



Guía para la implementación de la metodología BIM en empresas de Arquitectura

Diana Valentina Oberto Vegas

Cod: 20611727204

Universidad Antonio Nariño

Facultad De Artes

Programa De Arquitectura

Bucaramanga, Colombia

Año 2022

Guía para la implementación de la metodología BIM en empresas de Arquitectura

Diana Valentina Oberto Vegas

Cod: 20611727204

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Arquitecta

Director (a):

Arq. Pablo Andrés Luque

Línea de Investigación:

Investigación

Universidad Antonio Nariño

Programa de Arquitectura

Facultad de Artes

Bucaramanga, Colombia

Año 2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado **GUIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA BIM EN EMPRESAS DE ARQUITECTURA,**

Cumple con los requisitos para optar

Al título de **Arquitecta.**

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Bucaramanga, 23 de noviembre 2022.

Dedicatoria

Le dedico el resultado de este arduo proceso de investigación a mis padres, Maigualida Vegas y Javier Oberto, quienes me han apoyado incondicionalmente desde el inicio de mi carrera, me aconsejaron y creyeron en mí. Gracias por darme el ejemplo de afrontar las dificultades con paciencia y amor, los amaré para siempre.

A mi esposo Sergio Vera, quien en cada momento comprendió mi proceso de cambio y desaciertos durante mi carrera. Su perseverancia, esfuerzo y dedicación fue un pilar fundamental para aprender a soñar en grande y ser quien soy hoy, gracias.

A mis compañeros Dakota y Copo, gracias por estar junto a mí en todo momento y ser los mejores amigos del hombre, los adoro.

A mi suegra Carmen Rojas, gracias por su apoyo incondicional ante cualquier situación, la quiero mucho.

Y finalmente a todos los Arquitectos y Arquitectas o futuros profesionales de la Arquitectura que anhelan enfocarse en la gestión de proyectos, para ustedes con mucho cariño.

Agradecimientos

Agradezco enormemente a la universidad Antonio Nariño y a todos los docentes que estuvieron involucrados durante mi formación, sin ustedes y sus virtudes no lo hubiese alcanzado. Sus consejos y enseñanzas fueron de suma importancia, ustedes hicieron parte fundamental de esta historia que culmina y a su vez inicia con un nuevo proceso de formación laboral y en el cual siempre los recordaré con mucho cariño y nostalgia.

Resumen

La presente investigación aportará y ofrecerá los instrumentos necesarios para una correcta implementación BIM en un caso de estudio de una empresa de arquitectura en Bucaramanga, Colombia de una manera sencilla, eficaz y con bajo presupuesto. Por lo que, a través de esta investigación, se busca demostrar que una guía aplicativa para la implementación de la metodología BIM beneficia a empresas de arquitectura que tienen como objetivo ser más competitivos con otras empresas, reducir tiempos y costos en un proyecto, así como, la mejora continua de sus procesos e implementación de nuevas técnicas.

La investigación de tipo fenomenológico se estructura en seis fases metodológicas fundamentales. Como instrumento de recolección de datos se implementarán cuestionarios semi estructurados a empresas de arquitectura en Bucaramanga, Colombia, para dar paso al análisis de cada vivencia, a través de herramientas tecnológicas como zoom o meet o en su defecto mediante la presencialidad.

BIM es una metodología de trabajo colaborativo para crear y gestionar el ciclo de vida de un proyecto con el fin de centralizar su información en un mismo modelo digital que incorpore las diferentes fases del proyecto como lo son: la idea, bocetos, información geométrica, tiempos, costos, sostenibilidad y de mantenimiento.

La implementación de la metodología BIM es una realidad y se debe realizar progresivamente. Es un proceso pausado y de aprendizaje continuo. Es por esto que a medida que se avanza en una correcta implementación, las empresas de arquitectura obtendrán mejores beneficios. De igual forma los profesionales independientes podrán adoptar la metodología e implementarla según sus necesidades.

Se tiene previsto que dicha guía abarque temas sobre como diagnosticar la metodología de trabajo actual de la empresa objeto de estudio, establecer objetivos a corto, mediano y largo plazo, establecer un plan de acción para migrar de la metodología tradicional al BIM, elaborar un plan de implementación BIM y recomendaciones para adoptar BIM en cualquier empresa de arquitectura de manera sencilla, eficaz y con bajo presupuesto, tomando en cuenta que la guía metodológica aplicativa para la implementación BIM será un documento en constante cambio y mejora según lecciones aprendidas y retroalimentación.

Palabras clave: Aplicativa, BEP, BIM, dimensión, empresas, guía, implementación, metodología, metodologías de trabajo, plan, proyecto, análisis, diagnóstico, transformación BIM, adopción BIM, metodología BIM.

Abstract

This research will provide and offer the necessary instruments for a correct BIM implementation in a case study of an architecture company in Bucaramanga, Colombia in a simple, effective, and low-budget way. Therefore, this research, it is sought to demonstrate that an application guide for the implementation of the BIM methodology benefits architecture companies that aim to be more competitive with other companies, reduce time and costs in a project, as well as continuous improvement of its processes and implementation of new techniques.

Phenomenological research is structured in six fundamental methodological phases. As a data collection instrument, semi-structured questionnaires will be implemented in architecture companies in Bucaramanga, Colombia, to give way to the analysis of each experience, through technological tools such as zoom or meet or, failing that, face-to-face.

BIM is a collaborative work methodology to create and manage the life cycle of a project in order to centralize its information in the same digital model that incorporates the different phases of the project such as the idea, sketches, geometric information, times, costs, sustainability, and maintenance.

The implementation of the BIM methodology is a reality and must be carried out progressively. It is a slow and continuous learning process. This is why as progress is made in a correct implementation, architecture companies will obtain better benefits. In the same way, independent professionals will be able to adopt the methodology and implement it according to their needs.

It is expected that this guide will cover topics on how to diagnose the current work methodology of the company under study, establish short, medium, and long-term objectives,

establish an action plan to migrate from the traditional methodology to BIM, develop a BIM implementation and recommendations to adopt BIM in any architecture company in a simple, effective and low-budget way, taking into account that the application methodological guide for BIM implementation will be a document in constant change and improvement according to lessons learned and feedback.

Keywords: Application, BEP, BIM, dimension, companies, guide, implementation, methodology, work methodologies, plan, project, analysis, diagnosis, BIM transformation, BIM adoption, BIM methodology.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen.....	6
Abstract.....	8
Introducción	19
1. Preliminares	20
2. Categoría - Subcategoría.....	25
2.1 Investigación	25
2.2 Investigación Previa al Desarrollo del Proyecto o Investigación Proyectual.....	25
3. Problemática	26
4. Actores del Proyecto.....	28
5. Pregunta de Investigación.....	29
6. Hipótesis	29
7. Objetivos.....	30
7.1 Objetivo General	30
7.2 Objetivos Específicos.....	30
8. Justificación	30
9. Alcance	34
10. Metodologías de la Investigación	36
10.1 Tipo de Investigación	37
10.2 Fases de Investigación.....	37

	11
11. Marco Conceptual.....	42
12. Marco Teórico.....	45
13. Marco Normativo.....	50
13.1 Adopción BIM en América del norte.....	51
13.2 Adopción BIM en América del sur.....	51
13.3 Adopción BIM en Asia.....	52
13.4 Adopción BIM en Europa.....	52
13.5 Situación actual de BIM en Colombia.....	53
14. Estado del Arte.....	56
15. Referentes Teóricos.....	57
15.1 Casos de éxito que Implementaron la Metodología BIM.....	62
15.1.1 Implementación BIM en la constructora Amarilo.....	62
15.1.2 Centro de Formación sede de Castilla y León en Valladolid de la Fundación Laboral de la Construcción (FLC).....	63
15.1.3 Blue Bird coffee, una Empresa de Café que Implementa BIM.....	64
16. Etapa de Planificación.....	66
16.1 Análisis y Diagnóstico de Empresa caso de Estudio.....	66
16.1.1 Aproximación y Reunión Inicial.....	66
16.1.2 Definir Responsabilidades del Cumplimiento BIM: Promotor y Patrocinador.....	67
16.1.3 Análisis del área Técnica o de Diseño de la Empresa caso de Estudio.....	70
16.1.4 Evaluar las Capacidades del Equipo de Diseño.....	76
16.1.5 Establecer los Objetivos a Corto, Mediano y Largo de la Empresa con la Implementación.....	78

16.1.6 Definir Necesidades o Motivaciones para Implementar BIM en la Empresa.	79
16.1.7 Diagnóstico del Funcionamiento del Área de Diseño de la Empresa mediante la Aplicación de la Matriz de Madurez	80
16.1.8 Conclusiones de la Fase 2.1: Análisis y Diagnóstico de la Empresa Caso de Estudio	83
16.2 Diseñar un Plan de Implementación BIM (PIB) en Empresa Caso de Estudio	84
16.2.1 Definir Roles y Responsabilidades BIM en la Empresa.....	84
16.2.2 Determinar Plan Estratégico de Capacitaciones	86
16.2.3 Fijar un Plan de Transformación de Infraestructura Tecnológica	88
16.2.4 Definir Estándares a Desarrollar.....	89
16.2.5 Recopilación de Terminologías BIM	90
16.2.6 Determinar un Cronograma de Actividades Básico para Ejecutar la Implementación BIM en la Empresa	91
16.2.7 Elaborar Lista de Requerimientos para la Implementación BIM.....	92
16.2.8 Conclusiones de la Fase 2.2: Diseñar un Plan de Implementación BIM (PIB).....	93
16.3 Elaborar un Plan de Ejecución BIM (BEP) para Proyecto Piloto	93
16.3.1 Consolidar Información general del Proyecto	95
16.3.2 Establecer Roles y Responsabilidades BIM para el Desarrollo del Proyecto	96
16.3.3 Indicar Usos BIM y Objetivos BIM Aplicables al Proyecto	97
16.3.4 Definir Alcance del Modelo BIM (LOD/LOI o LOIN)	98
16.3.5 Realizar Plan de Comunicaciones	102
16.3.6 Conclusiones de la Fase 2.3: Elaborar un Plan de Ejecución BIM (BEP) para Proyecto Piloto	103

16.4 Desarrollo del Proyecto Piloto	104
16.4.1 Levantamiento de Condiciones Existentes	106
16.4.2 Modelado del Proyecto Arquitectónico	109
16.4.3 Modelado del Diseño de Especialidades	113
16.4.4 Estimación de Cantidades de Obra	116
16.4.5 Planificación de Obra	117
16.5 Recomendaciones y Conclusiones de la Etapa de Planificación del Proyecto	119
16.5.1 Documentar Aprendizajes del Proyecto Piloto.....	119
16.5.2 Socializar Aprendizajes y Oportunidades de Mejora con Equipo de Trabajo.....	120
16.5.3 Ajustar o Desarrollar Estándares de la Empresa	120
16.5.4 Recomendaciones Específicas basadas en el Proceso de Investigación y el Caso de Estudio	121
16.5.5 Recomendaciones Generales del Proceso de Implementación BIM	122
16.5.6 Conclusiones Específicas del Proyecto Piloto.....	122
16.5.7 Conclusiones Generales de la Implementación BIM	123
17. Desarrollo de la Guía Aplicativa BIM	124
Bibliografía	126
Anexos	131

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Dimensiones BIM</i>	21
Figura 2. <i>Usos BIM durante las Etapas de un Proyecto</i>	23
Figura 3. <i>Árbol de Problemas</i>	28
Figura 4. <i>Creación de valor en BIM según empresas encuestadas</i>	32
Figura 5. <i>Percepción de los no usuarios sobre la importancia BIM en los próximos cinco años.</i>	33
Figura 6. <i>Cronograma de actividades de la presente investigación</i>	41
Figura 7. <i>Acrónimos más comunes en la implementación BIM</i>	42
Figura 8. <i>Roles BIM más importantes en una empresa</i>	44
Figura 9. <i>Responsabilidades de los roles BIM</i>	44
Figura 10. <i>Hoja de ruta a cumplir con los pilares de la estrategia BIM 2020-2026</i>	53
Figura 11. <i>Avances en el marco normativo de la estrategia Nacional BIM 2020-2026</i>	54
Figura 12. <i>Etapas establecidas en la hoja de ruta BIM elaborada por Camacol</i>	59
Figura 13. <i>Proceso de planificación de un BEP según la universidad Penn State</i>	61
Figura 14. <i>Resultados esperados del proceso de implementación BIM en la empresa Amarilo.</i> ..	62
Figura 15. <i>Panorámica del Centro de Formación y Sede de la FLC de Castilla y León,</i> <i>Valladolid</i>	64
Figura 16. <i>Modelo digital de la finca Los cedros de la empresa Blue bird coffee</i>	65

Figura 17. <i>Responsabilidades del patrocinador y promotor en la implementación BIM de una empresa</i>	68
Figura 18. <i>Información inicial básica de la empresa caso de estudio</i>	71
Figura 19. <i>Estructura organizacional actual de la empresa caso de estudio</i>	72
Figura 20. <i>Flujograma de procesos actual de la empresa caso de estudio</i>	74
Figura 21. <i>Plantilla ejemplo para análisis software actual de la empresa</i>	75
Figura 22. <i>Plantilla ejemplo para análisis hardware actual de la empresa</i>	76
Figura 23. <i>Plantilla ejemplo para análisis de los colaboradores de la empresa</i>	77
Figura 24. <i>Plantilla ejemplo para definir objetivos de la empresa</i>	79
Figura 25. <i>Plantilla ejemplo de motivaciones iniciales o necesidades de la empresa</i>	80
Figura 26. <i>Niveles de madurez BIM de BIM excellence propuestos por el Dr. Bilal Succar</i>	81
Figura 27. <i>Resultado encuesta de madurez BIM realizada a empresa caso de estudio</i>	83
Figura 28. <i>Roles, capacidades y responsabilidades BIM en la empresa</i>	85
Figura 29. <i>Orden de capacitaciones para empresa caso de estudio</i>	88
Figura 30. <i>Cronograma base para ejecutar PIB en empresa caso de estudio</i>	92
Figura 31. <i>LOD según BIM fórum USA</i>	101
Figura 32. <i>Estados de un entorno común de datos (CDE)</i>	102
Figura 33. <i>Vista posterior del proyecto Taller de lápidas construido</i>	105
Figura 34. <i>Vista frontal del proyecto Taller de lápidas construido</i>	105
Figura 35. <i>Foto cuarto de basuras existente</i>	106
Figura 36. <i>Foto cuarto de reciclaje existente</i>	107
Figura 37. <i>Plano de contexto proyecto taller de lápidas</i>	108
Figura 38. <i>Vista 3D condiciones existentes del terreno</i>	109

Figura 39. <i>Planta arquitectónica entregada por la empresa caso de estudio</i>	110
Figura 40. <i>Planta arquitectónica elaborada en Revit</i>	111
Figura 41. <i>Vista 3D del modelo BIM en Revit</i>	112
Figura 42. <i>Render interior del modelo BIM</i>	112
Figura 43. <i>Detalle mampostería estructural de modelo BIM</i>	113
Figura 44. <i>Detalle desglose estructura metálica y cubierta</i>	114
Figura 45. <i>Detalle desglose red eléctrica</i>	115
Figura 46. <i>Detalle desglose red sanitaria y agua lluvias</i>	115
Figura 47. <i>Listado de materiales del proyecto piloto extraídos de Revit</i>	117
Figura 48. <i>Secuencia constructiva de proyecto piloto</i>	118
Figura 49. <i>Programación BIM de proyecto piloto</i>	119
Figura 50. <i>Portada guía aplicativa BIM</i>	125

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Información que se desarrolla en las dimensiones BIM de un proyecto</i>	35
Tabla 2. <i>Fases a realizar durante el proceso de la investigación</i>	37
Tabla 3. <i>Terminologías básicas en la implementación de la metodología BIM</i>	43
Tabla 4. <i>Análisis de documentos sobre la metodología BIM</i>	46
Tabla 5. <i>Normas ISO implementadas en la metodología BIM</i>	50
Tabla 6. <i>Normativas implementadas en la metodología BIM en Colombia</i>	55
Tabla 7. <i>Análisis guías sobre la metodología BIM</i>	56
Tabla 8. <i>Análisis de hoja de ruta de Camacol</i>	58
Tabla 9. <i>Análisis del documento BIM Project Execution Planning Guide - Version 2.2</i>	60
Tabla 10. <i>Cualidades que deben tener los responsables de implementar BIM en la empresa</i>	69
Tabla 11. <i>Plantilla ejemplo de softwares escogidos para empresa caso de estudio</i>	87
Tabla 12. <i>Información inicial sobre el proyecto piloto para el desarrollo del BEP</i>	95
Tabla 13. <i>Roles y responsabilidades BIM para el desarrollo del BEP</i>	96
Tabla 14. <i>Usos y objetivos BIM seleccionado en el BEP para el desarrollo del proyecto piloto</i>	98
Tabla 15. <i>Plantilla para definir alcance del proyecto</i>	99

Lista de Apéndices**Pág.**

Anexo A. Planillas	131
--------------------------	-----

Introducción

Actualmente BIM va en ascenso a ser una metodología de trabajo que permita mejorar los procesos de gestión del ciclo de vida de un proyecto.

Muchas empresas del sector de la arquitectura están en la búsqueda de adoptar BIM, sin embargo, carecen de instrumentos adecuados para comprender como deben abordar ese proceso de cambio con enfoque hacia una metodología de trabajo específica.

Las metodologías de procesos y gestión de proyectos son conocimientos que se deben adquirir en la academia y con el pasar del tiempo, la experiencia y los conceptos específicos que tiene cada profesional que aborda un proyecto de construcción se expanden e intensifican. Teniendo en cuenta esto, la información de un proyecto debe encontrarse centralizada durante la pre construcción del mismo con el objetivo de disminuir retrasos en el cronograma de los proyectos por posibles colisiones entre las diferentes especialidades, las cuales se deben solucionar durante la etapa de planificación de un proyecto bajo una metodología de trabajo establecida como lo es BIM.

Sin embargo, las metodologías de trabajo no son un tema nuevo. Dentro de los estándares para la gestión de proyectos en la actualidad, se puede mencionar la guía PMBOK¹ elaborada por el PMI²: guía que contiene estándares internacionales que se ponen a disposición de los profesionales para que estos puedan adaptarlos a cada caso y contexto particular (Conexión ESAN, 2016).

Es fundamental el estudio y análisis de la metodología BIM para así, comprender y aplicarla con las herramientas necesarias y que faciliten el proceso de implementación desde el corazón de un proyecto: el diseño.

La presente investigación aportará y ofrecerá los instrumentos necesarios para una correcta implementación BIM de una manera sencilla, eficaz y con baja presupuesto. Por lo que, a través de esta investigación de tipo fenomenológico, se busca demostrar que una guía aplicativa para la implementación de la metodología BIM beneficia a empresas de arquitectura que tienen como objetivo reducir tiempos y costos en un proyecto, así como, la mejora continua de sus procesos.

Se pretende establecer fases metodológicas para lograr el éxito de la actual investigación, entre ellas: investigación preliminar, análisis caso de estudio, herramientas para la implementación, fase de planificación del proyecto y conclusiones. Las cuales permitirán procesar y detallar información importante para implementar BIM.

Así mismo, se realizará una consulta y análisis de documentos o guías BIM de diferentes países como Finlandia, EEUU, Reino Unido y Chile, bibliotecas en línea, páginas oficiales como BuildingSmart, conferencias, decretos, seminarios y formación técnica para la presente autora sobre la metodología BIM.

La guía aplicativa para la implementación de la metodología BIM se va a desarrollar como un documento base para que, empresas de arquitectura puedan adaptarla a sus necesidades. Para efectos de la elaboración de la guía, se va a establecer una empresa como caso de estudio para demostrar cómo pueden adaptarla a sus requerimientos.

1. Preliminares

BIM (Building information modeling) es una metodología de trabajo colaborativo para crear y gestionar el ciclo de vida de un proyecto con el fin de centralizar su información en un

mismo modelo digital que incorpore las diferentes fases del proyecto como lo son: la idea (1D), bocetos (2D), información geométrica (3D), tiempos (4D), costos (5D), sostenibilidad (6D) y de mantenimiento (7D), en la figura 1 se indica el orden y la descripción de las dimensiones BIM.

Figura 1.

Dimensiones BIM



En la primera dimensión (1D) se encuentra el origen del proyecto, se determina la localización del proyecto, se analizan normativas, esquemas, estimaciones, viabilidad del proyecto y demás. En la fase 2D se encuentran los diferentes planos del proyecto los cuales deben realizarse de manera precisa ya que con estos se desarrolla la tercera dimensión (3D) en esta se modela el proyecto y cada uno de los profesionales puede trabajar en su especialización, mejorando la comunicación, reduciendo errores y detectando interferencias a tiempo, es decir, se realiza una pre construcción del proyecto. La cuarta dimensión (4D) agrega el tiempo al modelo

3D, con el cronograma de actividades se realizan simulaciones de las diferentes etapas del proyecto. La estimación y control de gastos se aplica en la quinta dimensión (5D) para esto se requiere vincular el modelo 3D, en esta fase se elaboran presupuestos preliminares, cantidad de materiales y gastos. La llamada Green BIM o sexta dimensión (6D) en esta se realizan análisis energéticos de sostenibilidad permitiendo disminuir el impacto al medio ambiente. Y la última dimensión (7D) la cual hace referencia al mantenimiento, reparaciones, inspecciones y demás durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Así mismo, existen otros aspectos que se deben tener en cuenta para adoptar una correcta implementación BIM, como lo son el caso de los usos BIM.

En el Estándar BIM para proyectos públicos elaborado por Plan BIM define:

Los usos BIM son “métodos de aplicación de BIM durante el ciclo de vida de una edificación o infraestructura para alcanzar uno o más objetivos específicos”. Estos usos sirven para explicar las diferentes formas en que las partes interesadas del proyecto pueden utilizar BIM. (Plan BIM, 2019, p. 27)

El estándar BIM para proyectos públicos estableció como referencia el documento más destacado y empleado sobre usos BIM, “Building information modeling Project execution planning guide” de la universidad Penn State en EEUU, en este se establecen 25 usos BIM que se encuentran distribuidos en cuatro etapas; planificación, diseño, construcción y operación (Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., and Zikic, N, (2019). En la figura 2 se evidencian las etapas de un proyecto en orden cronológico con sus veinticinco usos BIM.

Figura 2.*Usos BIM durante las Etapas de un Proyecto*

USOS BIM PARA IMPLEMENTAR A UN PROYECTO	CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO BAJO LA METODOLOGIA BIM				DIMENSIONES BIM EN UN PROYECTO
	PLANIFICACIÓN	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN	MANTENIMIENTO	
Validación normativa Ideas iniciales del proyecto					1D IDEA
Levantamiento de condiciones existentes Análisis del cumplimiento del programa espacial Análisis de ubicación Diseño sistemas constructivos					2D BOCETOS
Coordinación 3D Diseño de especialidades Revisión de diseño Análisis estructural Análisis mecánico Otros análisis de ingeniería Modelación As-built Fabricación digital					3D MODELO
Planificación de fases Planificación de obra Control de obra					4D TIEMPO
Estimación de cantidades y costos Control de obra					5D COSTOS
Análisis lumínico Análisis energético Evaluación de sustentabilidad					6D SOSTENIBILIDAD
Gestión de activos Análisis de sistemas Mantenimiento preventivo Gestión y seguimiento de espacios Plan y gestión de emergencias					7D MANTENIMIENTO

Las dimensiones BIM y los usos BIM son conceptos que suelen crear confusión, es por esto que es importante comprender que los usos BIM definen el propósito o la razón de crear un modelo BIM y estos se deben definir durante la elaboración del plan de ejecución BIM (BEP) teniendo en cuenta los objetivos y necesidades del proyecto.

En cuanto a las dimensiones BIM, se podrían definir como: capas de información de un proyecto. Se encuentran durante la fase de planificación de la pre construcción de un proyecto y nos permiten agregar más información al modelo digital.

Sin embargo, para comprender la historia de BIM es necesario marcar una serie de hitos que definieron esta metodología a lo largo de los años; Se dice que en 1975 el profesor Carles M

Eastman del Georgia Tech Institute of Technology fue el primero en difundir el concepto “Modelo de información de edificación” en libros y artículos académicos, en el año 87 Graphisoft Archicad estableció el concepto de edificio virtual (Virtual Building), en el año 2000 se lanzó al mercado la primera versión de Revit la cual fue comprada por Autodesk dos años después, en el 2003 GSA, Public Building Service (PBS) y Office of Chief Architect (OCA) elaboraron el programa Nacional 3D-4D-BIM (EE.UU), entre el 2011 y 2012 el Cabinet Office UK y BuildingSmart Finlandia establecieron sus planes para implementar BIM en el sector público, durante estos mismos años se creó BuildingSmart para España, ya en el año 2018 el uso de BIM en proyectos públicos era obligatorio en España.

A pesar de que BIM nació en Estados Unidos, a principio de los años 70, se esperaría que fuese el país más avanzado en el tema, sin embargo, el Reino Unido con su Plan 2016/2020 lo superó, esto se debe a que no existen normas establecidas a nivel nacional ya que en Estados Unidos las normativas se establecen a nivel Estatal, a pesar de esto la GSA se encuentra estableciendo una serie de parámetros para el sector de la construcción.

La metodología BIM se ha popularizado en Latinoamérica, sin embargo, su implementación se ha desarrollado lentamente debido a diferentes aspectos como el desconocimiento, pocas herramientas tecnológicas y aspectos culturales como el arraigo a las técnicas y procesos tradicionales implementados en el diseño y construcción de edificaciones.

A pesar de ser un nuevo cambio en Colombia, debemos dar el salto a la estandarización e implementación de metodologías de trabajo más eficientes. Durante años en el país la información técnica de un proyecto se ha trabajado con planimetrías 2D, sin tener en cuenta metodologías de trabajo, la integración de las diferentes especialidades de un proyecto e inclusive el impacto ambiental, es por esto que la implementación BIM en muchas empresas ha

fracasado: debido a el desconocimiento que se tiene de cómo aplicar correctamente la metodología por parte de las organizaciones, ya que se tiene la idea que para implementarla se deben adquirir equipos de última generación, personal altamente calificado y costosas capacitaciones incrementando los costos de las empresas y por ende declinan esta opción.

2. Categoría - Subcategoría

2.1 Investigación

Es un instrumento que permite brindar soluciones nuevas e innovadoras a un problema a través del uso, estudio e investigación de un tema, con el objetivo de brindar herramientas para optimizar y dar resultados a las problemáticas encontradas durante el estudio.

2.2 Investigación Previa al Desarrollo del Proyecto o Investigación Proyectual

La investigación proyectual busca mejorar y ampliar los conocimientos actuales sobre la metodología de trabajo BIM en la arquitectura, con el fin de garantizar soluciones de innovación y optimización para la gestión del diseño y construcción de proyectos arquitectónicos.

3. Problemática

La baja implementación de la metodología BIM en empresas de arquitectura obedece a diferentes problemáticas dentro de las que se encuentran: que algunas facultades de arquitectura no profundizan en la enseñanza de las diferentes metodologías de trabajo para la gestión del diseño y construcción de un proyecto, lo cual hace que las nuevas generaciones de arquitectos no actúen como factores de cambio, innovación y transmitan el conocimiento; así como los últimos avances técnicos y tecnológicos que nacen en la academia para el avance en el sector de la arquitectura y construcción.

En muchos casos esta problemática se enlaza con el concepto erróneo que se tiene sobre BIM, entendiéndose que la metodología BIM es igual a implementar el software Revit.

Actualmente varias empresas de arquitectura en Colombia llevan a cabo sus procesos de diseño y construcción sin establecer metodologías de trabajo estandarizadas; lo que genera diferentes problemáticas como: una incorrecta comunicación e integración de las diferentes especialidades de un proyecto en etapa de diseño, planos desactualizados, errores en planimetrías, colisiones de elementos y redes. Estas problemáticas se agudizan al momento de continuar con la fase de construcción, debido a que no existe una correcta integración del edificio virtual por lo que no se puede tener una pre construcción lógica del proyecto que anticipe posibles errores como: procesos constructivos indeterminados, colisiones entre elementos estructurales y redes, sobrecostos, retrasos en los tiempos de ejecución, entre otros.

A lo anterior, se añade la gran incompatibilidad de softwares que existen en las empresas, que al no tener establecido un plan de ejecución realizan planimetrías 2D en programas

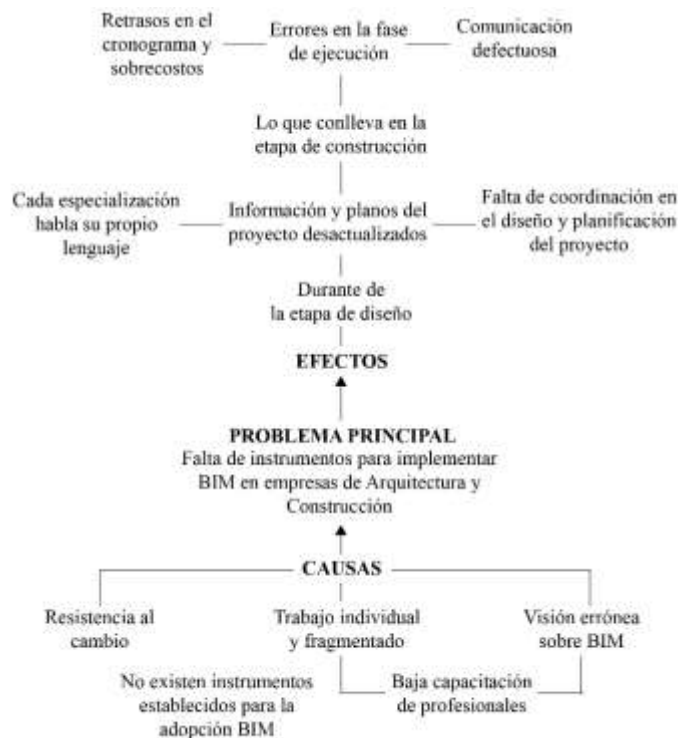
diferentes a los destinados para realizar los modelados 3D; ocasionando que no estén relacionados entre si y por tanto las actualizaciones de los planos no se realizan en tiempo real.

Las problemáticas antes mencionadas se han encontrado en diferentes empresas de arquitectura alrededor del mundo. Es por esto que entidades encargadas de la estandarización como: BIM Forum Colombia o Building Smart, han elaborado guías, normativas, plantillas y demás documentos, con el fin de orientar a empresas y profesionales sobre el buen uso de la metodología BIM.

Sin embargo, dentro de las problemáticas se encuentra: ¿Por qué algunas empresas no han implementado BIM? Una razón puede ser la resistencia al cambio, varias empresas han desarrollado sus proyectos sin metodologías estandarizadas y han logrado tener éxito. A pesar de esto, no se garantiza que hayan incurrido en cuantiosos errores a lo largo de los años.

De la misma forma, la falta de profesionales capacitados y normativas locales se convierte en una limitante para que las empresas implementen BIM.

En línea se encuentra una gran cantidad de información; no obstante, se habla desde un punto de vista generalizado y extenso que no se enfoca en empresas interesadas en implementar esta metodología de una manera sencilla, eficaz, con bajo presupuesto y con un enfoque en la mejora continua de sus procesos.

Figura 3.*Árbol de Problemas***4. Actores del Proyecto**

La presente guía aplicativa sobre la metodología BIM está dirigida a empresas de arquitectura que no tengan establecidos sus procesos internos en el área de diseño o que deseen mejorarlos y estar a la vanguardia. Así como, estén en la búsqueda de la adaptación al cambio, innovación de sus procesos y mejora continua.

Los profesionales independientes en el área también podrían adaptarla a sus necesidades tomando en cuenta el personal con el que se cuente.

Por otra parte, los líderes BIM o estudiantes de arquitectura podrán usarla como referencia para analizar y estudiar los pasos a seguir para implementar BIM.

Por lo tanto, la guía aplicativa se debe adaptar a los actores del proyecto que desean implementar la metodología BIM y no ellos a la guía.

5. Pregunta de Investigación

¿La guía aplicativa BIM puede ser un instrumento que permita a las empresas de arquitectura iniciar una implementación de la metodología BIM de una manera sencilla, eficaz y con bajo presupuesto?

6. Hipótesis

Una guía aplicativa para la implementación de la metodología BIM beneficia a las empresas de arquitectura, con el objetivo de reducir tiempos, costos de un proyecto y mejorar continuamente sus procesos y que las mismas sean más competitivas con respecto a otras empresas.

7. Objetivos

7.1 Objetivo General

Elaborar una guía aplicativa para implementar la metodología BIM que pueda ser empleada por empresas de arquitectura en la etapa de planificación de un proyecto bajo los principios de sencillez, eficiencia, bajo presupuesto y con un enfoque en la mejora continua de sus procesos.

7.2 Objetivos Específicos

Analizar y diagnosticar las metodologías de trabajo actuales del área de diseño de una empresa de arquitectura como caso de estudio ubicada en Bucaramanga, Colombia.

Estudiar durante la etapa de planificación el funcionamiento del área de diseño de una empresa caso de estudio con el fin de desarrollar un plan de implementación BIM.

Realizar una guía aplicativa para la implementación de la metodología BIM.

8. Justificación

La implementación de la metodología BIM es un proceso que debe realizarse progresivamente, ya que es un proceso pausado y de constante aprendizaje. Es por esto que a medida que se avanza en una correcta implementación, las empresas de arquitectura obtendrán mejores beneficios. De igual forma los profesionales afines a la arquitectura pueden adoptar BIM e implementarla según sus necesidades, lo que quiere decir que la metodología BIM puede ser

aplicada desde la idea del proyecto hasta realizar un análisis energético o aplicar buenas prácticas BIM en la empresa.

A pesar de que la metodología BIM se adapta a las empresas, la ruta o recomendaciones a seguir tienen parámetros que finalmente aportan las mismas ventajas o inclusive más. Dentro de las más importantes se encuentran: la optimización del tiempo, costos del proyecto y la mejora continua de los procesos.

BIM se considera por muchas empresas internacionales como una nueva e innovadora estrategia de cambio del siglo XXI para desarrollar en el área de la arquitectura, ingeniería y modernización de la construcción. Así como en su momento el cambio fue del papel al dibujo asistido por computador. En algunos países de América latina y Europa, las organizaciones encargadas han establecido dictámenes o guías para implementar BIM en los próximos años. En este sentido, en Colombia la Estrategia Nacional BIM empezó a regir desde el año 2020 y tiene una proyección de implementación hasta el año 2026; esta busca que las empresas de arquitectura y/o construcción del sector público implementen 100% BIM en sus proyectos.

Esta investigación es una guía para las empresas de arquitectura. Contendrá a su vez documentos de referencia para la implementación BIM de una manera eficiente bajo los principios de sencillez, eficiencia, bajo presupuesto y con un enfoque en la mejora continua de sus procesos para aumentar la competitividad de las empresas. Y con esto, evitar incurrir en cuantiosas sumas de dinero al inicio de un proyecto sin ser necesario. Y también: sobre capacitar a los trabajadores e incrementar los costos y tiempos en la ejecución del proyecto.

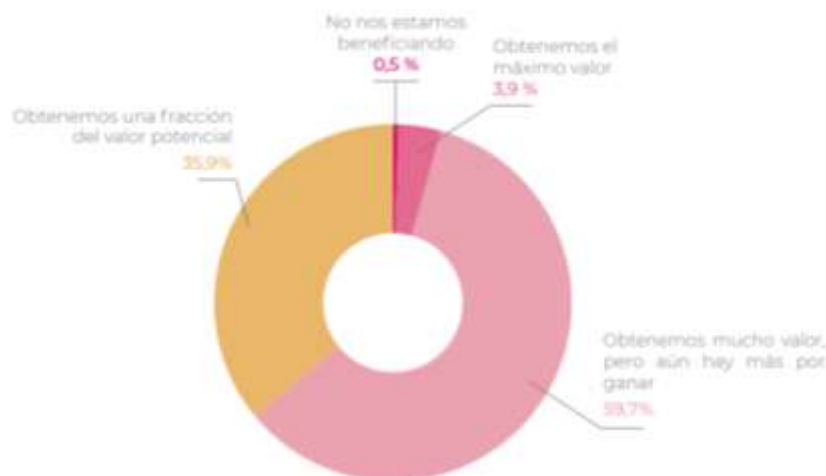
No obstante, ¿Realmente es la metodología BIM tan eficiente como se comenta? Entre las 159 empresas no usuarias BIM que participaron en la “Encuesta BIM América latina y el caribe 2020”, 8 de cada 10 tienen una expectativa positiva sobre esta metodología y al menos el 40%

está evaluando implementar BIM. Sin embargo, entre los principales motivos que justifican no aplicar BIM se encuentra; la baja demanda por parte de las organizaciones, falta de especialistas BIM locales, en su mayoría capacitaciones enfocadas en el software Revit y los costos que abarca implementar BIM.

A pesar de esto, una parte de los encuestados se enfocaron en los beneficios e implementaron la metodología. El 99,5% destacó mejoras en sus rutinas de trabajo de las cuales el 59,7% aseguraron obtener grandes beneficios. No obstante, algunas empresas aún necesitan implementar otras fases por lo que esperan que esta metodología continúe avanzando en los próximos años.

Figura 4.

Creación de valor en BIM según empresas encuestadas



Nota: Encuesta BIM América latina y el Caribe (2020)

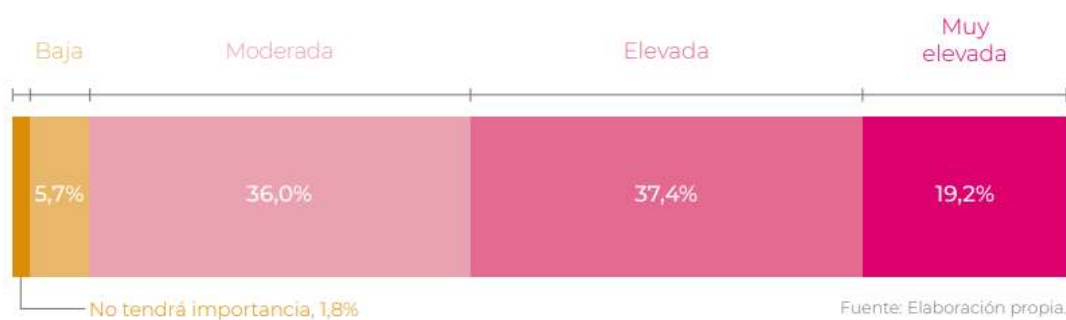
Otro factor que se destaca es la reciente incorporación de BIM en algunas empresas donde apenas el 40,9% de los encuestados tienen 2 años de estar presentes en la industria, lo que demuestra la gran implementación BIM por parte de empresas jóvenes. Simultáneamente

empresas con más de 5 años de experiencia representan 33,2% y 25,9% empresas entre 3 y 4 años.

En todo caso, la fase de diseño es quizás la más impactada al implementar la metodología BIM debido al liderazgo que tiene en el inicio del proyecto y a los posibles errores que pueden encontrarse y corregirse previa a la construcción.

Figura 5.

Percepción de los no usuarios sobre la importancia BIM en los próximos cinco años.



Nota: Encuesta BIM: América Latina y el Caribe (2020)

Independientemente del tipo de empresa (arquitectura y/o construcción) y del tipo de proyecto, muchas empresas enfatizan en sus ventajas al implementar BIM, como: la disminución de costos, la mejora en tareas de coordinación y gestión administrativa de proyectos.

Sin duda, las empresas de arquitectura tradicionales han desarrollado de manera correcta sus procesos durante años. Sin embargo, hoy en día existen nuevas metodologías que permiten mantener la información centralizada y actualizada, evitando problemas relacionados con la gestión del proyecto y la ventaja de finalizar los proyectos de una manera más rápida, confiable, económica y con menor impacto ambiental.

Cabe destacar que dicha investigación emplea información suministrada en la certificación profesional sobre fundamentos de la metodología BIM avalada por la Building Smart España, en la cual la presente autora participó y aprobó. En la certificación antes mencionada se expresan los beneficios de BIM en función de la mejora de la productividad, la reducción de errores en obra, el fomento del trabajo colaborativo, entre otros.

Finalmente, la presente guía aplicativa establecerá las herramientas necesarias para implementar BIM de una manera sencilla, eficaz y con bajo presupuesto. Se ampliará y aportará al conocimiento de la metodología BIM, así como; se pretende incentivar a más empresas de arquitectura a incursionar en este nuevo mundo, demostrando que la metodología BIM no es una tecnología compleja, ni imposible de aplicar.

9. Alcance

La presente investigación se desarrollará durante el periodo 2022-1, a partir de la cual en el 2022-2 se elaborará el producto final: La guía aplicativa para la implementación de la metodología BIM.

Analizar y diagnosticar una empresa de arquitectura como caso de estudio, ubicada en Bucaramanga, Colombia. Partiendo de una investigación con alcance descriptivo a partir de las siguientes determinantes:

- La presente autora durante la ejecución de la investigación participa en diferentes formaciones técnicas sobre el uso y la implementación de la metodología BIM para aplicar en el caso de estudio y desarrollo proyectual de la guía aplicativa.

- La investigación y guía aplicativa abordarán la etapa de planificación de un proyecto: Se definirá los pasos a seguir para implementar la metodología BIM en el área de diseño de la empresa caso de estudio. Así mismo, se indicará como implementar BIM en el proyecto piloto.
- Durante el análisis y diagnóstico de la empresa caso de estudio, se estudiará la coordinación y procesos internos del funcionamiento del área de diseño y con base en los resultados, se establecerá como propuesta de mejora un plan de implementación BIM (PIB).
- Una vez se definan las necesidades y objetivos del proyecto piloto, se establecerá un plan de ejecución BIM (BEP), el cual definirá los usos y alcance del proyecto, con el fin de cumplir los objetivos propuestos en el BEP.
- Durante la etapa de planificación, el proyecto piloto abordará las dimensiones 2D, 3D, 4D y 5D.

Sin embargo, las dimensiones 1D, 6D y 7D no se profundizarán; se indicará recomendaciones que se deben tener en cuenta para su correcto desarrollo.

En la siguiente tabla se delimita la información que regularmente se desarrolla en las dimensiones BIM de un proyecto.

Tabla 1.

Información que se desarrolla en las dimensiones BIM de un proyecto

Dimensiones BIM	Desarrollo de las Dimensiones BIM
1D (IDEA)	Investigación, esquema inicial, ubicación del proyecto, permisos necesarios, análisis del suelo y estudio de mercado
2D (BOCETOS)	Se inician planimetrías, propuesta de estructura y redes del proyecto, selección de materiales y softwares a implementar

Dimensiones BIM	Desarrollo de las Dimensiones BIM
3D (MODELO)	Se genera el modelo digital del proyecto (3D) con la información suministrada en el 1D y 2D
4D (TIEMPO)	Programación de actividades, planificación de equipos, maquinaria y personal, gestión de insumos y simulación de procesos constructivos
5D (COSTOS)	Análisis y estimación de costos y retorno de inversión, así como, toma de decisiones respecto al presupuesto
6D (SOSTENIBILIDAD)	Análisis energético y de recursos. Permite tomar mejores decisiones antes de iniciar la construcción
7D (MANTENIMIENTO)	Se establecen los usos, mantenimientos, inspecciones o reparaciones que se deben realizar a lo largo del ciclo de vida del activo construido

Nota: Los elementos que se mencionan en la tabla están sujetos a cambios según lo requiera el proyecto a ejecutar.

- Al finalizar la etapa de planificación, se definirá los lineamientos básicos a tener en cuenta en la etapa de construcción y mantenimiento de un proyecto.
- A partir de lo antes mencionado, se definirá los pasos a seguir para que cualquier empresa de arquitectura y construcción pueda adaptar la guía aplicativa BIM a sus necesidades.

Nota. En esta investigación no se capacitará sobre el uso de los diferentes softwares mencionados a lo largo del trabajo.

10. Metodologías de la Investigación

10.1 Tipo de Investigación

El propósito de la presente investigación cualitativa de tipo fenomenológico es investigar e interpretar desde la perspectiva de las empresas de arquitectura ¿cómo han abordado e implementado la metodología BIM?, ¿por qué algunas de ellas se resisten al cambio?, ¿cuáles son las herramientas que han usado? y ¿qué beneficios han obtenido con BIM?

Dicho estudio se llevará a cabo en empresas de arquitectura y construcción radicadas en Bucaramanga, Colombia. Como instrumento de recolección de datos se implementará cuestionarios semi estructurados para dar paso al análisis de cada vivencia; a través de herramientas tecnológicas como zoom o meet o en su defecto mediante la presencialidad.

10.2 Fases de Investigación

Tabla 2.

Fases a realizar durante el proceso de la investigación

1. Investigación Preliminar	1.1 Análisis y recopilación de información sobre la metodología BIM
	1.2 Investigación de documentos técnicos, normativas y estándares
	1.3 Casos de éxito de empresas que implementaron BIM
	1.4 Establecer glosario de términos, definiciones y acrónimos BIM
2. Etapa de planificación: estudio de caso	2.1.1 proximación y reunión inicial 2.1.2 Definir responsabilidades del cumplimiento BIM: promotor y patrocinador

2.1 Análisis y diagnóstico de empresa caso de estudio	2.1.3 Análisis del área técnica o de diseño de la empresa, estructura organizacional, metodologías de trabajo actuales e infraestructura tecnológica. 2.1.4 Evaluar las capacidades del área de diseño. 2.1.5 Establecer los objetivos a corto, mediano y largo plazo de la empresa con la implementación. 2.1.6 Definir necesidades o motivos para implementar BIM en la empresa. 2.1.7 Diagnóstico del funcionamiento del área de diseño de la empresa mediante la aplicación de la matriz de madurez. 2.1.8 Conclusiones de la fase 2.1: análisis y diagnóstico de la empresa caso de estudio
2.2 Diseñar plan de implementación BIM (PIB)	2.2.1 Definir roles y responsabilidades BIM en la empresa. 2.2.2 Determinar plan estratégico de capacitaciones. 2.2.3 Fijar un plan de transformación de infraestructura tecnológica. 2.2.4 Definir estándares a desarrollar 2.2.5 Recopilación de terminologías BIM en base a lo que se estudió en la investigación preliminar, con el fin de lograr una comunicación asertiva durante los procesos de la empresa. 2.2.6 Determinar un cronograma de actividades básico para ejecutar la implementación BIM en la empresa.

	2.2.7 Elaborar lista de requerimientos para la implementación BIM
	2.2.7 Conclusiones de la fase 2.2: diseñar plan de implementación BIM (PIB)
2.3 Elaborar un plan de ejecución BIM (BEP) para proyecto piloto	2.3.1 Consolidar información general del proyecto.
	2.3.2 Establecer roles y responsabilidades BIM para el desarrollo del proyecto.
	2.3.3 Indicar usos BIM y objetivos BIM aplicables al proyecto.
	2.3.4 Definir alcance del modelo BIM (LOD/LOI o LOIN)
	2.3.5 Realizar plan de comunicaciones
	2.3.6 Conclusiones de la fase 2.3: elaborar un plan de ejecución BIM (BEP) para proyecto piloto
2.4 Desarrollo del proyecto piloto	2.4.1 Levantamiento de condiciones existentes
	2.4.2 Modelado del proyecto arquitectónico
	2.4.3 Modelado del diseño de especialidades
	2.4.4 Estimación de cantidades de obra
	2.4.5 Planificación de obra
2.5 Recomendaciones y conclusiones de la etapa de planificación del proyecto	2.5.1 Documentar aprendizajes del proyecto piloto
	2.5.2 Socializar aprendizajes y oportunidades de mejora con equipo de trabajo
	2.5.3 Ajustar o desarrollar estándares de la empresa
	2.5.4 Conclusiones del proyecto piloto

	2.5.5 Recomendaciones y conclusiones de la implementación BIM
3 Desarrollo de la guía aplicativa BIM	3.1 Definir pasos a seguir para implementar la metodología BIM en la etapa de planificación de un proyecto

Para llevar a cabo las mencionadas fases metodológicas, se ha elaborado un cronograma de actividades del desarrollo proyectual de la investigación, a continuación, en la figura 6 se delimita.

11. Marco Conceptual

Figura 7.

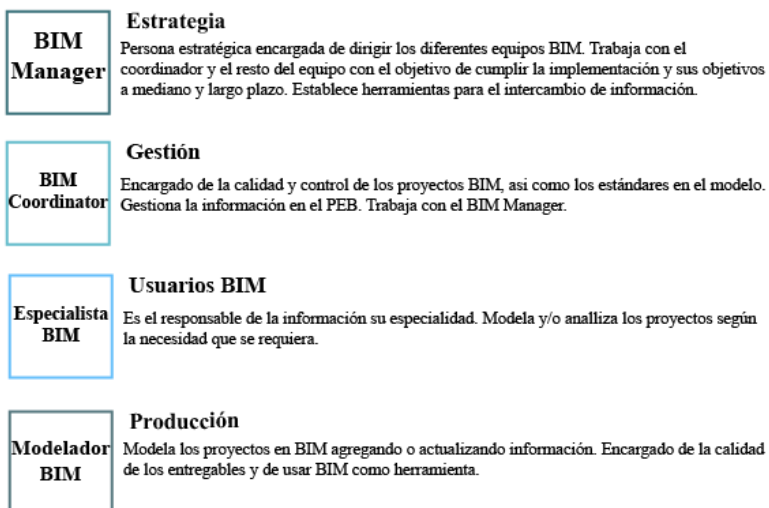
Acrónimos más comunes en la implementación BIM

BIM	Building information modeling Es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción	OIR	Requisitos de información de la organización Basada en la ISO 19650-1. Establece la información necesaria para dar respuesta a los objetivos del cliente
LOD	Level of development o Nivel de desarrollo Hace referencia al nivel de desarrollo en el modelo digital	MVD	Model view definition Subconjuntos o vistas del esquema IFC
BEP	BIM execution plan o Plan de ejecución BIM Documento para el equipo de trabajo en el que se establecen las bases y reglas internas de un proyecto a desarrollar con BIM	IDM	Information delivery manual Define los procesos y flujos de información del ciclo del proyecto
CDE	Common data environment o entorno común de datos Entorno abierto y digital destinado a la comunicación del equipo de trabajo	BSDD	BuildingSmart data dictionary Biblioteca abierta e internacional de objetos y sus atributos elaborada por BS
PIM	Project information model o Modelo de información del proyecto Basada en la ISO 19650-1. Proyecto BIM durante la etapa de construcción	BCF	BIM collaboration format Un archivo BCF esta compuesto de comentarios sobre un proyecto, reflejando el histórico de interacciones entre agentes.
EIR	Requisitos de intercambio de información Basada en la ISO 19650-1. Especifica la información detallada para cumplir los PIR	OpenBIM	Open BIM Intercambio de información geométrica y no geométrica basada en estándares abiertos
PIR	Requisitos de intercambio del proyecto Basada en la ISO 19650-1. Describe la información necesaria para lograr los objetivos del cliente	LOIN	Level of information need o Nivel de información necesario Define el alcance y la granularidad de la información
IFC	Industry foundation class Estándar abierto que permite el intercambio de un modelo de información.	COBie	Construction operations building information exchange Estándar internacional de intercambio de datos en etapa del mantenimiento de un activo
AIM	Asset information model o Modelo de información activo Basada en la ISO 19650-1. Junto con el PIM establecen la información necesaria para la toma de decisiones en el ciclo de vida del activo	AIR	Requisitos de información del activo Basada en la ISO 19650-1. Indican la información detallada para dar respuesta a los OIR
EAIM	Estados de avances de información de los modelos Son las diferentes fases consecutivas vinculadas con el progreso a lo largo del ciclo de vida de un proyecto BIM	SDI BIM	Solicitud de información BIM Documento que describe los entregables BIM

Tabla 3.*Terminologías básicas en la implementación de la metodología BIM*

Siglas	Descripción
AEC	Architectural, Engineering and Construction industry
CAD	Software para la elaboración de dibujo asistido por computador
TDI	Tipo de información
NDI	Nivel de información
BS	Building Smart
BSI	Building Smart Internacional
DXF	Drawing eXchange Format. Formato utilizado para exportar e importar los datos de softwares CAD
ROI	Retorno de inversión

Se definen los roles BIM como las personas que conforman un equipo de trabajo y a las cuales se les establecen funciones y responsabilidades. En la figura 5 se indican los roles BIM básicos en una implementación.

Figura 8.*Roles BIM más importantes en una empresa***Figura 9.***Responsabilidades de los roles BIM*

Con el fin de adentrarse en conceptos que se van a encontrar durante el desarrollo de la guía aplicativa BIM, en primer lugar, el termino guía se puede establecer como un manual o un listado que se encarga de orientar o encaminar un tema específico. Segundo, una herramienta es un objeto o una manera con la cual se realiza una actividad con mayor facilidad. Y tercero, una metodología de trabajo es un conjunto de métodos a seguir o una serie de procedimientos que tienen como fin de alcanzar un objetivo, estructurar procesos y reducir los riesgos en un proyecto. Ejemplo: la guía aplicativa BIM es un instrumento para implementar la metodología de trabajo BIM en la cual se utilizarán herramientas BIM para desarrollar el proyecto.

12. Marco Teórico

Se realizó una investigación sobre documentos técnicos y guías ya existentes alrededor del mundo, con el objetivo de analizar dicha información y tomar en cuenta en la elaboración de la guía aplicativa.

Tabla 4.*Análisis de documentos sobre la metodología BIM*

Nombre documento	Autor/fecha elaboración	Antecedentes	Objetivo	Alcance	Documentos para implementar BIM	Conclusiones
Estándar BIM para proyectos públicos. Intercambio de información entre solicitante y proveedores	Elaborado por PlanBIM de Corfo En Chile junio de 2019	N/A	Ofrece a las empresas públicas las herramientas necesarias para su correcta adopción e interpretación BIM para tener como resultado un aumento en la productividad y sustentabilidad del país	Esta guía se enfoca en proyectos públicos de cualquier tipo, sin embargo, puede ser utilizada por empresas privadas según sus necesidades	Establece documentos a tener en cuenta al implementar BIM: 1. Manual básico de entrega de información (MEI) 2. Solicitud de información BIM (SDI BIM) 3. Plan de ejecución BIM (PEB) 4. Estados de avance de la información de los modelos (EAIM) 5. Entorno común de datos (CDE)	Documento basado en la recolección de normativas, estándares y protocolos BIM internacionales. Dispuesto a las empresas públicas del sector de la construcción.

Nombre documento	Autor/fecha elaboración	Antecedentes	Objetivo	Alcance	Documentos para implementar BIM	Conclusiones
Encuesta BIM Latam 2020	Realizada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Federación Interamericana de la Industria de la Construcción (FIIC) y BIM FORUM LATAM. En noviembre 2020	N/A	Conocer qué tipo de empresas en América latina implementan BIM y sus diferencias con las que no implementan la metodología	Encuesta realizada a 740 empresas en 18 países de América latina con el fin de comprender el avance de la metodología BIM	N/A	La mayoría de las empresas encuestadas se autocalifican con un nivel básico de experiencia BIM. El 95% de las empresas no usuarias BIM tienen una actitud positiva respecto a la implementación de la metodología. La mayoría de empresas piensa que BIM en los próximos años tendrá un nivel alto de importancia

Nombre documento	Autor/fecha elaboración	Antecedentes	Objetivo	Alcance	Documentos para implementar BIM	Conclusiones
BIM Kit. Guías para la adopción BIM en las organizaciones. Guía de modelado BIM	Año 2019. Bogotá, Colombia	N/A	Ofrecer las herramientas necesarias para la elaboración de un modelado BIM	Abarca herramientas y plantillas para los modelados BIM enfocados a empresas de arquitectura y/o construcción en Colombia	Se sugiere que se describan los detalles del modelado en el BEP	Se establecen recomendaciones para una correcta elaboración e integración de un modelado BIM

Nombre documento	Autor/fecha elaboración	Antecedentes	Objetivo	Alcance	Documentos para implementar BIM	Conclusiones
BIM Kit. Guías para la adopción BIM en las organizaciones. Flujos de trabajo	Año 2019. Bogotá, Colombia	N/A	Mostrar los resultados de varias empresas que se organizaron aleatoriamente para establecer flujos de trabajo óptimos	Demostrar a las empresas de arquitectura y/o construcción en Colombia, los flujos de trabajo según BIM	N/A	Demostrar los resultados de 45 empresas y sus propuestas de flujos de trabajo con BIM
BIM Kit. Guías para la adopción BIM en las organizaciones. Gestión de la información	Año 2019. Bogotá, Colombia	N/A	Se explican recomendaciones a seguir para la correcta gestión de la información de los proyectos	Como base para empresas de arquitectura y/o construcción en Colombia	Se sugieren listas para el control de los entregables según la etapa en que se encuentre	Se recomiendan las buenas prácticas para la gestión de información de los proyectos BIM

13. Marco Normativo

Si bien es cierto las normas ISO rigen unos estándares para la correcta implementación de la metodología BIM, los cuales algunos de ellos se desglosan en la tabla 4.

Tabla 5.

Normas ISO implementadas en la metodología BIM

Nombre estándar	Descripción	Aplicación
Norma ISO 19650	Es una norma internacional de gestión de la información durante el ciclo de vida de un proyecto	Está compuesta por 5 partes: - Parte 1: Conceptos y principios (ISO 19650-1) - Parte 2: Fase de entrega de los activo (ISO 19650-2) - Parte 3: Fase operacional de activos (ISO 19650-3) - Parte 4: Intercambio de información (ISO 19650-4) - Parte 5: Seguridad BIM, construcción en el ambiente digital y manejo inteligente de activos (ISO 19650-5)
Norma ISO 120006-2	Establece un marco para el desarrollo de sistemas de clasificación	Aplicable a cualquier tipo de obra de construcción
NORMA ISO 16739-1	Según IFC define el intercambio de datos	Establece definiciones de los datos requeridos durante el ciclo de vida de un proyecto

Nombre estándar	Descripción	Aplicación
NORMA ISO 29481	Indica la metodología y formato para el desarrollo de un manual de entrega de información (MEI)	Aplicable durante todo el ciclo de vida del proyecto

13.1 Adopción BIM en América del norte

En los Estados Unidos nació y se difundió BIM a nivel mundial, sin embargo, al estar conformado por Estados fragmentados esto impidió la adopción avanzada de BIM. A pesar de esto, en la actualidad gracias a la colaboración y la estandarización se ha podido retomar y avanzar en la adopción BIM a nivel Nacional.

En Canadá las instituciones públicas aún no están preparadas para establecer estándares a nivel nacional para proyectos públicos, esto se debe a políticas institucionales. Sin embargo, empresas privadas y profesionales independientes se están preparando para implementar BIM en los próximos años.

13.2 Adopción BIM en América del sur

En los países latinoamericanos, la implementación BIM ha sido mucho más paulatina en comparación con Europa y América del norte. Sin embargo, Colombia, Perú y Chile han establecido guías y decretos para incentivar y consolidar la adopción BIM en latam.

Chile es el país más avanzado con la implementación BIM, las entidades encargadas establecieron obligatoriamente BIM en proyectos públicos al año 2020, y se espera que en el 2025 ya sea obligatorio implementar BIM en proyectos públicos y privados.

En Ecuador aún no se han establecido estándares o normativas por entidades gubernamentales, sin embargo, las empresas privadas han iniciado su implementación debido a sus grandes beneficios y nivel de detalle.

13.3 Adopción BIM en Asia

El país que más se destaca es China, en los últimos años ha crecido exponencialmente en su implementación en diferentes proyectos. No es obligatorio, pero se recomienda su uso. En este país se ha implementado BIM en tres grandes proyectos: La torre Shanghái, Phoenix Media Center en Beijing y Shanghái Disneyland Resort.

13.4 Adopción BIM en Europa

Sin duda Europa es una de los continentes que más han avanzado en cuanto a la implementación BIM. Reino Unido ocupa el primer lugar en el continente europeo ya que ha implementado el uso obligatorio de BIM desde el año 2011 en proyectos públicos y de infraestructura.

En Francia el PTNB (plan transition numérique dans bâtiment) o al traducirlo; plan de transición digital para la construcción ha sido fomentado por el gobierno francés y se espera que para el año 2022 se implemente BIM en un 100% de sus proyectos tanto públicos como privados.

En el 2015 Alemania se inspiró en el modelo de cambio de Reino Unido, y con esto establecieron el uso obligatorio de BIM en todos los proyectos de transporte e infraestructura para finales del año 2020.

13.5 Situación actual de BIM en Colombia

En Colombia en la estrategia Nacional BIM 2020-2026, se evidenciaron cuatro pilares fundamentales, los cuales se presentan en la figura 7. Con los antes mencionados, se estableció una hoja de ruta para cumplir con los objetivos planteados al año 2026.

Valentina Sarmiento (2021) nos explica que, en los primeros años de la implementación, 2021 y 2022, se espera adoptar las normas ISO 19650 y generar guías o plantillas de apoyo a pilotos. A mediano plazo, retroalimentar y actualizar el marco normativo ya que ninguna de esta información es estática, lo que se quiere es que a medida que se genera más conocimiento, las cosas se actualicen más y finalmente, generar instrumentos reglamentarios BIM.

Figura 10.

Hoja de ruta a cumplir con los pilares de la estrategia BIM 2020-2026



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: Seminario online sobre implementación BIM el Latinoamérica: Avances 2021.

En el 2021 se trabajó de la mano de ICONTEC, la entidad Nacional de normalización en Colombia. En la nacionalización de las normas esenciales para la adopción de buenas prácticas, se habla de la ISO 19650, parte uno, dos y cinco. La ISO 16739-1 como pilar fundamental para la interoperabilidad y la ISO 12006-2 para referirse a estandarización de procesos Valentina Sarmiento (2021).

Figura 11.

Avances en el marco normativo de la estrategia Nacional BIM 2020-2026

Marco Colaborativo

Se ha trabajado de la mano del ICONTEC en la nacionalización de normas esenciales para la adopción de buenas prácticas

NTC-ISO 19650-1:2021	NTC-ISO 19650-2:2021	NTC-ISO 19650-5:2021	NTC-ISO 16739-1:2021	NTC-ISO 12006-2:2021
Organización y digitalización de la información en edificaciones y obras de ingeniería civil, incluyendo BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información usando BIM, Parte 1: Conceptos y principios.	Organización y digitalización de la información en edificaciones y obras de ingeniería civil, incluyendo BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información usando BIM, Parte 2: Enfoque orientado a la seguridad en la gestión de la información.	Organización y digitalización de la información en edificaciones y obras de ingeniería civil, incluyendo BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información usando BIM, Parte 5: Planes de construcción.	Intercambio de datos en la industria de la construcción y en la gestión de inmuebles mediante IFC (Industry Foundation Classes). Parte 1: Esquema de datos.	Organización de la información de las obras de construcción. Parte 2: Marco para la clasificación.

En proceso de adopción

- ✓ ISO 19650 - 3
- ✓ ISO 15686
- ✓ ISO 29481 (Partes 1 y 3)
- ✓ ISO 16757 (Partes 1 y 2)
- ✓ ISO 23386
- ✓ ISO 23387

Many other standards are in the adoption process.

zoom

Nota: Seminario online sobre implementación BIM el Latinoamérica: Avances 2021.

En la tabla 5 se evidencia un análisis sobre la estrategia Nacional BIM 2020-2026 anunciada en Colombia en el año 2020.

Tabla 6.*Normativas implementadas en la metodología BIM en Colombia*

Nombre documento	Fecha/lugar elaboración	Objetivo	Alcance	Conclusiones
Estrategia Nacional BIM 2020-2026	Apoyada por BIM FORUM COLOMBIA, Camacol, Mott Macdonald y la embajada Británica Colombia. Anunciada en noviembre del 2020	Se establecen 3 objetivos principales los cuales se plantean cumplir a lo largo de los 7 años expuestos; Consistencia a través de un marco BIM colaborativo, reducción del 10% en costos de infraestructura pública y manejo de la información digital en un CDE	La estrategia Nacional BIM dispone una implementación progresiva hasta el año 2026 para proyectos públicos, con el fin de capacitar y digitalizar a el sector de la construcción	Documento donde se indica la estrategia para modernizar al sector de la construcción de la mano de procesos colaborativos y estandarizados en un entorno común de datos

14. Estado del Arte

En la tabla 6 se realiza un análisis de los diferentes documentos técnicos o guías que se pueden encontrar. Se puede evidenciar que son documentos referentes y que se deben tener en cuenta para implementar BIM correctamente.

Tabla 7.

Análisis guías sobre la metodología BIM

Nombre documento	Autor/fecha elaboración	Objetivo	Alcance	Documentos para implementar BIM	Conclusiones
BIM Guidelines	Departamento de diseño y construcción de Nueva York. Julio de 2012	El objetivo de esta guía es brindar pautas para implementar BIM en diferentes tipos de edificios y para cualquier organización que desee implementar BIM en proyectos públicos en la ciudad de Nueva York	Tiene su enfoque en cualquier proyecto público que se desarrolle en la ciudad de Nueva York, EEUU	En el documento se sugieren plantillas muy básicas para la implementación, dentro de estos están; PEB, objetivos del proyecto, descripción de elementos, entre otros. Así como hace énfasis en la definición de usos BIM, evaluación de sostenibilidad, modelado de condiciones existentes y más.	Describe los procesos, procedimientos y requisitos que se deberían tener en cuenta para la implementación BIM en proyectos públicos realizados en la ciudad de Nueva York, EEUU.

Nombre documento	Autor/fecha elaboración	Objetivo	Alcance	Documentos para implementar BIM	Conclusiones
GSFIC BIM Guide	Georgia state financing and investment commission. Marzo 2013	Orientar en la estandarización de BIM a los Arquitectos e Ingenieros, tomando en cuenta la fase de planificación y construcción	Como base para Arquitectos e Ingenieros que realicen proyectos de construcción por GSFIC	N/A	El propósito de esta guía es estandarizar el proceso de modelado BIM para ayudar a los Arquitectos e Ingenieros en el proceso de cambio

15. Referentes Teóricos

En la tabla 8 a continuación, se encuentra un análisis de la hoja de ruta para la implementación BIM elaborada por BIM Forum Colombia y Camacol, la cual busca que sirva como herramienta para las empresas del sector, para que de esta forma la implementen como un paso a paso en sus diferentes proyectos.

Tabla 8.*Análisis de hoja de ruta de Camacol*

Nombre documento	Autor/fecha de elaboración	Antecedente teórico	Objetivo del documento	Alcance	Conclusiones
Hoja de ruta para la implementación BIM	Elaborado por BIM FORUM COLOMBIA y Camacol en el año 2020	Se basaron en documentos internacionales como; guías, documentos técnicos, normativas, estándares, entre los que se pueden destacar la ISO 19650 y la BIM Guía Singapore.	Brindar la documentación necesaria y pasos a seguir a empresas involucradas en el sector de la construcción	Enfocado a empresas o líderes BIM que estén en la búsqueda de una guía práctica con pasos a seguir para la implementación BIM	Documento como hoja de ruta al implementar BIM. Se basó en la metodología PMI. Este documento se puede moldear según las necesidades del profesional o empresa, ya que BIM se adapta a la empresa, más no la empresa a BIM

De igual forma, la mencionada hoja de ruta en la figura 11, establece las cinco etapas en la gestión de proyectos según la guía PMBOK elaborada por el PMI. Las cuales se tendrán en cuenta en el desarrollo de la guía aplicativa.

Figura 12.

Etapas establecidas en la hoja de ruta BIM elaborada por Camacol



Nota: Hoja de ruta para la implementación BIM, 2020.

En la tabla 9 se encuentra un análisis realizado a la guía de planificación de ejecución de proyectos BIM de la Universidad Penn State, la cual ofrece unos procedimientos estructurados para elaborar e implementar un plan de ejecución BIM. (BEP)

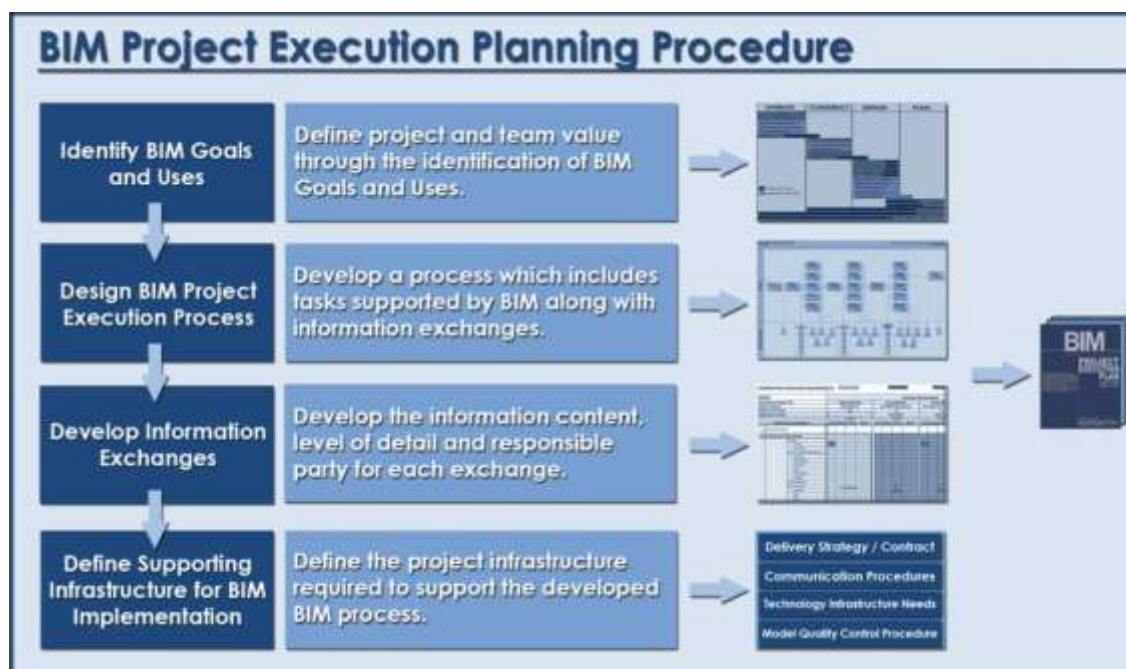
Tabla 9.*Análisis del documento BIM Project Execution Planning Guide - Version 2.2*

Nombre documento	Autor/fecha elaboración	Objetivo	Alcance	Documentos para implementar BIM	Conclusiones
BIM Project Execution Planning Guide - Versión 2.2	Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., & Zikic, N. (n.d.). Enero 2019	Desarrollar procesos estandarizados, incentivar la comunicación y estimular la planificación en las etapas tempranas de un proyecto	Para empresas de arquitectura y/o construcción que puedan adaptarla a sus procesos	Se ofrecen plantillas base para la correcta realización del BEP, así como, la estructura a seguir	La mencionada guía sobre el BEP establece cuatro pasos: Identificar usos BIM, diseñar el proceso del BEP, definir entregables y desarrollo de información técnica

En la figura 12, se realiza una traducción y análisis de la manera adecuada de estructurar un BEP teniendo en cuenta el BIM Project Execution Planning Guide (Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., and Zikic, N, (2019). En primer lugar, se delimitan los usos y objetivos BIM para cada fase del proyecto (planificación, diseño, construcción y mantenimiento), seguidamente, se estructuran los procesos para la elaboración del BEP, tercero, se definen los EIR o Requisitos de entrega de información esto con el fin de tener definido con exactitud los entregables BIM y, por último, se establecen los procesos de mejora de la empresa para llevar a cabo una correcta gestión BIM.

Figura 13.

Proceso de planificación de un BEP según la universidad Penn State



Nota: BIM Project Execution Planning Guide - Version 2.2 (2019)

15.1 Casos de éxito que Implementaron la Metodología BIM

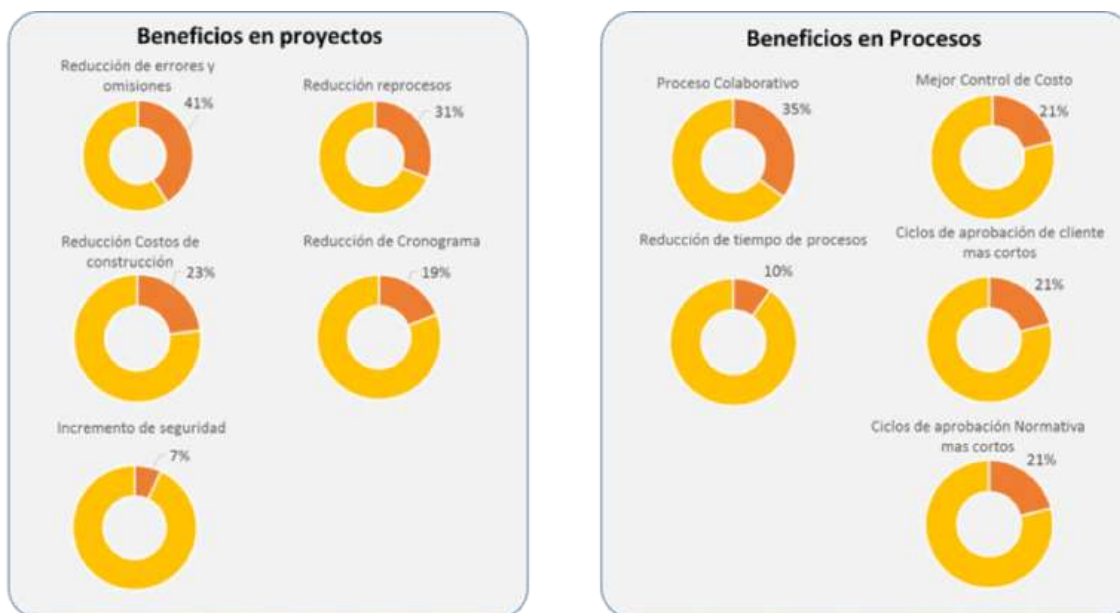
15.1.1 Implementación BIM en la constructora Amarilo

Amarilo se destaca como una de las empresas constructoras en Colombia que va implementando BIM progresivamente con éxito. Han adoptado un plan de acción y de implementación conforme las expectativas y metas planteadas por el equipo de trabajo.

A pesar de los años de trayectoria de la empresa, encontraron oportunidades para mejorar sus procesos de diseño, coordinación, compras y construcción. Es por esto que escogieron BIM como una solución para disminuir sobrecostos y retrasos en los cronogramas de actividades.

Figura 14.

Resultados esperados del proceso de implementación BIM en la empresa Amarilo.



Nota: Transformación digital en el sector de la construcción en Colombia (2018)

El edificio corporativo de Amarilo ubicado en Bogotá, fue desarrollado con metodología BIM, en este se coordinaron más de once diferentes especialidades.

La fase de planificación del proyecto duro dos años y medio y durante este proceso se encargaron de planear, organizar, realizar simulaciones y prepararse para la fase de construcción con el fin de reducir conflictos y colisiones de elementos. Obtuvieron una certificación LEED por el diseño sostenible del edificio: recolección de agua de lluvias para servicios sanitarios permitiendo ahorrar un 42% de agua, los paneles solares generan en promedio 3.600 kilovatios por mes lo que en comparación con otras edificaciones significa un ahorro de energía del 57%.

Hoy, la metodología BIM para Amarilo significa esfuerzo, inversión y compromiso, las claves para comprender que el éxito de implementar BIM se obtiene progresivamente.

15.1.2 Centro de Formación sede de Castilla y León en Valladolid de la Fundación Laboral de la Construcción (FLC)

La FLC disponía de un lote para la construcción de un nuevo centro de formación, así como, contaba con un manual para la construcción de centros de formación a nivel nacional.

Las expectativas planteadas por el equipo de trabajo al implementar BIM se superaron. Se incrementó el nivel de desarrollo y optimización durante el proyecto, se consiguió ahorrar entre el 20% y 40% de los costos del proyecto comparados con otras sedes, se potenció la coordinación implementando un entorno común de datos, se cumplieron con los objetivos establecidos en el inicio y finalmente, el proyecto obtuvo una calificación energética A.

La existencia del Modelo BIM como gemelo real de la obra a construir permitió implantar un sistema de gestión de tareas o incidencias donde las comunicaciones podían girar en torno a una maqueta real de la obra a ejecutar. (Building Smart Spain, 2021)

Figura 15.

Panorámica del Centro de Formación y Sede de la FLC de Castilla y León, Valladolid



Nota: Nuevo Centro de Formación y Sede de la Fundación Laboral de la Construcción en Castilla y León, Valladolid (2021)

15.1.3 Blue Bird coffee, una Empresa de Café que Implementa BIM

Aunque la agricultura, en comparación con la construcción, presenta una tasa anual de mayor crecimiento, con un índice de digitalización de casi cinco puntos por encima según lo mostrado en el estudio de productividad y riesgos (McKinsey – Camacol 2017). Esta industria sigue estando muy atrás en comparación a la minería, el petróleo, la manufactura avanzada, entre otras. (Ana Laura Zapata, 2020)

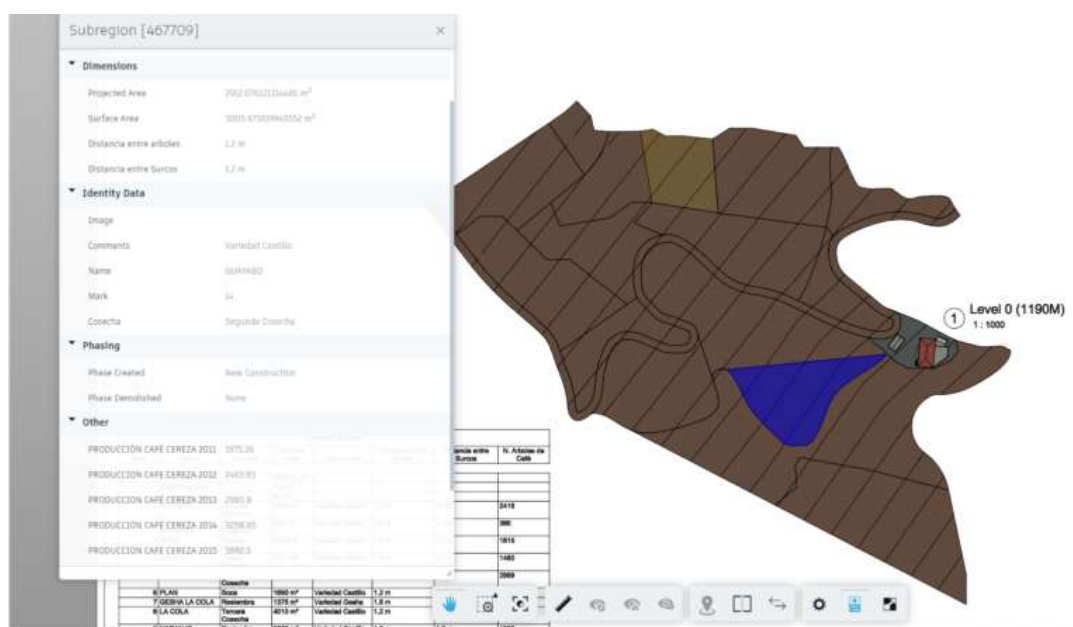
La empresa Blue bird coffee cuenta con una finca llamada los cedros ubicada en Manizales, Colombia. El gerente y fundador Juan David Hurtado planteó un modelo de negocio basado en la digitalización de la información y la tecnología.

Desde el año 2018 se encuentran implementando BIM como una herramienta para predecir el comportamiento de las diferentes variables que afectan la rentabilidad y producción

del café. Por lo que lo utilizan herramientas como Revit y Navisworks, los cuales permiten el análisis de la topografía y control del terreno. Actualmente la empresa tiene una implementación BIM del 30%, así mismo, se están evaluando nuevas herramientas que permitan un mayor control, monitoreo y mantenimiento del mismo.

Figura 16.

Modelo digital de la finca Los cedros de la empresa Blue bird coffee



Nota: Blue Bird Coffee, transformando la tradición cafetera en Colombia (2020)

Este caso de éxito es el ejemplo de lo que Andrew Anagnost, CEO de Autodesk, dijo en el pasado Autodesk University sobre el futuro de hacer las cosas. Pues es increíble hasta dónde llega la creatividad y la sed de innovación con ayuda de las herramientas y software de Autodesk. Este caso abre un espacio de reflexión sobre cómo se pueden desafiar los límites de la innovación pensando de forma transversal y multidisciplinaria para beneficiar diferentes industrias. (Ana Laura Zapata, 2020).

16. Etapa de Planificación

16.1 Análisis y Diagnóstico de Empresa caso de Estudio

Analizar y diagnosticar el estado actual de la empresa caso de estudio es una actividad predecesora del plan de implementación BIM, esta nos permite tener una base sobre la cual iniciar la implementación.

Es fundamental indicar que la implementación de la metodología BIM parte de tres factores esenciales en cualquier empresa: herramientas, metodologías y personas. es.BIM las define como:

Entendemos por herramientas todos aquellos equipamientos de software y hardware, incluyendo equipos informáticos, dispositivos móviles, etc. Por metodologías a la interacción entre estas herramientas y las personas que van a usarlas, dicho de otro modo, el método de uso de las herramientas. Y por supuesto, las personas porque son las que van a utilizar estas herramientas y metodologías, y es donde se van a producir los posibles rechazos. (es.BIM, 2017, p. 18)

16.1.1 Aproximación y Reunión Inicial

Una vez definida la necesidad que se encuentra en la empresa y tomada la decisión de implementar BIM, el primer paso será establecer una reunión inicial con el equipo de trabajo de las diferentes áreas de la empresa o en su defecto con los directivos de estas áreas, en la cual se pueda conocer un poco más sobre la historia de la empresa, misión, visión y definir los pasos iniciales de la adopción BIM.

En dicha reunión, se debe definir si la empresa va a contratar una empresa externa de consultoría BIM que se encargue de guiar y establecer el proceso de implementación BIM o en su defecto, si el equipo de trabajo implementará la metodología BIM con base a guías, documentos, investigación propia o estándares.

Para efectos de la investigación, la presente autora se va a encargar de establecer un paso a paso de cómo implementar BIM desde cero, con el objetivo de que las empresas interesadas o profesionales independientes puedan estudiar o emplear la presente investigación como punto de partida para adoptar la implementación BIM.

16.1.2 Definir Responsabilidades del Cumplimiento BIM: Promotor y Patrocinador

Para empezar con la metodología BIM, se debe definir quiénes serán los responsables de informar, fomentar y cumplir con la implementación de BIM dentro de la empresa. Es por esto que la adopción BIM inicia desde el instante en que se decide iniciar el cambio de metodología de trabajo.

El promotor y el patrocinador serán los mayores responsables de la transformación BIM en la empresa, estas responsabilidades se pueden abordar por una misma persona, sin embargo, la experiencia de otras empresas indica que generalmente se hacen cargo personas diferentes.

La hoja de ruta de Camacol define al promotor de la siguiente manera:

Debe ser hábil con la tecnología y es quien estará encargado de liderar técnicamente el proceso de transformación con un fuerte enfoque hacia la investigación y prueba de todas las propuestas y soluciones, incluso en otras áreas de la compañía. Es probable que a futuro sea el capacitador interno y el encargado de estructurar los estándares que adoptarán los equipos. El promotor es “doliente” de la implementación, es el llamado a

responder por el avance de la misma y a gestionar las expectativas de la organización.
(BIM Forum Colombia, 2020, p. 26).

Figura 17.

Responsabilidades del patrocinador y promotor en la implementación BIM de una empresa



De igual forma, la hoja de ruta de Camacol detalla al patrocinador como:

Debe tener fortaleza para presentar y sustentar las ideas de su equipo a un nivel gerencial, con marcadas habilidades de comunicación y políticas. Puede que no conozca los detalles técnicos a fondo, pero debe estar convencido de su potencial y debe tener cierta influencia o capacidad de decisión para gestionar el cambio empresarial y lograr el apoyo de la alta dirección (BIM Forum Colombia, 2020, p. 26).

La decisión de escoger los responsables de la transformación BIM es de suma importancia y debe tomarse con precaución y pensando en el beneficio común de la empresa, por eso se deben tener en cuenta las cualidades al momento de la elección, en la tabla 10 se delimitan:

Tabla 10.

Cualidades que deben tener los responsables de implementar BIM en la empresa

Cualidades de los Responsables de Implementar BIM en la Empresa	
Promotor	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comunicación asertiva ▪ Estrategias idóneas ▪ Análisis de mejoras del proceso BIM ▪ Visión a futuro de la empresa
Patrocinador	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elaboración de presupuestos ▪ Convicción, perseverancia, negociación y empatía ▪ Proactivo y con ganas de aprender

Durante la implementación BIM es fundamental la comunicación entre las diferentes especialidades del proyecto. El promotor debe acompañar a cada especialidad del proyecto durante el proceso de adopción BIM, así mismo, el patrocinador es el encargado del éxito de la implementación.

Es común que el papel del patrocinador lo asuma un directivo o cargo importante de la empresa. Así como, se ha evidenciado que en las grandes empresas es más probable que se quiera iniciar la implementación BIM por grupos de personas que buscan mejorar la productividad y procesos internos.

Para efectos del caso de estudio, esta responsabilidad no será asumida por algún miembro de la empresa, sino que la adquirirá la presente autora durante la ejecución de la investigación con el fin de medir el seguimiento de la implementación al final de la etapa de planificación.

16.1.3 Análisis del área Técnica o de Diseño de la Empresa caso de Estudio

Es necesario realizar un análisis a profundidad del área técnica o de diseño de la empresa caso de estudio y el desarrollo de sus proyectos, a través de reuniones o cuestionarios semi estructurados que permitan interpretar y conocer su metodología de trabajo actual y procesos internos.

A continuación, se establecerán los aspectos que se deben tomar en cuenta durante el mencionado análisis, así como, ejemplos aplicados en la empresa caso de estudio.

- *Información inicial e historia de la empresa*

En la siguiente figura se va a encontrar una plantilla ejemplo con información básica sobre la empresa como: una breve historia, los proyectos que desarrolla y una encuesta semi estructurada con la cual se tomarán decisiones sobre el proceso de implementación BIM. Esta fue desarrollada con la empresa caso de estudio como parte de la investigación.

Una vez diligenciada, se debe proseguir con la recopilación del resto de información sobre la empresa para así al finalizar, realizar el diagnóstico actual.

Este insumo corresponderá como inicio en la etapa de análisis y diagnóstico de la empresa y servirá como punto de partida para hacerse una idea de si la empresa en cuestión tiene experiencia en BIM o no.

Figura 18.

Información inicial básica de la empresa caso de estudio

NOMBRE EMPRESA		Camilo González arquitectura y construcción EU	
UBICACIÓN		Calle 70 #55-63 Piso 4 Lagos del cacique	
FECHA INICIO DE EMPRESA		1990 (aproximadamente)	
EXPLIQUE UNA BREVE HISTORIA SOBRE LA EMPRESA		Es una empresa especializada en diseño arquitectónico. Con una gran experiencia en arquitectura, ingeniería y construcción; diseño industrial, diseño de interiores y comunicación. Ofrecen al cliente un servicio integral para asegurarse del cumplimiento de los mismos	
1. Teniendo en cuenta el siguiente cuadro, ¿Qué tipo de proyectos ejecuta la empresa y cuales etapas del proyecto abarcan?			
ETAPA	TIPO DE PROYECTO	SI/NO	
Diseño	Residencial	SI	Construcción
	Infraestructura	SI	
	Urbanismo	SI	
	Equipamientos	SI	
	Otro: Arquitectura funeraria	SI	
ETAPA	TIPO DE PROYECTO	SI/NO	
Interventoría	Residencial	NO	Mantenimiento
	Infraestructura	NO	
	Urbanismo	NO	
	Equipamientos	NO	
	Otro: Arquitectura funeraria	SI	
2. Responda las siguientes preguntas según se corresponda:			SI/NO
¿La empresa ha ejecutado alguno de sus proyectos con metodología BIM?			NO
MARQUE CON UNA X UNA OPCIÓN	OPCIONES DE RESPUESTA		
2a. En caso de la respuesta ser negativa, ¿porqué no se ha implementado BIM?	a. No parece ser necesario, trabajamos bien sin BIM		
	<input checked="" type="checkbox"/> b. No es un requisito para la empresa		
	c. No sabemos como implementar BIM		
	d. Otro:		
MARQUE CON UNA X UNA OPCIÓN	OPCIONES DE RESPUESTA		
2b. ¿Cuáles considera que son las principales dificultades por las que no se ha implementado BIM?	a. No se cuenta con el conocimiento		
	<input checked="" type="checkbox"/> b. Resistencia al cambio de nuestros colaboradores		
	c. Implica invertir grandes cantidades de dinero		
	<input checked="" type="checkbox"/> d. Otro: Se requiere tiempo para la implementación		
MARQUE CON UNA X UNA OPCIÓN	OPCIONES DE RESPUESTA		
2c. En caso de la respuesta ser afirmativa, ¿Contrató una empresa externa para implementar BIM o fue iniciativa propia?	a. Empresa externa de consultoría BIM		
	b. Iniciativa propia de la empresa		
	<input checked="" type="checkbox"/> c. Otro: No aplica		
MARQUE CON UNA X UNA OPCIÓN	OPCIONES DE RESPUESTA		
2d. Considera importante el uso de BIM en la empresa?	a. Sí, me ha ayudado a tener más clientes		
	b. No, la metodología está sobrevalorada		
	c. Sí, ahora estamos más organizados		
	<input checked="" type="checkbox"/> d. Otro: Sí, es una herramienta importante		
MARQUE CON UNA X UNA OPCIÓN	OPCIONES DE RESPUESTA		
2e. Desde su experiencia/conocimiento con la implementación BIM, ¿Qué beneficios tiene?	<input checked="" type="checkbox"/> a. Reducción de costos y tiempos		
	<input checked="" type="checkbox"/> b. Más coordinación con especialidades		
	c. Ninguno		
	d. Otro: No aplica		

- *Estructura organizacional*

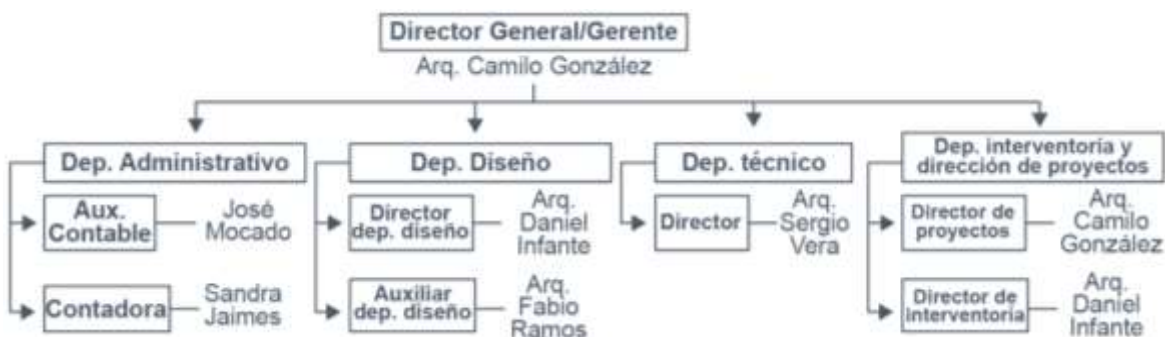
En el desarrollo de este punto se debe solicitar a la empresa la estructura organizacional que tenga establecida. En caso de que la empresa no la posea, el encargado de llevar a cabo la implementación debe elaborar una estructura organizacional actual de la empresa.

Esta información debe ser entregada por la empresa como parte del proceso. Sin embargo, en caso de que la empresa que se esté analizando no tenga una estructura organizacional establecida, se deberá realizar la misma teniendo en cuenta la información suministrada por los directivos y las personas que hagan parte de las diferentes etapas de un proyecto.

En la siguiente figura se encuentra la estructura organizacional de la empresa caso de estudio.

Figura 19.

Estructura organizacional actual de la empresa caso de estudio



Nota: Empresa caso de estudio (2022)

En esta podemos evidenciar que, en la actualidad, la empresa está conformada por menos de diez personas, de los cuales se encuentran arquitectos y demás profesionales que hacen parte de la empresa en cuestión.

Como parte del caso de estudio se analiza que es una empresa pequeña y que no se trata de reestructurar cada aspecto de la empresa sino en tomar este análisis como punto de partida. En este caso se tienen en cuenta los roles BIM que puede desempeñar cada uno de los involucrados en el proceso de diseño de los proyectos, sin embargo, esto no quiere decir que la estructura organizacional cambie.

Cuando se encuentra una empresa con una estructura organizacional extensa se pueden sugerir mejoras cómo: crear un departamento BIM o modificar algunos aspectos de la misma con el fin de obtener una estructura definida y funcional.

Para el caso de la presente investigación, se elaboró una estructura organizacional tomando en cuenta la información entregada por la empresa.

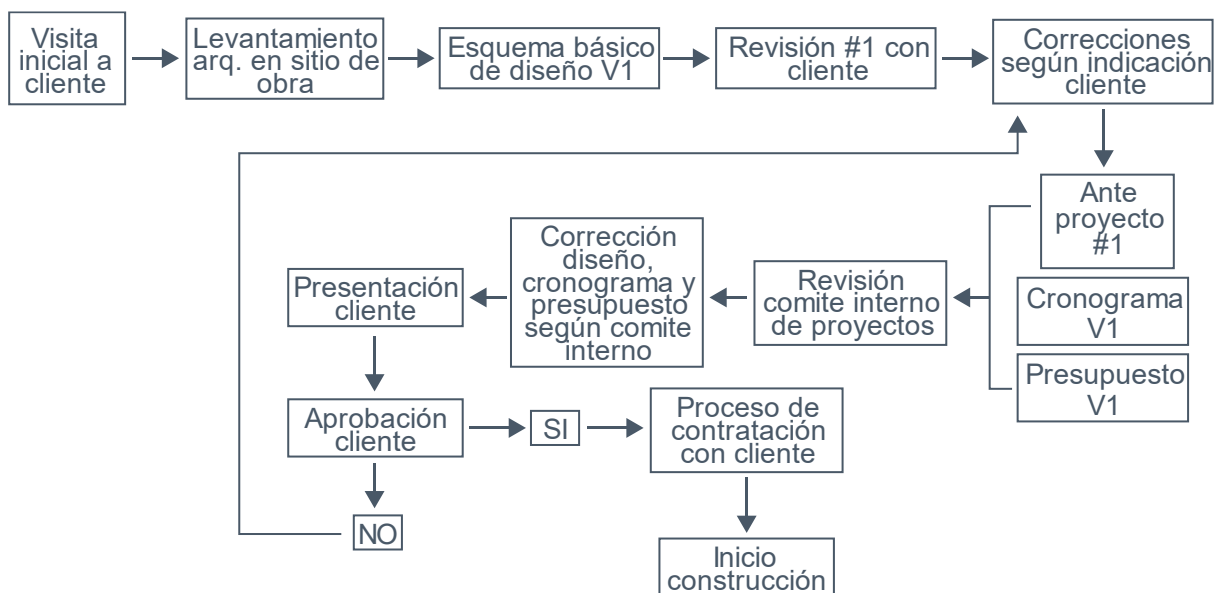
- *Metodología de trabajo actual de la empresa*

Es importante analizar los flujos de trabajo de la empresa, con el fin de evidenciar la planificación, el proceso de diseño que se realiza en cada proyecto y su construcción. Así mismo, decidir si los flujos de trabajo se deben mejorar o reestructurar con el fin de optimizar procesos.

La comunicación óptima de las diferentes especialidades se debe tener en cuenta al momento de definir los flujos de trabajo, ya que con esto se tiene claro cómo se debe realizar el proceso de diseño de cada proyecto y en qué momento interviene cada una de ellas.

Figura 20.

Flujograma de procesos actual de la empresa caso de estudio



Nota: Empresa caso de estudio (2022)

Para efectos de la investigación, se desarrolló el flujograma de procesos de la empresa tomando en cuenta la información suministrada por la misma, para así, tener claro la metodología de trabajo actual.

Con el análisis del flujograma de procesos se sugiere anexar la elaboración de planos de las diferentes especialidades del proyecto (planos estructurales, redes, eléctricos, hidráulicos, entre otros) con el fin de tener claridad de en qué momento del proceso se ejecutan, así como, tener en cuenta que el cronograma y el presupuesto generalmente, se realizan cuando se tiene más del 50% del proyecto o después de la aprobación del cliente.

Se debe tener en cuenta que en empresas con una mayor cantidad de colaboradores los procesos pueden variar, sin embargo, deben ser claros y los debe comprender cualquier persona de la empresa.

- Análisis de infraestructura tecnológica

Se deben evaluar los softwares y hardware que generalmente se utilizan durante el proceso de diseño de los proyectos, con el objetivo de determinar las mejoras que se debe realizar y la inversión de la misma. A continuación, se encuentran unas plantillas ejemplo de cómo realizar el análisis y la recopilación de la información, las cuales se pueden encontrar en los anexos para ser usada por los interesados.

Hoy en día existe una gran cantidad de softwares en el mercado, la selección de este va a depender de los objetivos y capacidad de la empresa en cuestión. Durante la etapa de análisis y diagnóstico, en la figura 23 se indican las herramientas actuales que se utilizan en la empresa.

Figura 21.

Plantilla ejemplo para análisis software actual de la empresa

ANÁLISIS INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA INICIAL DE LA EMPRESA				
SOFTWARE				
Uso	Software	Versión	Cantidad de licencias	Caducidad de licencias
Diseño arquitectónico	Autocad	2021	N/A	N/A
Diseño estructural	Autocad	2021	N/A	N/A
Diseño de redes	Autocad	2021	N/A	N/A
Almacenamiento de información	Almacenamiento interno de cada computador	N/A	N/A	N/A
Trabajo colaborativo	N/A	N/A	N/A	N/A
Programacion de obra	Excel	N/A	N/A	N/A
Estimacion de costos	Excel	N/A	N/A	N/A

El análisis del software y hardware de la empresa caso de estudio, se debe tener en cuenta para desarrollar un plan de transformación de infraestructura tecnológica en el PIB para contribuir con la mejora de los procesos internos de la empresa.

Se debe tener en cuenta todos aquellos elementos y herramientas que permiten un mejor desarrollo del proceso de diseño y demás actividades.

El hardware se puede definir como todos aquellos elementos físicos que comprenden una computadora, como lo son: teclado, plotter, escáner, disco duro, memoria RAM y otros. El hardware puede variar dependiendo del tipo de software que se maneje.

En el caso del área de diseño, es fundamental contar con equipos que solventen las necesidades de la empresa por lo que se debe tener en cuenta el rendimiento gráfico de los modelos. En la figura a continuación se muestra una plantilla ejemplo para el análisis del hardware de la empresa.

Figura 22.

Plantilla ejemplo para análisis hardware actual de la empresa

ANÁLISIS INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA INICIAL DE LA EMPRESA							
HARDWARE							
Equipo	Cantidad	Descripción	Estado	Memoria RAM	Estado sólido o mecánico	Capacidad almacenamiento interno	Procesador
Computador portátil	2	Asus tuf gaming f15	Bueno	24 GB	Sólido: 500GB	500 GB	inter core i5 10
Computador de escritorio	1	Lenovo all in one de 23,8"	Bueno	8 GB	Sólido: 512GB	512GB	AMD R7
Plotter	1	Hp	Bueno	N/A	N/A	N/A	N/A

Es importante tener en cuenta durante el análisis, la infraestructura de red que posea la empresa, con el fin de establecer si es necesario aumentar la capacidad o seguridad de la misma.

16.1.4 Evaluar las Capacidades del Equipo de Diseño

Al momento de evaluar al equipo de diseño se debe tener en cuenta las habilidades duras y blandas de cada colaborador ya que estas son parte fundamental de las capacidades de cada uno de ellos. Con la información recolectada se puede definir más adelante el plan estratégico de

capacitaciones de los empleados actuales o en caso de ser necesario, agregar un nuevo colaborador que permita mejorar los procesos de la empresa.

En la figura 22 se encuentra una plantilla ejemplo del análisis realizado a los colaboradores del área de diseño de la empresa caso de estudio, en este se evidencia el cargo del empleado, las habilidades duras y blandas, softwares usados en la empresa y el nivel BIM de cada uno.

Es importante durante el análisis del área de diseño enfocarse en las habilidades duras y el nivel BIM de cada miembro del equipo ya que estas serán la base para establecer el plan estratégico de capacitaciones y así, evitar sobre capacitar al personal.

Esta información debe ser recolectada mediante la presente plantilla con cada uno de los colaboradores. La recopilación de esta información va a ser necesaria cuando se esté elaborando el PIB.

Figura 23.

Plantilla ejemplo para análisis de los colaboradores de la empresa

ANÁLISIS DEL PERFIL DE LOS COLABORADORES DEL ÁREA DE DISEÑO								
Nombre completo	Cargo colaborador	Responsabilidades del colaborador	Habilidades duras	Habilidades blandas	Softwares usados en la empresa	Nivel BIM	Formas relacionadas a habilidades blandas	Estudios técnicos
Daniel Infante	Arquitecto. Director del dep. de proyectos	Diseñar, Modelar, Renderizar proyectos. Coordinar especialidades. Interventoría de proyectos	Modelo de proyectos. Elaboración de planos. Renderizado de proyectos.	Atención a los detalles. Aprendizaje rápido. Creatividad. Inteligencia emocional. Responsabilidad. Trabajo bajo presión.	Autocad, SketchUp, Lumion, Photoshop, Qgis, Qrmoder.	Intermedio	NO	Arquitectura. Especialización en gerencia e interventoría de obras civiles. Diplomado en modelamiento de edificaciones con tecnología BIM, herramienta en la gestión de proyectos (2018). Seminario en interventoría de proyectos de infraestructura vial (tuneles)
Fabio Ramos	Arquitecto. Dibujante	Elaboración de planos y modelos 3D. Coordinador de alturas	Elaboración de planos	-	Autocad, SketchUp, Lumion	Principiante	NO	Arquitectura
Camilo González	Arquitecto. Gerente general y director de interventoría	Interventor de proyectos.	Delegar actividades en la empresa para su ejecución	Liderazgo. Creatividad. Responsabilidad. Comunicación organizacional. Inteligencia emocional. Aprendizaje rápido.	Autocad, Excel	Principiante	NO	Arquitectura. Maestría en arquitectura
Sergio Vera	Arquitecto. Director del departamento técnico	Elaborar presupuestos y cronogramas de obra. Coordinar especialidades	Elaboración de presupuestos detallados y planificación de proyectos	Liderazgo. Responsabilidad. Atención a los detalles	Autocad, Excel.	Principiante	NO	Arquitectura. Especialización en gerencia de proyectos de construcción.

16.1.5 Establecer los Objetivos a Corto, Mediano y Largo de la Empresa con la Implementación

Durante la recopilación de la información sobre la empresa, se debe establecer con el gerente de la empresa o el encargado de tomar decisiones sobre la implementación BIM, su visión al implementar la metodología, objetivos y como la empresa va a mejorar en sus procesos internos a través de la implementación BIM.

Es importante tener en cuenta que se definan objetivos reales y alcanzables. Es decir, establecer como objetivo a corto plazo; lograr un 90% de implementación BIM en un periodo de 3 meses, es una meta irreal ya que la implementación BIM es un proceso pausado y de constante aprendizaje. Sin embargo, definir un objetivo a corto plazo como; implementar BIM en un 20% de los proyectos en un periodo de 6 meses o mejorar la coordinación entre especialidades con el fin de disminuir tiempos de entregas de un proyecto durante un periodo de 7 meses, son objetivos reales y alcanzables.

El tiempo establecido para lograr cada objetivo va a depender de las metas de la empresa, esto puede variar según lo requiera la empresa. Se ha evidenciado que en algunos casos se establecen objetivos a largo plazo de hasta 1 año y medio.

Los objetivos de la implementación BIM son una base para tener en cuenta hacia donde quiere ir la empresa y con esto, elaborar un PIB adecuado a las necesidades de la empresa.

En la figura 23 se observa la recopilación de dicha información.

Figura 24.

Plantilla ejemplo para definir objetivos de la empresa

OBJETIVOS DE LA EMPRESA CASO DE ESTUDIO
Objetivo a corto plazo: 2 meses
Agilizar cantidades de obra para el desarrollo de presupuesto
Objetivo a mediano plazo: 6 meses
Estandarizar el proceso de diseño y modelado BIM para integrar las diferentes especialidades en un mismo modelo digital
Objetivo a largo plazo: 1 año y medio
Implementar el uso de Naviswork para detectar colisiones entre especialidades

16.1.6 Definir Necesidades o Motivaciones para Implementar BIM en la Empresa.

Es fundamental durante el proceso de implementación tener claro los problemas o necesidades encontradas que motivaron a la empresa a tomar la decisión de implementar BIM. Estas servirán como recordatorio al equipo de trabajo del por qué están haciendo todo este proceso, ya que en ocasiones ocurre que al no tener claro el motivo inicial del porqué se hace el cambio, terminan declinando la implementación.

Algunos ejemplos de motivaciones iniciales para implementar BIM pueden ser: mejorar la competitividad y vigencia en el mercado de gestión y diseño de proyectos, mejorar intercambio de información, reducir los sobre costos del proyecto o estar a la vanguardia del sector. En la siguiente figura se encuentra una plantilla ejemplo.

Figura 25.

Plantilla ejemplo de motivaciones iniciales o necesidades de la empresa

MOTIVACIONES INICIALES PARA IMPLEMENTAR BIM
Integrar todos los archivos del proyecto en un mismo modelo digital
NECESIDADES PARA IMPLEMENTAR BIM
Actualizar en tiempo real los planos en 2D con respecto al modelo 3D, fachadas, alzados, etc .

16.1.7 Diagnóstico del Funcionamiento del Área de Diseño de la Empresa mediante la Aplicación de la Matriz de Madurez

La matriz de madurez BIM se puede entender como herramienta que permite conocer el nivel BIM actual de la empresa.

Antes de definir un diagnóstico sobre la empresa, es importante establecer y comprender que se va a analizar o evaluar. Durante el proceso de investigación se encontraron que existen 5 aspectos que generalmente se evalúan; procesos, tecnología, empresa, personas y estándares, a continuación, se aclaran las definiciones:

En procesos se analiza si la empresa tiene procesos BIM definidos, documentados, gestionados e integrados con otros procesos internos de la organización.

En la tecnología se evalúa las herramientas de software, hardware, redes y conectividad, entendiéndose como la facilidad de acceso remoto a la información.

Para el aspecto de empresa se estudia que la visión y la estrategia de la organización estén acorde con la implementación BIM. Es decir, se analiza si la empresa considera BIM como una estrategia para cumplir sus objetivos y no una simple metodología para reducir retrasos.

En el hito de personas se determina la importancia que da la empresa a las personas como parte fundamental del proceso de implementación BIM, así como, el conocimiento sobre roles BIM y planes estratégicos de capacitación.

Y finalmente, se estudia si la empresa implementa estándares, plantillas o documentos que regulen los procesos internos para llevar a cabo un proyecto.

Para la empresa no existe alguna normativa que prohibida que se pueda elaborar un esquema de medición propio. Sin embargo, en la actualidad se encuentran diversos estándares para medir los niveles de madurez de un proceso.

El modelo de madurez de capacidades publicado en 1993 por el software Engineering Institute (SEI) establece 5 posibles niveles de madurez BIM: inicial, repetible, definido, gestionado y optimizado. Sin embargo, el Dr. Bilal Succar, consultor BIM y profesor de la University of Newcastle en Australia, reestructuró esos niveles y finalmente los definió como: inicial, definido, gestionado, integrado y optimizado.

Figura 26.

Niveles de madurez BIM de BIM excellence propuestos por el Dr. Bilal Succar



Nota: Matriz de madurez BIM v1.22 (2016)

Las características del nivel inicial indican que hay ausencia de estrategias y procesos, poco apoyo de los directivos de la empresa y nula adopción de la implementación BIM, el nivel definido hace referencia a una implementación impulsada por los directivos, algunos procesos internos documentados y uso de pocos estándares. En el nivel gestionado el equipo de trabajo comprende la importancia de BIM, existen planes de acción, oportunidades de negocio entorno a BIM y se coordinan modelados 3D. En el nivel integrado, la implementación BIM es parte de la estrategia competitiva sobre otras empresas, los roles y objetivos BIM están presentes en la organización, los estándares BIM se incorporan en los procesos y la colaboración y coordinación del proyecto se presenta desde fases tempranas. Y, por último, en un nivel optimizado la implementación BIM es constante durante el desarrollo de todos los proyectos de la empresa, se busca la mejora continua de los procesos y se realizan mediciones regularmente de los entregables, softwares, hardware y demás y es el nivel el cual pocas empresas logran llegar.

Para el desarrollo de la presente investigación se va a tomar en cuenta el cuestionario elaborado por Ingeniería asistida por computador y el cual está disponible de manera gratuita por todo aquel que lo necesite. Este nos permite saber en qué nivel BIM se encuentra la empresa de una manera práctica y sencilla. Posterior al realizar la encuesta, llegará al correo los resultados y una serie de recomendaciones a tener en cuenta durante la implementación BIM en la empresa.

El resultado de la encuesta realizada para la empresa caso de estudio, arrojó que la misma sitúa su nivel de madurez BIM en un nivel 2 con un porcentaje del 27%. La siguiente figura demuestra los resultados de una manera gráfica.

Figura 27.

Resultado encuesta de madurez BIM realizada a empresa caso de estudio



Nota: En los anexos de la investigación se encuentra el resultado completo de la encuesta de madurez BIM realizado a la empresa caso de estudio. Adaptada de Ingeniería asistida por computador

16.1.8 Conclusiones de la Fase 2.1: Análisis y Diagnóstico de la Empresa Caso de Estudio

En primera instancia, el primer paso para iniciar la implementación BIM no es comprar licencias de softwares y capacitar a todo el personal. La forma correcta de iniciar la implementación es diagnosticando la empresa en cuestión y en base a los resultados, generar el plan de implementación BIM (PIB).

La adopción BIM en la empresa es un proceso pausado y de constante aprendizaje, los beneficios de la implementación son a largo plazo. La metodología BIM no es mágica, se deben tener objetivos reales y alcanzables.

La metodología BIM se debe adaptar a la empresa y no al contrario. BIM nos enseña a trabajar mediante metodologías estandarizadas, en ningún momento se debe ver como un obstáculo ni se debe parar los procesos de la empresa por la implementación.

Se destaca que la manera de recopilar información sobre la empresa y el diagnóstico de la misma puede variar, todos los aspectos que formen parte del proceso de implementación BIM están sujetos a cambios o mejoras según se requiera. Así mismo, con respecto a la cantidad de información sobre la empresa, ya que en algunos casos se requerirá más o menos información.

Si la empresa a diagnosticar toma la decisión de implementar BIM mediante un consultor BIM externo, es importante tener en cuenta que una correcta adopción BIM se logra desde el liderazgo de los directivos. Es decir, un consultor externo no puede garantizar una implementación BIM exitosa si los directivos y el equipo de trabajo no lo consideran importante y necesario.

Al finalizar el análisis y diagnóstico de la empresa se tendrá un informe con toda la información recopilada, el cual servirá para elaborar las mejoras necesarias como parte del PIB.

16.2 Diseñar un Plan de Implementación BIM (PIB) en Empresa Caso de Estudio

16.2.1 Definir Roles y Responsabilidades BIM en la Empresa

Se puede definir un rol BIM como aquella persona o grupos que desempeñan una responsabilidad o función en alguna etapa del proyecto, ya sea planificación, diseño, construcción o mantenimiento. De igual forma, más de un rol BIM puede ser asumido por la misma persona. Cuando se establecen los usos BIM de un proyecto, estos se deben desarrollar en parte por roles BIM que puedan cumplir con las expectativas. Plan BIM Chile determina las características de un rol BIM como:

Un rol no es un cargo. Los roles BIM no definen una nueva disciplina. Los roles pueden ser desempeñados por personas existentes en un equipo si se capacitan. Una persona sí puede ejercer más de un rol. Un rol sí puede ser ejercido por varias personas. Los roles definen capacidades BIM que se suman a las competencias de cada disciplina. Asumir un rol implica responsabilidades sobre determinadas acciones (Plan BIM Chile, 2019, p. 54)

Las personas representan el valor más importante de una empresa, es por esto que es de vital importancia definir los roles y responsabilidades, estos serán los encargados de gestionar correctamente la implementación de la metodología BIM. No obstante, los roles mencionados en la investigación son básicos, estos se pueden modificar teniendo en cuenta las necesidades de la empresa, es por esto que el diagnóstico de la empresa es de suma importancia ya que nos permite comprender el nivel de cada uno.

En la figura 30 se determinan los principales roles BIM. Posterior a la elección de roles BIM en la empresa, se debe establecer un plan estratégico de capacitaciones que permita que el equipo de trabajo desempeñe sus responsabilidades correctamente.

Figura 28.

Roles, capacidades y responsabilidades BIM en la empresa



Se debe mencionar que las capacidades y responsabilidades BIM son funciones complementarias con las establecidas anteriormente por la empresa, lo que quiere decir que los colaboradores no deben dejar sus funciones anteriores por ningún motivo.

16.2.2 Determinar Plan Estratégico de Capacitaciones

El plan estratégico de capacitaciones se elabora con el objetivo de establecer una solución o propuesta de cómo se va a abordar la mejora de conocimientos y capacidades de los colaboradores en la empresa.

En primera instancia es necesario establecer las capacidades de los colaboradores que se van a mejorar, es decir, el conocimiento técnico y las habilidades blandas. Y las capacitaciones que le correspondan a cada uno, teniendo en cuenta previamente los resultados del análisis y diagnóstico a la empresa en cuestión.

Con esta información clara, es necesario comprender que cuando se hace relación al conocimiento técnico se refiere a las habilidades duras, para este caso la estrategia a emplear se entiende cómo; capacitaciones del software seleccionado o software que vaya a ejecutar cada uno, seminarios, videos, charlas o videos sobre la metodología BIM o afines, normativas como la ISO 19650, transformación digital, entre otros.

Las habilidades blandas están asociados a la inteligencia emocional y a la interacción personal y laboral de cada uno los colaboradores, se puede abordar con seminarios, cursos, videos, charlas, lecturas o capacitaciones básicas sobre temas como: desempeño laboral, gestión efectiva del tiempo, liderazgo, inteligencia emocional, entre otros temas.

Nota: Algunas capacitaciones son necesarias, independientemente del rol y responsabilidad BIM que se desempeñe, con el fin de que todo el equipo de trabajo se mantenga informado y actualizado.

Seguidamente, se debe realizar la selección de los softwares a emplear en la empresa caso de estudio, se debe tener en cuenta que los roles BIM en la empresa se escogieron en los pasos anteriores y con estos ya listos, se definen que tipo de capacitaciones tendrá cada uno.

En la siguiente tabla se establece una plantilla ejemplo de la estrategia de capacitaciones de la empresa.

Tabla 11.

Plantilla ejemplo de softwares escogidos para empresa caso de estudio

NOMBRE COLABORADOR	ROL BIM	DEPARTAMENTO	ASPECTOS	SOFTWARE ESCOGIDO
Daniel Infante	Especialista y coordinador BIM	Departamento de diseño	Modelado BIM	 AUTODESK REVIT
Fabio Ramos	Modelador BIM		Colaboración/Coordinación de proyectos	 Trimble Connect
			Gestión de información	
Sergio Vera	Especialista BIM	Departamento de presupuestos	Estimación de costos	 Excel
Camilo González	Especialista y BIM manager	Gerente general	Programación	 Project
			Gestión de proyectos	 Trimble Connect  Project

Una vez se tenga claro los roles BIM y los softwares a implementar, se debe continuar con el orden en el que se van a realizar las capacitaciones. Es importante comprender el uso de cada una de las herramientas, ya que algunos softwares no se pueden usar sin un previo programa, a modo de ejemplo, no se puede elaborar una programación de obra en Microsoft

Project sin tener antes el modelo BIM en Revit, se debe continuar con un orden lógico de la secuencia de un proyecto.

En conclusión, la estrategia de capacitaciones es de suma importancia en el PIB. Las capacitaciones seleccionadas para la empresa se deben abordar teniendo en cuenta las responsabilidades de cada rol BIM en la empresa con el fin de abordar la estrategia de la manera más eficiente. A modo de ejemplo, establecer que un residente de obra realice una capacitación en modelado BIM es un alcance extenso y que probablemente no implemente dentro de sus actividades, para este caso sería mejor escoger una capacitación en Revit sobre visualización de modelos BIM en obra o enfocado en la programación de proyectos.

Figura 29.

Orden de capacitaciones para empresa caso de estudio

NOMBRE COLABORADOR	ASPECTOS	SOFTWARE ESCOGIDO	CURSO/CAPACITACIÓN	REQUISITOS
Daniel Infante Fabio Ramos	Modelado BIM		BIM Revit para Arquitectura	Conocimientos en arquitectura
			BIM Ingeniería Civil/Modelado y Gestión de la Información con BIM	Manejo de Revit arquitectura
			BIM Coordinator	
Daniel Infante Fabio Ramos Sergio Vera Camilo González	Colaboración/Coordinación de proyectos		Introducción a Trimble connect. Trabajo colaborativo en Trimble connect	Conocimientos en metodología BIM
	Gestión de información			
Sergio Vera	Programación		Curso de project completo	Conocimientos en programación de proyectos
Sergio Vera Daniel Infante	Gestión de proyectos		Gestión de proyectos	N/A
Sergio Vera	Estimación de costos		Elaboración de presupuestos y mediciones avanzado	Conocimientos en Excel

16.2.3 Fijar un Plan de Transformación de Infraestructura Tecnológica

El plan de transformación de infraestructura tecnológica se define como una propuesta de mejora principalmente en el hardware de la empresa, se deben tener en cuenta los softwares que

se van a desarrollar con el fin de tener claro que equipos se van a necesitar según las capacidades, memoria RAM o almacenamiento que requieran los programas.

Se entiende como hardware a todos aquellos componentes físicos que abarca una computadora como lo son: teclado, CPU, impresora, disco duro, entre otras partes.

Dentro de los componentes del hardware se pueden encontrar los servidores físicos, algunas empresas precisan contar con servidores físicos propios para el almacenamiento de la diferente información. Sin embargo, en otros casos se ha evidenciado que prefieren contar con servidores externos de un tercero por lo que de esta forma almacenarían toda su información en la nube y ahorrarían los gastos que eso conlleva.

Una vez se tenga claro todos los elementos que va a necesitar la empresa, se elabora un listado con estas.

Sin embargo, se ha evidenciado que en algunos casos como lo es la empresa caso de estudio, no es necesario proponer este plan de transformación, ya que al ser una empresa pequeña sus necesidades son cubiertas por los potentes computadores que se tienen, por lo que proponer una mejora en el hardware no se justifica ni es necesario. Inclusive en el caso de grandes empresas este plan de transformación tecnológica puede ser declinado al tener las suficientes herramientas de hardware y no necesitar más.

16.2.4 Definir Estándares a Desarrollar

Plan BIM Chile determina que la International Organization for Standardization (ISO) define un estándar como:

Documento, establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que entrega, para usos comunes y repetidos, reglas y directrices o características para

actividades o sus resultados, ayudando a la obtención de un grado óptimo de ordenamiento en un contexto dado (Plan BIM Chile, 2019, p. 16).

Teniendo en cuenta esta información, los estándares BIM en las empresas permiten estructurar y definir la información de un proyecto bajo la metodología BIM. Durante la elaboración del PIB se deben definir los estándares que se van a desarrollar al momento de iniciar con el proyecto piloto, sin embargo, en este punto se definen y en pasos posteriores se desarrollan.

La selección de los estándares va a depender de los objetivos de cada empresa. Funcionan como una guía o lista de chequeo que indica todos los aspectos que se deben tener en cuenta en los entregables. Los estándares propuestos para desarrollar durante la implementación BIM en la empresa caso de estudio son:

- Revisión y coordinación de diseños: El objetivo es estandarizar la forma en la cual el diseñador y el modelador se comunican en relación a cambios que existan en los diseños arquitectónicos, estructurales, hidráulicos, de redes, entre otros, haciendo uso de la plataforma colaborativa BIM 360.
- Elaboración del presupuesto: La finalidad es establecer parámetros para la correcta ejecución de los presupuestos mediante el uso de Microsoft Excel.

16.2.5 Recopilación de Terminologías BIM

Es fundamental que todo el equipo de trabajo tenga claro las definiciones, terminologías y significados sobre la metodología BIM o afines. Por lo que se recomienda recopilar toda esta información en un mismo documento y tenerlo a disposición de toda al área técnica o de diseño de la empresa.

De esta manera, no es necesario establecer una plantilla o abordarlo como una propuesta de mejora al implementar BIM, sino como una recomendación para que a todos en la empresa se les facilite el cambio de CAD a la metodología BIM.

Para efectos de esta investigación, se puede tener en cuenta el marco conceptual, teórico y normativo como un diccionario o biblioteca de terminologías BIM.

16.2.6 Determinar un Cronograma de Actividades Básico para Ejecutar la Implementación BIM en la Empresa

El cronograma de actividades es de suma importancia ya que este define el tiempo en el que se va elaborar el plan de implementación BIM (PIB) en la empresa. En este se deben tener en cuenta aspectos cómo: el tiempo que abordaran las capacitaciones de los colaboradores en habilidades duras y blandas, la elaboración del plan de ejecución BIM (BEP), la pre construcción del proyecto piloto, los estándares de la empresa, las mediciones y seguimientos y recomendaciones, conclusiones y retroalimentación de la implementación BIM en la empresa caso de estudio.

Los tiempos que se destinen a cada uno de estos aspectos es relativo y va depender de la cantidad de horas semanales de capacitaciones, el tamaño del proyecto piloto y los estándares que se vayan a realizar para la empresa.

A modo de ejemplo se realiza un cronograma para el desarrollo del PIB en la empresa caso de estudio, el cual se evidencia en la figura 32. Sin embargo, no significa que se vaya a realizar tal como se propone ya que esto depende del proceso de la investigación

Figura 30.

Cronograma base para ejecutar PIB en empresa caso de estudio

Actividades	Plan de implementación BIM para empresa caso de estudio																							
	Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Capacitaciones de colaboradores																								
Plan de ejecución BIM (PEB)																								
Proyecto piloto (PP)																								
Estándares de la empresa																								
Medición y seguimiento del PP																								
Recomendaciones, conclusiones y retroalimentación																								

16.2.7 Elaborar Lista de Requerimientos para la Implementación BIM

Se hace referencia a una lista de requerimientos a todos aquellos elementos que son necesarios al momento de implementar correctamente la metodología BIM como lo son: softwares, hardware, capacitaciones, definiciones de procesos y mejoras en la empresa.

Dicho listado es relativo y va a depender de las necesidades de cada empresa. En el caso de la presente investigación se va a realizar un listado de requerimientos sin tener en cuenta la inversión económica, esto se debe a que los precios dependen de variables como: tiempo, cantidad, ubicación, entre otros.

Se sugiere realizar este listado para que la empresa tenga claro las nuevas adquisiciones que deben asumir durante el proceso de implementación BIM para así, destinar el presupuesto necesario para el mismo.

Para empresas o profesionales independientes se aconseja tener en cuenta la inversión económica que conlleva cada elemento.

Para el caso de la empresa caso de estudio no se va a realizar lista de requerimientos debido a que los computadores del equipo de diseño se encuentran en buen estado y superan las capacidades de memoria, tarjeta gráfica y procesador por lo que no se considera necesario proponer una mejora del hardware.

16.2.8 Conclusiones de la Fase 2.2: Diseñar un Plan de Implementación BIM (PIB)

En primera instancia se debe tener claro el funcionamiento de la empresa, el diagnóstico actual y el nivel BIM, ya que esto será la base para elaborar y diseñar el PIB.

El plan estratégico de capacitaciones es fundamental para que el equipo de trabajo se encuentre a la vanguardia y preparados para la implementación. Se debe evitar sobre capacitar a los colaboradores.

En el plan de transformación de infraestructura tecnológica se establece los softwares nuevos a incorporar y el hardware nuevo necesario o elementos para mejorar rendimientos y calidad. En algunos casos, este plan puede declinarse si se tienen todos los elementos necesarios para la implementación BIM.

Los estándares se encargan de estructurar y definir la información necesaria de cada uno de los proyectos en la empresa teniendo en cuenta la metodología BIM.

Es importante que todo el equipo de trabajo conozca las diferentes terminologías BIM ya que esto facilitará la correcta comunicación y entendimiento de los procesos y definiciones BIM.

El cronograma establece el tiempo en el que se ejecutará el plan de implementación BIM, este tiempo va a depender de las necesidades, objetivos y tamaño de la empresa.

El listado de requerimientos permite que las empresas y profesionales independientes se puedan hacer una idea de la inversión que se necesita realizar para una correcta implementación BIM.

16.3 Elaborar un Plan de Ejecución BIM (BEP) para Proyecto Piloto

El plan de ejecución BIM se puede entender como un documento que delimita las bases y reglas que se van a implementar en un proyecto bajo la metodología BIM, así como, se encarga

de responder a las necesidades de la empresa en cuestión sobre lo que se espera de la implementación BIM.

Los objetivos del BEP son mantener una comunicación clara, informar a todos los involucrados de sus responsabilidades y estructurar la manera en la que se aborda el proyecto. A pesar de que el BEP es un documento base cuando se va a iniciar un proyecto, es importante tener en cuenta que es un documento dinámico y en constante cambio, sobre todo en el caso de las empresas sin o con poca experiencia BIM ya que al ir ejecutando el BEP, se puede mejorar.

Generalmente el BEP es elaborado por el BIM Manager. Sin embargo, el resto de colaboradores como: diseñadores, contratistas, dibujantes, ingenieros, entre otros, también pueden ser parte de la creación del mismo basándose en sus experiencias y objetivos de la implementación.

En el caso de las licitaciones, en primer lugar, el cliente establece un EIR (Requisitos de intercambio de información) donde define las necesidades que deben cumplir las empresas al implementar BIM en un proyecto como: usos y objetivos BIM, estándares, capacidades del equipo de trabajo y requisitos del entorno común de datos.

Luego, las empresas participantes generan un BEP de oferta donde se incluyen los métodos y estrategias de cómo se va a garantizar la implementación BIM en el proyecto, las responsabilidades de los colaboradores del área de diseño, flujogramas, infraestructura tecnológica, estándares, entre otros.

Finalmente, la empresa ganadora presenta un BEP definitivo el cual debe ser actualizado y más detallado con respecto al BEP de oferta.

El BEP se convierte en un documento contractual el cual se debe cumplir entre el cliente y la empresa en cuestión.

No existe una única forma de elaborar un BEP, ya que es un documento totalmente adaptado a las necesidades de cada proyecto.

Sin embargo, en líneas generales se puede definir que en un BEP se puede encontrar un resumen e información del proyecto, el equipo de trabajo con sus roles BIM e información de contacto, objetivos BIM, usos BIM, estándares, etc.

16.3.1 Consolidar Información general del Proyecto

Para empezar, es importante comprender el proyecto que se escoja, en este caso el piloto. A partir de esta información general del proyecto se inicia la elaboración del BEP.

Se debe recopilar información como: nombre y descripción del proyecto, ubicación, objetivos, especialidades y área aproximada del proyecto durante la etapa previa a empezar el diseño del proyecto.

En la siguiente tabla se encuentra una plantilla ejemplo de la información inicial necesaria para elaborar el BEP.

Nota: A medida que avance el BEP se requerirá más información.

Tabla 12.

Información inicial sobre el proyecto piloto para el desarrollo del BEP

PLAN DE EJECUCIÓN BIM	
Información general del proyecto	
Cliente:	Nombre del cliente
Nombre del proyecto:	Taller de lápidas
Ubicación del proyecto:	Parque memorial jardines la colina, Bucaramanga.
Descripción del proyecto:	Es un proyecto para la fabricación de lápidas para el cementerio, con redes eléctricas, hidráulicas y planos estructurales. Es un proyecto de 1 nivel, aproximadamente de 100m ² . Se debe tener en cuenta la ventilación cruzada y zona de carga.

16.3.2 Establecer Roles y Responsabilidades BIM para el Desarrollo del Proyecto

En primer lugar, es importante comprender la diferencia entre definir los roles y responsabilidades BIM para el desarrollo del PIB o para el BEP. En el plan de implementación BIM (PIB) se escoge a nivel general para la empresa los roles BIM y en el plan de ejecución BIM (BEP) se selecciona a nivel de proyecto los roles y responsabilidades BIM por lo que estos pueden cambiar constantemente.

En la siguiente tabla se delimita los diferentes involucrados que abarca un proyecto: diseño arquitectónico, estructural, redes, eléctrico y/o construcción. En esta se define los roles y responsabilidades BIM de cada uno, entendiéndose que estos pueden variar según las necesidades y el tamaño del proyecto.

Tabla 13.

Roles y responsabilidades BIM para el desarrollo del BEP

PLAN DE EJECUCIÓN BIM						
Roles y responsabilidades BIM del proyecto						
Empresa	Especialidad	Nombre del responsable	Rol BIM	Responsabilidades BIM	Correo	Celular
Camilo Gonzalez arquitectura y construcción E.U	Diseño arquitectónico	Daniel Infante	Especialista/ Coordinador BIM	Coordinar y revisar diseños del proyecto		
		Fabio Ramos	Modelador BIM	Modelar proyecto arquitectónico con sus diferentes especialidades		
		Camilo González	BIM Manager/ Especialista BIM	Comunicarse con las diferentes especialidades del proyecto		
Empresa contratista	Diseño estructural	Nombre del responsable	Especialista BIM	Elaborar diseño estructural del proyecto		
Empresa contratista	Diseño de redes	Nombre del responsable	Especialista BIM	Desarrollo del diseño de redes		
Empresa contratista	Diseño eléctrico	Nombre del responsable	Especialista BIM	Desarrollo del diseño eléctrico del proyecto		
Empresa contratista	Construcción	Nombre del responsable	Especialista BIM	Ejecución del proyecto y control de obra		

Nota: Para efectos de la investigación, en la tabla no se brindará información personal o detallada de las otras empresas contratistas involucradas en el proyecto por motivos de protección de datos personales.

Es fundamental incorporar en dicha tabla información de contacto, ya que de esta forma se tiene claro quiénes son los involucrados en el proyecto, como se pueden comunicar con ellos para evitar retrasos y la especialidad que abarcan.

16.3.3 Indicar Usos BIM y Objetivos BIM Aplicables al Proyecto

Plan BIM Chile define los usos BIM como “método de aplicación de BIM durante el ciclo de vida de una edificación o infraestructura para alcanzar uno o más objetivos específicos”. (Plan BIM Chile, 2019, p.p 28).

Es decir, se puede entender los usos BIM como las estructuras que definen lo que se debe desarrollar durante el ciclo de vida de un proyecto, estos van a variar según las necesidades de cada proyecto.

Se ha evidenciado que en algunos casos se suele definir las dimensiones BIM como la base que estructura la manera en la que se modela el proyecto. Sin embargo, este pensamiento es erróneo, los usos BIM son los encargados de delimitar la forma en la que se va a desarrollar el modelo digital del proyecto. Es decir, las dimensiones BIM se pueden interpretar como una agrupación de los usos BIM seleccionados los cuales se reflejan en el modelo digital del proyecto piloto.

En el BEP se definen los usos BIM que se van a desarrollar y los objetivos que van a tener cada uno de ellos, esto con el fin de que cuando se esté realizando el proyecto piloto se tenga claro la información necesaria para cumplir con los objetivos del plan de ejecución BIM y del proyecto a ejecutar.

En la figura 2 al inicio de la investigación se encuentra los 21 usos BIM traducidos por plan BIM Chile del documento BIM Project Execution Planning Guide - Version 2.2, de los cuales para el desarrollo del proyecto piloto se escogen 6 usos BIM:

Tabla 14.

Usos y objetivos BIM seleccionado en el BEP para el desarrollo del proyecto piloto

PLAN DE EJECUCIÓN BIM	
Usos y objetivos BIM a desarrollar en el proyecto piloto	
Usos BIM	Objetivos BIM
Levantamiento de condiciones existentes	Modelar las condiciones existentes antes de la pre construcción del proyecto piloto en Revit con el fin de conocer como este va a ser afectado
Estimación de cantidades	Obtener cantidades de obra con una mayor precisión a través del modelo digital en Revit con tablas de cuantificación
Coordinación 3D	Coordinar el modelo digital del proyecto piloto mediante trimble connect
Diseño de especialidades	Modelar las diferentes especialidades (diseño estructural, hidráulico, sanitario y eléctrico) en un mismo modelo digital en Revit
Planificación de obra	Planificación de obra con base en el modelo digital mediante el uso de project y Revit
Control de obra	Realizar un control de obra a través del modelo digital del proyecto piloto en Revit

A pesar de escoger 6 usos BIM para el proyecto piloto de la investigación, no significa que no se puedan escoger más o que exista un mínimo de usos BIM. La selección de los usos BIM de cada proyecto va a depender del tamaño, objetivos y el tiempo que se cuente para desarrollar el modelo digital.

16.3.4 Definir Alcance del Modelo BIM (LOD/LOI o LOIN)

En primer lugar, es necesario comprender que el alcance hace referencia únicamente al modelo digital del proyecto y establece la cantidad de detalle e información que van a abordar cada uno de los elementos del modelo 3D.

Con base en los usos BIM antes definidos, se debe tener en cuenta los elementos que van a ser parte del proyecto para así, definir el nivel de información requerida (LOIN) de cada uno. Entiéndase un elemento como: puertas, muros, columnas, vigas, ventanas, entre otros.

Cada uno de estos elementos dispone información geométrica o un nivel geométrico (LOD) que se refiere al nivel de detalle o aspecto que ese elemento tiene. Así mismo, los elementos abarcan un nivel de información (LOI) a fin de que dichos elementos contengan información útil para el desarrollo del proyecto o estimación de cantidades como, por ejemplo: volumen, longitud, material, resistencia, etc.







A modo de ejemplo, no es lo mismo que para un elemento como una columna se realice un análisis estructural que una coordinación 3D. Se necesitaría un modelo digital geométrico y de información diferente según lo requiera el uso BIM seleccionado.

En la siguiente tabla se evidencia el nivel de información requerida (LOIN) por cada elemento según la disciplina que pertenezca para el desarrollo del proyecto piloto.

Tabla 15.

Plantilla para definir alcance del proyecto

Disciplina	Elementos	Vista previa	Nivel de información requerida (LOIN)	
			Nivel geométrico (LOD)	Nivel de Información (LOI)
Arquitectura	Puerta		- Marco - Dimensiones exactas	- Cantidades - Material
	Ventanales		- Marco - Dimensiones exactas	- Cantidades - Material
	Mobiliario		- Mobiliario básico	- Cantidades
	Condiciones existentes		- Volúmenes - Dimensiones exactas	- Área superficial

Estructura	Columna		- Ubicación exacta - Dimensiones reales (h, b)	- Longitud - Volumen - Área superficial (para estimación de encofrado) - Material y la resistencia (compras en obra)
	Vigas		- Ubicación exacta - Dimensiones reales (h, b)	
	Zapatas		- Ubicación exacta - Dimensiones reales (h, b)	
	Losa de contrapiso		- Ubicación exacta - Dimensiones reales (h, b)	- Área - Volumen - Material y resistencia (compras en obra)
	Muros		- Ubicación exacta - Dimensiones reales (h, b)	
	Cubierta		- Ubicación exacta - Dimensiones reales (h, b)	- Área - Material y resistencia (compras en obra)

Red eléctrica	Toma corrientes		- Ubicación exacta	- Cantidades
	Luminarias		- Ubicación exacta	- Cantidades
	Interruptores		- Ubicación exacta	- Cantidades
Red hidráulica	Tubería		- Ubicación exacta - Dimensiones reales	- Cantidades - Material - Longitud (m ² lineal)
	Accesorios de tubería		- Ubicación exacta - Dimensiones reales	- Cantidades - Material
	Caja de inspección		- Ubicación exacta - Dimensiones reales	- Cantidades - Material
	Desagües		- Ubicación exacta	- Cantidades

Nota: El LOD y el LOI mencionado en la anterior tabla puede variar según se vaya ejecutando el proyecto piloto. Recordar que el BEP es un documento en constante cambio según se requiera.

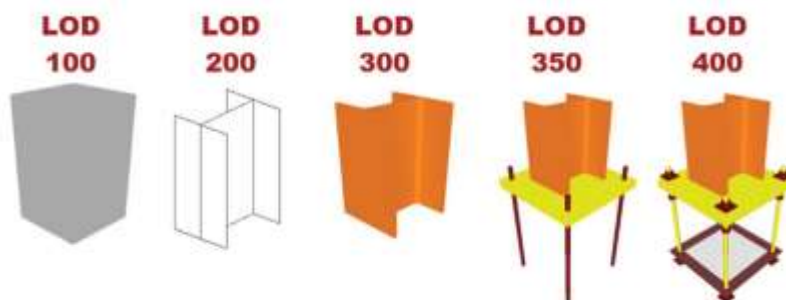
Es común escuchar cuando se habla de metodología BIM sobre los niveles del LOD. Los pioneros del término LOD fueron BIM Forum USA y lo definieron como nivel de desarrollo tal como, LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 350, LOD 400 y hasta LOD 500. Básicamente

delimitan que los elementos se deben modelar e indicar información puntual dependiendo del nivel de desarrollo. Sin embargo, este tipo de LOD puede limitar agregar más información según lo necesite cada elemento.

En la siguiente figura se ejemplifica el LOD según BIM Forum USA.

Figura 31.

LOD según BIM fórum USA



Nota: BIM Forum USA (2019)

Sin embargo, en países como Reino Unido el LOD se ha interpretado como nivel de detalle por lo que se suele crear confusión de terminologías. Es por esto que llega la ISO 19650 para estandarizar esta terminología. Por lo que se decide crear el LOI (nivel de información) por lo consiguiente, de esta manera se entiende que el LOD y el LOI se pueden usar de manera independiente sin que el aspecto de un elemento afecte la cantidad de información que necesita.

Resumiendo lo planteado, no significa que alguno de estos términos este erróneo, sino que dependerá del país o la empresa como una selección propia de términos. Sin embargo, se recomienda implementar el uso tanto de LOD como de LOI ajustándolo a las necesidades de cada proyecto.

16.3.5 Realizar Plan de Comunicaciones

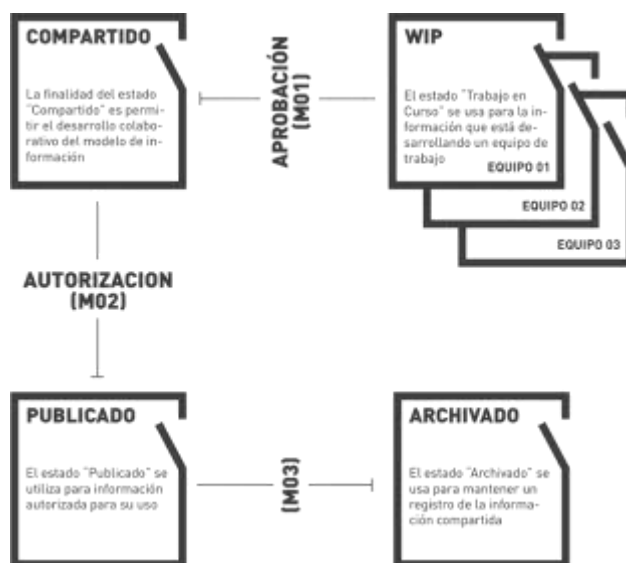
El plan de comunicaciones hace referencia a la manera en la que el equipo de trabajo va a comunicar información, intercambiar datos y coordinar el proyecto a través de un entorno digital durante todo el ciclo de vida del mismo.

Para esto es necesario comprender lo que es un entorno común de datos (CDE). Se puede definir como un espacio digital generalmente en la nube donde se recopila toda la información del proyecto y los distintos roles BIM se encargan de revisar, reportar y/o modificar el proyecto las veces que sean necesarias, teniendo en cuenta sus responsabilidades.

Es fundamental que todo el equipo de trabajo este informado de cómo funciona un CDE por lo que se debe comprender que existen 4 estados de un entorno común de datos: trabajo en curso, compartido, publicado y archivado. En la siguiente figura se detallan gráficamente.

Figura 32.

Estados de un entorno común de datos (CDE)



Nota: Espacio BIM (2020)

Para efectos de la empresa caso de estudio el equipo de trabajo se va a comunicar mediante la plataforma de Trimble connect teniendo en cuenta los diferentes estados del CDE.

Se establecen diferentes tipos de comunicación según sea el caso: reporte de problemas en el modelo digital, envío de información, comentarios y revisiones de diseño, coordinación, reporte de avance de obra, etc. Esto quiere decir que dentro de la plataforma se define el tipo de comunicación que se va a realizar y a quien va dirigido.

16.3.6 Conclusiones de la Fase 2.3: Elaborar un Plan de Ejecución BIM (BEP) para Proyecto Piloto

En conclusión, un plan de ejecución BIM es un documento dinámico y de constante cambio según de requiera. Es el encargado de establecer una guía de cómo se va a modelar un proyecto bajo la metodología BIM.

Se puede desarrollar un BEP con solo tener ideas y/o bocetos del proyecto. Es fundamental tener en cuenta información como: nombre del proyecto, ubicación, descripción del proyecto, área aproximada, etc.

Los roles y responsabilidades BIM se deben definir por cada proyecto, en este es fundamental tener en cuenta la participación de las diferentes especialidades del mismo.

Los usos BIM son los encargados de delimitar la forma en la que se va a desarrollar el modelo digital del proyecto. Es decir, las dimensiones BIM se pueden interpretar como una agrupación de los usos BIM seleccionados los cuales se reflejan en el modelo digital del proyecto piloto.

A pesar de estar constantemente cambio según se requiera es un documento contractual que se debe cumplir a la medida.

16.4 Desarrollo del Proyecto Piloto

Con la información obtenida por la empresa caso de estudio y teniendo en cuenta sus necesidades, se seleccionó un proyecto finalizado con el fin de reconstruirlo como ejercicio inicial o piloto para implementar BIM en un modelo 3D.

Para la construcción del modelo digital se realizaron entrevistas semi estructuradas para comprender las diferentes especialidades del proyecto, visitas de obra y toma de fotografías de detalles del proyecto para facilitar y mejorar el proceso de modelado 3D.

Se seleccionó el proyecto Taller de lápidas, ubicado en el parque memorial jardines la colina en Bucaramanga, Colombia, el objetivo del mismo es tener espacios óptimos para la fabricación de lápidas para el cementerio.

Se escogió este proyecto por ser pequeño, tener poca pendiente y por tener la información necesaria sobre redes eléctricas, red aguas lluvias, red sanitaria, red hidráulica y diseño estructural para el ejercicio a realizar.

El proyecto piloto será modelado en el software Revit por mutuo acuerdo con la empresa caso de estudio, sin embargo, no quiere decir que sea el único software que se pueda implementar, en el mercado existen una gran variedad de softwares BIM como: Archicad y Allplan.

A continuación, fotografías del proyecto construido:

Figura 33.

Vista posterior del proyecto Taller de lápidas construido

**Figura 34.**

Vista frontal del proyecto Taller de lápidas construido



16.4.1 Levantamiento de Condiciones Existentes

En primer lugar, se modelaron las condiciones existentes del terreno, en este caso un cuarto de reciclaje y un cuarto de basuras orgánicas. La ubicación del proyecto piloto “Taller de lapidas” se escogió por los directivos de la empresa por ser un punto céntrico entre la llegada y salida de materiales, así como, encontrarse cerca de la zona de producción, bodegas y demás zonas que son necesarias para el mantenimiento del parque memorial.

Figura 35.

Foto cuarto de basuras existente



Figura 36.

Foto cuarto de reciclaje existente



En la figura 37 se encuentra el plano de contexto el cual permite comprender como se relaciona el proyecto con respecto a los edificios aledaños y cómo funcionan independientes entre sí (cuarto de basuras orgánicas y cuarto de reciclaje).

Figura 37.

Plano de contexto proyecto taller de lápidas

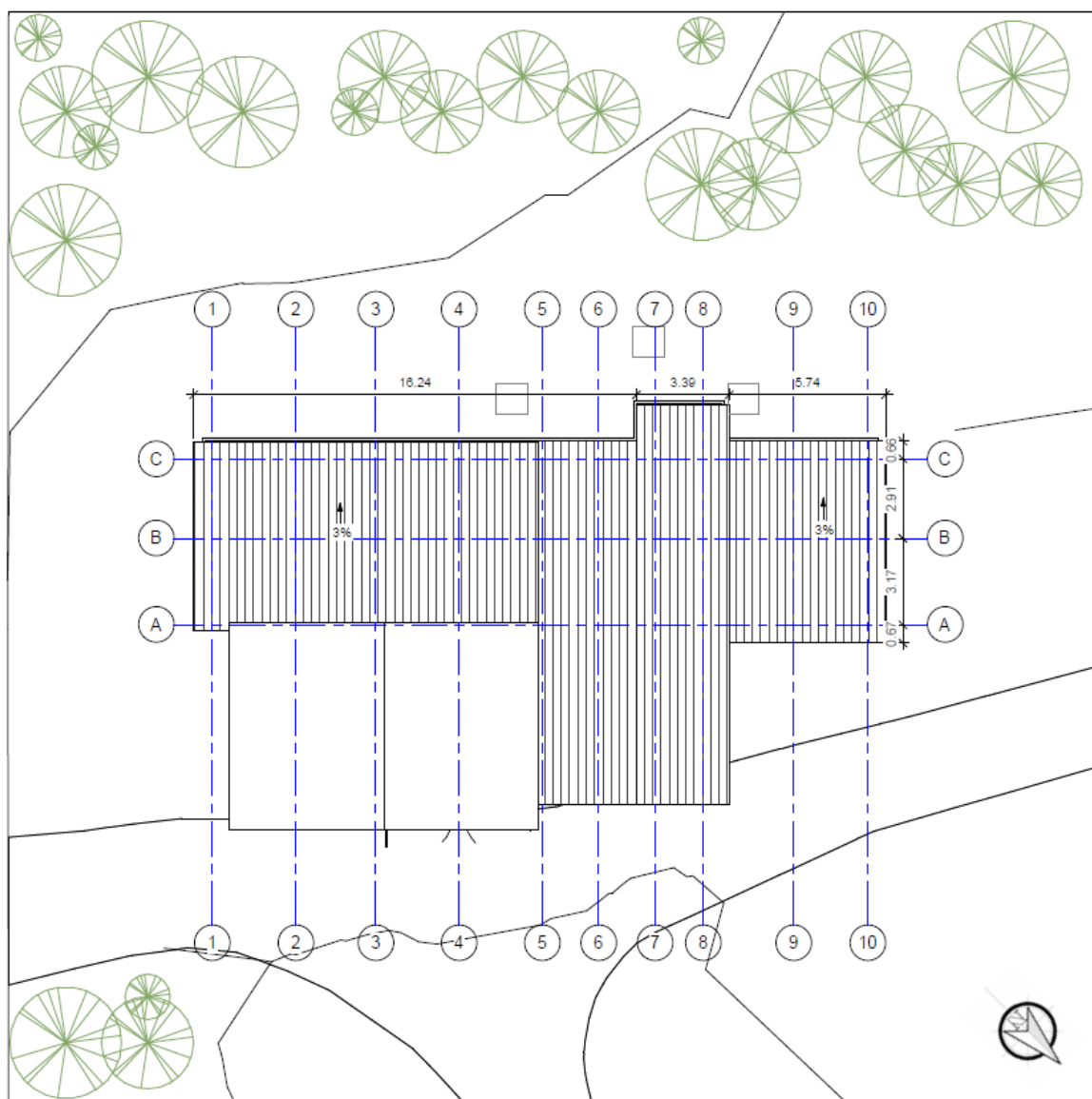
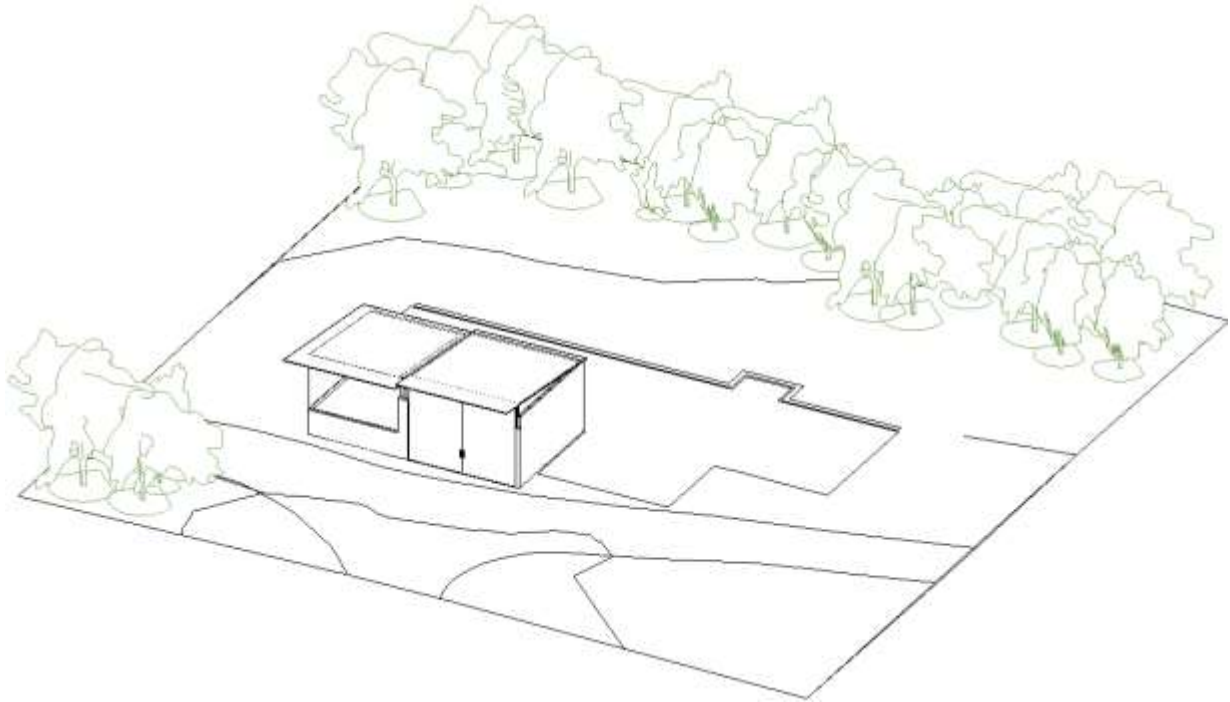


Figura 38.

Vista 3D condiciones existentes del terreno

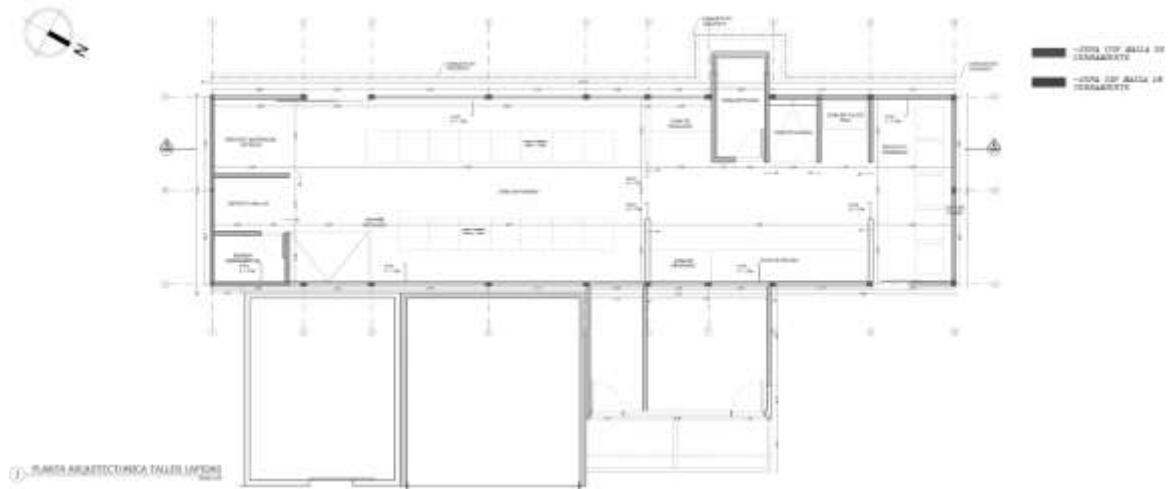


16.4.2 Modelado del Proyecto Arquitectónico

Una vez se tienen claras las condiciones existentes en el terreno, se inicia el modelado del proyecto piloto. La empresa caso de estudio suministró los planos del proyecto elaborados en AutoCAD por lo que se realizó un análisis e interpretación de la información y teniendo como base la planta arquitectónica se inició el modelado BIM.

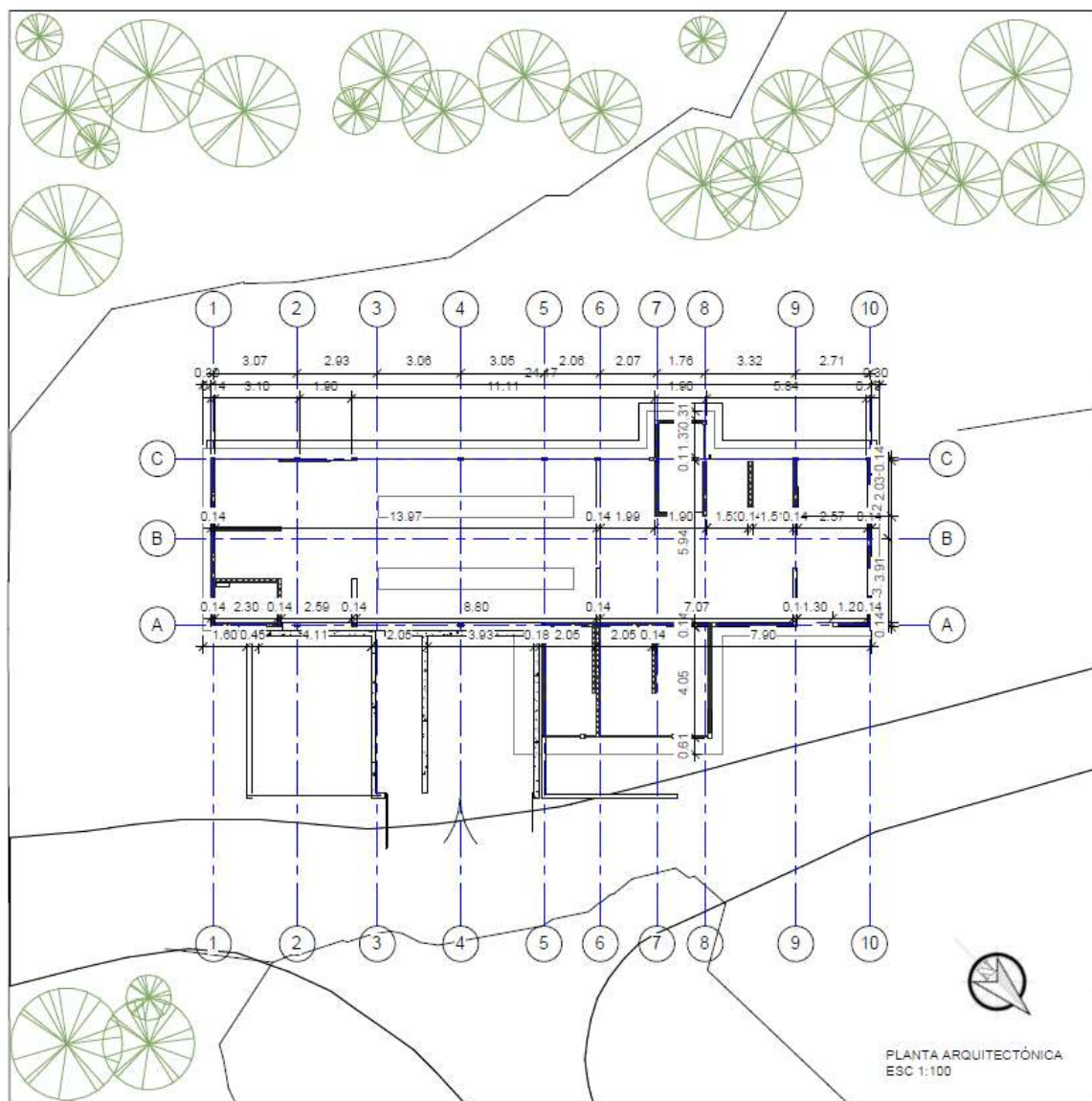
Figura 39.

Planta arquitectónica entregada por la empresa caso de estudio



Nota: Empresa caso de estudio

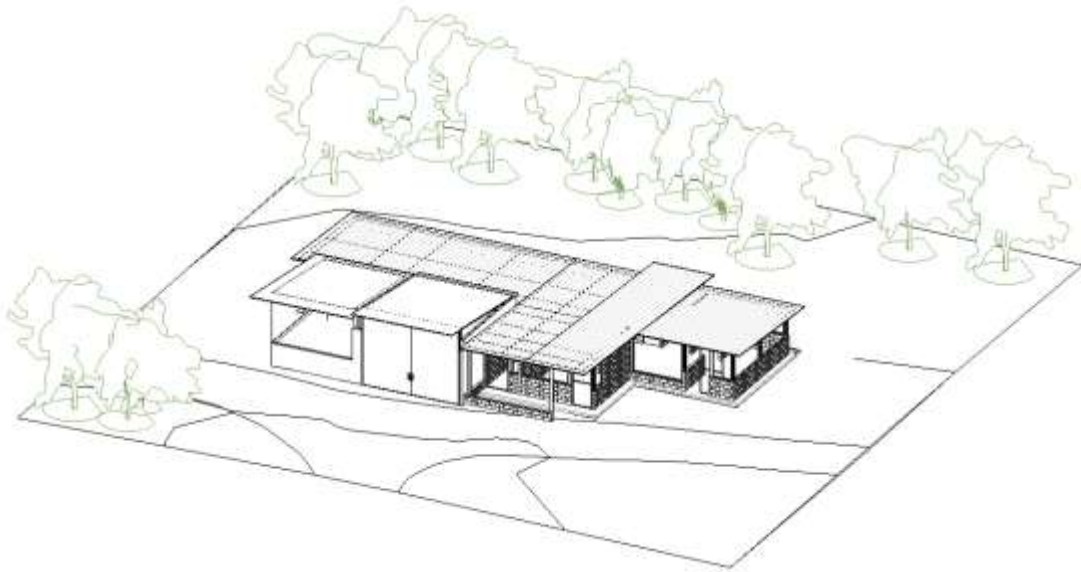
Al finalizar el modelado BIM se obtuvo como parte del resultado la planta arquitectónica que se encuentra a continuación.

Figura 40.*Planta arquitectónica elaborada en Revit*

Dentro de las ventajas de usar un software BIM está la actualización automática entre los planos 2D y 3D, lo que quiere decir que al tener un modelo 3D se tiene el plano 2D, en la siguiente figura se encuentra una vista 3D del modelo finalizado en Revit.

Figura 41.

Vista 3D del modelo BIM en Revit

**Figura 42.**

Render interior del modelo BIM

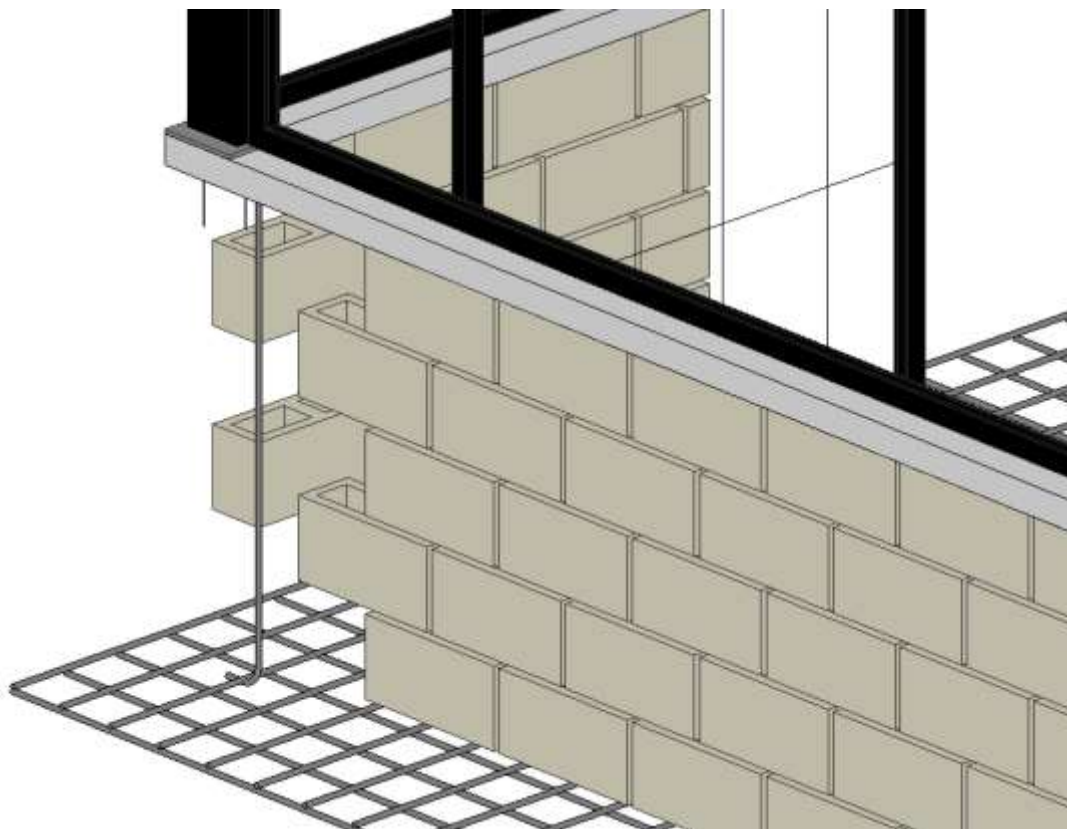


16.4.3 Modelado del Diseño de Especialidades

Simultáneamente se inició el modelado del diseño estructural, el cual consistió en mampostería estructural conformada por bloques de cemento H14, dovelas y mortero.

Figura 43.

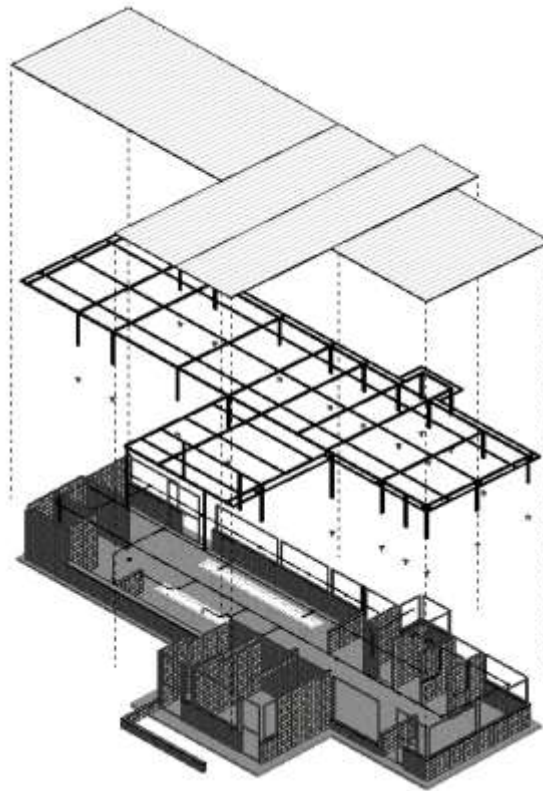
Detalle mampostería estructural de modelo BIM



Para la estructura metálica se colocó una platina metálica con varillas en la parte inferior a la cual se soldaron unas columnas metálicas de 5x15cm, seguidamente se soldaron las vigas de 5x10cm y viguetas metálicas de 3,5x8cm, en la parte superior se instaló un sistema de cubiertas con standign seam.

Figura 44.

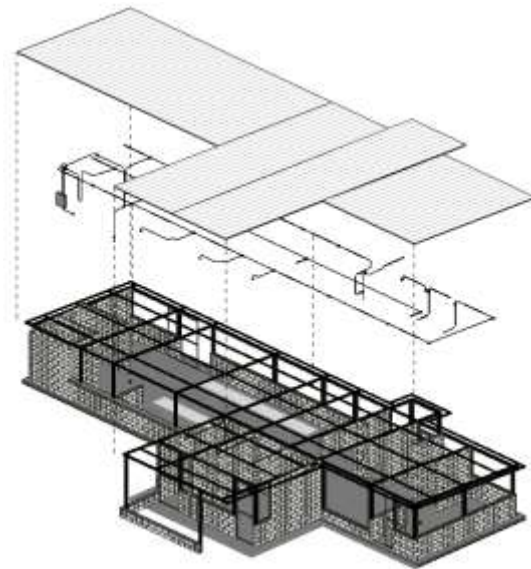
Detalle desglose estructura metálica y cubierta



La red eléctrica se modeló As-built, es decir, tal como se construyó. No se profundizó en circuitos eléctricos o en los diferentes accesorios eléctricos ya que el objetivo del ejercicio es coordinar las diferentes especialidades en un mismo modelo BIM y no en el diseño de los mismos.

Figura 45.

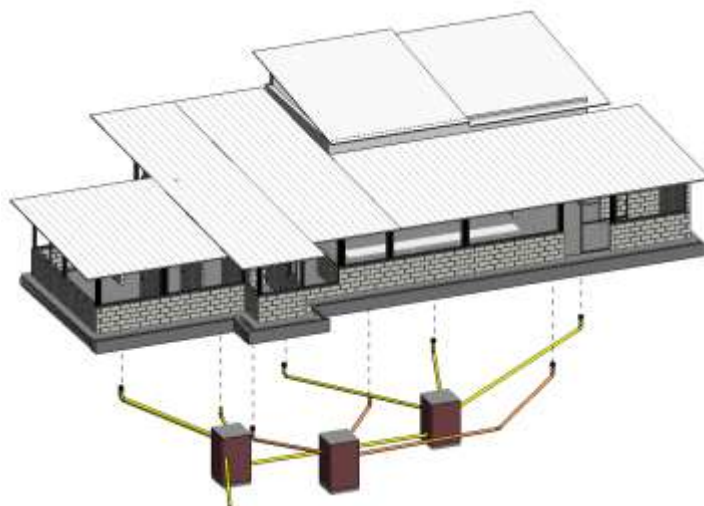
Detalle desglose red eléctrica



La red sanitaria y de aguas lluvias se modeló teniendo en cuenta la información suministrada por la empresa caso de estudio. En la siguiente figura se muestra lo antes mencionado con las respectivas cajas de inspección y accesorios.

Figura 46.

Detalle desglose red sanitaria y agua lluvias



16.4.4 Estimación de Cantidades de Obra

Se puede decir que para que un proyecto se construya es necesario elaborar un presupuesto, pero para que esto suceda se debe establecer la cantidad de materiales que se necesitan para construir dicho proyecto. La estimación de cantidades no corresponde directamente a una dimensión BIM, sin embargo es de suma importancia para la dimensión 5D que se refiere a los costos del proyecto.

La correcta estimación de cantidades permite no sobrepasar el presupuesto ya sea por realizar un pedido con una mayor cantidad de materiales del que se necesitaba o por tener que pedir más materiales de lo presupuestado.

Para efectos de la investigación se realizará una extracción de cantidad de materiales desde el modelo BIM en Revit teniendo como resultado final una tabla de planificación o listado de materiales.

En el ámbito BIM se escuchan muchas ventajas de la extracción de cantidad de materiales en Revit, sin embargo, si desde el inicio no se modela de manera estratégica pensando en la extracción de datos, al finalizar se podrían haber cometido errores en la asignación de materiales de cada elemento por lo que se retrasaría el proceso. La extracción de materiales de un modelo BIM se puede realizar tanto en proyectos pequeños como de gran escala.

Nota: No se desarrollará el presupuesto de obra, solo se tendrá en cuenta el listado de materiales como ejercicio básico para el proyecto piloto.

Si se requiere elaborar el presupuesto de estos materiales se deben analizar y asignar precios unitarios, así mismo, se debe tener en cuenta la mano de obra, equipos, proveedores y demás aspectos que se deban tener en cuenta.

Figura 47.

Listado de materiales del proyecto piloto extraídos de Revit

Listado de materiales			
Materiales	Área	Recuento	Descripción
Bloque Cemento Estructural H-14 Liso Gris de 19X14X39	874 m ²	2127	
Carpintería metálica	7 m ²	4	Puertas metálicas pintadas en negro
Carpintería metálica	22 m ²	17	Rejas metálicas pintadas en negro
Concreto	19 m ²	28	
Condiciones existentes	251 m ²	10	
Ladrillo, común	22 m ²	12	
Losa de contrapiso en concreto	208 m ²	4	
Luminaria lineal LED 1,20m	4 m ²	22	1,20m de longitud
Malla metálica de acero	123 m ²	21	
Mesas para fabricación de lápidas	30 m ²	2	
Platina metálica	2 m ²	25	Platina metálica con varillas
Steel - MBCI - SuperLok® - 12" - 22ga - Embossed - Almond	229 m ²	4	
Tapas en concreto	4 m ²	3	Tapas en concreto para cajas de inspección
Tubo rectangular de acero	17 m ²	27	Columna rectangular metálica de 15x5cm
Viga rectangular de acero	43 m ²	18	Viga rectangular de acero de 5x10cm
Vigueta rectangular de acero	35 m ²	42	Vigueta rectangular de 3,5x8cm

16.4.5 Planificación de Obra

La programación o planificación de obra hace referencia a la dimensión 4D de Tiempo. A pesar de que se tiene la idea de que Revit genera toda la información necesaria automáticamente, esto no es posible sin que primero se analice y definan las actividades que se deben ejecutar para la construcción del proyecto.

La planificación de obra se refiere a la asignación y distribución cronológica de las actividades necesarias para ejecutar el proyecto y la programación de obra define el tiempo que van a tomar esas actividades, es decir, ejecuta la planificación.

Este proceso se puede realizar de manera manual en cualquier programa, sin embargo, la sugerencia es adoptar un software BIM que nos potencie el resultado, es por esto que para

efectos de la investigación se utilizará Bexel manager, un programa especializado en la dimensión 4D y 5D y el cual se puede vincular a cualquier software BIM de diseño.

Nota: La dimensión 5D de costos no se va a desarrollar en esta investigación, sin embargo, se va sugerir como utilizarla. Por lo que teniendo en cuenta el proyecto piloto se implementarán funciones de programación, planificación y simulación de construcción.

Figura 48.

Secuencia constructiva de proyecto piloto

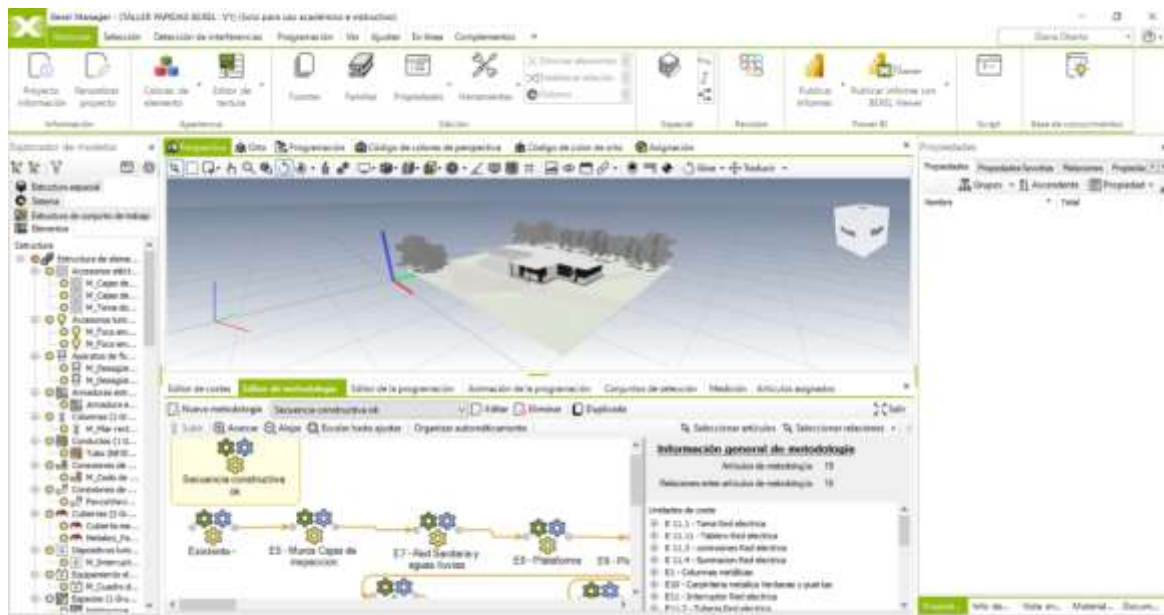
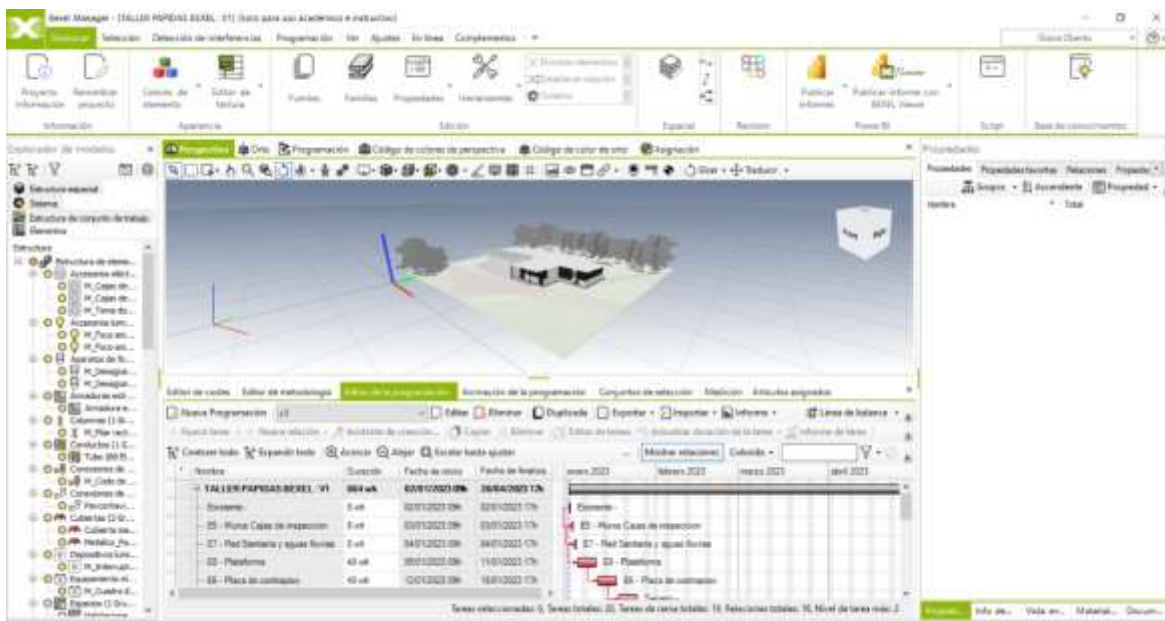


Figura 49.

Programación BIM de proyecto piloto



16.5 Recomendaciones y Conclusiones de la Etapa de Planificación del Proyecto

16.5.1 Documentar Aprendizajes del Proyecto Piloto

Una vez se inicia el modelado BIM del proyecto piloto, el equipo de trabajo empieza a desarrollarlo teniendo en cuenta los usos BIM establecidos en el BEP y las dimensiones BIM que se van a abordar, desde este momento hasta finalizar se hace un seguimiento y una medición o documentación de posibles errores de modelado. Sin embargo, un desacierto puede encontrarse inclusive en el BEP afectando directamente el proyecto piloto por lo que esta es la principal razón para desarrollar un proyecto piloto que permita ser un ejercicio inicial con posibles errores, pero evitando así, que en el próximo proyecto se cometan las mismas fallas.

Documentar los aprendizajes permite analizar los errores y establecer oportunidades de mejoras para delimitar buenas prácticas durante la ejecución de BIM en futuros proyectos.

Para la documentación de aprendizajes no es necesario tener la formalidad de un documento también puede estar la opción de anotar esos aprendizajes en una lista para socializarlo con el equipo de trabajo y delimitar un estándar BIM en la empresa.

16.5.2 Socializar Aprendizajes y Oportunidades de Mejora con Equipo de Trabajo

Posteriormente, con los aprendizajes definidos se realiza una reunión con el equipo de trabajo donde se indican los errores durante el desarrollo del proyecto piloto. La socialización es de suma importancia ya que se establecen las bases para elaborar los estándares BIM que se requieran.

Para efectos del proyecto piloto de la empresa caso de estudio, uno de los desaciertos fue que se realizaron los bloques H.14 como elementos independientes o individuales entre sí y modelando uno por uno hasta construir los muros con el fin de obtener una contabilización exacta, sin embargo, una mejora de este proceso sería modelar muros agregando información del tipo de bloque a usar, rendimientos y con eso realizar los cálculos o cuantificación necesaria, por lo que el equipo de trabajo se beneficiaría con una disminución de tiempos y una mayor productividad.

16.5.3 Ajustar o Desarrollar Estándares de la Empresa

En el desarrollo del punto 16.2.4 de esta monografía se define y explica a profundidad que son los estándares BIM en una empresa. En esta etapa de retroalimentación del proyecto, se pueden dar ajustes al estándar que ya se haya realizado, en caso de que en esta etapa aún no se tenga, este es el momento indicado para que todo el equipo de trabajo estandarice la manera en la que aborda un proyecto, como lo modelan y los entregables del proyecto BIM.

16.5.4 Recomendaciones Específicas basadas en el Proceso de Investigación y el Caso de Estudio

- Evitar pasar por alto el análisis y diagnóstico de la empresa, por más tedioso que pueda parecer este proceso es de suma importancia ya que es el encargado de delimitar como se encuentra la empresa y de definir el punto de partida para abordar la transformación BIM en la organización. Además, el diagnóstico delimita cuales son las principales razones para realizar una inversión ya sea en tecnología o en otro aspecto necesario.
- El diligenciamiento de las plantillas y el cuestionario de nivel de madurez BIM no son la única manera de comprender en qué estado se encuentra la empresa, pero sí son una buena táctica para entender y analizar a la organización. Cada empresa puede desarrollar sus propias plantillas o métodos de análisis y diagnóstico, lo fundamental es desarrollar una estrategia que permita conocer los procesos internos que llevan la empresa.
- El orden es un pilar fundamental cuando se está modelando un proyecto BIM es por esto que es fundamental conocer al inicio cual es el objetivo del modelo BIM, para así disminuir retrocesos para corregir o modificar información. Los beneficios que se tienen con un modelo BIM dependen del orden con el que el modelador dibuje.
- Los usos y objetivos BIM establecen en cuáles aspectos del modelado BIM se hará énfasis, esto con el fin de conocer qué tipo de modelado se necesita ya sea un modelado más detallado para un uso BIM específico o un modelo menos detallado, pero con un mayor nivel de información.
- Conocer a detalle las herramientas de dibujo del programa BIM seleccionado permite simplificar el proceso de dibujo para que este sea más eficiente en un menor tiempo.

16.5.5 Recomendaciones Generales del Proceso de Implementación BIM

- Como regla general de la implementación BIM se debe comprender con exactitud que es la metodología BIM, sus ventajas, la visión de la adopción y sobre todo entender que es un proceso pausado y de constante aprendizaje, esto con el fin de no declinar la implementación en el camino.

- Con esta investigación sobre los fundamentos básicos de la metodología BIM, se puede lograr una transformación BIM adecuada en una empresa de arquitectura, posteriormente, será necesario profundizar en temas o procesos más avanzados sobre la metodología BIM.

- Evitar comprar equipos o invertir grandes cantidades de dinero al inicio de la implementación BIM, sin antes realizar un PIB que establezca los requerimientos necesarios para la empresa, ya sea infraestructura tecnológica o capacitaciones al equipo de trabajo.

16.5.6 Conclusiones Específicas del Proyecto Piloto

- Para extraer cantidades de un modelo BIM, no se trata de cuantificar todos y cada uno de los elementos del modelo ya que sería un proceso extenso y no se enfocaría directamente a las necesidades y objetivos BIM del proyecto, de igual forma, dicha cuantificación va a depender de otros factores como; la capacidad del computador y el tiempo que se tenga disponible para esta actividad. Para estos casos, se puede cuantificar solo los elementos que realmente sean necesarios para el proyecto.

- Las ventajas que se tienen con un modelo BIM no dependen de un nivel de detalle gráfico elevado. Se puede realizar una programación de obra con un modelo BIM que tenga un nivel de detalle gráfico básico o LOD100 sin que una dependa de la otra.

- Un modelo BIM se puede desarrollar en cualquier programa de diseño BIM, ya que se le llama modelo BIM a aquellos que son compatibles con diferentes softwares BIM que potencien las ventajas de la metodología.

16.5.7 Conclusiones Generales de la Implementación BIM

- La implementación de la metodología BIM se puede aplicar en empresas de pequeña como de gran escala, no es necesario contar con un gran equipo de trabajo para establecer buenas prácticas BIM.

- El tamaño de una empresa no interfiere al momento de adoptar mejores prácticas para la gestión de un proyecto, inclusive el tipo de proyecto no es una limitante a la hora de adoptar la metodología BIM.

- La metodología BIM no se trata de ser solo una tecnología, sino de ser una metodología de trabajo colaborativa que permite mejorar los procesos de gestión de un proyecto BIM.

- Para obtener las ventajas de un proyecto BIM, es de suma importancia que el modelador sea organizado al momento de modelar ya que de esto depende la calidad de los entregables y la eficiencia de BIM.

- Adoptar BIM a nivel de empresa no es costoso, lo costoso es tomar malas decisiones al inicio de la implementación BIM, ya sea por comprar equipos de infraestructura tecnológica que no se necesitaba o por sobre capacitar al equipo de trabajo.

- En Colombia el uso obligatorio de BIM en proyectos públicos pronto será una realidad, por lo que esta es una de las razones para iniciar esta transformación BIM de manera

pausada y mejorando los procesos internos de la empresa y las buenas prácticas para la gestión de proyectos.

17. Desarrollo de la Guía Aplicativa BIM

En base a las anteriores recomendaciones y conclusiones mencionadas, se va a desarrollar una guía aplicativa para implementar la metodología BIM que demuestre un paso a paso práctico y gráfico de cómo aplicar una correcta transformación BIM en empresas de arquitectura sin importar su tamaño.

Para desarrollar la guía aplicativa BIM se realizó un proceso de investigación el cual pudo ser aplicado a una empresa de arquitectura como caso de estudio, seguidamente, se llevó a cabo un análisis de la información suministrada y se diagnosticaron en qué estado se encontraban los flujos de procesos internos y metodologías de trabajo usadas en la actualidad, esto permitió establecer un plan de implementación BIM y de mejora con una serie de recomendaciones y conclusiones para ser aplicados durante la etapa de planificación de un proyecto, finalmente, como conclusión de esta investigación con enfoque en tecnología se obtiene como producto final la elaboración de una guía aplicativa BIM para arquitectos, docentes, líderes BIM o empresas de arquitectura que pueda ser adaptada según las necesidades que se tengan.

El objetivo de la guía aplicativa BIM es ofrecer parámetros que desarrollen destrezas para que cualquier profesional de la arquitectura pueda implementar la metodología BIM e iniciar una transformación BIM ya sea a nivel organizacional o para planificar proyectos arquitectónicos.

Así mismo, se van a ofrecer plantillas para la recopilación de datos, información de interés, cuestionarios y definiciones BIM, es decir, todo lo necesario para que la etapa de planificación de un proyecto se realice correctamente con un enfoque BIM.

Figura 50.

Portada guía aplicativa BIM



Nota: Guía aplicativa para la implementación de la metodología BIM en empresas de arquitectura (2022)

Bibliografía

- Arenas Rodríguez, Raquel. (16 de junio de 2021). *Acrónimos BIM más utilizados en estudios de Ingeniería y Arquitectura*. <https://www.inesem.es/revistadigital/disen-y-artes-graficas/acronimos-bim/>
- Autodesk Latam. (21 de febrero de 2018). *Transformación digital en el sector de la construcción en Colombia*. <https://blogs.autodesk.com/latam/2018/02/21/transformacion-digital-en-el-sector-de-la-construccion-en-colombia/>
- Biblus. (15 de julio de 2022). *¿Qué es la ISO 16739?* <https://biblus.accasoftware.com/es/que-es-la-iso-16739/>
- Biblus. (15 de mayo de 2017). *Todos los acrónimos del BIM: un pequeño vocabulario del BIM (desde la I hasta la Z)*. <https://biblus.accasoftware.com/es/todos-los-acronimos-de-bim/>
- Biblus. (18 de marzo de 2020). *BIM en el mundo: el Building Information Modeling está revolucionando el sector AEC*. <https://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-el-mundo-el-building-information-modeling-sector-aec/>
- Biblus. (19 de febrero de 2019). *BIM en el mundo: Estados Unidos los inventores del BIM se han quedado atrás*. <https://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-el-mundo-estados-unidos-los-inventores-del-bim-se-han-quedaado-atras/>
- Biblus. (23 de abril de 2019). *BIM en el Reino Unido: un nuevo estudio demuestra que las pequeñas empresas tienen más ventajas*. <https://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-el-reino-unido-un-nuevo-estudio-demuestra-que-las-pequenas-empresas-tienen-mas-ventajas/>

- Biblus. (8 de enero de 2019). *BIM en Europa: Francia anuncia para el 2022 difusión completa gracias a la plataforma KROQUI*. <https://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-europa-francia-anuncia-para-el-2022-difusion-completa-gracias-a-la-plataforma-kroqui/>
- Biblus. (9 de julio de 2019). *BIM en el mundo: 3 proyectos realizados con el BIM en China*. <https://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-el-mundo-3-proyectos-realizados-con-el-bim-en-china/>
- BIM Forum Colombia. (2019). *BIM kit, guías para la adopción BIM en las organizaciones, guía de modelado BIM*. <https://camacol.co/sites/default/files/descargables/2-%20Guia%20de%20Modelado%20BIM-co.pdf>
- BIM Forum Colombia. (2019). *BIM kit, guías para la adopción BIM en las organizaciones, flujos de trabajo*. <https://camacol.co/sites/default/files/descargables/3-%20Flujos%20de%20trabajo.pdf>
- BIM Forum Colombia. (2019). *BIM kit, guías para la adopción BIM en las organizaciones, gestión de la información*. https://camacol.co/sites/default/files/descargables/4%20-%20Gestion_de_la_Informacio%CC%81n.pdf
- BIM fórum Colombia. (2020). Hoja de ruta para la implementación BIM. https://camacol-new.demodayscript.com/sites/default/files/descargables/08_Hoja_de_Ruta_.pdf
- BIM Forum Colombia. (noviembre 2020) Estrategia Nacional BIM 2020-2026.
- Bloomberg, Michael R.; Burney, David J.; Resnick, David. (Julio 2012) BIM Guidelines.
- Buildingsmart. (27 de enero de 2021). *Nuevo Centro de Formación y Sede de la Fundación Laboral de la Construcción en Castilla y León, Valladolid*. <https://www.buildingsmart.es/2021/01/27/nuevo-centro-de-formaci%C3%B3n-y-sede-de->

- la-fundaci%C3%B3n-laboral-de-la-construcci%C3%B3n-en-castilla-y-le%C3%B3n-valladolid/
- Cerón, Ismael A.; Liévano R., David A. (noviembre de 2017). Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto.
- Conexión Esan. (12 de septiembre de 2016). *¿Qué es la guía del PMBOK?*.
<https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/que-es-la-guia-del-pmbok>
- Editeca. (s.f.). *El BIM en Latinoamérica [Actualizado]*. <https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/>
- Espacio BIM. (12 de marzo de 2020). *ISO 19650 Parte 1 y 2, ¿Qué es la ISO 19650?*
<https://www.espaciobim.com/iso-19650>
- Espacio BIM. (20 de septiembre de 2018). *Glosario BIM (Building information modeling)*.
<https://www.espaciobim.com/glosario-bim>
- Espacio BIM. (29 de abril de 2020). *CDE ¿Qué es un CDE o common data environment?*
<https://www.espaciobim.com/cde>
- Fundación Laboral de la Construcción. *Plan de implantación de metodología BIM en Organizaciones*. (7 de febrero de 2017). <http://blog.entornobim.org/plan-implantacion-metodologia-bim-organizaciones/>
- Icontec. (26 de enero de 2022). Modelos de información de edificaciones. Manual de entrega de la información. Parte 1: Metodología y formato. <https://tienda.icontec.org/gp-ntc-iso-modelos-de-informacion-de-edificaciones-manual-de-entrega-de-la-informacion-parte-1-metodologia-y-formato-ntc-iso29481-1-2022.html>
- Icontec. *Construcción. Organización de la información de las obras de construcción. Parte 2: Marco para la clasificación*. (15 de septiembre de 2021). <https://tienda.icontec.org/gp->

construccion-organizacion-de-la-informacion-de-las-obras-de-construccion-parte-2-marco-para-la-clasificacion-ntc-iso12006-2-2021.html

Ingeniería Asistida por Computador. (2019). *Evaluación de madurez BIM*.

<https://www.iac.com.co/servicios/evaluacion-de-madurez-bim/>

Lacaze, L. (2020) *Encuesta BIM América latina y el Caribe 2020*. Inter-American Development Bank.

Mar, Mauricio. (19 de septiembre de 2021) *Contexto BIM en Latinoamérica: ¿BIM ya es una realidad*. Konstruedu.com

Messner, John; Anumba, Chimay; Dubler, Craig; Goodman, Sean; Kasprzak, Collen; Kreider, Ralph; Leicht, Robert; Saluja, Chitwan; Zikic, Nevena. (2019). BIM Project Execution Planning Guide - Version 2.2.

Plan BIM. (junio de 2019). *Estándar BIM para proyecto públicos*.

<https://planbim.cl/biblioteca/documentos/estandar-bim-para-proyectos-publicos/>

Sanz Bohigues, María José. (20 de septiembre de 2017). *Arquitecturayempresa.es*

Sarmiento, V. (noviembre 2021). *Implementación BIM a nivel Nacional avance 2021 Colombia*. Seminario online Implementación BIM el Latinoamérica: Avances 2021, Red BIM Gob Latam

Structuralia. (9 de abril de 2019). *Cómo hacer un BIM Implementation Plan paso a paso*.

<https://blog.structuralia.com/como-hacer-un-bim-implementation-plan-paso-a-paso>

Vélez C., Mario A. (6 de octubre de 2021). *Implantación de BIM en una PYME – propuesta para establecer un BIM Implementation Plan*. [https://www.e-](https://www.e-zigurat.com/blog/es/implantacion-bim-pyme-bim-implementation-plan/)

[zigurat.com/blog/es/implantacion-bim-pyme-bim-implementation-plan/](https://www.e-zigurat.com/blog/es/implantacion-bim-pyme-bim-implementation-plan/)

Vélez M., Paúl E. (2019-2020) Implementación de la metodología BIM en los procesos de trabajo de una empresa de Arquitectura y construcción ubicada en Cuenca, Ecuador.

Vitorino Bravo, Patricia Alejandra. (11 noviembre 2020). *Las 7 dimensiones BIM*.

Konstruedu.com

Zapata, Ana Laura. (18 de marzo de 2020). *Blue Bird Coffee, transformando la tradición cafetera en Colombia*. <https://blogs.autodesk.com/latam/2020/03/18/blue-bird-coffee-transformando-la-tradicion-cafetera-en-colombia/>

Anexos

Anexo A. Plantillas

Durante la etapa de análisis y diagnóstico se deben desarrollar o diligenciar las plantillas base como parte de la recopilación de información de la empresa. A continuación, en la figura 51 se encuentra la primera plantilla aplicada para la empresa a implementar de esta etapa la cual hace referencia al nombre de la organización y una breve historia, de igual manera, las fases y tipo de proyectos que realizan y preguntas de selección sobre conocimientos BIM actuales, el objetivo de esta plantilla es tener un primer acercamiento sobre la empresa.

Figura 51.

Plantilla sobre información inicial de la empresa

NOMBRE EMPRESA					
UBICACIÓN					
FECHA INICIO DE EMPRESA					
EXPLIQUE UNA BREVE HISTORIA SOBRE LA EMPRESA					
1. Teniendo en cuenta el siguiente cuadro, ¿Qué tipo de proyectos ejecuta la empresa y cuales etapas del proyecto abarcan?					
ETAPA	TIPO DE PROYECTO	SI/NO	ETAPA	TIPO DE PROYECTO	SI/NO
Diseño	Residencial		Construcción	Residencial	
	Infraestructura			Infraestructura	
	Urbanismo			Urbanismo	
	Equipamientos			Equipamientos	
	Otro:			Otro:	
Interventoría	Residencial		Mantenimiento	Residencial	
	Infraestructura			Infraestructura	
	Urbanismo			Urbanismo	
	Equipamientos			Equipamientos	
	Otro:			Otro:	

2. Responda las siguientes preguntas según se corresponda:		SI/NO
¿La empresa ha ejecutado alguno de sus proyectos con metodología BIM?		
MARQUE CON UNA X UNA OPCIÓN	OPCIONES DE RESPUESTA	
2a. En caso de la respuesta ser negativa, ¿por qué no se ha implementado BIM?	a. No parece ser necesario, trabajamos bien sin BIM b. No es un requisito para la empresa c. No sabemos cómo implementar BIM d. Otro:	
MARQUE CON UNA X UNA OPCIÓN	OPCIONES DE RESPUESTA	
2b. ¿Cuáles considera que son las principales dificultades por las que no se ha implementado BIM?	a. No se cuenta con el conocimiento b. Resistencia al cambio de nuestros colaboradores c. Implica invertir grandes cantidades de dinero d. Otro: Se requiere tiempo para la implementación	
MARQUE CON UNA X UNA OPCIÓN	OPCIONES DE RESPUESTA	
2c. En caso de la respuesta ser afirmativa, ¿Contrató una empresa externa para implementar BIM o fue iniciativa propia?	a. Empresa externa de consultoría BIM b. Iniciativa propia de la empresa c. Otro: No aplica	
MARQUE CON UNA X UNA OPCIÓN	OPCIONES DE RESPUESTA	
2d. Considera importante el uso de BIM en la empresa?	a. Sí, me ha ayudado a tener más clientes b. No, la metodología está obsoleta c. Sí, ahora estamos más organizados d. Otro: Sí, es una herramienta importante	
MARQUE CON UNA X UNA OPCIÓN	OPCIONES DE RESPUESTA	
2e. Desde su experiencia/conocimiento con la implementación BIM, ¿Cuál beneficia más?	a. Reducción de costos y tiempos b. Más coordinación con especialidades c. Ninguno d. Otro: No aplica	

Durante el análisis de la empresa se estudia la infraestructura tecnológica de la misma, esto con el fin de conocer el equipo tecnológico que se tiene y los softwares utilizados, esta información es de suma importancia ya que sirve como una base para establecer las mejoras o implementación de softwares BIM y equipos como computadoras. En la figura 52 y 53 se encuentran las mencionadas plantillas.

Figura 52.

Plantilla análisis del software de la empresa

ANÁLISIS INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA INICIAL DE LA EMPRESA SOFTWARE				
Uso	Software	Versión	Cantidad de licencias	Caducidad de licencias
Diseño arquitectónico				
Diseño estructural				
Diseño de redes				
Almacenamiento de información				
Trabajo colaborativo				
Programación de obra				
Estimación de costos				

Los objetivos al implementar BIM se dividen en tres: a corto, mediano o largo plazo. No hay un tiempo mínimo o máximo para alcanzar estos objetivos, todo depende del análisis individual de cada empresa, de igual forma, se debe tener en cuenta que definir los objetivos son la clave y guía para que la adopción BIM sea exitosa. En la siguiente figura se encuentra la plantilla base.

Figura 55.

Plantilla de objetivos de la empresa al implementar BIM

OBJETIVOS DE LA EMPRESA AL IMPLEMENTAR BIM
Objetivo a corto plazo:
Objetivo a mediano plazo:
Objetivo a largo plazo:

En la figura 56 se encuentra la plantilla base para definir las motivaciones y necesidades que llevaron a que la empresa decidiera implementar la metodología BIM en la gestión de sus proyectos. Esta plantilla es clave ya que con esta el equipo de trabajo va a recordar las razones que los llevaron a iniciar una transformación BIM y por ende evitar que declinen BIM por ser una nueva manera de gestionar sus proyectos y procesos internos. Con esta plantilla finaliza y se cierra la etapa de análisis y diagnóstico de la empresa.

Figura 56.

Plantilla de motivaciones y necesidades de la empresa para implementar BIM

MOTIVACIONES INICIALES DE LA EMPRESA PARA IMPLEMENTAR BIM
NECESIDADES DE LA EMPRESA PARA IMPLEMENTAR BIM

Seguidamente, en la figura 57 se inicia con el diseño del plan de implementación BIM o PIB, en esta se realiza una selección de los softwares BIM que se van adoptar en la empresa teniendo en cuenta el equipo de trabajo que se encuentra en cada departamento y que gestiona los proyectos.

Figura 57.

Plantilla para selección de softwares en la empresa

NOMBRE COLABORADOR	ROL BIM	DEPARTAMENTO	ASPECTOS	SOFTWARE ESCOGIDO

Una vez se tienen los softwares BIM se establece el orden cronológico en el cual el equipo de trabajo va a capacitarse en los programas, este orden va a depender del grado de dificultad y el conocimiento con el que ya cuente cada uno. En la siguiente figura se delimita una plantilla base para definir dicha información.

Figura 58.

Plantilla para orden cronológico de capacitaciones en la empresa

NOMBRE COLABORADOR	ASPECTOS	SOFTWARE ESCOGIDO	CURSO/CAPACITACIÓN	REQUISITOS

Al finalizar el PIB, en la plantilla que se encuentra en la figura 59 se delimita un cronograma base para llevar a cabo la transformación BIM en la empresa, no existe un tiempo mínimo o máximo para llevar a cabo esta adopción, todo va a depender de factores internos de cada empresa y con esta plantilla culmina la etapa de diseñar el plan de implementación BIM.

El plan de ejecución BIM se debe elaborar por cada proyecto y en esta primera plantilla de la figura 60 se delimita la información básica del proyecto: nombre, ubicación y breve descripción.

Figura 60.

Plantilla con información inicial del proyecto para el BEP

PLAN DE EJECUCIÓN BIM	
Información general del proyecto	
Cliente:	
Nombre del proyecto:	
Ubicación del proyecto:	
Descripción del proyecto:	

En segundo lugar, durante el PIB se definió la responsabilidad y rol de cada colaborador a nivel de organización, ahora en el BEP se debe establecer el rol y las responsabilidades BIM que va a desempeñar cada colaborador que intervenga en la gestión y administración de cada proyecto. Estos roles pueden ser asignados a personas diferentes para cada proyecto. En la figura 61 se delimita la información base de cada colaborador: rol BIM, responsabilidad BIM, especialidad, empresa a la que pertenece e información de contacto.

Figura 61.

Plantilla de roles y responsabilidades BIM para el BEP

PLAN DE EJECUCIÓN BIM						
Roles y responsabilidades BIM del proyecto						
Empresa	Especialidad	Nombre del responsable	Rol BIM	Responsabilidades BIM	Correo	Celular

En seguida la figura 62, establece los usos y objetivos BIM del proyecto a desarrollar, esta información define el propósito del proyecto. Por tanto, al definir los usos BIM delimita los objetivos BIM del proyecto y, por ende, se establecen las dimensiones BIM que van a ser aplicadas.

Figura 62.

Plantilla de usos y objetivos BIM del proyecto para el BEP

PLAN DE EJECUCIÓN BIM	
Usos y objetivos BIM a desarrollar en el proyecto piloto	
Usos BIM	Objetivos BIM

Finalmente, en la figura 63 se encuentra la plantilla base para definir el alcance que tendrá cada elemento que conforma el modelo 3D, tanto a nivel geométrico como de información. Esto facilita el proceso de modelado BIM ya que al tener con exactitud que tanto detalle tendrá el proyecto permite mejorar la productividad de este proceso interno de la empresa.

Red eléctrica				
Red hidráulica				

A continuación, se demuestra las preguntas encontradas en la evaluación de madurez BIM y la respectiva respuesta de cada una. Esta encuesta fue diligenciada con el director del departamento de diseño de la empresa caso de estudio a través de una reunión virtual. Si se requiere más información de la encuesta de madurez BIM en la página web con dirección <https://www.iac.com.co/servicios/evaluacion-de-madurez-bim/#> se podrá responder la encuesta de manera gratuita.

Figura 64.

Respuestas de la empresa caso de estudio en el cuestionario de nivel de madurez BIM

Evaluación de Madurez BIM

Bienvenido a la evaluación de madurez BIM de Ingeniería Asistida por Computador S.A.S.

Según el Foro Económico Mundial (WEF) la industria de la construcción afronta grandes retos relacionados con márgenes bajos, riesgos altos y procesos desconectados; proponen la digitalización de los procesos como la solución y entienden BIM como el vehículo adecuado para este fin.

BIM se define como el proceso usado en la industria de la construcción que permite a todos los involucrados trabajar sobre un único modelo digital del proyecto de forma colaborativa y concurrente.

El objetivo de este ejercicio es que usted pueda conocer el nivel de madurez de los procesos BIM de su empresa respecto a los estándares más aceptados a nivel mundial y recibir recomendaciones que pueden ser de su utilidad.

Estimamos que 20 minutos serán necesarios para la solución del cuestionario que está formado por cinco categorías: tecnología, organización, personas, estándares y procesos

Los resultados de su evaluación y las sugerencias serán enviadas a su correo electrónico .
Tenga en cuenta las siguientes recomendaciones para el desarrollo del ejercicio:

* Al responder las preguntas, por favor hágalo desde la posición de la empresa y no desde su situación personal.

* Para liderar el ejercicio de evaluación relacionada con la madurez BIM de la empresa, por favor seleccione a una persona de la organización que tenga conocimiento sobre procesos BIM

y la estrategia de la organización.

* Se sugiere hacer esta como una actividad en grupo en donde se incluyan las personas que conozcan los diferentes procesos: tecnología, organización, recurso humano y procesos.

* La objetividad con que responda las preguntas es muy importante.

Agradecemos al referente BIM internacional Bilal Succar por autorizar el uso de su matriz de madurez BIM como referencia.

La reproducción total o parcial de esta herramienta no está autorizada.

!Esperamos que los resultados y sugerencias sean de utilidad para su empresa!

Correo *

doberto24@uan.edu.co



Nombre *

Diana

Apellido *

Oberto

Empresa *

Por favor, introduzca el nombre de su empresa con letra mayúscula.

CAMILO GONZALEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCION EU

Actividad económica de la empresa *

- Edificaciones (construcción de edificios residenciales y no residenciales)
- Obras civiles (infraestructura)

Número de empleados en la empresa *

- Micro: 1-10 empleados
- Pequeña: 11-50 empleados
- Mediana: 51-200
- Grande: 200+

Cargo en la empresa *

- Gerente General
- Gerente de Proyecto
- Director Técnico
- Director de Diseño
- Director de Obra
- Arquitecto Diseñador
- Ingeniero Diseñador
- Coordinador
- Otro: Estudiante



Con respecto a los computadores y equipos para procesos BIM: *

- A. Tienen especificaciones inferiores a las recomendadas por el fabricante del software.
- B. Además de cumplir especificaciones recomendadas, son afinados para un desempeño adecuado (drivers de video adecuados, etc).
- C. El hardware es considerado como una inversión que permite conseguir los objetivos de desempeño por proyecto. Hay inversiones en hardware para facilitar la movilidad de las personas en los procesos en donde es requerido (sitio de obra, por ejemplo).
- D. Las inversiones en hardware se consideran fundamentales, están consideradas en los planes financieros y están alineados con objetivos de negocio.
- E. Se evalúan continuamente innovaciones que puedan mejorar el proceso BIM de la empresa (impresión 3D , realidad virtual, estaciones robóticas, etc).

Con respecto a las redes y soporte para trabajo colaborativo: *

- A. La información de los proyectos se almacena en el computador de cada usuario.
- B. La información de todos los usuarios en el proyecto se almacena en un solo repositorio comunicado por una red local (LAN) sin algún esquema de restricción para acceso o modificación.
- C. La información de todos los usuarios del proyecto se almacena en un repositorio comunicado por una red local (LAN) con funcionalidad para gestión de versiones, respaldos programados y control de acceso por usuario.
- D. La información es almacenada en un repositorio común (CDE) web que es para este propósito específico. Cuenta con gestión de versiones, respaldos, control de acceso por usuario y posibilidad de configurar flujos de aprobación de cambios. La empresa cuenta con

ancho de banda de internet adecuado para este propósito. Este sistema se integra con otros sistemas de la empresa.

- E. Las soluciones de conectividad son evaluadas continuamente en función de los avances tecnológicos. Las conexiones de red son habilitadoras para la gestión de conocimiento.

Las herramientas de software para diseño, análisis, cálculos, etc: *

- A. Son seleccionados por cada usuario de acuerdo con su criterio. No hay políticas claras sobre las herramientas a usar en cada proceso y sobre uso legal de licencias.
- B. Son seleccionados con base en una definición única de herramientas de software para uso al interior de la organización o equipos de proyecto.
- C. Son seleccionadas en función de los entregables requeridos para cada proceso (ejemplos: diseño, cuantificación, análisis, programación, etc). La posibilidad de generar intercambio de datos es obligatoria.
- D. Son seleccionados en función de los objetivos estratégicos de la empresa. Están sincronizados a lo largo de cada proyecto y estrechamente integrados con los procesos de negocio de la empresa.
- E. Para su selección, se evalúan nuevas tecnologías y las mejoras en las herramientas de software existentes para asegurar la alineación con los objetivos de negocio y las mejoras en productividad de los procesos actuales.



Organización

En esta sección se busca conocer la alineación existente entre la visión y estrategia de la organización con la visión y estrategia BIM. Se busca identificar si la organización considera BIM como un proceso estratégico que genera nuevas oportunidades de negocio.

Por favor seleccione las opciones más cercanas a la situación actual de su empresa.



Con respecto a la visión y estrategia BIM: *

- A. No existe una declaración de visión ni definición de estrategia BIM.
- B. Existe declaración de visión y una estrategia BIM. No se han definido de acciones concretas a ejecutar.
- C. La visión y estrategia BIM son comunicadas y entendidas por la mayoría de los empleados. Hay un plan de acción concreto para la implementación.
- D. La visión BIM es compartida por todos los empleados y por los proveedores/contratistas. Los procesos BIM están integrados en la estrategia de la organización.
- E. La estrategia de implementación BIM es revisada continuamente y re-alineada con otras estrategias de la organización.

Con respecto a un foro, comité o reunión formal para revisar la ejecución de la estrategia BIM: *

- A. No se ha definido aún.
- B. Se programa cada que surge una urgencia o necesidad.
- C. Se ha definido pero no hay una estructura clara en función de los objetivos estratégicos BIM.
- D. Se ha definido y la estructura es clara. En esta reunión solo participan las personas relacionadas con BIM de la empresa.
- E. Se ha definido y la estructura es clara. En esta reunión participan diferentes áreas de la empresa. Para la empresa, BIM no se limita a un área o grupo en particular.

Con respecto a las nuevas oportunidades de negocio con base en el proceso BIM:

*

- A. No se reconocen.
- B. Se reconocen pero no son explotadas.
- C. Son reconocidas y usadas por la empresa.
- D. Son evaluadas como parte de la ventaja competitiva y usadas para mantener y atraer nuevos clientes.
- E. Son buscadas de forma proactiva.

Personas

En esta sección se busca conocer la relevancia que da la organización a las personas como base fundamental para el proceso BIM. Se evalúa la claridad en la definición de los roles y el abordaje para el entrenamiento en relación con BIM.

Por favor seleccione las opciones más cercanas a la situación actual de su empresa.



Con respecto a los programas de entrenamiento de su empresa para BIM: *

- A. No se han definido. El entrenamiento se considera un costo adicional.
- B. Los entrenamientos son ejecutados en función de la solicitud de cada usuario.
- C. Hay un programa en función de las competencias técnicas de cada rol.
- D. Hay un programa en función de las competencias técnicas y desarrollo de habilidades blandas (liderazgo, gestión, etc).
- E. Se evalúan las competencias de forma continua, se buscan nuevos métodos de aprendizaje. Se evalúan los contenidos de entrenamiento en función de los objetivos de negocio y evolución de las herramientas de software.

Con respecto a los roles y funciones BIM en su empresa: *

- A. No están definidos. Los resultados no son predecibles y dependen de los esfuerzos individuales.
- B. Hay una definición informal.
- C. Están definidos. Los resultados son consistentes en la mayoría de los proyectos.
- D. Están definidos claramente. Existe una cultura de trabajo en equipo, las personas tienen claridad sobre conceptos de trabajo colaborativo y gestión de proyectos. Los resultados son predecibles.
- E. Las prácticas de gestión de talento humano son continuamente revisadas y mejoradas.

Estándares

En esta sección se busca conocer la madurez de la organización en relación con los documentos, estándares y plantillas que son la base para BIM.

Por favor seleccione las opciones más cercanas a la situación actual de su empresa.



Con respecto a protocolos, guías y estándares BIM: *

- A. No existen. No hay control de calidad sobre los modelos ni la documentación.
- B. Existen guías básicas para la generación de modelos y su documentación. Existen objetivos definidos en relación con el control de calidad
- C. Existen guías detalladas. Existen guías para el control de calidad de entregables. Se monitorea el desempeño real de un proyecto.
- D. Las guías relacionadas con BIM están integradas a las políticas generales de la empresa.
- E. Las guías relacionadas con BIM son revisadas de forma continua en búsqueda de mejoras con base en el conocimiento ganado y los avances tecnológicos. Se hace auditoría sobre la adherencia de la práctica diaria a las guías.

Con respecto a la especificación de modelos (LOD): *

- A. Los modelos 3D presentan inconsistencias con relación al nivel de desarrollo.
- B. Existe una guía básica de definición de objetos 3D.
- C. Se tiene adoptado algún estándar que defina las especificaciones del modelo en función de la etapa del proyecto. Las guías son respetadas por el equipo de trabajo interno.
- D. Las guías son respetadas por el equipo de trabajo interno y por cualquier proveedor externo.
- E. Los modelos 3D y otros entregables son evaluados continuamente para mejora de los procesos.

Con respecto a los planes de ejecución por proyecto (BEP): *

- A. No existen.
- B. Existen guías básicas y cada proyecto tiene su propia estructura de BEP.
- C. Existen guías detalladas para la definición del BEP.
- D. Todos los proyectos inician con un BEP definido y compartido por todos los integrantes del equipo (internos y externos).
- E. Las plantillas para BEP son evaluadas de forma continua para incluir los aprendizajes ganados en cada proyecto ejecutado.

Procesos - General

Se evalúa si la empresa tiene procesos BIM definidos, documentados, gestionados e integrados con el resto de los procesos de la organización.

Por favor seleccione las opciones más cercanas a la situación actual de su empresa.



Con respecto a los procesos BIM de la empresa: *



il.google.com/mail/u/5/?ik=148160e30d&view=pt&search=all&permthid=thread-f%3A1733301224125754722&simpl=msg-f%3A17333012..

:15

Correo de Universidad Antonio Nariño - Evaluación de Madurez BIM

- A. No están definidos.
- B. Existen definiciones básicas.
- C. Están definidos y documentados en diagramas de proceso, además son claros para todas las personas relacionadas con BIM. Se tiene definidos indicadores de desempeño a los cuales se hace revisión permanente.
- D. Están integrados con los demás procesos de la empresa.
- E. Se buscan continuamente oportunidades de mejora a los procesos y se cuenta con un protocolo para la adecuada revisión.

Procesos - General

¿Su empresa realiza actividades de diseño y/o coordinación de disciplinas? *

- Sí
- No


Ingeniería Asistida Por Computador

Con respecto a los procesos de diseño y coordinación de disciplinas: *

- A. No existen. Cada modelador aplica sus conocimientos en el software sin procedimientos estandarizados.

il.google.com/mail/u/5/?ik=148160e30d&view=pt&search=all&permthid=thread-f%3A1733301224125754722&siml=msg-f%3A17333012...

I:15

Correo de Universidad Antonio Nariño - Evaluación de Madurez BIM

- B. Existen guías básicas. La calidad y tiempo de entregables no son predecibles.
- C. Existen guías completas (protocolos, plantillas, familias, BEPS) de uso obligatorio. Se tienen definidos indicadores para el proceso.
- D. Los procesos de diseño y coordinación son integrados con base en estándares de trabajo colaborativo. Existen guías precisas para el manejo de solicitudes de cambios desde el sitio de obra de tal forma que el modelo pueda ser actualizado a la par del avance de la obra.
- E. Son documentados, integrados y constantemente actualizados con base en las últimas actualizaciones y modificaciones a los procesos con base en las experiencias adquiridas en proyectos previos.

Procesos - General

¿Su empresa genera cantidades de obra, estimados y/o presupuestos? *

- Sí
- No

Con respecto a los flujos de trabajo y procesos para cantidades de obra, estimados y/o presupuestos: *

- A. No se han definido. Los cálculos se hacen con base en un promedio por metro cuadrado de proyectos similares.

[il.google.com/mail/u/5/?ik=148160e30d&view=pt&search=all&permthid=thread-f%3A1733301224125754722&simpl=msg-f%3A1733301224125754722](https://mail.google.com/mail/u/5/?ik=148160e30d&view=pt&search=all&permthid=thread-f%3A1733301224125754722&simpl=msg-f%3A1733301224125754722)

:15

Correo de Universidad Antonio Nariño - Evaluación de Madurez BIM

- B. Existen flujos y procesos básicos. La precisión de los resultados depende de quien ejecute el proceso.
- C. Están bien definidos. Los modelos tienen la calidad en su geometría y los datos necesarios para ser la base del proceso de estimados y presupuestos. Los resultados son confiables y auditados.
- D. El sistema usado para estimados y presupuestos tiene conexión con el sistema de control de presupuestos o ERP de la empresa. Se hace auditoría y es posible hacer evaluación de impacto en riesgos, costos y tiempo en función de las solicitudes generadas en obra.
- E. Se buscan mejoras de forma continua en función de avances tecnológicos y aprendizajes adquiridos.

¿Su empresa realiza programación de obra? *

- Sí
- No

Respecto a los procesos para la programación de obra: *

A. No se han definido. La programación se hace a criterio de cada responsable.



il.google.com/mail/u/5/?ik=148160e30d&view=pt&search=all&permthid=thread-f%3A1733301224125754722&simpl=msg-f%3A17333012.

:15

Correo de Universidad Antonio Nariño - Evaluación de Madurez BIM



B. Hay unos procesos básicos. No son claros para todo el equipo de trabajo.



C. Los procesos están bien definidos y documentados. El proceso es predecible y se tienen indicadores a los cuales se hace seguimiento.



D. Es posible conocer el estado de la obra en un modelo BIM. El cronograma tiene la capacidad de integrarse con el presupuesto del proyecto y es posible conectar el avance de la obra con el sistema contable para pago a contratistas y proveedores.



E. Se buscan proactivamente actualizaciones, mejoras tecnológicas, y nuevas técnicas de programación combinadas con las experiencias adquiridas en proyectos previos.

¿Su empresa realiza actividades de construcción? *



Sí



No

Respecto a los procesos en la etapa de construcción (control de presupuesto, programación, gestión de cambios y as-built): *

- A. No están bien definidos. Son procedimientos generales ejecutados a criterio de la experiencia de los residentes, el director y/o el coordinador de obra.

il.google.com/mail/u/5/?ik=148160e30d&view=pt&search=all&permthid=thread-f%3A1733301224125754722&simpl=msg-f%3A17333012...

:15

Correo de Universidad Antonio Nariño - Evaluación de Madurez BIM

- B. Existen flujos y procesos básicos. Se siguen lineamientos muy generales que en ocasiones entorpecen la correcta ejecución del proyecto por falta de coordinación en los procedimientos.
- C. Están completamente definidos y son aplicables por todo el equipo de trabajo. Se cuenta con indicadores a los que se hace seguimiento continuo.
- D. Los procesos de obra se integran con los de diseño y coordinación haciendo uso de plataformas web colaborativas. Los cambios son gestionados de tal forma que el modelo es actualizado a la par del avance de la obra.
- E. Se buscan de forma constante nuevas tecnologías y mejoras en los procesos que permitan hacer el control de obra de una forma más integrada y colaborativa.

Nota: Encuesta evaluación de madurez BIM (2022)

Seguidamente, el resultado de la encuesta de madurez BIM con una serie de recomendaciones e indicaciones a tener en cuenta durante el proceso de transformación BIM.

Figura 65.

Página 1 resultados de la encuesta de madurez BIM de empresa caso de estudio

CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN



Ubicación: Bucaramanga, Colombia.

Contacto: Diana Oberto

Cargo: Estudiante

Correo: doberto6@gmail.com

Teléfono: 3052648899

Resultados evaluación madurez BIM

04/25/2022

Introducción

Agradecemos el tiempo dedicado a la evaluación de madurez BIM de CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN. Este informe presenta los resultados que CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN obtuvo en relación a la madurez de sus procesos BIM y algunas sugerencias para ir al siguiente nivel.

Sugerimos hacer este ejercicio de revisión con la frecuencia que la mejora de sus procesos lo amerite. La implementación de las acciones sugeridas en este informe permitirá llevar a CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN al siguiente nivel.

Agradecemos al referente internacional BIM Bilal Succar por autorizar el uso de su matriz de madurez BIM como referencia.

La reproducción total o parcial de esta herramienta y su contenido no está autorizada.

IAC evalúa la madurez BIM en cinco ejes: procesos, tecnología, organización, personas y estándares.

1. Procesos

Se evalúa si CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN tiene procesos BIM definidos, documentados, gestionados e integrados con el resto de los procesos de la organización.

2. Tecnología

Se evalúa el nivel de madurez de CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN en relación con las herramientas de software, hardware y conectividad. En el aspecto de conectividad se da relevancia a contar con herramientas de trabajo colaborativo y acceso remoto en función del rol.

3. Organización

Nota: Resultados de evaluación de madurez BIM (2022)

Figura 66.

Página 2 resultados de la encuesta de madurez BIM de empresa caso de estudio



Nota: Resultados de evaluación de madurez BIM (2022)

Figura 67.

Página 3 resultados de la encuesta de madurez BIM de empresa caso de estudio



Resultados y recomendaciones por categoría CAMILO GONZÁLEZ



1. Procesos

Madurez Nivel 2. Definido

Nota: Resultados de evaluación de madurez BIM (2022)

Figura 68.

Página 4 resultados de la encuesta de madurez BIM de empresa caso de estudio

Con respecto a los procesos BIM de la empresa:

La correcta definición de los procesos BIM es una de las bases más importantes para tener el primer nivel de madurez. La definición de estos procesos permite contar con estructuras de trabajo organizadas que son la base para aumentar la eficiencia, productividad, y colaboración de todos los interesados en el proyecto. Se recomienda que CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN documente de forma clara sus procesos BIM incluyendo diagramas de flujo. Se sugiere hacer uso de herramientas de software para diagramación de procesos.

Con respecto a los procesos de diseño y coordinación de disciplinas:

Los procesos de diseño y coordinación son parte fundamental del aseguramiento de la calidad del modelo BIM; es indispensable contar con una estandarización de los procesos relacionados con la producción de dicho modelo. Se recomienda que CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN defina sus estándares de diseño y/o coordinación.

Con respecto a los flujos de trabajo y procesos para cantidades de obra, estimados y/o presupuestos:

Los flujos y definiciones básicas son indispensables para mejorar el proceso de generación de cantidades de obra y/o presupuestos en CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN. Las definiciones básicas presentan el problema de que los resultados dependen mucho de la experiencia con la cual cuente el encargado en la ejecución del proceso. Dicho lo anterior, se recomienda establecer unos procesos bien definidos y documentados, donde se determinen las condiciones del modelo BIM, la conexión con el sistema cantidades de estimados y presupuestos y el proceso mismo de cálculo de presupuestos.

Respecto a los procesos para la programación de obra:

Con unas definiciones básicas establecidas, el riesgo de subjetividades se ve reducido sustancialmente. Sin embargo, se recomienda estructurar la definición de estos procesos y documentarlos de forma adecuada para que sean entendibles por todos los interesados. Adicionalmente, se recomienda a CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN establecer indicadores de desempeño para evaluar la predictibilidad de los entregables, los cuales son un resultado de la correcta ejecución de los procesos.



2. Tecnología

Madurez Nivel 2. Definido

Nota: Resultados de evaluación de madurez BIM (2022)

Figura 69.

Página 5 resultados de la encuesta de madurez BIM de empresa caso de estudio

Con respecto a los computadores y equipos para procesos BIM:

Cumplir las especificaciones recomendadas por los desarrolladores de software y mejorar el rendimiento de los ordenadores demuestra que CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN está preparada para afrontar modelos de construcción de gran envergadura. Se recomienda que la organización vea el hardware para BIM como una inversión y no como un costo. Adicionalmente, se recomienda considerar inversiones en hardware que permitan mejorar el intercambio y acceso a la información, como equipos de realidad virtual, realidad aumentada, estaciones totales robóticas, impresoras 3D, tablets para obra, etc; esto ayuda a potenciar la productividad en el proceso BIM.

Con respecto a las redes y soporte para trabajo colaborativo:

BIM no se limita a la generación de modelos tridimensionales, además, requiere una estructura organizacional con un enfoque colaborativo que involucre la correcta gestión de la información. Si la información tanto gráfica como de datos se almacena a criterio de cada persona y en sus computadores personales, esta es propensa a perderse o no ser entrada. Se recomienda que CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN establezca un repositorio común del proyecto con acceso a todos los interesados, de tal manera que la información esté al alcance de quienes deban usarla.

Las herramientas de software para diseño, análisis, cálculos, etc:

La definición única y formal de las herramientas de diseño muestra un camino claro hacia la madurez de CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN. Este es el momento de pensar en que cada proyecto tiene unos usos BIM y entregables particulares para los cuales hay un conjunto adecuado de herramientas de software. Es muy importante considerar la interoperabilidad entre las herramientas de software.



3. Organización

Madurez Nivel 2. Definido

Con respecto a la visión y estrategia BIM:

Tener una visión clara sobre BIM a nivel empresa es uno de los factores más importantes de éxito. Si en CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN hay diferentes visiones BIM, se evidencia una desconexión entre los agentes organizacionales y la falta de apoyo de los gerentes y líderes de la empresa. Este es el momento de unificar la visión y estrategia BIM de CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN; esta visión debe estar alineada con los objetivos del negocio.

Con respecto a las nuevas oportunidades de negocio con base en el proceso BIM:

Reconocer las nuevas oportunidades de negocio que surgen desde los procesos BIM es de suprema importancia y habilita a CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN para aprovecharlas al máximo. Se recomienda generar escenarios formales para evaluar las nuevas oportunidades de negocio incluyendo áreas como mercadeo e innovación en el marco de la visión y estrategia de CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN.

Nota: Resultados de evaluación de madurez BIM (2022)

Figura 70.*Página 6 resultados de la encuesta de madurez BIM de empresa caso de estudio*

Con respecto a un foro, comité o reunión formal para revisar la ejecución de la estrategia BIM:

Los comités BIM son foros que pueden tener alto impacto en la consolidación de procesos BIM de CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN ya que en estos escenarios se toman decisiones de forma colectiva. Se recomienda formalizar un escenario para tratar temas relacionados con los procesos BIM.

**4. Personas***Madurez Nivel 2. Definido*

Con respecto a los programas de entrenamiento de su empresa para BIM:

Programar entrenamientos en función de las solicitudes individuales es un primer paso para la evolución de CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN. Se recomienda definir un programa de entrenamiento en función de las competencias técnicas necesarias para el desempeño de cada rol; con esto se tendrán bases para que cada persona tenga las capacidades necesarias para afrontar los proyectos.

Con respecto a los roles y funciones BIM en su empresa:

CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN carece de una estructura que defina claramente los roles y funciones de cada integrante en la ejecución de proyectos BIM. Se recomienda dar inicio a la definición de un esquema de roles y funciones que asigne las responsabilidades de cada integrante con base en las competencias necesarias para el rol.

**5. Estándares***Madurez Nivel 1. Inicial (ad-hoc)*

Con respecto a protocolos, guías y estándares BIM:

La falta de definición de protocolos, guías y/o estándares BIM en los cuales basar los procesos de CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN deja a consideración personal la toma de decisiones acerca de cómo deben ser ejecutadas las actividades. Claramente esta no es la situación adecuada, puesto que se generan inconsistencias y faltas de definición en los resultados y entregables de cada proyecto. Se recomienda a CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN definir y documentar los procesos principales sobre los cuales se ejecutan los proyectos con relación a BIM.

Con respecto a la especificación de modelos (LOD):

La falta de definición de los niveles de desarrollo (LOD) para cada fase del proyecto es una de las principales causas de inconsistencias en la ejecución. Se recomienda a CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN establecer guías, al menos básicas, para la definición de los objetos BIM tanto a nivel de información como a nivel gráfico.

Nota: Resultados de evaluación de madurez BIM (2022)

Figura 71.

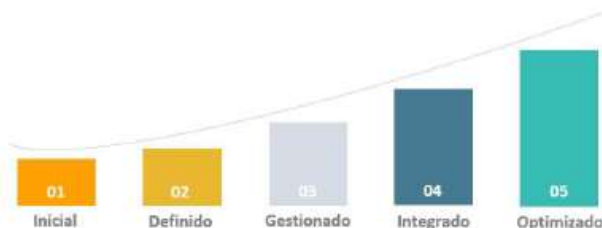
Página 7 resultados de la encuesta de madurez BIM de empresa caso de estudio

Con respecto a los planes de ejecución por proyecto (BEP):

Los planes de ejecución BIM son un instrumento muy valioso para garantizar que todos los interesados en el proyecto adopten una forma de trabajo alineada, teniendo en cuenta que la consistencia en todos los entregables y la predictibilidad son unos de los objetivos más importantes del trabajo colaborativo. La inexistencia del BEP en CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN lleva a una desconexión entre los diferentes agentes, generando un nivel más alto de inconsistencias y errores en las entregas. Se recomienda definir unas guías iniciales básicas que sirvan como punto de partida cuando se necesite elaborar un BEP.

Interpretación de resultados

La evaluación de cada eje se basó en sus respuestas. Se dio el mismo peso a cada pregunta dentro de su eje. La siguiente imagen ilustra los niveles de madurez:



Nivel 1. Inicial (ad-hoc)

Rango porcentual: 0-19%

Se caracteriza por la ausencia de una estrategia y escasez de procesos definidos. Las herramientas se implementan de manera no sistemática. La adopción BIM se logra parcialmente y carece del apoyo de la gerencia. Si se logran, las capacidades de colaboración ocurren con poca o ninguna guía de procesos, estándares o protocolos. No hay una definición formal de los roles y responsabilidades.

Nivel 2. Definido

Rango porcentual: 20-39%

La implementación BIM está impulsada por la visión general de los altos directivos. La mayoría de los procesos y políticas están bien documentados y las oportunidades de negocios que surgen de BIM se identifican, pero no se aprovechan. Las pautas BIM están disponibles. La colaboración con los socios del proyecto sigue guías de procesos, estándares y protocolos de intercambio predefinidos. Las responsabilidades se distribuyen y los riesgos se mitigan a través de medios contractuales.

Nivel 3. Gestionado

Nota: Resultados de evaluación de madurez BIM (2022)

Figura 72.*Página 8 resultados de la encuesta de madurez BIM de empresa caso de estudio*

Rango porcentual: 40-59%

Los empleados comprenden la visión BIM. La estrategia de implementación combina planes de acción detallados y mecanismos de monitoreo. Las oportunidades de negocio que surgen de BIM se utilizan por el área de Mercadeo e Innovación. Los roles BIM están definidos y los objetivos de rendimiento se logran. La información de los modelos 3D se gestiona a través de estándares detallados y planes de calidad.

Nivel 4. Integrado

Rango porcentual: 60-79%

La visión y estrategia BIM se integran con la estrategia y visión de la empresa. Los procesos y sistemas BIM se integran con otros procesos y sistemas de la empresa. Las oportunidades de negocios son parte de la ventaja competitiva. La selección e implementación de software sigue objetivos estratégicos y los entregables de modelado están integrados con los procesos de negocios. Los roles y objetivos BIM están incorporados en la organización. La productividad es consistente y predecible. Los estándares BIM se incorporan en la gestión de la calidad y los sistemas de mejora del rendimiento. La colaboración se caracteriza por la participación de agentes clave en las fases iniciales del ciclo de vida de los proyectos.

Nivel 5. Optimizado

Rango porcentual: 80-100%

La estrategia y visión BIM se revisan y realinean continuamente con las de la de la empresa. Si se necesitan modificaciones a los procesos se implementan de manera proactiva. Las soluciones innovadoras y las oportunidades de negocio son buscadas y desarrolladas constantemente. La selección y uso de herramientas de software se revisa continuamente para mejorar la productividad. Los entregables de modelado se revisan y optimizan para sacar provecho de las nuevas funcionalidades de software. La optimización de los datos, procesos y canales de comunicación es constante. Las responsabilidades de colaboración, los riesgos y las recompensas se revisan y realinean continuamente. Los modelos contractuales se modifican para lograr las mejores prácticas y el mayor valor para todos los interesados.

Contacto

Si CAMILO GONZÁLEZ ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN necesita apoyo para la implementación de las recomendaciones incluidas en este documento, no dude en contactarnos directamente en www.iac.com.co.

Usted y su empresa pueden adelantar los componentes de entrenamiento en el uso de herramientas de software en www.acaddemia.com



Nota: Resultados de evaluación de madurez BIM (2022)