir el impacto que ha generado la implementación de la metodología BIM tanto en el sector público como en el privado.

Las fuentes de los datos se realizara mediante un modelo sistemático para la obtención de información numérica todo esto dentro de un modelo u|n modelo cuantitativo; según (Hernández Sampieri, 2018) “la investigación desde la ruta cualitativa se enfoca en comprender los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en su ambiente natural y en relación el contexto” con el que se pretende hacer un análisis de muestreo en las entidades públicas y privadas con el propósito de poder medir el impacto que ha generado la implementación de la metodología BIM tanto en el sector público como en el privado.

La investigación tendrá un enfoque de diseño no experimental focalizado en la descripción y medición de características de una población sin la manipulación teniendo en cuenta que no se hace intervención en las entidades públicas y privadas donde se realizará la encuesta y labor investigativa para la verificación del impacto que tiene la implementación de la metodología BIM en el sector de la construcción en Bogotá.

El método que se implementará para la toma de muestreo consiste en llevar a cabo una encuesta a una población de 30 personas distribuidas en un grupo de 3 personas

pertenecientes a la oficina técnica o de infraestructura de 6 de los 20 Fondos de Desarrollo Local de Bogotá y empresas de prestación de servicios públicos de Bogotá, igualmente para el sector privado se tomarán 30 personas pertenecientes a tres empresas de carácter privado pertenecientes al sector de la construcción en la ciudad de Bogotá.

5.1.1.1 Definición de Variables

Al usar la metodología cuantitativa como fuente de la de recolección de datos para la medición de las misma se da mediante variables discretas y continuas, enfocado en un estudio etnográfico, es por esto que se tendrá en cuenta las siguientes variables de análisis.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Preguntas asociadas
Recursos Humanos Dedicado A Implementar Bim	Conocimiento, experiencias, habilidades y compromiso de los trabajadores con la empresa, así como sus relaciones con el resto de compañeros, subordinados y responsables; y sus relaciones con personas ajenas a la empresa como clientes y proveedores. Barney y Clark	Caracterización población encuestada, calidad formación profesional, caracterización recurso humano, cuya dedicación se relacione con el objetivo de la investigación – implementación BIM	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,
Conocimiento sobre metodología BIM	Metodología para la concepción de proyectos del sector de la construcción bajo un enfoque de trabajo colaborativo.	Identificar y cuantificar la capacidad del personal frente al conocimiento de la metodología BIM mediante la recolección de datos mediante una encuesta por muestreo	9, 10, 11, 12
Implementación metodología BIM	Acciones implementadas para la adopción de la metodología dentro del proceso de ciclo de vida y gestión de un proyecto de construcción (planificación, Capacitación, monitoreo y evaluación)	Identificar y cuantificar la capacidad del personal frente al conocimiento de la metodología BIM	13, 14, 15, 16, 17, 20, 21

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Preguntas asociadas
Rentabilidad (eficiencia en ejecución) en etapas – fases de los proyectos	Indicador básico para juzgar la eficiencia en la gestión empresarial, pues es precisamente el comportamiento de los activos, con independencia de su financiación, el que determina con carácter general que una empresa sea o no rentable en términos económicos. Sánchez, 2002	Indicador que representa la eficiencia (reducción de tiempos, costos y riesgos) en la ejecución de las diferentes fases de los proyectos, al final se traduce en beneficio económico de ahorro o gastos a incurrir de no usarse la metodología.	18, 20, 22, 23, 24,
Retos de la implementación de metodología BIM	Desafíos que representa la implementación de la metodología BIM	Desafíos o motivación por la cual no se ha implementado la metodología BIM en los sectores evaluados	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15,
Beneficios de la implementación de metodología BIM	Ventajas de la implementación de la metodología que ofrece en la gestión de proyectos de construcción.	Caracterizar e identificar beneficios operativos que conllevan la implementación de BIM.	19, 22, 23, 24, 25, 26

En la tabla anterior se relacionan las variables identificadas para el estudio junto con las preguntas de la encuesta asociadas a cada una de las variables, esto con el fin de establecer una relación vinculante entre el elemento de medición (encuesta) y las variables identificadas que conllevan a lograr los objetivos planteados en la presente investigación.

Como se mencionó anteriormente, se realizó la validación de las preguntas formuladas en la encuesta, se procedió a socializar y difundir la encuesta dentro de los grupos de interés y de destino. Posterior a cerca de tres (3) semanas de difusión de la encuesta, se recibieron 66

respuestas de las 60 que teníamos proyectadas como meta de recepción. Se realizó el análisis utilizando el software Power BI con el fin de realizar el tratamiento y análisis de los resultados obtenidos.

Para la analítica de los datos se plantearon varias hipótesis con el fin de validar la procedencia y correlación con respecto a las variables definidas, esto se detallará en un capítulo posterior de descripción de técnicas utilizadas para el análisis estadístico de los resultados y la discusión del mismo.

5.1.1.2 Población y Muestra

La población a realizar la medición es grupo de personas etnográfico de todas aquella que hace parte del mundo del sector de la construcción tanto del sector público como del sector privado, según cifras de CPNAA existen cerca de 4.121 profesionales auxiliares de arquitectura (en este grupo se cuantifican delineantes de arquitectura e ingeniería, dibujantes arquitectónicos, diseñadores de interiores e interioristas y desarrolladores gráficos de proyectos de arquitectura e ingeniería, entre otros.) donde el 41% se localiza en la ciudad de Bogotá, ((CPNAA), 2019)

La población de la muestra está compuesta por un total de 60 personas, distribuidas entre 30 personas focalizadas en desempeñar labores en entidades públicas y cerca de 30 personas localizadas en empresas del sector privado, todas ubicadas geográficamente en la ciudad de Bogotá, el grupo poblacional seleccionado del sector público pertenecen a las oficinas de infraestructura de Fondos de Desarrollo Local de Bogotá, mientras que el grupo seleccionado para la investigación hacen parte de las principales constructoras del sector privado ubicadas en la Ciudad.

Esta es una muestra seleccionada deliberadamente a juicio dado que la misma es determinada de forma intencional, esto entendiendo el contexto tan amplio que tiene este sector de la investigación, y que para el objeto de la investigación la misma tiene mayor acceso a la información.

El elemento de medición fue socializado en entidades tanto públicas como privadas del sector de la construcción con el fin de obtener una muestra representativa para los objetivos deseados de recolección de la información.

Como se mencionó previamente, se recibieron 66 respuestas de las 60 que teníamos proyectadas como meta de recepción.

5.2 Segundo nivel

5.2.1 Selección de métodos o instrumentos para recolección de información

Para el desarrollo de la investigación se diseña y establece el uso de una encuesta como instrumento de recolección de datos, la cual cuenta con veintisiete (27) preguntas, en la que se pretende reunir información de empresas públicas y privadas que deberían implementar Metodología BIM; estas las compañías objetivo deben hacer parte de los siguientes segmentos de la construcción: consultoría, diseño y arquitectura, ingeniería, diseño y construcción, y desarrollo. Es clave que la persona que responde dicha encuesta sea el responsable o líder de la implementación de Metodología BIM en su organización, de tal forma que se garantice que conozca o tenga acceso a la información sobre los avances actuales en su empresa sobre este campo.

La encuesta se encuentra disponible en el siguiente link:

https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=WbVvwGgbhEuhT0fQ2Delq_pxnoBabxFsuSJhE-DsmNUMUNYV1dQVIFHSTAyMVhJTFhUMk5PSFJSMC4u

Previo a la socialización y solicitud de diligenciamiento de la encuesta a la población destino, se utilizó el instrumento de validación de la formulación de las preguntas solicitando a cinco (5) expertos con conocimientos relacionados con la metodología BIM para su revisión y retroalimentación, esto con el fin de verificar la claridad y procedencia de las preguntas y elementos de medición y conseguir información útil y clara para contribuir con los objetivos de la presente investigación.

5.2.2 Técnicas de análisis de datos

Dado que la encuesta cuenta con preguntas con diferentes tipos de escalas para sus respuestas los datos serán analizados bajo diferentes tipos de análisis estadístico.

Para los datos cuantitativos recolectados se podrían realizar pruebas de correlación en la que se pueda identificar si existe una relación entre los datos recolectados, mediante la prueba de correlación de Pearson (Mendenhall, W., Beaver, R., y Beaver, B., 2010). Para la presente investigación se tendrán en cuenta aquellas correlaciones que arrojen una relación positiva o negativa con $r > -0.6$ o $r > 0.6$ respectivamente.

Para los datos cuantitativos se tendrá en cuenta el análisis de datos mediante el conteo de datos se pueden llegar a deducir un análisis de variables, en la que se podrá identificar la moda, en la que se identifique cual es el dato con más frecuencia entre la muestra; y se calculará las proporciones de cada uno de los rangos sobre el total de la muestra, de esta manera conocer tendencias de los datos (Spiegel, M. y Steohens, L., 2009).

De igual manera tanto para datos cuantitativos como cualitativos se realizarán graficas que permitan plasmar esquemas como: tortas, para representar proporciones, porcentajes y frecuencia relativa de los datos; barras, que permitan plasmas frecuencias absolutas y frecuencias relativas; barras compuestas, que ayuden a presentar proporciones porcentuales en cada barra de diferentes categorías (Rustom, A., 2012).

Para el análisis de los datos se utiliza la herramienta Microsoft Power BI que corresponde a una herramienta de análisis de datos, business intelligence y reporting, permitiendo relacionar diferentes elementos que integran la encuesta entre sí mismos y establecer resultados o evidencia de la evaluación de las hipótesis planteadas.

Para esta investigación se plantearon las siguientes hipótesis o revisión de relacionamiento, con el fin de analizar la información obtenida.

- ¿Existe una relación entre el tamaño de la empresa y la implementación de metodologías BIM en la misma?
- ¿Existe una relación entre la edad o antigüedad de la empresa y la implementación de metodologías BIM en la misma?
- ¿Existe una relación entre el subsector técnico al que pertenece la empresa y la implementación de metodologías BIM en la misma?
- ¿Existe una relación entre el tipo de proyectos que ejecuta la empresa y la implementación de metodologías BIM en la misma?
- ¿Existe una relación entre la edad de la persona encuestada y la implementación de metodologías BIM en la empresa donde labora?
- ¿Existe una relación entre el sector legal al que pertenece la empresa (público o privado) y la implementación de metodologías BIM en la misma?
- ¿Existe una relación la madurez de la implementación de metodologías BIM y el subsector técnico al cual pertenece la empresa?
- ¿Existe una relación entre la profesión de la persona encuestada y la implementación de metodologías BIM por dicha persona?
- ¿Existe una relación entre la edad con estudios de la implementación de metodologías BIM?

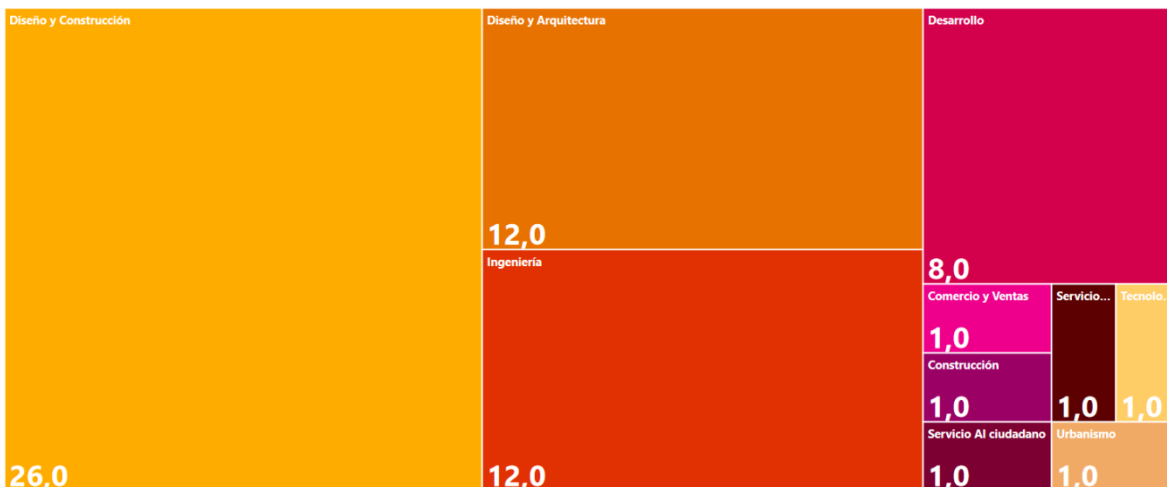
- ¿Existe una relación entre La implementación de metodologías BIM en empresas según su sector legal (público y privado) y teniendo en cuenta la edad de los colaboradores?
- ¿Cuáles son las causas de la no implementación de la metodología BIM?
- ¿Existe una relación entre la implementación de metodologías BIM y la proyección a futuro de las empresas encuestadas?

Para este ejercicio de análisis de datos, se realizó la importación de los datos recolectados al software mencionado, se realizó la depuración y tratamiento de los datos recolectados y se asociaron los elementos y variables relacionadas, con el fin responder o evidenciar los resultados de dichas hipótesis.

5.2.3 Análisis y discusión de resultados

Figura 6.

Empresas encuestadas por segmento de actividad



Nota: Elaboración propia

El mayor número de personas encuestadas laboran en empresas del segmento de Diseño y Construcción, seguido por los segmentos Diseño y Arquitectura; e ingeniería.

Figura 7.

Tipo de empresa a la que se pertenecen

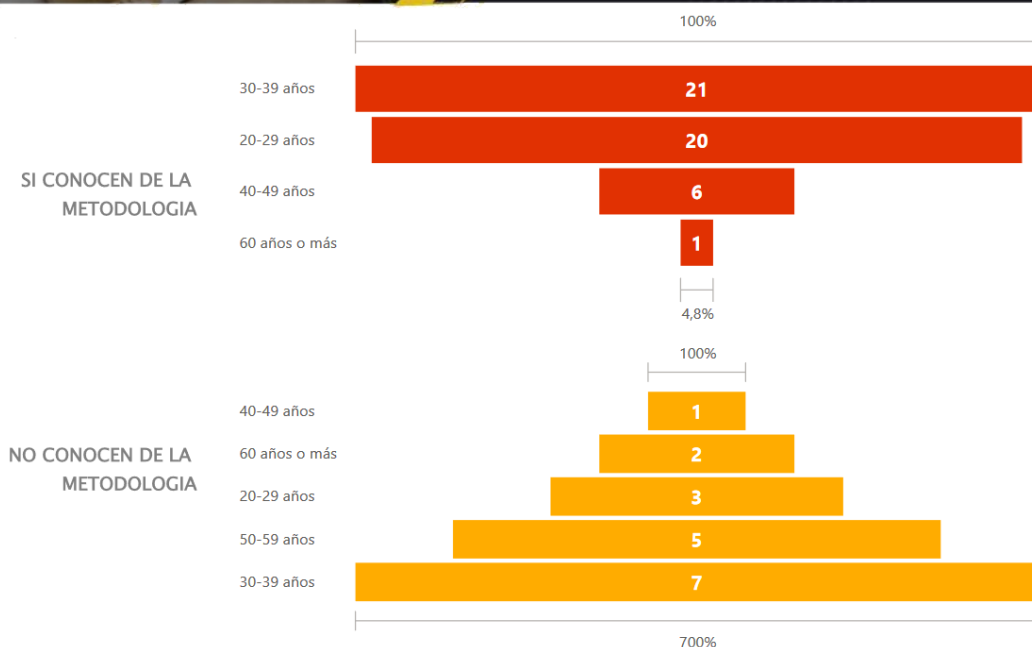


Nota: Elaboración propia

Dentro del ejercicio se encuestaron personas que trabajan en empresas del sector público y privado que se encuentran dentro del sector de la construcción de la ciudad de Bogotá; en la que el mayor porcentaje de personas que participaron en la encuesta corresponden al sector privado.

Figura 8.

Conocimiento sobre la metodología BIM según la edad

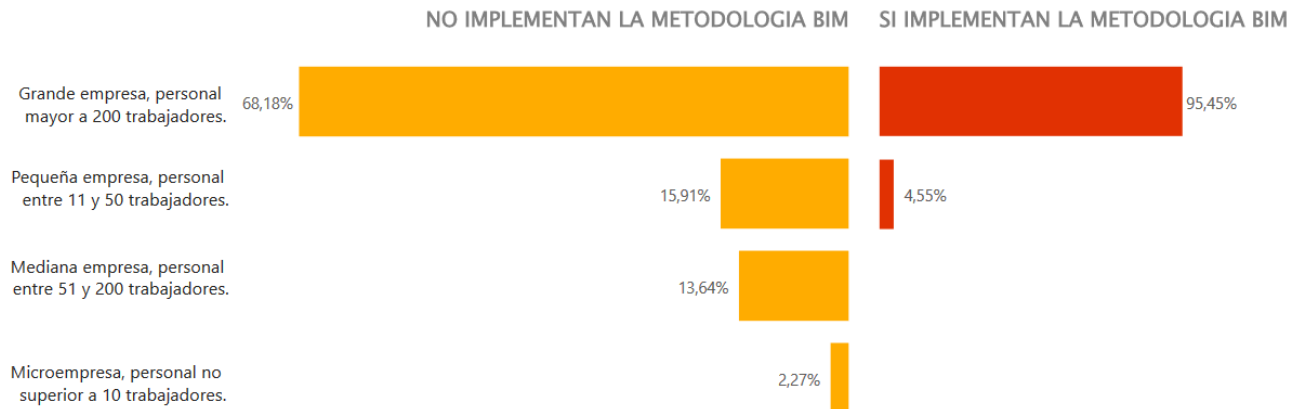


Nota: Elaboración propia

La mayoría de la personas encuestadas respondieron positivamente sobre tener conocimiento de que es la metodología BIM, pero no se evidenció una tendencia sobre el conocimiento o desconocimiento de la metodología BIM basados en la edad de los participantes, pues en ambos grupos se encuentran personas de los diferentes grupos de edad, y a mayor o menor edad no evidencien tener o no conocimiento sobre la metodología.

Figura 9.

Implementación de metodología por tamaño de la organización

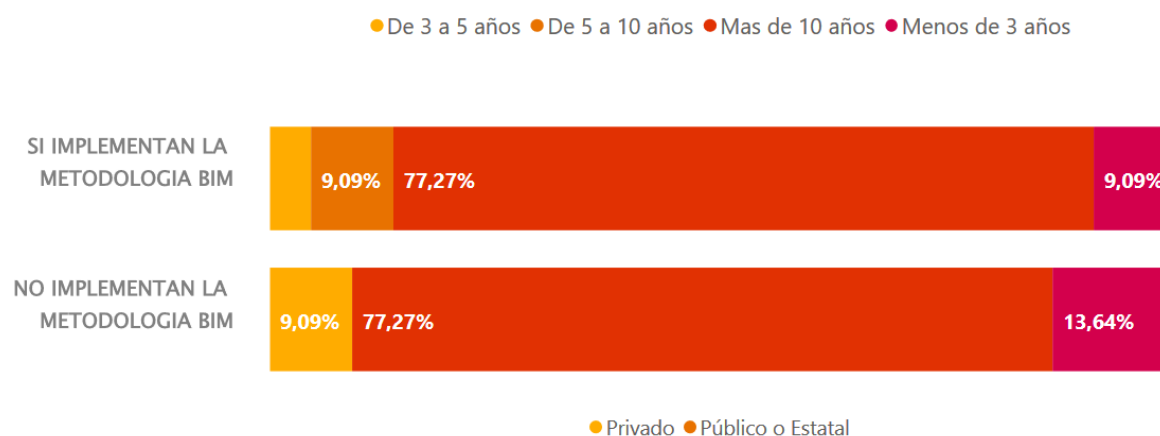


Nota: Elaboración propia

Se identifica que la mayoría de las empresas consultadas o encuestadas son de tamaño grande, sin embargo, no existe una relación importante entre el tamaño de la empresa y la implementación de la metodología BIM.

Figura 10.

Empresas que usan la metodología según su antigüedad



Nota: Elaboración propia

Con los datos obtenidos, se encuentra que la mayoría de personas encuestadas laboran en empresas con más de 10 años en el mercado; aun así, se evidencio que la experiencia y trayectoria en el mercado no son garantía para la implementación de la metodología BIM en sus organizaciones.

Figura 11.

Público o estatal / privado usando la metodología BIM

● Privado ● Público o Estatal

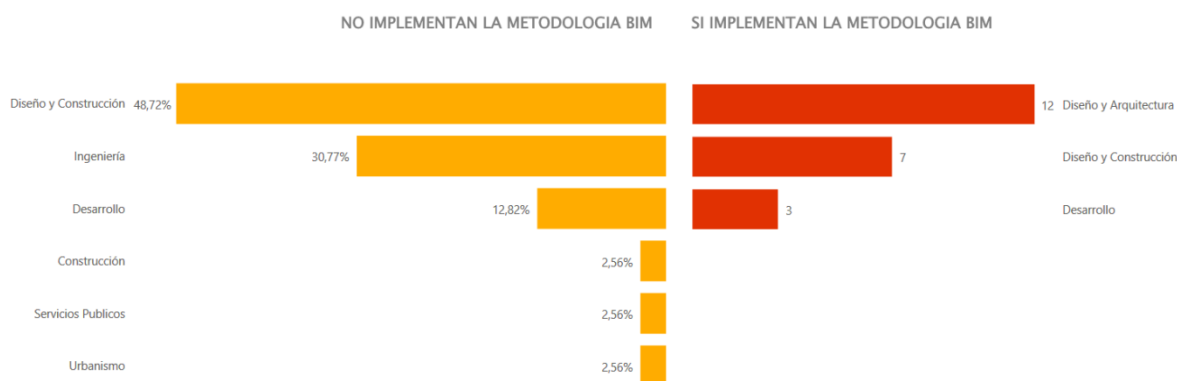


Nota: Elaboración propia

La implementación de la metodología BIM es especialmente notable en el sector privado, donde su adopción es más frecuente y evidente. Se evidencia que en el sector público no se encuentra notablemente presente la implementación de las metodologías BIM en sus labores.

Figura 12.

Tipo de actividad de las empresas y el uso BIM

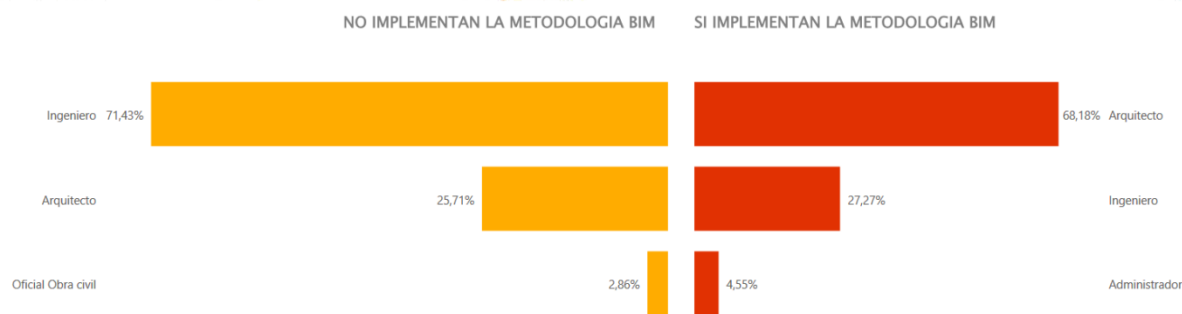


Nota: Elaboración propia

Se evidencia que la mayoría de las empresas encuestadas se dedican a actividades de diseño y construcción, sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos, en estas empresas y en general en las encuestadas, no se está realizando la implementación de la metodología BIM en la mayor parte de las labores respecto a la población encuestada.

Figura 13.

Profesiones encuestadas y el uso de BIM

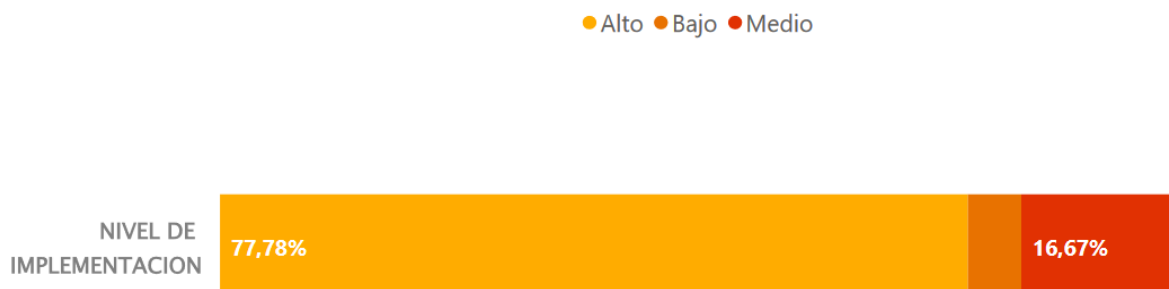


Nota: Elaboración propia

Las profesiones que suelen aplicar en mayor medida la metodología BIM son los arquitectos; por otro lado, se evidencia que los ingenieros son la profesión que no aplica metodología BIM en sus proyectos.

Figura 14.

Nivel de implementación de la metodología BIM

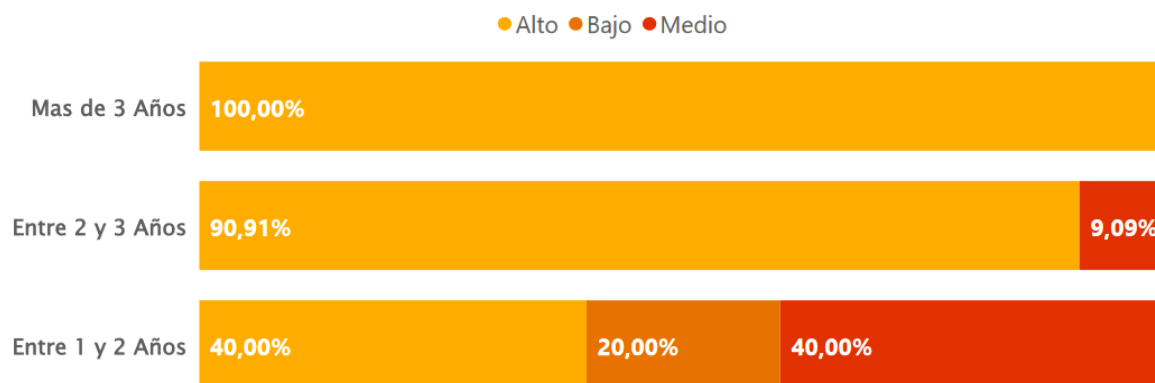


Nota: Elaboración propia

Respecto a la totalidad de las empresas encuestadas que si aplican metodología BIM, el nivel de implementación de la metodología BIM es alto para la mayor parte, es decir que las empresas que se deciden por aplicar la metodología, deciden hacerlo hasta las dimensiones mas avanzadas de la metodología.

Figura 15.

Años implementando la metodología BIM y nivel de implementación

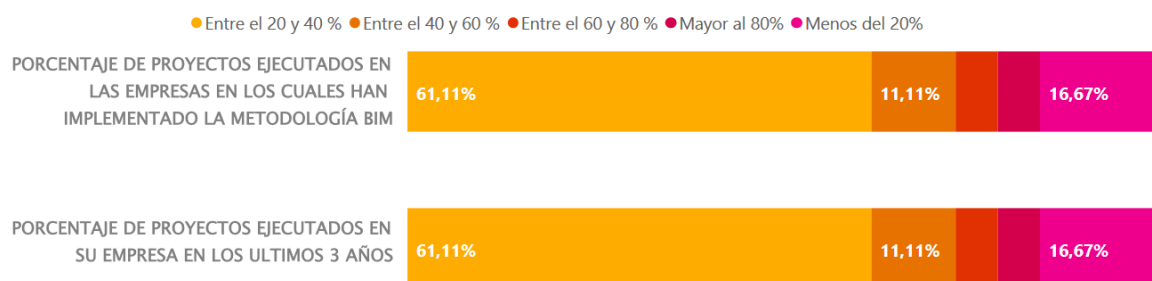


Nota: Elaboración propia

Se establece que las empresas que sí tienen la implementación de la metodología BIM para sus labores, cuentan con una trayectoria de implementación de esta herramienta, en su mayoría, de más de 3 años. En menor medida, se encuentran otras empresas que se encuentran incursionando en la implementación de las metodologías BIM. Por lo anterior se confirma que las empresas que inician con este proceso al cabo de tres años podrían lograr la implementación de un nivel alto de la metodología BIM.

Figura 16.

Porcentaje de proyectos implementados con la metodología BIM



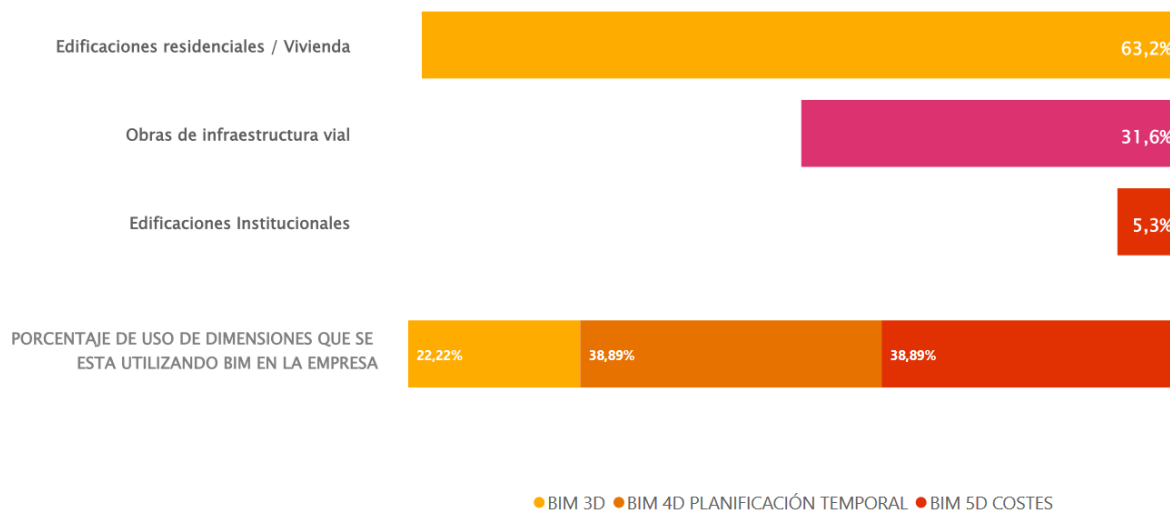
Nota: Elaboración propia

Se identifica que la utilización de la metodología BIM en las empresas participantes en la presente encuesta, se encuentra en proyección actual y no es implementada en su totalidad

para los proyectos que se desarrollan al interior de estas, pues la mayoría e los proyectos no son ejecutados aplicando la metodología BIM.

Figura 17.

En qué tipos de proyectos ejecutados o en ejecución se ve más implementada la metodología BIM

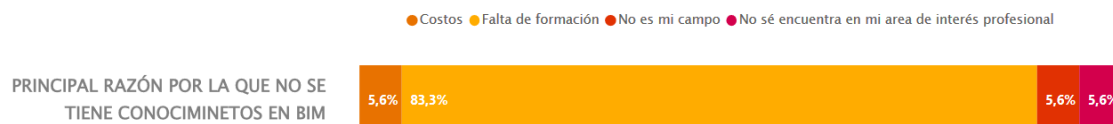


Nota: Elaboración propia

Se identifica que en su mayoría, la metodología BIM es utilizada para el diseño, planificación y control de proyectos de edificaciones de obra civil y vivienda.

Figura 18.

Los retos de la implementación de la metodología BIM en las empresas



- Cambio de cultura y procesos;
- Cambio de cultura y procesos; Falta de conocimiento;
- Costos; Cambio de cultura y procesos;
- Costos; Falta de conocimiento;
- Falta de colaboración; Falta de conocimiento;
- Falta de colaboración; Falta de estandarización;
- Falta de conocimiento;
- Falta de conocimiento; Cambio de cultura y procesos;
- Falta de conocimiento; Costos;
- Falta de conocimiento; Interoperabilidad con otras plataformas;
- Falta de estandarización;

PRINCIPAL RESTRICCIONES QUE TIENE LAS EMPRESAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA BIM

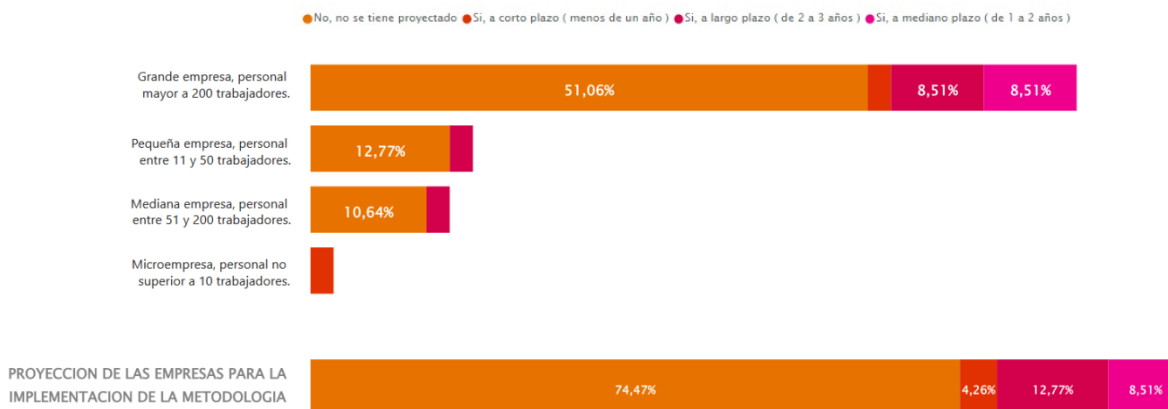


Nota: Elaboración propia

En cuanto a las restricciones y motivaciones de la No implementación de la metodología BIM dentro de las organizaciones se encuentra en mayor medida la falta de formación, la falta de colaboración y estandarización, y la cultura y procesos, tal vez relacionado con el cambio de las maneras de hacer las cosas, y falta de operabilidad y conexión entre plataformas.

Figura 19.

Proyección en la implementación de la metodología BIM en las empresas



Nota: Elaboración propia

Se evidencia que para la gran mayoría de las empresas que participaron en la encuesta, no se prioriza ni se tiene proyectado la implementación de la metodología BIM para ejecutar las labores de la empresa.

6 Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos, se identifica que actualmente existen brechas entre la implementación de la metodología BIM comparando el sector empresarial de la construcción en el sector público contra el sector privado.

Se establece que el subsector técnico que cuenta con mayor implementación de la metodología BIM corresponde a la categoría Diseños y construcción, sin considerar si pertenece al sector público o privado.

Se establece que las razones principales por las cuales no se realiza la implementación de la metodología BIM en las empresas encuestadas es por falta de información, esto se puede relacionar con la novedad de esta herramienta y el concepto de resistencia al cambio con el cual se caracteriza en su mayoría las empresas del sector público.

Los resultados de la encuesta realizada muestran un panorama desfavorable para la implementación del BIM con respecto a la NO implementación del BIM en las empresas, tanto públicas como privadas.

Se identifica que el alcance logrado con la difusión de la encuesta y la población a la cual se logró censar mediante el elemento de medición o encuesta probablemente fue escasa y se considera que no corresponde a una muestra representativa de los sectores objetivos del presente estudio. Lo anterior dado que las grandes constructoras de la ciudad no fueron participes en gran medida de dichas encuestas.

Para el sector privado se recibieron resultados de parte de empresas medianas y grandes, sin embargo, los resultados demuestran que aún falta por madurar la implementación de dicha metodología al interior de todas las empresas.

Adicionalmente se identifica que para la población censada que si cuenta con la implementación de BIM para los proyectos desarrollados al interior de sus empresas, da uso mayoritario a las dimensiones más altas que ofrece la metodología BIM, como lo son la

planificación temporal y costes. Lo anterior denota que la metodología es adoptada y aprovechado a un nivel alto por parte de las empresas que utilizan dicha metodología como política de diseño, planificación y control de los proyectos.

Se recomienda extender la difusión del elemento de medición planteado en este documento, con el fin de dar mayor alcance a la población destino y conseguir que la muestra objetivo sea de mayor representación de la totalidad del sector de la construcción en Bogotá.

7 Lista de referencias

Admin, M. S. (26 de 08 de 2022). MTTC COLLEGE. Obtenido de <https://mttc.edu.my/5-ways-bim-is-shaping-the-future-of-construction/>

Analitik, V. (16 de 05 de 2022). *Valora Analitik*. Obtenido de <https://www.valoraanalitik.com/2022/05/16/construccion-edificaciones-10-3-primer-trimestre-2022/>

BIM in Latin America. (s.f.). Obtenido de <https://www.bimcommunity.com/news/load/667/bim-in-latin-america>

Camacol. (s.f.). Obtenido de <https://camacol.co/actualidad/noticias/indicadores-ventas-de-vivienda-primer-semester-2022#:~:text=El%20primer%20semester%20del%202022,vendidas%20fueron%20de%20inter%C3%A9s%20social.>

Camacol. (11 de 2020). BIM FORUM COLOMBIA. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf>

Camacol. (2021). Obtenido de Camacol: <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum#:~:text=BIM%20en%20Colombia.-,BIM%20Kit,a%20trav%C3%A9s%20de%20documentos%20t%C3%A9cnicos.>

College, D. S. (s.f.). Digital School Technical Design College. Obtenido de <https://www.digitalschool.ca/cad-a-brief-history/>

Constructivo. (s.f.). Constructivo. Obtenido de ¿Cómo avanza la implantación del BIM en el mundo?: <https://constructivo.com/noticia/como-avanza-la-implantacion-del-bim-en-el-mundo-1520291050>

Cordenada Urbana repositorio documental. (14 de 02 de 2023). Obtenido de <http://ww2.coordenadaurbana.com/Autenticacion/GestDocumental>

Dane. (07 de 12 de 2022). DANE. Obtenido de DANE:

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/indicadores-economicos-alrededor-de-la-construccion/historicos-indicadores-economicos-alrededor-de-construccion>

DNP. (2020). *Estrategia Nacional BIM 2020-2026*. Obtenido de

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf>

DNP. (2020). *Estrategia Nacional BIM 2020-2026*. Obtenido de

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf>

Henriquez, P. (2020). BIM Un camino hacia la innovación y la competitividad. Bogota: BID.

Infobae. (25 de 01 de 2023). Obtenido de Infobae:

<https://www.infobae.com/colombia/2023/01/25/sector-de-la-construccion-esta-a-la-expectativa-de-las-tasas-de-referencia-y-la-reforma-pensional/#:~:text=Desde%20la%20C%3%A1mara%20Colombiana%20de,190%20mil%20ya%20arrancar%3%A1n%20obras.>

Invest in Bogota. (17 de 12 de 2022). Obtenido de <https://es.investinbogota.org/sectores-de-inversion/materiales-de-construccion/#:~:text=La%20construcci%C3%B3n%20es%20el%20sexto,%2C2%25%20del%20empleo%20formal.>

Maritza. (02 de 12 de 2021). Bimanagemen. Obtenido de

https://bimanagement.co/2021/12/02/bim-el-ahora-normatividad-y-avance-en-colombia/#Marco_colaborativo

partsolutions. (s.f.). Obtenido de <https://partsolutions.com/60-years-of-cad-infographic-the-history-of-cad-since-1957/>

Mendenhall, W., Beaver, R., y Beaver, B. (2010). *Introducción a la probabilidad y estadística*. (13a Edición) . Mexico DF: Cengage Learning. Obtenido de:

<https://www.fcfm.buap.mx/jzacarias/cursos/estad2/libros/book5e2.pdf>

Rustom, A. (2012). *Estadística descriptiva, probabilidad e inferencia*. Universidad de Chile. Obtenido de:

https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120284/Rustom_Antonio_Estadistica_descriptiva.pdf

S&P. (06 de 12 de 2017). El Blog de la ventilación eficiente. Obtenido de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/que-es-bim/>

Sistemas, A. A. (s.f.). Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas. Obtenido de <https://www.acis.org.co/porta1/content/abc-de-la-metodolog%C3%ADa-bim-en-colombia>

Spiegel, M. y Steohens, L. (2009). *Estadística*. (4ta edición). Mc Graw Hill. Obtenido de

https://eduvirtual.cuc.edu.co/moodle/pluginfile.php/523771/mod_resource/content/1/Estadística%20de%20Schaum.pdf

Wierzbick, M. (2011). BIM – History and Trends. Vancouver.

(CPNAA), C. P. (2019). Estudio de caracterización del arquitecto colombiano. Bogotá.

Añez, J. (12 de 04 de 2023). *Web y Empresas*. Obtenido de Sector Empresarial: Qué es, Importancia. : <https://www.webyempresas.com/sector-empresarial/>

Hernández Sampieri, R. (2018). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA. España: McGraw-Hill Interamericana.

RAE. (2022). *DLE*. Obtenido de <https://dle.rae.es/profesi%C3%B3n?m=form>

Zorrilla Arena, S. (1984). Introducción a la metodología de la investigación: casos aplicados a la administración. México: Ediciones Oceano.