



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**GESTIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN IMPLEMENTANDO METODOLOGÍA BIM A UNA
VIVIENDA DE DOS NIVELES**

Steven Joel España Quisque

Asesorado por el Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero

Guatemala, febrero de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GESTIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN IMPLEMENTANDO METODOLOGÍA BIM A UNA
VIVIENDA DE DOS NIVELES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

STEVEN JOEL ESPAÑA QUISQUE

ASESORADO POR EL ING. GUILLERMO FRANCISCO MELINI SALGUERO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
EXAMINADORA)	Inga. Maria del Mar Girón Cordón
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

GESTIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN IMPLEMENTANDO METODOLOGÍA BIM A UNA VIVIENDA DE DOS NIVELES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 29 de octubre de 2020.

Steven Joel España Quisque



Guatemala, 24 de octubre de 2023

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

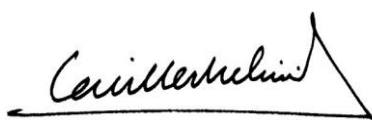
Ingeniero Fuentes Roca:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **GESTION DE LA ADMINISTRACION IMPLEMENTANDO MEDOLOGIA BIM A UNA VIVIENDA DE DOS NIVELES**, desarrollado por el estudiante de ingeniería civil Steven Joel España Quisque, quien contó con la asesoría del suscrito.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo, doy mi aprobación al mismo, solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Civil, Guillermo Francisco Melini Salguero
Asesor y Jefe del Departamento de Planeamiento





Guatemala, 24 de octubre de 2023

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

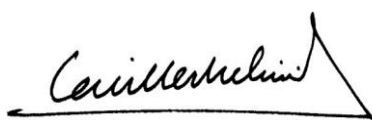
Ingeniero Fuentes Roca:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **GESTION DE LA ADMINISTRACION IMPLEMENTANDO MEDOLOGIA BIM A UNA VIVIENDA DE DOS NIVELES**, desarrollado por el estudiante de ingeniería civil Steven Joel España Quisque, quien contó con la asesoría del suscrito.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo, doy mi aprobación al mismo, solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Civil, Guillermo Francisco Melini Salguero
Asesor y Jefe del Departamento de Planeamiento





ESCUELA DE
INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LNG.DIRECTOR.025.EIC.2024

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **GESTIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN IMPLEMENTANDO METODOLOGÍA BIM A UNA VIVIENDA DE DOS NIVELES**, presentado por: **Steven Joel España Quisque**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, febrero de 2024

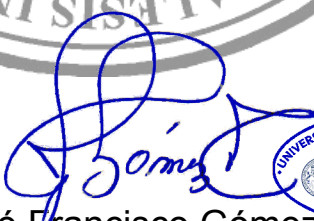


Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.071.2024

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **GESTIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN IMPLEMENTANDO METODOLOGÍA BIM A UNA VIVIENDA DE DOS NIVELES**, presentado por: **Steven Joel España Quisque**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.

Guatemala, febrero de 2024

JFGR/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por darme las aptitudes necesarias para poder alcanzar una meta más en mi vida.

Mis padres

Alfonso España y Ana Luisa Quisque, por el apoyo brindado a lo largo de mi vida siendo un ejemplo de vida, inculcándome valores, virtudes, y enseñándome que todo se debe hacer con amor.

Mis hermanos

Eduardo y Sandy España, por ser una guía durante toda mi vida, impulsándome a ser mejor cada día y sobre todo siendo un ejemplo de personas, por los consejos y la paciencia

A mis amigos

En especial a Keren Lastor, Eduardo Barbales, Edgar Choxom, Hansel Rueda, Joselyn Martinez, Maria Fernanda López y Jaquelin Elias, por el apoyo, paciencia y cariño mostrado a lo largo de estos años, ya que sin ustedes habría sido imposible alcanzar esta meta.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi *alma mater* que me permitió acceder a educación de calidad.

Facultad de Ingeniería

Por permitirme adquirir conocimientos importantes para mi desarrollo humano y profesional, así como también por albergarme a lo largo de este tiempo en el que tuve la dicha de coincidir con grandes amigos.

A mis primos

Derly y Brallan Quisque, por todo el apoyo y cariño brindado en estos últimos años, demostrándome que con humildad y perseverancia es posible cumplir nuestras metas.

Arq. Karem Portillo

Por todo el apoyo en estos años de amistad, compartiendo su experiencia y su conocimiento para mi desarrollo profesional y personal.

Mis amigos

Fernando Pensamiento, Carlos Campaneros, Ricardo Alvarado, Jeannira Sic, Katherin Escobar y Andres Morales, por su cariño y por impulsarme a mejorar cada día.

Blanca España

Por su apoyo incondicional durante toda mi etapa de formación académica, ya que gracias a usted logré alcanzar una meta más en mi vida.

Ing. Guillermo Melini

Por su asesoría en el desarrollo del presente trabajo de graduación, así como sus enseñanzas profesionales.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA CIVIL	1
1.1. Conceptos generales.....	1
1.1.1. Proyecto	1
1.1.2. Planificación.....	1
1.1.3. Gestión	2
1.2. Tipos de planificación	2
1.2.1. Planeación estratégica o de largo plazo	2
1.2.2. Planeación táctica o de mediano plazo	3
1.2.3. Planeación operativa o de corto plazo.....	3
1.3. Importancia de la planificación en los proyectos de infraestructura civil.....	4
1.4. Ciclo de vida de un proyecto	5
1.4.1. Fases del ciclo de vida de un proyecto según PMBOK®.....	6
1.4.2. Procesos del ciclo de vida de un proyecto según PMBOK®.....	8
1.4.2.1. Proceso de inicio	8
1.4.2.2. Proceso de planificación.....	8

	1.4.2.3.	Proceso de ejecución	8
	1.4.2.4.	Proceso de monitoreo y control	9
	1.4.2.5.	Proceso de cierre	9
1.5.		Etapas en un proyecto de infraestructura civil.....	10
	1.5.1.	Existencia de una necesidad	10
	1.5.2.	Análisis	10
	1.5.3.	Identificación de soluciones.....	10
	1.5.4.	Estudios de factibilidad	11
	1.5.5.	Evaluación	11
	1.5.6.	Diseño	11
	1.5.7.	Financiamiento	11
	1.5.8.	Construcción	12
	1.5.9.	Puesta en marcha	12
	1.5.10.	Operación y mantenimiento.....	12
	1.5.11.	Abandono	13
1.6.		Metodología para la planificación de proyectos de infraestructura civil	13
	1.6.1.	Lean Construction	13
	1.6.1.1.	Last Planner System (LPS)	13
	1.6.2.	Integrated Project Delivery (IPD)	14
2.		MODELADO DE LA INFORMACIÓN BIM (<i>BUILDING INFORMATION MODELING</i>).....	15
	2.1.	Definición BIM).....	15
	2.2.	Ciclo de vida BIM	16
	2.3.	Estándares BIM.....	18
	2.3.1.	ISO 19560	18
	2.4.	Plan de ejecución BIM (PEB)	24
	2.4.1.	Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM (PEB)....	266

	2.4.1.1.	Establecer objetivos y usos BIM	26
	2.4.1.2.	Diseño del proceso de ejecución BIM..	26
	2.4.1.3.	Intercambio de información.....	26
	2.4.1.4.	Infraestructura para la implementación de BIM	27
	2.4.2.	Información en un Plan de Ejecución BIM (PEB)....	27
2.5.		Dimensiones BIM	28
	2.5.1.	Modelado paramétrico (3D)	29
	2.5.2.	Modelo de tiempos (4D)	29
	2.5.3.	Modelo de costos (5D).....	29
	2.5.4.	Modelo de sostenibilidad (6D)	30
	2.5.5.	Modelo de seguimiento / mantenimiento (7D)	30
2.6.		Nivel de desarrollo (LOD)	31
	2.6.1.	LOD 100 – Conceptual	32
	2.6.2.	LOD 200 – Geometría	32
	2.6.3.	LOD 300 – Construcción	33
	2.6.4.	LOD 350 - Coordinación y colisiones.....	34
	2.6.5.	LOD 400 - Fabricación.....	34
	2.6.6.	LOD 500 – As Built	35
2.7.		Nivel de información (LOIN)	35
	2.7.1.	LOI 2 Y 3.....	35
	2.7.2.	LOI 4.....	36
	2.7.3.	LOI 5.....	36
	2.7.4.	LOI 6.....	36
2.8.		Usos BIM	36
2.9.		Roles BIM	37
2.10.		Herramientas BIM.....	40
2.11.		Open BIM	41

3.	TRADICIONAL DE PLANIFICACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.	43
3.1.	Anteproyecto	44
3.2.	Diseño de proyecto	46
3.2.1.	Diseño arquitectónico	46
3.2.2.	Diseño estructural	46
3.2.2.1.	Estudio de suelos	47
3.2.2.2.	Diseño estructural de una vivienda	48
3.2.3.	Diseño de diferentes instalaciones en una vivienda	49
3.2.3.1.	Instalación de agua potable.....	50
3.2.3.2.	Instalación de drenajes	50
3.2.3.3.	Instalaciones eléctricas	51
3.2.3.4.	Instalaciones especiales.....	52
3.3.	Cronograma de actividades	52
3.4.	Presupuesto	53
3.4.1.	Costo directo	54
3.4.2.	Costo indirecto	55
3.4.3.	Costo por financiamiento.....	55
3.4.4.	Precio unitario	55
3.4.5.	Precio total	55
4.	METODOLOGÍA BIM COMO HERRAMIENTA DE PLANIFICACIÓN....	57
4.1.	Plan de ejecución BIM (BEP)	59
4.1.1.	Identificar los objetivos y usos BIM	61
4.1.2.	Diseñar el proceso de implementación por medio de mapas de trabajo.....	62
4.1.3.	Intercambios de información	65

4.1.3.1.	Identificar cada intercambio potencial de información del mapa general BIM	66
4.1.3.2.	Elegir una estructura para el documento de intercambio de información	67
4.1.3.3.	Identificar los requerimientos de información para cada intercambio de información	67
4.1.3.4.	Responsabilidades a cada equipo de trabajo.....	68
4.1.3.5.	Comparar las entradas de información con las salidas.....	68
4.1.4.	Infraestructura necesaria para el proceso de implementación BIM	70
5.	APLICACIÓN DE BIM EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.....	73
5.1.	Objetivos y usos BIM	74
5.2.	Mapas de trabajo de procesos generales y específicos	75
5.2.1.	Mapa general.....	75
5.2.2.	Mapas específicos	76
5.2.2.1.	Modelado 3D del proyecto	77
5.2.2.2.	Análisis de interferencias	78
5.2.2.3.	Cronograma de actividades	79
5.2.2.4.	Cuantificación de materiales.....	80
5.3.	Realizar intercambios de información.....	81
5.3.1.	Identificar cada intercambio de información	81

5.3.1.1.	Modelado 3D y el análisis de interferencias:.....	81
5.3.1.2.	Análisis de interferencias – cronograma de actividades	82
5.3.1.3.	Modelado 3D revisado y corregido – cuantificación.....	83
5.3.1.4.	Cuantificación de materiales – presupuesto preliminar.....	83
5.3.2.	Estructura para el documento de intercambio	83
5.3.2.1.	Modelado 3D - el análisis de interferencias.....	83
5.3.2.2.	Análisis de interferencias – cronograma de actividades	84
5.3.2.3.	Modelado 3D revisado y corregido – cuantificación.....	84
5.3.2.4.	Cuantificación – presupuesto preliminar.....	84
5.3.3.	Entregables finales.....	84
5.4.	Definir infraestructura para la aplicación de BIM.....	85
5.4.1.	Aspectos técnicos y de capacitación.....	85
5.4.1.1.	Necesidades.....	85
5.4.1.2.	Las opciones de mercado	86
5.4.1.3.	Expertos en el uso de Software.....	86
5.4.1.4.	Costos de licencia de los softwares	87
5.4.1.5.	Costos de capacitación para los integrantes del equipo	87
5.4.1.6.	Necesidades del hardware para soporte del software a utilizar.....	87
5.4.2.	Aspectos técnicos de implementación.	88

5.4.2.1.	Estructura del nombre de los archivos.	89
5.4.2.2.	Estructura de los diferentes modelos...	90
5.4.2.3.	Unidades del proyecto	90
5.4.2.4.	Nivel de desarrollo	90
CONCLUSIONES		91
RECOMENDACIONES		95
REFERENCIAS		97
APÉNDICES		103
ANEXOS		113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Ciclo de vida del proyecto según PMBOK	6
Figura 2.	Relación de variables respecto del tiempo.	7
Figura 3.	Interacción entre los grupos de procesos dentro de un proyecto o una fase.	9
Figura 4.	Ciclo de vida utilizando metodología BIM	17
Figura 5.	Curva de esfuerzos del proceso constructivo. MacLeamy.....	18
Figura 6.	Relación entre los diferentes agentes.....	19
Figura 7.	Jerarquía de los requisitos de información según EN-ISO 19650-1.....	21
Figura 8.	Integración BIM.....	24
Figura 9.	Dimensiones BIM.....	31
Figura 10.	Modelo de columna con LOD 100	32
Figura 11.	Modelo de columna con LOD 200	33
Figura 12.	Modelo de columna con LOD 300.	33
Figura 13.	Modelo de columna con LOD 350.	34
Figura 14.	Modelo de columna con LOD 400	35
Figura 15.	Usos BIM a lo largo del ciclo de vida.	37
Figura 16.	Elaboración de anteproyecto.	45
Figura 17.	Notación del mapa del proceso	63
Figura 18.	Mapa general proceso de planificación BIM	64
Figura 19.	Mapa específico análisis de interferencias	65
Figura 20.	Vivienda unifamiliar de dos niveles para implementación BIM (isométrico).....	74

Figura 21.	Mapa de proceso general para la implementación de BIM (plan de trabajo)	76
Figura 22.	Mapa específico de modelado 3D del proyecto.....	77
Figura 23.	Mapa específico de análisis de interferencias	78
Figura 24.	Mapa específico del cronograma de actividades.....	79
Figura 25.	Mapa específico de cuantificación de materiales	80
Figura 26.	Ejemplo de nombramiento de archivos	89

TABLAS

Tabla 1.	Información de un plan de ejecución BIM (PEB)	27
Tabla 2.	Roles BIM.....	38
Tabla 3.	Software BIM.....	40
Tabla 4.	Requisitos del uso de los softwares BIM	86
Tabla 5.	Tabla comparativa de requerimientos de hardware entre Revit y Archicad.....	88

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
\$	Dólares
Kg	Kilogramo
®	Marca registrada
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
ml	Metro lineal
mm	Milímetro
nm	Nanómetro
Q	Quetzales

GLOSARIO

AGEBIM	Asociación Guatemalteca de Estándares BIM.
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
AIM	Modelo de información activo.
BIM	Building Information Modeling.
Factibilidad	Disponibilidad de los recursos para desarrollar un objetivo.
FHA	Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas.
IFC	Industry Foundation Classes.
INTECAP	Instituto Técnico de Capacitación y Productividad.
INTEROPERABILIDAD	Capacidad de los sistemas de información de compartir información en distintos formatos.
IPD	Integrated Project Delivery.
ISO	International organization for Standardization.

LOD	Level of development.
LPS	Last Planner System.
METODOLOGÍA	Conjunto de métodos y técnicas que se aplican de forma sistemática para el proceso de una actividad.
MODELO 3D	Modelo paramétrico que permite una visualización gráfica en tercera dimensión.
MODELO 4D	Modelo que permite realizar una simulación de actividades de programación y ejecución de un proyecto según la metodología BIM.
MODELO 5D	Modelo que permite extraer información para el desarrollo de los costos de un proyecto según la metodología BIM.
MODELO 6D	Modelo que permite realizar un análisis de sostenibilidad de un proyecto según la metodología BIM.
Modelo 7D	Modelo que permite realizar una simulación para un proceso de mantenimiento de un proyecto según la metodología BIM.
NSE	Normas de Seguridad Estructural.

OPEN BIM	Herramienta que permite el flujo de trabajo para la aplicación de BIM.
PEB	Plan de ejecución BIM.
PIM	Modelo de información del proyecto.
PMBOK	Project Management Body of Knowledge.
Procesos	Conjunto de las fases o etapas ordenadas para la realización de una actividad.
ROL BIM	Función ejercida por un integrante del proyecto para el cumplimiento de uno o más usos BIM.
SOSTENIBILIDAD	Características que tiene un desarrollo que asegura el cumplimiento de las necesidades del presente sin comprometer las necesidades del futuro.
USO BIM	Tarea única en el proyecto para la implementación BIM.
Viabilidad	Establece las probabilidades de desarrollares o no un objetivo.

RESUMEN

EL trabajo de investigación que se presenta a continuación sobre la implementación de la metodología BIM como una herramienta de planificación y gestión de una vivienda de dos niveles en su fase de planificación muestra el proceso necesario, las herramientas y los recursos tanto humanos como materiales para su implementación además de que permite visualizar de forma más clara sus beneficios en el sector de la construcción siendo una herramienta tecnológica.

La metodología BIM es una herramienta utilizada en todo el mundo en el área de la construcción, sin embargo es importante establecer que su aplicación puede llevarse a cabo en una o todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto, en este caso el trabajo de investigación está conformado por 5 capítulos en los que se establece lo siguiente.

En el primer capítulo se establecen los principales conceptos relacionados a la planificación de un proyecto, en el segundo capítulo se hace mención a la metodología BIM, su ciclo de vida, los estándares que rigen su aplicación, entre otras cosas, en el tercer capítulo se hace una recopilación del proceso actual con el que se lleva a cabo la planificación de una vivienda de la forma tradicional, en el cuarto capítulo se establecen el Plan de ejecución BIM como el documento más importante para la aplicación de BIM en el proceso de planificación de una vivienda, y en el quinto capítulo se presenta la aplicación de BIM en una vivienda de dos niveles ejemplificando sus distintos usos, mapas de procesos de implementación, intercambio de información en las distintas etapas y su infraestructura para la implementación de BIM.

OBJETIVOS

General

Exponer la metodología BIM como una herramienta de planificación y gestión de proyectos en una vivienda unifamiliar.

Específicos

1. Definir la metodología BIM y su aplicación durante la etapa de planificación para una vivienda de dos niveles como una tendencia de automatización para la gestión de proyectos.
2. Conocer el proceso de implementación de la metodología BIM para la etapa de planificación y la gestión de una vivienda de dos niveles.
3. Analizar el impacto en la toma de decisiones que tiene el uso de BIM durante el proceso de planificación de una vivienda unifamiliar.
4. Demostrar los beneficios y alcances que trae consigo la implementación de BIM en los procesos de planificación de una vivienda de dos Niveles mediante la implementación de simulaciones 4D y 5D.

INTRODUCCIÓN

Los proyectos de construcción han experimentado cambios significativos debido a su complejidad y eso ha generado una serie de nuevas necesidades, para las cuales es necesario implementar nuevos avances tecnológicos que permitan optimizar y automatizar los diferentes procesos en el desarrollo de su ciclo de vida. industria de la construcción en Guatemala es una de las industrias que más aportan al desarrollo social y económico del país, es por ello que la implementación de nuevas metodologías de planificación, conceptualización y ejecución de proyectos son necesarias.

La implementación de la metodología BIM en el ciclo de vida de los proyectos de infraestructura ayuda a optimizar los diferentes recursos debido a que su principal objetivo es el manejo y la gestión de la información por medio de modelos paramétricos que permiten una mejor visualización y conceptualización de un proyecto debido a la potencialización del trabajo colaborativo por parte de todas las disciplinas involucradas.

Un proyecto es el conjunto de muchos esfuerzos por parte de las partes involucradas y en lo que corresponde a una vivienda unifamiliar de dos niveles la fase de planificación es muy importante por lo que se establece el proceso que a desarrollar para poder implementar BIM en una etapa del ciclo de vida del proyecto la cual consiste en establecer los principales usos: creación de modelos paramétricos 3D y 4D, con el objetivo de obtener una mejor visualización y conceptualización del proyecto así como también poder realizar un análisis de interferencias entre las diferentes especialidades así como también poder

obtener la información necesaria para un cronograma de actividades y un presupuesto preliminar.

Establecidos los objetivos y sus usos respectivos se establece el flujo de trabajo de todas las disciplinas por medio de los mapas de procesos que son un elemento fundamental que permite que todos los involucrados tenga de una forma clara y concisas el papel que desempeñan en el desarrollo del proyecto, permiten identificar los intercambios de información, las personas encargadas de llevar el control de dicha información y establecer el contenido de los entregables para cada proceso, pasando por todas y cada una de las revisiones correspondientes, hasta llegar a la versión final.

El desarrollo de todos los documentos en los que se maneja la información de un proyecto debe cumplir con una gran cantidad de requisitos los cuales se establecen en el plan de ejecución BIM (BEP), como lo es la versión del software a utilizar, la información en cada tipo de archivo, el nombramiento para los archivos entre otros. Por último, se establecen los requisitos que debe tener el equipo de cómputo para el buen desarrollo de los diferentes modelos paramétricos tomando en cuenta que para cada etapa las prestaciones técnicas del equipo pueden ser diferentes, y es necesario que las personas encargadas de desarrollar el proyecto tengan el conocimiento teórico y práctico de la metodología BIM. Todo esto significa una inversión considerable en el proyecto sin embargo la inversión es menor a los sobrecostos que pueden generar un proyecto mal planificado en el que no se consideren todos los escenarios posibles, gracias a la aplicación de BIM en un proyecto es posible identificar los posibles errores constructivos y de planificación para darles una solución pronta sin que afecte de forma económica el proyecto.

1. PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA CIVIL

Todo proyecto de infraestructura civil debe desarrollarse de forma adecuada, para que esto suceda es necesario realizar una planificación adecuada a las diferentes características del proyecto.

1.1. Conceptos generales

Para llevar a cabo una correcta administración y gestión de un proyecto de infraestructura es necesario conocer los siguientes conceptos:

1.1.1. Proyecto

Según el Project Managment Institute (2021), “Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (p. 4), esto significa que es un conjunto de actividades a lo largo de un intervalo de tiempo que tiene como objetivo satisfacer una necesidad específica.

1.1.2. Planificación

Planificación es el conjunto de actividades con un orden lógico y cronológico que permiten administrar de forma óptima los distintos recursos necesarios para realizar de forma adecuada un proyecto.

1.1.3. Gestión

Gestionar es la actividad que realiza con el objetivo de obtener el máximo rendimiento posible de los recursos, implementando conocimiento que permita una mejora continua y así poder cumplir con los objetivos planteados en la planificación de un proyecto. Gestión es una herramienta que permite realizar todas y cada una de las actividades productivas en un proceso (Rodríguez, 2019).

1.2. Tipos de planificación

Rojas (2012) define “La planeación es la etapa que forma parte del proceso administrativo mediante la cual se establecen directrices, se definen estrategias y se seleccionan alternativas y cursos de acción, en función de objetivos y metas generales económicas, sociales y políticas.” (p. 14).

Existen 3 tipos de planificación:

- Estratégica
- Táctica
- Operacional

1.2.1. Planeación estratégica o de largo plazo

La planificación estratégica es aquella que se desarrolla con base en la toma de decisiones que afectan el proyecto a largo plazo con el fin de especificar los pasos a realizar para el cumplimiento de los objetivos. Esta se caracteriza por su toma de decisiones que se proyectan a largo plazo tanto para sus efectos como consecuencias relacionando el proyecto con todos aquellos sucesos externos que pueden influenciar directamente en el desarrollo del mismo.

En esta se fija la organización general, estableciendo todas y cada una de las estrategias y políticas a implementar en el desarrollo del proyecto. dicha planificación se con base en el anteproyecto con un nivel de detalle general que permita la estimación de costos para el estudio de factibilidad de las distintas propuestas.

1.2.2. Planeación táctica o de mediano plazo

La planificación táctica es la que ejecuta la planificación estratégica haciendo énfasis en los planes más específicos de cada área, unidad y trabajadores dentro de un proyecto, es la que se establece y coordina para la administración de los distintos recursos con los que cuenta el proyecto, por medio de tácticas basadas en los objetivos. Es un proceso continuo que se orienta a la toma de decisiones, el seguimiento y el control parcial por medio de la creación de un cronograma, el presupuesto y el rendimiento en el proceso constructivo de la obra en sus procesos más significativos.

1.2.3. Planeación operativa o de corto plazo

La planificación operativa se encargar de las acciones para cumplir los objetivos, específicamente en el ¿Qué hacer? Y ¿Cómo hacer? y con base a ello administrar los recursos necesarios para el desarrollo de las tareas de forma adecuada y así poder evitar algún inconveniente en el proceso de desarrollo, está planeación puede ser por medio de una planificación semanal o incluso diaria que permita un desempeño adecuado que garantice el cumplimiento de las actividades correspondientes.

1.3. Importancia de la planificación en los proyectos de infraestructura civil

Es en la etapa de planificación de un proyecto donde se establece la línea de acción para alcanzar los objetivos, permitiendo establecer de forma clara la programación y control del proyecto por medio de la administración de los diferentes recursos a utilizar y así poder alcanzar los objetivos establecidos.

En la planificación se establece, el diseño definitivo del proyecto, el presupuesto y cronograma del proyecto, debido a esto la planificación realizada de forma adecuada permite reducir costos y maximizar utilidades manteniendo un estándar de calidad alto, por el contrario, un proceso de planificación mal realizado trae consigo un fracaso en la ejecución del proyecto. Los principales problemas en un proyecto de infraestructura civil son la falta de comunicación y colaboración entre todos los integrantes del proyecto; para disminuir la cantidad de errores que se convierten en recursos despreciados es necesario planificar adecuadamente un proyecto y con ello buscar nuevas alternativas que permitan un desarrollo idóneo del proyecto.

Un proceso de planificación se conforma desde el estudio de viabilidad y factibilidad hasta la entrega del proyecto al cliente, el objetivo es permitir que todos los procesos sean coordinados eficazmente para anticiparse a los posibles inconvenientes en el futuro del proyecto y para ello es necesario tomar en cuenta los siguientes elementos.

- La programación: es un elemento importante para el desarrollo de cualquier proyecto, en este punto se establece el orden de los procesos y los diferentes recursos necesarios para el cumplimiento de los objetivos establecidos.

- Dirección, en todo proyecto es necesario que exista un camino por el cual conducirse hasta logra los objetivos, por ello es necesario que se establezca un orden y un control el todas y cada una de las actividades durante el proceso de ejecución.
- Supervisión, el control es una parte significativa al momento de realizar un proyecto de obra civil, debido a esto es indispensable que sean supervisados todos y cada uno de los procesos que estén involucrados en el proceso de ejecución, de igual manera la supervisión permite evaluar el avancen en el proyecto desde los aspectos físicos hasta los económicos al igual que la toma de decisiones para aplicar medidas correctivas que permiten mantener la calidad del proyecto.

De 975 proyectos analizados a nivel mundial, solo el 5.4 % al ser finalizado estuvieron dentro del presupuesto inicial y el 36.4 % de los proyectos representan sobrecostos por encima del 50 % del presupuesto inicial (Cardenas, Zapata y Lozano, 2018),

1.4. Ciclo de vida de un proyecto

Un proyecto se desarrolla por fases desde el inicio hasta la culminación, cada una tiene establecida cierta duración que condiciona su desarrollo, por ende, deben establecerse de forma adecuada incorporando métodos de planificación, estudio y control de los inconvenientes que se pueden encontrar durante el desarrollo de las fases correspondientes.

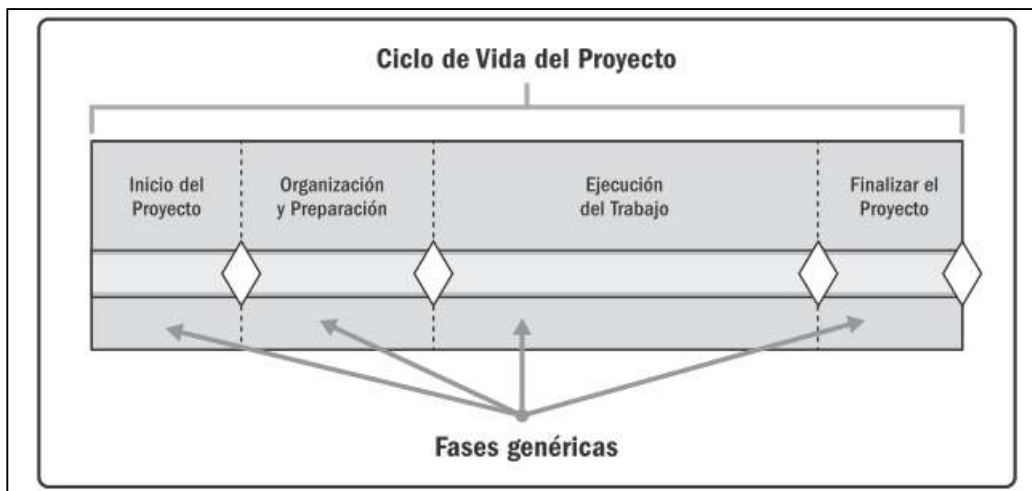
1.4.1. Fases del ciclo de vida de un proyecto según PMBOK®

Las fases del proyecto son las acciones necesarias para el cumplimiento de los objetivos con una secuencia lógica basada en las necesidades e intereses del proyecto y sus participantes. La guía del PMBOK® establece que un proyecto puede configurarse dentro de la siguiente estructura.

- Inicio del proyecto
- Organización y preparación
- Ejecución del trabajo
- Cierre del proyecto

Figura 1.

Ciclo de vida del proyecto según PMBOK

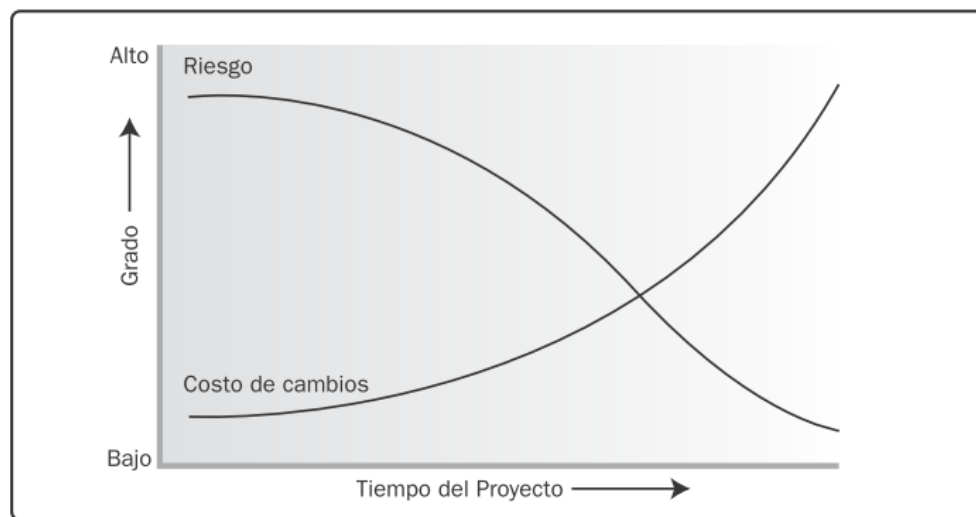


Nota. Representación genérica del ciclo de vida de un proyecto. Obtenido de Project Management Institute (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos.* (p. 548). PMI.

Según la Guía del PMBOK® el ciclo de vida debe presentar la relación entre las variables de riesgo y costo en relación al tiempo de desarrollo del proyecto.

Figura 2.

Relación de variables respecto del tiempo



Nota. Impacto de las variables en el tiempo. Obtenido de Project Management Institute (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos.* (p. 549). PMI.

El impacto del costo dentro de un proyecto aumenta a medida que se va desarrollando el proyecto, esto se debe a que tanto los recursos humanos como materiales incrementan según el avance y disminuye de forma rápida al acercarse a la fase final, por otra parte, los riesgos son mayores en la fase de inicio y disminuyen a medida que el proyecto se acerca a su fase final.

1.4.2. Procesos del ciclo de vida de un proyecto según PMBOK®

La guía PMBOK® establece cinco procesos empleados para el cumplimiento de los objetivos de un proyecto:

1.4.2.1. Proceso de inicio

Se realiza para nuevo proyecto o una nueva fase dentro de un proyecto, que tiene como objetivo principal identificar e informar a los interesados los alcances y objetivos del proyecto o fase según corresponda estableciendo los recursos necesarios para

1.4.2.2. Proceso de planificación

Se realiza para establecer el alcance total del proyecto y confirmar los objetivos y establecidos los recursos necesarios se establece el plan para la utilización de forma adecuada de los mismos.

1.4.2.3. Proceso de ejecución

Se realizan para el desarrollo de las diferentes actividades y una vez establecidos los recursos necesarios se crea un plan para ejecutarlos estableciendo las diferentes actividades y la gestión correspondiente de cada basada en los intereses de todos los involucrados en el desarrollo del proyecto.

1.4.2.4. Proceso de monitoreo y control

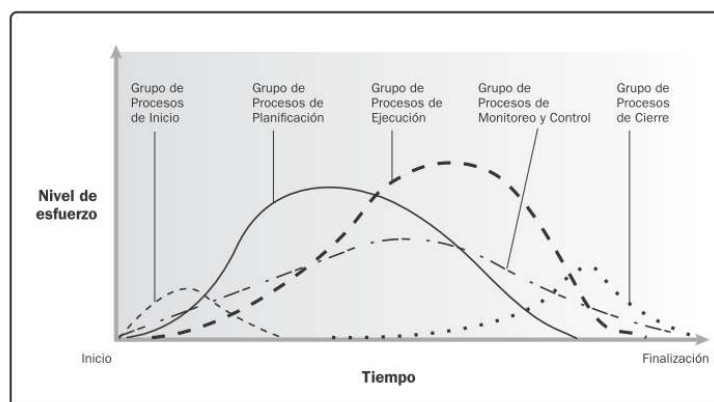
Se realiza para establecer el análisis respectivo sobre el desempeño del proyecto y con ello poder evaluar las posibles acciones preventivas o correctivas para la mitigación de errores, así también analizar el desempeño teórico con el desempeño real para poder determinar cuáles son los factores que influenciaron de manera directa e indirecta el resultado final del proyecto.

1.4.2.5. Proceso de cierre

Se realiza para dar por terminado una fase o un proyecto, verificando que todas las tareas a realizar se hayan concluido, sin embargo, también se puede realizar el proceso de cierre anticipado en los proyectos que no se concluyan por distintas razones.

Figura 3.

Interacción entre los grupos de procesos dentro de un proyecto o una fase



Nota. Ejemplo de Interacciones entre los grupos de procesos dentro de un proyecto o fase. Obtenido de Project Management Institute (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos.* (p. 555). PMI.

1.5. Etapas en un proyecto de infraestructura civil

El desarrollo de un proyecto de infraestructura civil está compuesto por una serie de etapas que permiten un desarrollo adecuado.

Solminihaç & Thenoux (1997) establecieron las siguientes etapas:

1.5.1. Existencia de una necesidad

Todo proyecto de infraestructura inicia con una necesidad a satisfacer, estas necesidades pueden ser de carácter habitacional como un edificio multifamiliar, puede ser ocupacional, o de comunicación en el caso de una carretera, o un puente entre muchos otros.

1.5.2. Análisis

Consiste en identificar las necesidades a satisfacer y con ello establecer las más importantes a solucionar considerando el origen y el impacto que estas pueden tener tanto a nivel, social, económico, político, recreativo, amigable con el medio ambiente, entre otros.

1.5.3. Identificación de soluciones

Se plantean todas las opciones que permitan satisfacer la necesidad establecida tomando en cuenta todos los factores del análisis, en esta etapa las soluciones se establecen en un concepto general.

1.5.4. Estudios de factibilidad

Analizar todas las soluciones planteadas, con el fin de establecer la viabilidad de una o varias soluciones desde un punto de vista, social, económico, técnico, amigable con el medio ambiente, administrativo y legal.

1.5.5. Evaluación

Se evalúan todas las soluciones factibles, y se selecciona la más adecuada respetando todos los factores analizados en el estudio de factibilidad y estableciendo prioridad a la solución con mejores condiciones técnicas y económicas.

1.5.6. Diseño

Establecida la solución a implementar se inicia el proceso de diseño, en el cual se analiza el espacio físico en donde se llevará a cabo la construcción de la infraestructura necesaria para establecer el diseño arquitectónico, diseño estructural, diseño de instalaciones eléctricas, hidráulicas, drenajes y especiales según lo demanden las distintas necesidades, además es indispensable llevar a cabo un estudio de impacto ambiental.

1.5.7. Financiamiento

Establecido el diseño final del proyecto de infraestructura se establece el presupuesto, con ello se establecen el origen del recurso económico que permita llevar a cabo la realización del proyecto.

Establecido el presupuesto y los documentos necesarios para la realización del proyecto se establece la adjudicación a un ente público o privado por medio de un proceso de cotización o licitación correspondiente.

1.5.8. Construcción

Eta en la que es puesta en marcha la materialización del proyecto de infraestructura, esta etapa comienza con la autorización legal para poder llevar a cabo la construcción, y estableciendo los contratos necesarios con todos los implicados dentro del proceso, así como también las distintas metodologías a implementar dentro de la supervisión y control de obra, las cuales permitirán que el proceso se realice priorizando la calidad y el cumplimiento del cronograma previamente establecido.

1.5.9. Puesta en marcha

Realizada la construcción de la infraestructura se procede a la verificación de todos los procesos estén culminados de forma adecuada, se establece que la infraestructura está a disposición de colocarse al servicio de la necesidad planteada desde un inicio y de esta manera cumplir con los objetivos previamente establecidos.

1.5.10. Operación y mantenimiento

Toda infraestructura necesita que se lleve un control sobre el uso adecuado del mismo, de la misma forma exige un mantenimiento que le permite ser utilizada sin ningún riesgo durante el periodo de vida útil respectivo.

1.5.11. Abandono

Finalizada la vida útil de la infraestructura es recomendable demolerla y construir una nueva infraestructura, que permita seguir con el cumplimiento de satisfacer una necesidad, este proceso debe establecerse con anticipación con el fin de minimizar los impactos que trae consigo.

1.6. Metodología para la planificación de proyectos de infraestructura civil

El sector de la construcción es uno de los más importantes para el desarrollo de toda la población a nivel mundial y con los avances tecnológicos ha experimentado grandes retos que implican cambios para un mejor desarrollo, esto trae consigo la implementación de metodologías para la gestión de los recursos y así poder maximizar las utilidades.

1.6.1. Lean Construction

Lean Construction es una metodología que tiene como objetivo principal el mitigar las actividades que no aporten valor al proyecto y por ello hacen énfasis en todas las tareas y herramientas que optimicen los procesos de ejecución del proyecto (Lean Construcción Institute).

1.6.1.1. Last Planner System (LPS)

Para llevar a cabo esta metodología Lean Construction Institute plantea el sistema *Last Planner System* (LPS), consisten en un control de obra basados en pequeños intervalos de tiempo pequeños y manejables que permiten disminuir las pérdidas en las distintas actividades a realizar.

Chavez y Toledo (2018), establecen siete actividades denominadas perdidas dentro de obra:

- Sobre – producción
- Esperas
- Transportes
- Sobre – procesamiento
- Inventario
- Movimientos
- Defectos (Trabajos Rehechos)

La aplicación del sistema *Last Planner* necesita de un compromiso por todos los participantes en el proyecto para poder establecer un control de forma detallada basada en la comunicación la cual aumenta la confiabilidad y disminuye la incertidumbre en todo el proceso de ejecución, además permite anticiparse a los posibles inconvenientes en el futuro, permitiendo de manera más eficaz la detección errores, ya sea por incumplimiento o mala ejecución, esto mediante la mejora del cumplimiento de plazos al establecer una planificación más directa durante el proceso de ejecución del proyecto.

1.6.2. Integrated Project Delivery (IPD)

Lean Construcction Institute (s.f.): indica que “IPD es método de entrega de proyectos de construcción mediante el cual las partes clave involucradas en los aspectos de diseño, fabricación y construcción de un proyecto se unen en un solo acuerdo” (párr. 1).

2. MODELADO DE LA INFORMACIÓN BIM (*BUILDING INFORMATION MODELING*)

La industria de la construcción ha experimentado grandes cambios con el avance en tecnología de información con el objetivo de optimizar los recursos y maximizar las utilidades a través de la automatización de procesos, siendo la metodología BIM un elemento indispensable en el desarrollo de proyectos de infraestructura civil.

2.1. Definición BIM)

SCRI Salford Centre for Research and Innovation, de la Universidad de Salford, Inglaterra (2003) (como se cita en Izaguirre y Alarcón, 2008) definen BIM como “la representación digital y visual, utilizando software comercialmente disponible o una herramienta computacional única, de las dimensiones de un proyecto; cuyo objetivo es mejorar la planificación, coordinación y control de los proyectos de construcción” (p. 7).

Según La cámara argentina de la construcción (marzo 2020) define BIM como “una metodología de trabajo colaborativo para la creación y gestión de proyectos de construcción. Su objetivo de centralizar toda la información en un prototipo virtual que permita ser analizado durante todo el ciclo de vida. Es decir, desde su concepción inicial, pasando por su construcción, mantenimiento y hasta su posterior demolición” (p. 10).

En México La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2019) define BIM como “La nueva manera de gestionar proyectos de edificación. Es una

metodología que cubre los procesos durante el ciclo de vida de los proyectos de infraestructura; integra una base cooperativa del proyecto, cuenta con una representación virtual, así como con tiempos y costos reales” (p. 5).

BIM es una metodología que permite unificar y gestionar la información de un modelo paramétrico y georreferenciado durante el ciclo de vida de un proyecto, estableciendo un trabajo colaborativo basado en la comunicación e interacción de todas las disciplinas que lo componen; permite manejo integral de la información por medio del control en tiempo y una mejor visualización del proyecto.

2.2. Ciclo de vida BIM

El ciclo de vida de un proyecto bajo la metodología BIM se basa en un proceso en el cual todas las fases giran alrededor de un modelo paramétrico central del cual se extrae toda la información necesaria para llevar a cabo la realización de un proyecto de infraestructura.

Las fases del ciclo de vida de un proyecto utilizando BIM son la siguientes:

- Programación
- Diseño conceptual
- Diseño detallado
- Análisis
- Documentación
- Fabricación
- Construcción de modelo 4D Y 5D
- Construcción
- Operación y mantenimiento

- Demolición
- Renovación

Figura 4.

Ciclo de vida utilizando metodología BIM

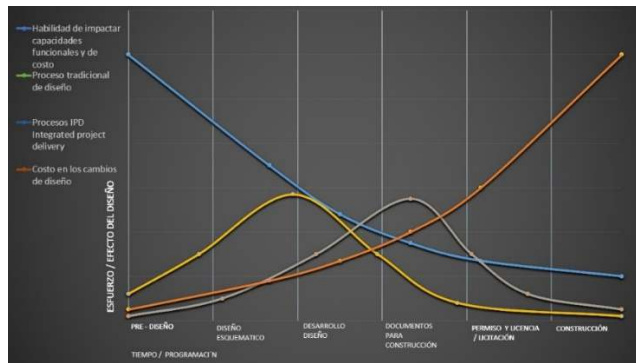


Nota. Es recomendable que todas las empresas que intervienen a lo largo del proceso también implementen BIM. Obtenido de Grupo Técnico de Trabajo de Estandarización (2017). *Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones.* (p. 10). GTTE.

Uno de los objetivos principales de la metodología BIM es optimizar los distintos recursos por medio del cumplimiento del cronograma del proyecto; la curva de Macleamy permite demostrar el impacto positivo que tienen las decisiones en la etapa de diseño, evitando los sobre costos generados por problemas encontrados en el proceso de ejecución.

Figura 5.

Curva de esfuerzos del proceso constructivo. MacLeamy



Nota. Diagramación de los esfuerzos durante el proceso constructivos. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

2.3. Estándares BIM

Los estándares son los lineamientos establecidos para el intercambio de datos entre las distintas disciplinas participantes, para la gestión adecuada de la información.

2.3.1. ISO 19560

Según ISO 19650 (2018) “Building Information Modeling (BIM) es el uso de una representación digital compartida (modelo de información) de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, y proporcionar una base confiable para la toma de decisiones” (sección 3.3.14).

- En ISO 19650-1: se establece los conceptos y principios recomendados para el desarrollo y gestión de información durante el ciclo de vida del proyecto.

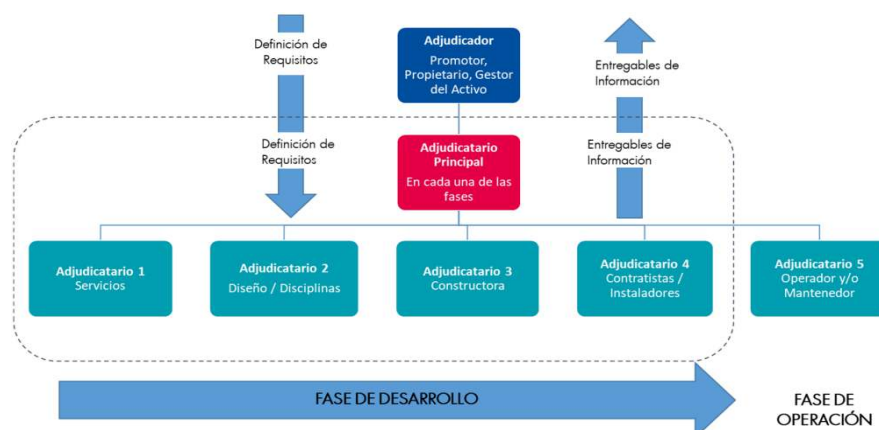
- En ISO 19650-2: se establecen los procesos de desarrollo y gestión de la información duran el proceso de desarrollo del proyecto.

Por medio de la aplicación de esta norma el propietario adquiere toda la información necesaria de una forma clara en la que se establecen los procesos, plazos, protocolos a desarrollar durante el ciclo de vida; establece información de calidad necesaria para cumplir con los objetivos establecidos; permite llevar a cabo una gestión de información adecuada por medio de la transferencia de información entre las distintas disciplinas.

La gestión de información se lleva a cabo durante dos fases del ciclo de vida del proyecto, la fase de desarrollo y la fase de operación y es por medio de los participantes en dichas fases, la parte contratante, parte contratada principal y la parte contratada secundaria.

Figura 6.

Relación entre los diferentes agentes



Nota. Se pueden delegar algunas actividades y responsabilidades a los agentes que se tienen por debajo. Obtenido de Building SMART (2021). *Introducción a la serie EN-ISO 19650.* (p. 5). BuildingSMART.

La información compartida debe cumplir con ciertos requisitos los cuales son establecidos al inicio del proyecto por parte de la parte contratante, esta información se puede clasificar de la siguiente manera:

- OIR: requisitos de información de la Organización relativos a sus objetivos
- PIR: requisitos de la información del proyecto relativos a su desarrollo
- AIR: requisitos de información del activo relativos a su operación
- EIR: requisitos de intercambio de información entre dos partes sujetas a una contratación.

Estos requisitos deben satisfacerse por parte de la parte contratada principal quien debe establecerlos en el Plan de Ejecución BIM (PEB) y transmitirlo a la parte contratada secundaria.

ISO 19650 establece que un modelo de información es el conjunto formado por información estructurada (modelos geométricos, propiedades, atributos, programaciones, entre otros) e información no estructurada (documentos, imágenes, videoclips, entre otros), que facilitan la toma de decisiones.

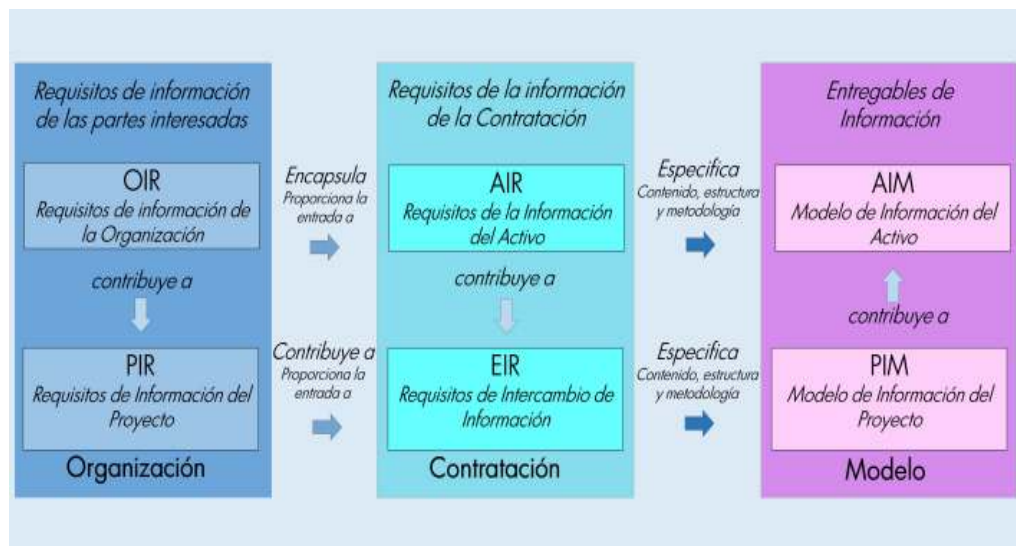
El modelo de información se compone por los modelos de cada una de las disciplinas que componen el proyecto los cuales deben estar organizados de una manera que puedan ser convertidos a un modelo federado permitiendo un trabajo colaborativo durante el desarrollo de proyecto. Un modelo de información entregable puede ser clasificado de la siguiente manera:

- PIM: modelo de información del proyecto relacionado con la fase de desarrollo

- AIM: modelo de información del activo relacionado con la fase de operación.

Figura 7.

Jerarquía de los requisitos de información según EN-ISO 19650-1



Nota. Al finalizar de la fase de desarrollo, y con la entrega del modelo de información se debe garantizar que se han cumplido los requisitos de información. Obtenido de Building SMART (2021). *Introducción a la serie EN-ISO 19650.* (p. 12). BuildingSMART.

- ISO 12911:2012 *Framework for building information modeling*: especifica que un modelo BIM es aplicable para cualquier tipo infraestructura civil.
- ISO 16757-1:2015 *Data structures for electronic product catalogues for building services: Part 1. Concepts, architecture and model*: expone los elementos de un modelado BIM a través de un modelo genérico.

- ISO 120062:2015 *Building construction. Organization of information about construction works. Part 2*. Establece el desarrollo de clasificación de entornos construidos.
- ISO 120006-3: 20047 *Building construction. Organization of information about construction works*. Explica que no importando el idioma un modelo de información puede ser utilizado para brindar información sobre los procesos de construcción.
- ISO 16354:2013 *Guidelines for knowledge libraries and object libraries*. Expone las categorías de bibliotecas de información para el uso común de todos los participantes del proyecto.
- ISO 22263: 2008 *Organization of information about construction works. Framework for management of project information*: Establece un marco para la organización de la información del proyecto de construcción. Facilitando el control, intercambio recuperación y uso de la información obtenida del modelo.
- ISO/NP 16739-1:2018 *Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries*. Establece el esquema para el manejo de información y una estructura de format de archivos para intercambiar y compartir datos entre los distintos softwares utilizados.
- ISO 29481-1: 2016 *Building information models – Information delivery manual – Part 1. Methodology and format* (Metodología y Formatos). Establece la metodología que vincula todos procesos de negocios durante

la construcción del proyecto con el fin de describir los procesos de información durante el ciclo de vida.

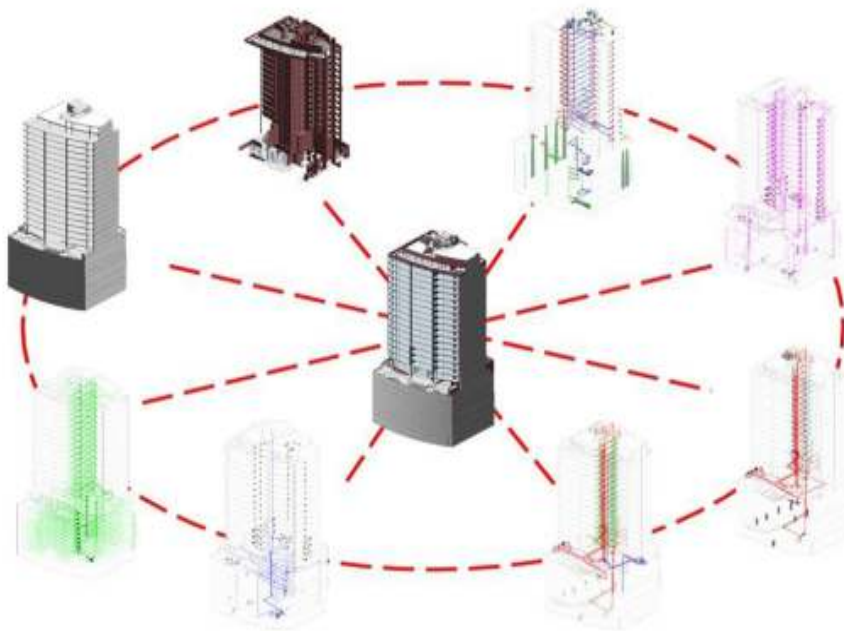
- ISO 29481-2: 2012 *Building information models – Information delivery manual – Part 2. Interaction framework* (Marco de Interacción). Establece la metodología para la asignación de los roles de los participantes para el control del flujo de información.

Dentro de los estándares BIM implementados a nivel internacional se encuentran los siguientes:

- Building Smart International
- Unifomat Standards
- British Standards Institution (BSI) Standards, Reino Unido
- Royal Institutos of Chartered Surveyors (RCIS) Guidelines, Reino Unido
- CIC BIM protocol. Protocolo estándar para Proyectos que utilizan BIM
- National Institute of Building Sciences. National BIM Standar. United States. NBIMS-US.
- Estándar BIM para Proyecto Públicos. PlanBIM Corfo. Chile.

El impacto en los procesos constructivos aplicando BIM se maximizará a media que todos los implicados actúen en una misma línea de acción integrando todos los procesos en un modelo central, para ello los estándares deben ser abiertos e internacionales.

Figura 8.
Integración BIM



Nota. Caso cuando la coordinación de todas las especialidades y etapas del proyecto es realizada en forma normada y centralizada. Obtenido de Grupo Técnico de Trabajo de Estandarización (2017). *Guía Inicial para implementar BIM en las organizaciones.* (p. 13). GTTE.

2.4. Plan de ejecución BIM (PEB)

Messner, J. et al., (2019) establece “Un plan de ejecución del Proyecto BIM, describe la visión general junto con los detalles de implementación que el equipo debe seguir durante todo el proyecto” (p. 12).

Es necesario establecer el alcance al momento de aplicar BIM a un proyecto, por ello en el PEB se identifican el flujo de proceso, la forma de gestión

de información entre todas las partes implicadas y la infraestructura a utilizar para la realización del proyecto.

Project Execution Planning Guide establece que al desarrollar un PEB el proyecto y los miembros del equipo del proyecto se benefician de la siguiente manera:

- Todas las partes comprenderán y comunicarán claramente los objetivos estratégicos para implementar BIM en el proyecto.
- Las organizaciones comprenderán sus roles y responsabilidades en la implementación.
- El equipo podrá diseñar un proceso de ejecución que sea adecuado para las prácticas comerciales de cada miembro del equipo y los flujos de trabajo organizacionales típicos.
- El plan proporcionará un punto de referencia para describir el proceso a los futuros participantes que se unan al proyecto.
- Las divisiones de compra podrán definir el lenguaje del contrato para garantizar que todos los participantes del proyecto cumplan con sus obligaciones.
- El plan de referencia proporcionará una meta para medir el progreso a lo largo del proyecto.

2.4.1. Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM (PEB)

El desarrollo de un PEB se hace por medio de 4 pasos, estos se describen a continuación:

2.4.1.1. Establecer objetivos y usos BIM

Los objetivos se establecen mediante el desempeño del proyecto, estos podrían ser la disminución de pérdidas mediante el cumplimiento de un cronograma, aumentar la productividad en campo, mitigar las ordenes de cambio durante el proceso de construcción; por su parte los usos BIM se establecen mediante el alcance que se desea obtener al desarrollar el proyecto, un uso BIM es un procedimiento único en un proyecto.

2.4.1.2. Diseño del proceso de ejecución BIM

Identificados los objetivos y usos BIM se establece el procedimiento para la implementación de BIM en el proceso de planificación del proyecto mediante un reconocimiento de procesos los cuales deben interactuar de forma lógica y secuencial entre sí, permitiendo a todos los integrantes conocer la línea de acción del proyecto y con ello poder entender claramente sus obligaciones.

2.4.1.3. Intercambio de información

Establecida la línea de acción del proyecto y todos los procesos que interactúan entre sí se establecen los criterios a tomar en cuenta para generar los documentos con la información necesaria, por ello es indispensable que tanto el receptor como el emisor comprendan claramente la información a transmitir, esta información se establece según los objetivos del proyecto.

2.4.1.4. Infraestructura para la implementación de BIM

Establecidos los objetivos, la línea de acción y los requerimientos para el intercambio de información se debe establecer la infraestructura tecnológica, definiendo los requisitos de hardware, plataformas de software y sus respectivas versiones y licencias, estructura del modelo paramétrico y las capacidades técnicas necesarias para la realización del modelo paramétrico siendo estas indispensables para el desarrollo adecuado del proyecto.

2.4.2. Información en un Plan de Ejecución BIM (PEB)

Un PEB debe contener la siguiente información:

Tabla 1.

Información de un plan de ejecución BIM (PEB)

Categorías	Descripción
Información general del plan de ejecución	Indica el objetivo principal por el cual fue creado el PEB
Información del proyecto	Información general del proyecto, ubicación, descripción, cronograma, presupuesto entre otros.
Contactos clave del proyecto	Información del BIM manager y todas las personas encargadas del proyecto
Metas del proyecto / Objetivos BIM	Información sobre el valor del proyecto estableciendo el uso específico del proyecto (análisis de diseño, coordinación técnica, análisis de colisiones, documentación, cronograma de ejecución, presupuesto del proyecto, mantenimiento, entre otros).
Roles organizacionales y dotación de personal	Establecer las responsabilidades de todos los integrantes del proyecto, así como la cantidad de personas involucradas en los diferentes procesos.
Diseño de procesos BIM	Establecer la secuencia lógica de los procesos que permitan una retroalimentación constante a todos los participantes
Intercambios de información BIM	Establecer el nivel de detalle en el modelo BIM con forme a los requisitos establecidos para el cumplimiento de los objetivos BIM

Continuación de la Tabla 1.

Categorías		Descripción
Requisitos de datos de instalaciones y BIM	de	Todos los requisitos solicitados por el propietario documentados y de fácil comprensión
Procedimientos de colaboración	de	Establecer los procedimientos para la gestión de información obtenida mediante la creación del modelo paramétrico.
Procedimientos modelo de control de calidad	de	Establecer el proceso de auditoría del modelo paramétrico asegurándose que cumpla con los requisitos necesarios para el cumplimiento de los objetivos BIM
Necesidades de infraestructura tecnológica	de	Establecer el hardware y software necesario para la creación del modelo de información y la red necesaria para la ejecución del plan.
Estructura del modelo		Establecer los lineamientos para la estructura del modelo paramétrico basado en los estándares de modelo y la estructura de nombres en los documentos
Entregables del proyecto		Documentación del modelo entregable para el propietario (Planos)
Estrategia de entrega / Contratos	/	Condiciones para los entregables del proyecto al propietario, así como también los contratos entre el ente encargado de la ejecución y los trabajadores, estableciendo las capacidades técnicas necesarias para el desarrollo de proyecto.

Nota. Descripción de los componentes para la elaboración de un Plan de Ejecución BIM.
Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Un PEB debe ser realizado en la primera etapa del proyecto, por representantes de todas las disciplinas del proyecto, el propietario y el BIM manager.

2.5. Dimensiones BIM

BuildingSMART alliance® (s.f.): indica que “BIM supone una elevación en los sistemas tradicionales de diseño basados en planos, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costos (5D), sostenibilidad (6D) y de mantenimiento (7D)” (párr. 2).

2.5.1. Modelado paramétrico (3D)

El modelo paramétrico está orientado a realizar una descripción gráfica que permita extraer información mediante la visualización en tercera dimensión de su geometría, ayudado por los parámetros es posible extraer información sobre sus dimensiones, materiales y demás características que permiten crear las siguientes dimensiones.

2.5.2. Modelo de tiempos (4D)

El modelo 4D permite realizar una simulación de las fases del proyecto mediante la programación debido a que vincula el modelo 3D con el cronograma de actividades permitiendo el análisis de la planificación establecida con la capacidad constructiva de esta manera se pueden observar los procesos secuenciales, espaciales y temporales, en el proceso constructivo.

La implementación de un modelo 4D permite optimizar los recursos gracias al análisis de interferencias para evitar inconvenientes en el proceso constructivo que se convierten en sobre costos para el proyecto, una vez solucionado los problemas de interferencias en el modelo se vincula con la creación de un diagrama de Gantt y eso permite visualizar una simulación en tiempo real del proceso constructivo del proyecto.

2.5.3. Modelo de costos (5D)

Establece una estimación del presupuesto del proyecto, con base en la cuantificación de materiales realizada con base en el modelo 3D y la integración de los costos de materiales y los costos operativos, para la creación de un presupuesto.

Un modelo 5D permite optimizar el recurso económico debido a que la cuantificación es más exacta al momento ser elaborada con base en el modelo 3D.

2.5.4. Modelo de sostenibilidad (6D)

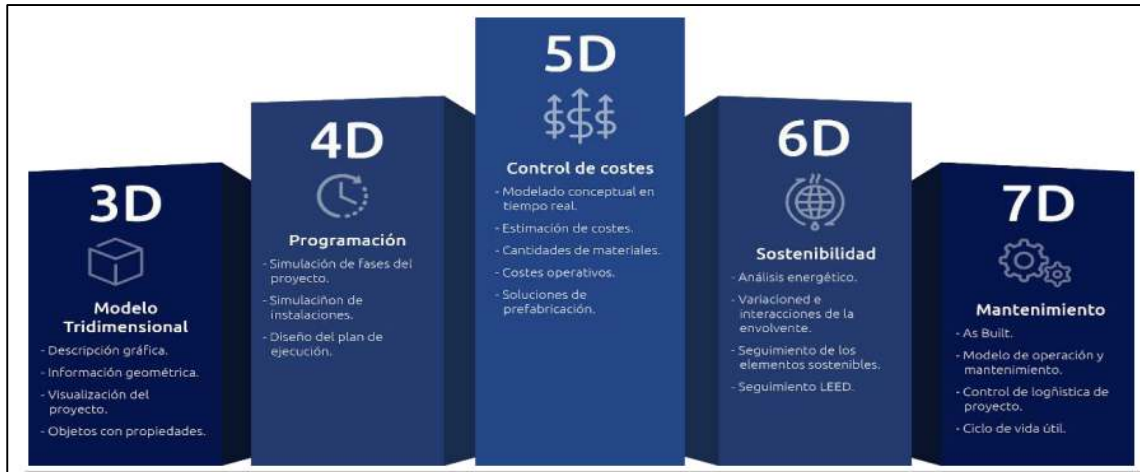
Permite la recolección de información referente a la gestión ambiental del modelo, la sostenibilidad en aspectos energéticos, tiempo de vida de los materiales y la implementación de estrategias para el uso de energías renovables. Los parámetros a analizar en un modelo 6D son el aislamiento acústico, viscosidad, luminosidad entre otras.

2.5.5. Modelo de seguimiento / mantenimiento (7D)

Establece los parámetros adecuados para conservar la calidad de la infraestructura a lo largo de su vida útil, brinda información sobre como restaurar la infraestructura de forma adecuada, así como también la logística adecuada durante su ciclo de vida útil.

Figura 9.

Dimensiones BIM



Nota. Con la 5D se fija en el presupuesto mediciones y se comprueba si han sido obtenidas a partir del modelo. Obtenido de Building Smart (2014). *Spanish Journal of BIM.* (p. 35). BuildingSMART.

2.6. Nivel de desarrollo (LOD)

LOD (*Level of development*), se define por el nivel de desarrollo o madurez que posee un modelo 3D, depende de los objetivos establecidos del proyecto, el nivel de desarrollo en un proyecto puede variar dependiendo el elemento a analizar, a medida que aumenta el nivel de desarrollo aumentan los parámetros en el modelo.

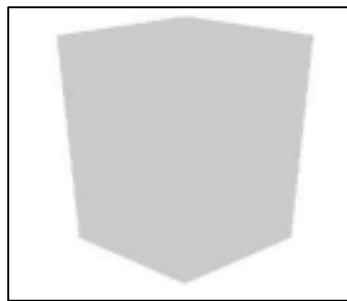
El nivel de desarrollo en un elemento permite evaluar la cantidad y calidad de información en un modelo, es de gran ayuda para la toma de decisiones.

2.6.1. LOD 100 – Conceptual

Nivel de desarrollo donde un elemento es representado de forma simple por medio de un símbolo o bien una representación genérica. Por medio de este nivel de desarrollo se analiza las dimensiones geométricas si existieran o bien la ubicación del objeto en relación a otros elementos.

Figura 10.

Modelo de columna con LOD 100



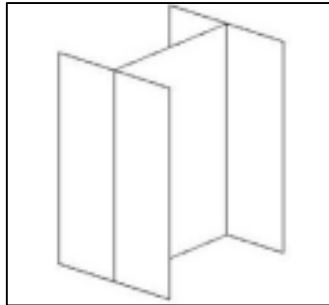
Nota. Elemento generic de columna. Obtenido de BIM Forum (2021). *Level of development (LOD) specification part I & commentary. For Building Information Models and Data.* (p. 47). BIM Forum.

2.6.2. LOD 200 – Geometría

Nivel de desarrollo en el que se empieza a definir una volumetría de forma aproximada, se incluye información relacionada a la geometría, localización y una orientación aproximada.

Figura 11.

Modelo de columna con LOD 200



Nota. Elemento generico de acero. Obtenido de BIM Forum (2021). *Level of development (LOD) specification part I & commentary. For Building Information Models and Data.* (p. 47). BIM Forum.

2.6.3. LOD 300 – Construcción

Nivel de desarrollo donde se presenta información geométrica específica, en términos de cantidad, dimensiones, forma, ubicación y orientación, este nivel de detalle permite incluir información no grafica que esté vinculada al elemento

Figura 12.

Modelo de columna con LOD 300



Nota. Elemento generico de acero. Obtenido de BIM Forum (2021). *Level of development (LOD) specification part I & commentary. For Building Information Models and Data.* (p. 48). BIM Forum.

2.6.4. LOD 350 - Coordinación y colisiones

Nivel de desarrollo donde los elementos cuentan con información precisa que permite la realización de un análisis de interferencias y colisiones dentro del proyecto, se establecen datos no geométricos concretos como por ejemplo el costo, la fabricación y con base a ello ya se puede realizar un proceso de coordinación en la fase de construcción del proyecto.

Figura 13.

Modelo de columna con LOD 350



Nota. Marco estructural del piso (acero columnas de estructura). Obtenido de BIM Forum (2021). *Level of development (LOD) specification part I & commentary. For Building Information Models and Data.* (p. 48). BIM Forum.

2.6.5. LOD 400 - Fabricación

Nivel de desarrollo que permite la fabricación o construcción del elemento, ya que su información geométrica es exacta incluyendo los detalles, así mismo contiene información no geométrica, como por ejemplo ficha técnica o costo del elemento, información necesaria para ser utilizada en todo el proceso de planificación y coordinación con otros elementos.

Figura 14.

Modelo de columna con LOD 400



Nota. Marco estructural del piso (acero columnas de estructura). Obtenido de BIM Forum (2021). *Level of development (LOD) specification part I & commentary. For Building Information Models and Data.*(p. 48). BIM Forum.

2.6.6. LOD 500 – As Built

Nivel de detalle más alto, es la representación del modelo de forma real, y contiene la geometría, ubicación, y materiales reales puesto en obra, no posee representación digital debido a que es el elemento final construido.

2.7. Nivel de información (LOIN)

El nivel de información hace referencia a la cantidad de datos y detalles que se integran al modelo BIM, está directamente relacionado al nivel de detalle.

2.7.1. LOI 2 Y 3

El elemento modelado proporciona una descripción inicial para una entrega hacia el diseño.

2.7.2. LOI 4

El elemento modelado proporciona una información suficiente para permitir la selección del producto de fabricante que cumpla con sus requerimientos. Esta información también puede ser utilizada para reemplazar un elemento durante el ciclo de vida del proyecto, una vez construido

2.7.3. LOI 5

El elemento modelado proporciona la información específica del producto de fabricante seleccionado o lo construido y entregado. Cualquier información adicional pertinente durante el proceso de construcción o instalación es indicada dentro de este nivel.

2.7.4. LOI 6

El elemento modelado proporciona la información acumulada de los niveles anteriores y además considera información detallada del mantenimiento efectuado.

2.8. Usos BIM

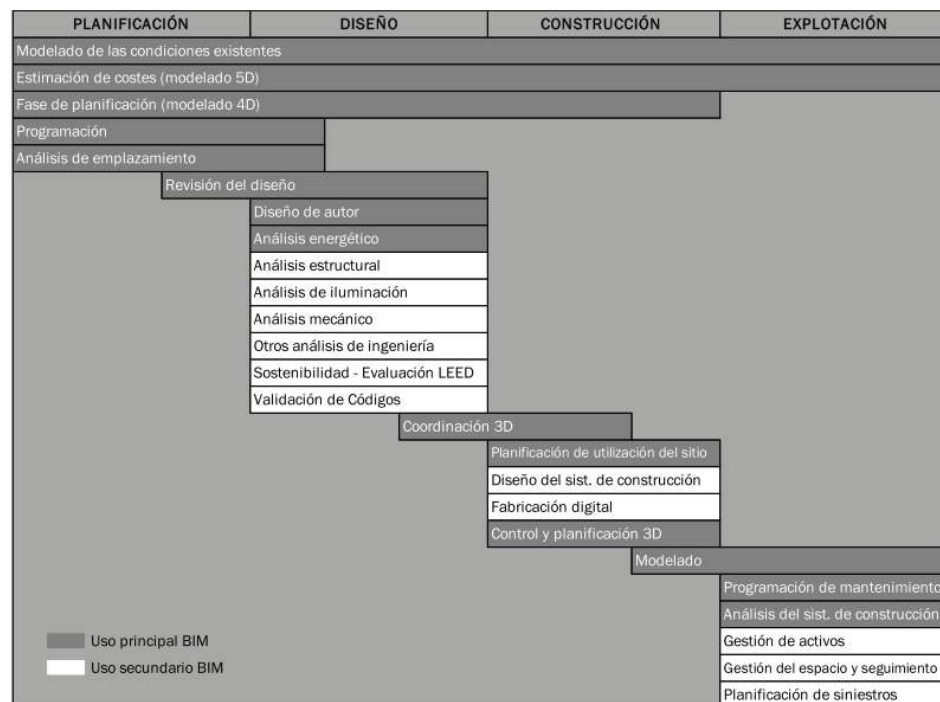
Project Execution Planning Guide, establece veinticinco usos BIM los cuales se organizan por fases del desarrollo del proyecto. Un uso BIM es una tarea única en el proyecto que permite desarrollar de forma adecuada el proyecto.

Es tarea del equipo de trabajo establecer los usos prioritarios con base en los objetivos del proyecto, ya que algunos de los usos establecidos por Project

Execution Planning Guide, son específicos para un proceso que puede o no estar incluido en proyecto a desarrollar.

Figura 15.

Usos BIM a lo largo del ciclo de vida



Nota. Usos de BIM a lo largo del ciclo de vida de un edificio (organizados en orden cronológico desde la planificación hasta la operación). Obtenido de PennState (s.f.). *BIM project execution plan*. (<https://psu.pb.unizin.org/bimprojectexecutionplanningv2x2/chapter/chapter-2/>), consultado el 05 de enero de 2021. De dominio público.

2.9. Roles BIM

Un rol BIM es una función ejercida por un participante del proyecto en uno o varios procesos a lo largo del ciclo de vida del proyecto, un rol no es un cargo, o una nueva disciplina dentro de la planifica

Planbim establece en el estándar BIM para proyectos públicos las acciones, responsabilidades y experiencias necesarias para cada rol BIM. Los roles BIM son los siguientes:

- Modelado BIM
- Revisión en BIM
- Coordinación en BIM
- Gestión en BIM
- Dirección en BIM

Tabla 2.
Roles BIM

Rol	Responsabilidad	Experiencia
Supervisor BIM	Visualizar y verificar la información de los modelos desarrollados en BIM según la etapa del ciclo de vida del proyecto.	Conocimiento sobre los objetivos y normas aplicados al proyecto, con aptitudes de fiscalización, validación, auditoría, control de desarrollo y ejecución con base en la información de un proyecto.
Modelación en BIM	- Desarrollar modelos BIM de proyectos según la especialidad utilizando diferentes tipos de representación y extracción de la documentación técnica de ellos. - Dominar el intercambio de la información en diferentes formatos. - Modelar los elementos agregando o actualizando la información requerida. - Usar y crear nuevas entidades.	Conocimientos y competencias sobre los objetivos técnicos y normativos del proyecto, especialidad y etapa a modelar.
Coordinación en BIM	- Desarrollar el proceso de integración y flujo de información entre los diferentes actores según la etapa de un proyecto. - Validar e integrar modelos de distintas especialidades, prever conflictos y conciliar soluciones. - Comunicarse con los especialistas para recopilar información y asegurar la correcta modelación del diseño.	Conocimiento y competencias sobre los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a coordinar. Liderazgo de equipos

Continuación de la Tabla 2.

Rol	Responsabilidad	Experiencia
	- Organizar sesiones de coordinación entre las disciplinas. - Configurar el entorno de modelación para desarrollar las entregas según lo especificado en el PEB. - Mantener el/los modelo(s) actualizado(s) y livianos (s). La(s) persona(s) en este rol son el principal punto de contacto entre los modeladores.	
Gestión en BIM	- Liderar la planificación, desarrollo y administración de los recursos humanos y tecnológicos para la implementación y actualización de la metodología BIM en una organización, un proyecto o en la administración de un activo. - Definir el entorno de modelación, los estándares que se usarán, los modelos que se crearán, ¿Cómo se vincularán entre sí?, ¿Cómo se ordenará y organizará la información en los modelos, la configuración de la infraestructura de TI y los protocolos de comunicación? - Definir un cronograma para las entregas y organizar reuniones del equipo BIM. La(s) persona(s) en este rol son el principal punto de contacto para el (los) gerente(s) del proyecto ya para los diversos coordinadores de un proyecto.	Competencias en alguna de las siguientes responsabilidades: - Estandarización y optimización de procesos tecnológicos. - Planificación y administración de proyectos. - Operación y mantenimiento de activos. - Liderazgo de equipos.
Dirección BIM	Liderar y fomentar la implantación de BIM en una organización, de acuerdo a las necesidades, estrategias y toma de decisiones relativas a proyectos e inversiones, según la etapa del ciclo de vida del proyecto. (idea, diseño, construcción y operación).	Experiencia en gestión estratégica de proyectos y de organizaciones de liderazgo.

Nota. Descripción de las responsabilidades de cada Rol BIM. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

2.10. Herramientas BIM

La metodología BIM ha tenido un gran avance y por ello se cuenta con muchas opciones de software a utilizar en sus diferentes dimensiones.

Tabla 3.

Softwares BIM

Fase BIM		Software
Modelado paramétrico 3D	Arquitectura	• ArchiCAD (Graphisoft) • Revit (Autodesk) • Allplan (Nemetschek) • Vectorworks (Nemetschek) • Aecosim (Bentley Systems) • Edificius (ACCA software) • CYPECAD (CYPE)
	Instalaciones	• Revit MEP (Autodesk) • CypeCAD MEP (CYPE) • DDS CAD
	Estructuras	• Advance Steel (Autodesk) • Revit Structure (Autodesk) • Teckla Structure (Trimble) • Trilac • Cype
	Infraestructura	• Civil 3D (Autodesk) • Infracore (Autodesk) • Dynamo (Autodesk) • AutoCad Map (Autodesk) • SierraSoft Roads • MicroStation (Bentley)
Modelo de tiempos 4D		• Naviswork (Autodesk) • SYNCHRO • TCQi • Project (Microsoft) • OpemBIM model checker (CYPE)
Modelo de Costos 5D		• Arquímides (CYPE) • Presto – Cost It • Gest.MidePlan (Arktec)
Modelo de sostenibilidad 6D		• Green Building STUDIO (Autodesk) • CYPETHERM HE (CYPE) • RIUSKA • EcoDesigner (Graphisoft)

Continuación de la Tabla 3.

Fase BIM	Software
Modelo de seguimiento / mantenimiento 7D	• Maximo (IBM) • ARCHIBUS
Visores BIM	• A360 (Autodesk) • BIM Collab Zoom • BIMx (Graphisoft) • Openbimsystems (CYPE) • Solibri Model Viewer • Dalux BIM Viewer • BIMSYNC • BIM Visión • BIMkeeper • UsBIM Viewer (ACCA Software) • Bentley View

Nota. Listado de softwares para la implementación de BIM en cada una de sus fases. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

2.11. Open BIM

Es una serie de procesos de intercambio de información con base en un entorno colaborativo, que mejoran la calidad del proyecto por medio del incremento del rendimiento en los diferentes procesos, mejor comunicación entre los participantes, disminución de riesgo en el manejo de información, mejor toma de decisiones.

Open BIM es una herramienta que permite un flujo de trabajo digital por medio de formatos electrónicos neutrales para los diferentes especialistas, siendo estas los archivos IFC, BCF, COBie, CityGML, gbXML, entre otros.

BuildingSMART® establece que los principios de openBIM reconocen lo siguiente:

- La interoperabilidad es clave para la transformación digital en la industria de la construcción.
- Debe realizarse con normativos abiertos y neutrales que faciliten la interoperabilidad.
- El intercambio de información es cada vez más confiable.
- Los flujos de trabajo colaborativo mejoran a medida que la información es más abierta.
- La flexibilidad de elección en las herramientas tecnológicas aumenta el valor para el proyecto.
- La sostenibilidad en el proyecto está salvaguardada por estándares de datos interoperables a largo plazo.

3. TRADICIONAL DE PLANIFICACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Para llevar a cabo un proyecto de construcción luego de identificar las necesidades es necesario llevar a cabo un estudio de factibilidad para poder determinar si el proyecto que se va a realizar es viable en sus aspectos económicos, técnicos, legales entre otros.

La ejecución de una vivienda tiene como objetivo satisfacer una de las principales necesidades de las personas además influye en el desarrollo de la sociedad ya que esta genera ingresos económicos a diferentes sectores de la construcción, sin embargo los procesos de planificación tradicionales son poco eficiente, eso se evidencia durante su ejecución ya que en la mayoría de los proyectos se presentan incompatibilidades entre los diseños de las diferentes especialidades (Arquitectura, estructuras e instalaciones).

Los sobrecostos son una de las consecuencias de mayor impacto al momento de realizar una mala planificación y esto se debe a varios factores entre ellos la falta de información en los planos constructivos realizados en 2D, en los cuales la información presentada carece de información relevante.

En la actualidad los procesos de planificación en una vivienda específicamente son muy generales, consisten en su mayoría en un anteproyecto, diseño de las diferentes especialidades, cronograma de actividades y un presupuesto.

3.1. Anteproyecto

El anteproyecto es la fase en la que se presentan opciones basadas en estudios preliminares de diseño con el objetivo de brindar una solución a las necesidades establecidas del propietario del proyecto, entre los estudios se encuentra la evaluación física del terreno, la normativa de construcción del sitio donde se ubica el terreno, los diferentes espacios arquitectónicos como el físico, funcional, personal, diagramas de circulación, las relaciones entre los ambientes, directas, indirectas y nulas, estudio climático entre muchos otros.

El anteproyecto nace de un esquema básico con el fin de satisfacer las necesidades establecidas, una vez realizados los estudios y análisis arquitectónico correspondiente el profesional encargado (Arquitecto), plasma el diseño mediante el uso de planos arquitectónicos los cuales pueden ser Planta de conjunto, planta amueblada, elevaciones y secciones; en la actualidad se ha empezado a implementar el uso de Reders (Representación gráfica a partir de un modelo 3D) y recorridos virtuales del proyecto.

Figura 16.

Elaboración de anteproyecto



Nota. Propuesta de vivienda unifamiliar, anteproyecto arquitectónico. Elaboración propia, realizado con Revit 2021, Lumion 8 y Adobe Photoshop CS.

3.2. Diseño de proyecto

Una vez culminado el anteproyecto y aprobado por el dueño del proyecto se procede al proceso de diseño de todas las especialidades involucradas al momento de llevar a cabo la construcción de una vivienda unifamiliar.

3.2.1. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico una vez establecidos las características cualitativas y cuantitativas del terreno y verificando que cumpla con los requisitos establecidos en el reglamento de construcción correspondiente; consiste en detallar de forma constructiva el anteproyecto aprobado por el dueño del proyecto, esto se lleva a cabo por medio de planos arquitectónicos constructivos los cuales son:

- Plano de ubicación
- Plano de localización
- Plano de conjunto
- Planta amueblada (de todos los niveles del proyecto)
- Planta de cotas (de todos los niveles del proyecto)
- Planta de acabados (de todos los niveles del proyecto)
- Planta de proyección de techos
- Plano de elevaciones y secciones del proyecto

3.2.2. Diseño estructural

El diseño estructural de una vivienda debe acoplarse a los reglamentos de construcción establecidos según la ubicación donde se encuentre el proyecto en el caso de Guatemala las construcciones se deben basar en las normas AGIES,

(Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica), específicamente en la Norma NSE 7.4 Diseño de mampostería reforzada, o bien en las normas de planificación y construcción del FHA, sin embargo hay que mencionar que las normas del FHA contienen los requisitos mínimos a tomar en cuenta al momento de construir una vivienda.

El diseño estructural consta de elementos y estudios que se deben realizara para una correcta recolección de información que es de carácter indispensable al momento de llevar a cabo los cálculos correspondientes.

3.2.2.1. Estudio de suelos

El estudio de suelos permite identificar las diferentes propiedades físicas y mecánicas que tiene el suelo en donde se va construir el proyecto, para poder establecer un análisis completo de la situación actual del terreno y poder llevar a cabo un diseño estructural de forma adecuada.

AGIES, establece cuatro tipos de estudios de suelos, los cuales se dividen según la clasificación de obra, la aplicación y la jerarquía siendo estos los siguientes.

- Estudio Geotécnico tipo I, para obras utilitarias y obras ordinarias hasta 200m² de construcción.
- Estudio Geotécnico tipo II, para obras ordinarias.
- Estudio Geotécnico tipo III, para obras importantes y esenciales.

- Estudio Geotécnico Especial tipo IV, para investigar amenazas geotécnicas y geológicas, esto sin importar la clasificación de la obra.

En la Normativa NSE 2.1 Estudios Geotécnicos, se establece que en el caso de tratarse de obras menores (menos de 100m² de construcción), el informe por escrito de una visita técnica se puede utilizar como un estudio de suelos. Estos estudios deben ser realizados por profesionales especializados en las áreas de geología o geotecnia.

3.2.2.2. Diseño estructural de una vivienda

El diseño de los diferentes elementos estructurales de una vivienda está basado en la tipología estructural a utilizar y su desempeño post elástico ya que una construcción de mampostería, es considerada en AGIES como un sistema constructivo de ductilidad reducida en donde la mayor cantidad de demandas estructurales son resistidas por los muros estructurales.

En el diseño estructural de elementos se debe tomar en cuenta las cargas, la resistencia a cargas aplicadas y los efectos que producen las mismas sobre los diferentes elementos. Los diferentes tipos de cargas muertas, cargas vivas, aspectos sísmicos, acciones de viento y otros tipos de cargas se pueden consultar en la norma NSE 2 Demandas estructurales y condiciones de sitio, según sea el caso.

Los materiales son muy importantes al momento de realizar el diseño estructural ya que sus propiedades físicas y mecánicas son las que permite establecer un diseño adecuado para cada componente como es el caso de los morteros, el concreto y el acero de refuerzo a utilizar.

Una construcción de mampostería reforzada que es el sistema más utilizado en Guatemala a la hora de construir viviendas se compone de mochetas principales, soleras, mochetas intermedias, vigas, cimientos, zapatas y losas.

Una vez establecidos todos los criterios que se deben cumplir y basándose en los parámetros establecidos por las diferentes normativas según sea el caso el profesional encargado realiza todos los cálculos necesarios para el diseño de los elementos estructurales.

La información sobre el diseño estructural se resume en los siguientes documentos técnicos los cuales se adjuntan al expediente del proyecto, estos documentos son:

- Memoria estructural
- Plano de cimentaciones
- Plano de vigas y columnas
- Plano de losas/cubiertas

El encargado de realizar el plano de instalaciones de agua potable es un profesional en el grado de licenciatura de Ingeniería Civil, o bien un Arquitecto que cuente con los conocimientos necesarios para el cálculo estructural de una vivienda.

3.2.3. Diseño de diferentes instalaciones en una vivienda

Las instalaciones en una vivienda son el conjunto de varios elementos que tienen como objetivo el satisfacer los requisitos de habitabilidad y seguridad que posee una vivienda.

Las instalaciones a colocar en una vivienda dependen de las especificaciones del proyecto ya que estas pueden ser desde agua potable, drenajes, energía eléctrica hasta extracción de olores, red de vigilancia, entre muchas otras.

En el caso de Guatemala el FHA indica los tipos de instalaciones que se deben colocar en una vivienda.

3.2.3.1. Instalación de agua potable

Una red de agua potable indica el tipo de circuito que se va a utilizar en la vivienda, la red de agua inicia en la acometida y pasa por todos los artefactos que necesiten de agua potable tanto fría como caliente. En ambos casos el agua potable el agua se conduce por medio de la presión en el sistema.

En el plano de agua potable se debe indicar el tipo de circuito a utilizar, ya se abierto o cerrado, el tipo de tubería, los diámetros, ubicación de válvulas y accesorios.

El encargado de realizar el plano de instalaciones de agua potable es un profesional en el grado de licenciatura de Arquitectura o Ingeniería Civil.

3.2.3.2. Instalación de drenajes

Las redes de drenajes en una vivienda se dividen en 2, red de drenajes de aguas negras y red de drenajes de agua pluvial, en ambas redes los fluidos se conducen por el efecto de la gravedad.

En el plano de red de drenajes se debe incluir el diámetro de la tubería, el material de la tubería, la pendiente de la tubería, las casas de registro, cajas de unión, los sifones, trampas de grasa, reposaderas, la ubicación de pozos y fosa séptica si hubiera entre otros. Para una red de agua pluvial es necesario indicar el área tributaria de los techos a drenar y la ubicación de cada bajada para el área correspondiente.

El encargado de realizar el plano de instalaciones de agua potable es un profesional en el grado de licenciatura de Arquitectura o Ingeniería Civil.

3.2.3.3. Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas se dividen en 2, instalaciones eléctricas de iluminación e instalaciones eléctricas de fuerza.

En el plano de instalaciones eléctricas de iluminación se debe indicar el tipo de cable a utilizar desde la acometida eléctrica hasta el tablero de distribución, y del tablero de distribución a cada uno de los circuitos que se utilicen dentro de la vivienda.

En el plano de instalaciones eléctricas de iluminación se debe indicar la ubicación de las luminarias, el circuito al que pertenecen si la luminaria está en un sistema de conexión 3w, o 4w, los interruptores entre otros.

En el caso de los planos de las instalaciones eléctricas de fuerza se debe indicar la ubicación de los tomacorrientes, la altura sobre el nivel del piso, el circuito al que pertenecen entre otros.

3.2.3.4. Instalaciones especiales

Las instalaciones especiales a utilizar en una vivienda dependen de las características del proyecto ya que estas pueden ser instalaciones de gas, internet, cámaras entre muchas otras.

Según la densidad del proyecto y su ubicación se pueden solicitar distintos estudios como pueden ser, estudio de suelos, estudio de impacto ambiental, topografía, gestión de riesgos, licencia para tala de árboles, entre otros.

Una vez realizado todo el proceso de diseño por parte de los profesionales correspondientes de cada especialidad se procede a ingresar el expediente para la obtención del permiso para la construcción, cabe mencionar que todos los documentos técnicos como planos, memorias de cálculo, memorias descriptivas deben estar firmadas y selladas por el profesional a cargo del proyecto.

Cabe indicar que en la actualidad es muy escaso la vivienda que se planifica por medio de un trabajo en equipo en el cual cada especialidad es diseñada y desarrollada por el especialista correspondiente, ya que el diseño normalmente lo hace el encargado del proyecto, y en ocasiones el mismo no es un profesional, sino una persona con experiencia en la construcción de viviendas.

3.3. Cronograma de actividades

Un cronograma se puede definir como una representación de los hitos y sus respectivos recursos durante el desarrollo del proyecto de una forma gráficas, es necesario para poder realizar un control y una auditoría del proyecto de forma eficiente.

Para poder realizar un cronograma de forma adecuada se deben de tomar en cuenta todos los hitos del proyecto, así como los recursos necesarios para llevarlos a cabo, el cronograma se deber realizar con una secuencia lógica del proceso constructivo del proyecto con el fin de establecer el tiempo necesario para cumplir con el alcance del proyecto.

En la actualidad los cronogramas para la construcción de una vivienda unifamiliar los cronogramas son poco detallados y eso permite que sea más complicada la supervisión de los procesos constructivos, evaluar el avance de forma eficiente, y sobre todo permite que el tiempo de ejecución sea mayor al establecido, esto debido al atraso de las actividades las cuales representan aumento en los diferentes recursos utilizados los cuales se reflejan en un aumento al presupuesto establecido.

En la actualidad los cronogramas se muestran por medio de un diagrama de Gantt en el cual se representa de forma gráfica el tiempo de un hito con respecto al tiempo total del proyecto, estableciendo la fecha de inicio y la posible fecha de finalización de cada hito.

3.4. Presupuesto

El control de costos en un proyecto es muy importante durante el desarrollo del proyecto, es el documento en el cual se desglosan todas las actividades a desarrollarse durante la ejecución de un proyecto y se establece un precio unitario a cada actividad.

Pérez (2019), establece que el proceso para forma un presupuesto de obra incluye.

- Definir los conceptos que componen la obra o servicio
- Medir las cantidades de esos conceptos de trabajos
- Establecer el costo de cada uno de ellos, cuyos componentes son materiales utilizados, mano de obra necesaria para su realización, la herramienta de mano, equipo y maquinaria que se requieren, con cuyos cargos se obtiene el costo directo.
- Agregar a este costo obtenido todos los gastos administrativos de la empresa que lo realizará, además del financiamiento y la utilidad, y en algunos casos incluir un cargo adicional.
- Para realizar esos cálculos se utilizan matrices o tarjetas de análisis de precios unitarios.

Para elaborar un presupuesto hay que conocer la diferencia entre los diferentes conceptos como los son el costo directo, el costo indirecto y el precio.

3.4.1. Costo directo

En cuanto se refiere al costo directo de un proyecto es la suma de los insumos necesarios realizar la construcción de un proyecto en este se deben incluir los precios de mano de obra, precios de materiales, precios de maquinaria y equipo necesarios para el cumplimiento de los alcances establecidos.

3.4.2. Costo indirecto

En cuanto se refiere al costo indirecto es la suma de los costos administrativos, impuestos, costos de seguros o fianzas, un porcentaje de imprevistos y la utilidad del proyecto entre otros; los costos indirectos van a depender de la empresa encargada a realizar los trabajos, ya que es un porcentaje variable según las características del proyecto.

3.4.3. Costo por financiamiento

En cuanto se refiere al costo por financiamiento esto se refiere al supuesto de que se haya realizado un préstamo a una entidad de crédito y se deben realizar los pagos de intereses el cual se calcula por medio de la tasa de interés establecida a la hora de adquirir el financiamiento.

3.4.4. Precio unitario

El precio unitario se define como la sumatoria de los costos directos los costos indirectos y costos de financiamiento (si existieran), el precio unitario es diferente para cada actividad/renglón a realizar durante el desarrollo del proyecto, y el producto del precio unitario por la cantidad de unidades indica el precio total de cada renglón de trabajo.

3.4.5. Precio total

El precio total de un proyecto es la sumatoria de los precios correspondientes a cada renglón de trabajo. Los costos se desarrollan a lo largo de las etapas del proyecto, sin embargo, en Guatemala los costos para una vivienda normalmente se utiliza un precio estimado por m² de construcción el cual

dependerá de varios factores como lo son el tipo de diseño arquitectónico, el tipo de acabados, calidad de los materiales, calidad de los artefactos a utilizar, la ubicación entre otros.

4. METODOLOGÍA BIM COMO HERRAMIENTA DE PLANIFICACIÓN

La aplicación de nuevas metodologías basadas en el uso de la tecnología en el proceso de planificación de un proyecto de construcción en la actualidad es de mucha ayuda; BIM Forum Chile, en la *Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones*, indica que a pesar que la implementación de la metodología requiere de un esfuerzo mayor al momento de planificar el proyecto esto permite que al momento del desarrollo se mejore la productividad, debido a que el implemento de tecnología permite realizar simulaciones virtuales las cuales permiten una mejor toma de decisiones basadas en información más completa sobre el proyecto.

La Guía de usuarios BIM en su documento 11 Gestión de un proyecto BIM, establece que el modelo de un edificio con información BIM permite lo siguiente:

- Dar soporte a las decisiones de inversión, comparando la funcionalidad, el alcance y los costes de las soluciones.
- Análisis comparativo de los requisitos energéticos, y medioambientales para elegir soluciones de diseño y objetivos para el seguimiento de la explotación del edificio y sus servicios.
- Visualización del diseño y estudios de viabilidad de construcción.
- Mejora del aseguramiento de la calidad y del intercambio de datos para hacer el proceso de diseño más efectivo y eficiente.

- Uso de los datos del proyecto del edificio durante las operaciones de construcción y explotación y mantenimiento.

Así también presentan objetivos generales del modelado de un edificio con información que permiten lo siguiente:

- Dar soporte a la toma de decisiones del proyecto
- Permitir el compromiso de las partes con los objetivos del proyecto utilizando el modelo de información del edificio.
- Visualizar soluciones de diseño.
- Asistir durante la fase de diseño y coordinar entre distintos diseños.
- Incrementar y asegurar la calidad del proceso de construcción y el producto final.
- Hacer más eficaces los procesos durante la fase de construcción.
- Mejorar la seguridad durante las fases de construcción y explotación del edificio.
- Dar soporte a los análisis de costes del proyecto y del ciclo de vida del edificio.
- Permitir la gestión y la transferencia de datos del proyecto durante la operación.

Para establecer los objetivos al momento de implementar la metodología BIM, es necesario crear un documento conocido como BEP (BIM Execution Plan), el cual es un documento necesario para todo proyecto de construcción el cual se realizará en alguna o todas las fases del ciclo del proyecto bajo la metodología BIM, cabe recalcar que todos los proyectos son diferentes por lo cual el BEP es diferente para cada proyecto.

La implementación de BIM en una Vivienda unifamiliar al igual que en cualquier proyecto se puede aplicar de diferentes formas, y en diferentes fases, todo dependerá de los objetivos establecidos para los cuales se utilizará esta metodología.

4.1. Plan de ejecución BIM (BEP)

La universidad de Pensilvania en la *Guía de planificación de ejecución de proyectos BIM-Versión 2.2* establece que un BEP: describe la visión general junto con los detalles de implementación para que el equipo los siga a lo largo del proyecto. El Plan BIM debe desarrollarse en las primeras etapas de un proyecto. El plan debe definir el alcance de la implementación de BIM en el proyecto, identificar el flujo del proceso para las tareas de BIM, definir los intercambios de información entre las partes y describir la infraestructura requerida del proyecto.

Castro (2020) establece es un documento necesario para el desarrollo de cualquier proyecto de construcción. El principal motivo de la existencia del BEP es que permite asegurar que existe una cooperación y colaboración de todos los agentes que están trabajando en un proyecto.

Un BEP tiene como objetivo principal aportar toda la información para el desarrollo de un proyecto ya que este permite que todos y cada uno de los diferentes equipos de profesionales involucrados comprendan todos los roles y responsabilidades que tienen para poder que la ejecución del proyecto sea de forma adecuada y con un flujo de trabajo constante que permita mitigar la mayor cantidad de errores posibles, es por ello que el BEP debe llevarse a cabo en las primeras etapas de planificación del proyecto.

BIM Forum (2020) establece que el BEP es uno de los aspectos más importantes a la hora de comenzar una implementación BIM en una organización dependiendo del tipo de proyecto y las capacidades de los involucrados.

Existen diferentes guías para la elaboración de un BEP, estas guías en su mayoría han sido redactadas por diferentes entidades y universidades alrededor del mundo; es necesario diferenciar que una guía para la elaboración de un BEP no es lo mismo que una plantilla BEP, ya que la guía solo indica el contenido y el procedimiento para la elaboración, de un BEP, el cual es un documento de manera contractual hasta cierto punto entre el dueño del proyecto y la entidad encargada del desarrollo del proyecto.

Así como existen diferentes tipos de guías para la elaboración de un BEP existen muchas plantillas BEP las cuales se pueden adaptar a las necesidades del proyecto y para este caso se utilizó la guía elaborada por la universidad de Pensilvania, *BIM Project Execution Planning Guide V2.2 2019* y la plantilla realizada por PlanBIM Corfo específicamente la plantilla *Plan de ejecución BIM de oferta* respectivamente.

La Guía desarrollada por la Universidad de Pensilvania, *BIM Project Execution Planning Guide V2.2 2019* indica que los pasos para desarrollar el plan de ejecución BIM, son:

- Identificación de los usos y objetivos BIM
- Diseñar el proceso de implementación mediante mapas de trabajo
- Desarrollar los intercambios de información, definiendo también los niveles de detalle del proyecto.
- Definir la infraestructura necesaria para el proceso de implementación BIM.

4.1.1. Identificar los objetivos y usos BIM

Para desarrollar un BEP el primer paso es establecer de forma clara y concisa los objetivos generales y específicos de la implementación de la metodología BIM en el proyecto a realizar, así como también los objetivos para cada uno de los integrantes, dichos objetivos deben ser de forma cuantitativa, para que puedan ser medibles.

Los objetivos deben permitir el desempeño adecuado del proyecto y así poder evitar los sobrecostos del proyecto que van de la mano con errores constructivos muy evidentes los cuales pueden ser mitigados en el proceso de planificación, atraso en el cumplimiento del cronograma, disminución de calidad en el proyecto entre otros posibles problemas.

Una vez establecidos los objetivos se deben identificar los usos BIM en función de los objetivos, cabe mencionar que tanto los objetivos y los usos BIM son exclusivamente para un proyecto en específico.

En el plan de ejecución BIM (BEP), debe establecerse los objetivos BIM del proyecto que están relacionados de una forma directa con la Solicitud de información BIM (SDI BIM) y los usos deben ser específicos para el cumplimiento de dichos objetivos.

Soto, C., Manriquez, S. y Godoy, P. (2019) establecen que “Los usos BIM sirven para explicar las diferentes formas en que las partes interesadas del proyecto pueden usar BIM” (p. 6).

Los usos establecen los procesos de aplicación de la metodología durante el desarrollo del proyecto las cuales son de ayuda para identificar y explicar para

qué se está utilizando BIM en el proyecto, existen diferentes tipos de usos en este caso se utilizará de guía el documento Building Information Modeling Project Execution Planning Guide, de la Universidad del Penn Stete, en Estados Unidos que identifica Veinticinco usos BIM.

Establecidos los usos BIM se deben identificar que usos específicos son aplicables al proyecto, las partes responsables de cada uso, las capacidades para cada uso, los recursos necesarios, las competencias, experiencia, valor adicional, riesgo asociado a la implementación de cada uso, y por último determinar si es necesario o no cada Uso BIM.

4.1.2. Diseñar el proceso de implementación por medio de mapas de trabajo

Después de identificar cada uso de BIM y establecer si es o no necesario para el proyecto se debe establecer como se llevará a cabo dicha implementación de cada uso; un mapa de procesos permite que cada integrante del equipo pueda comprender e identificar los intercambios de información entre los participantes, identificar los temas importantes como lo son estructuras de contratos, requisitos de entregables BIM, infraestructura tecnológica entre otros.

Existen dos tipos de mapeos para un proceso BIM, el mapa general en el que se muestra la relación de los diferentes usos a lo largo del ciclo de vida del proyecto y los intercambios de información a un nivel general, un mapa detallado por su parte identifica la secuencia a desarrollar, las responsabilidades, el contenido específico de los intercambios de información.

La creación de los tipos de mapeo para implementación de BIM deben considerarse los diferentes usos potenciales de BIM los cuales se deben

organizar de forma secuencial para poder identificar en el mapa general el momento indicado durante la ruta del proyecto en la que serán aplicados respectivamente, una vez establecidos de forma secuencial es necesario identificar a los responsables de cada uso.

Una de las características de la metodología BIM es que todos los involucrados en el proyecto cuenten con la información necesaria para desarrollar el proyecto de forma adecuada, por esto es que los intercambios de información son de mucha importancia ya que estos a pesar de ser de carácter interno en el proyecto son la base para un flujo de información adecuada.

El mapeo de los diferentes procesos se hace por medio de un mapa general en el cual se hace referencia a los usos BIM establecidos, en este mapa se especifica la interacción de los diferentes usos y permite que todos los involucrados identifiquen sus responsabilidades.

Figura 17.

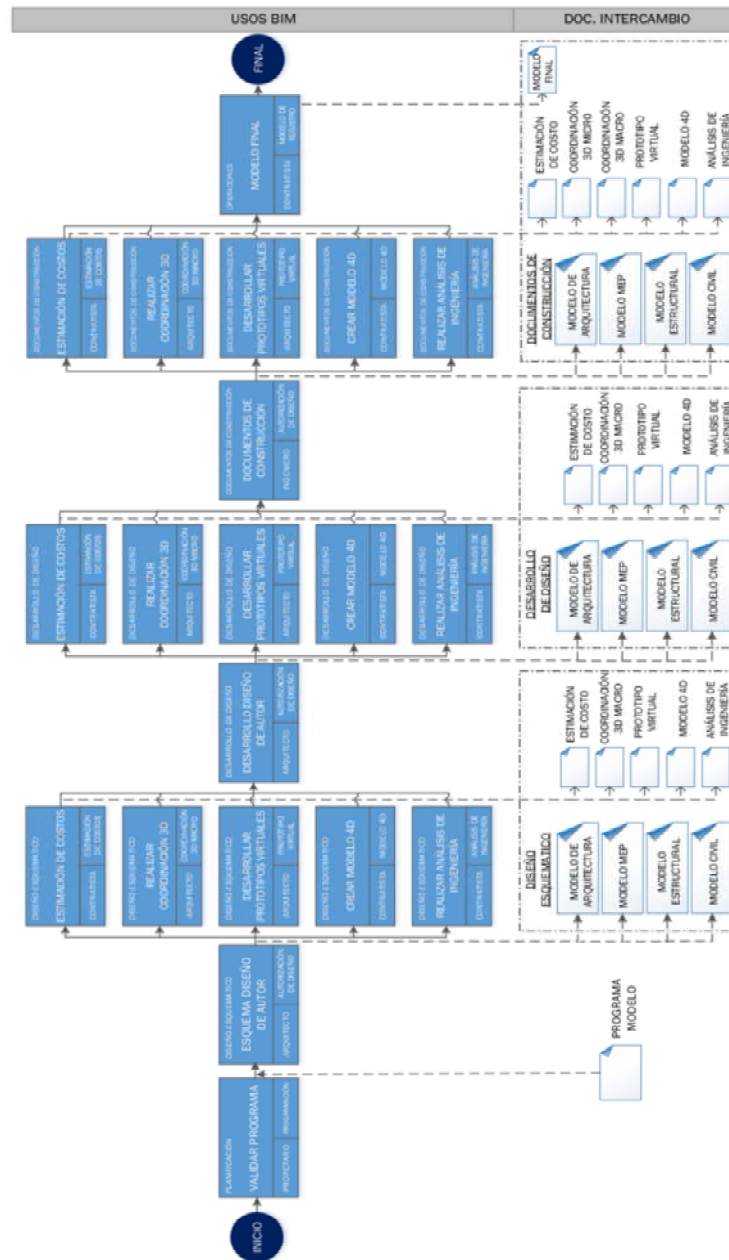
Notación del mapa del proceso



Nota. La figura muestra el proceso de entrada, fase del proyecto y salida. Obtenido de J. Messner et al. (2019). *BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.2.* (2019) (p. 35). CIC.

Figura 18.

Mapa general proceso de planificación BIM

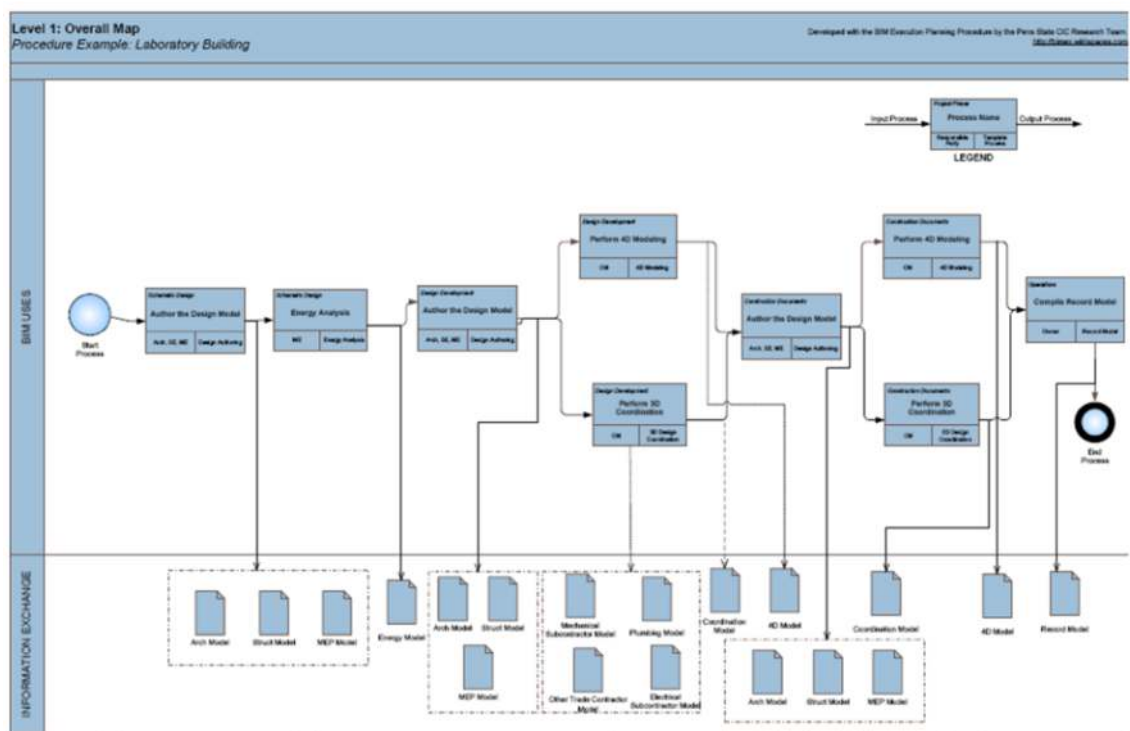


Nota. La figura muestra el proceso de entrada, fase del proyecto y salida. Obtenido de J. Messner et al. (2019). *BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.2.* (2019) (p. 38). CIC

Cada proyecto es distinto por ello tanto los mapas generales y detallados de los diferentes procesos deben ser únicos para el proyecto ya que el mapa general establece los usos de BIM a aplicar en el proyecto.

Figura 19.

Mapa específico análisis de interferencias



Nota. La figura muestra el proceso que se lleva a cabo para ejecutar un análisis de interferencias según la metodología BIM. Obtenido de J. Messner *et al.* (2019). *BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.2.* (2019) (p. 38).

4.1.3. Intercambios de información

El intercambio de información al momento de aplicar la metodología en un proyecto es de mucha importancia ya que es en esta etapa del proceso en la cual

se permite garantizar que todos los involucrados en el proyecto cuenten con la información necesaria para llevar a cabo sus diferentes tareas.

Es en esta etapa del proyecto en la cual se definen las características de los entregables a desarrollar, como lo son el modelo de cada disciplina, el nivel de detalle a utilizar y cualquier detalle de información necesaria para el proyecto, es necesario aclarar que no es necesario que cada entregable contenga toda la información del proyecto, ya que esta tarea corresponde al coordinador BIM

Existen actualmente varios tipos de archivos para compartir información utilizada para el desarrollo de la metodología BIM como puede ser en formato IFC (Industry Foundation Classes) o bien un archivo COBie (Construction Operations Buildin Information Exchange entre otros, sin embargo, hay que aclarar que la colaboración no es lo mismo que la conversión, por ello es necesario que sin importar que tipo de formato se utilice para compartir la información este debe ser compatible con la totalidad de los softwares a utilizar por todos los especialistas durante el desarrollo del proyecto.

Para llevar a cabo un buen intercambio de información hay de definir los siguientes aspectos, de una forma clara en la cual todos los involucrados puedan darse cuenta de lo importante que es el manejo de la información

4.1.3.1. Identificar cada intercambio potencial de información del mapa general BIM

Un intercambio de información BIM permite que todos los interesados puedan llevar a cabo de forma colaborativa el desarrollo del proyecto, este proceso debe ser de forma clara y concisa, ya que esto permite que todas las partes involucradas puedan identificar el tiempo en el que deben entregar y recibir

la información manteniendo el orden cronológico establecido en el mapa general de proceso BIM.

4.1.3.2. Elegir una estructura para el documento de intercambio de información

Para desarrollar una estructura de intercambio deben estar establecidos todos los intercambios a realizar durante todo el proceso para lo que se está utilizando BIM, para definir la estructura existen varias guías sin embargo lo mejor es que se realice de la forma que se integre de mejor manera para el trabajo de todo el equipo.

4.1.3.3. Identificar los requerimientos de información para cada intercambio de información

Establecidos los usos, los intercambios a realizar y la estructura para llevar a cabo dicha información se deben definir los entregables BIM y sus requerimientos específicos para uso y los participantes de cada intercambio ya que es importante aclarar que en un proceso de planificación se pueden incluir gran cantidad de intercambios según sean necesarios.

La Guía de Planificación de Ejecución de proyectos BIM, establece que en esta parte del proceso se debe documentar la siguiente información

- **Receptor del modelo:** identifique a todos los miembros del equipo del proyecto que recibirán la información para realizar un futuro uso de BIM. Esto aplica para las entradas y salidas de información de cada especialidad.

- Tipo de archivo de modelo: enumere las aplicaciones de software específicas, así como la versión que se usará para manipular el modelo durante cada uso de BIM, así como también las especificaciones mínimas de hardware requeridas para el uso de los distintos softwares.
- Información: identifique solo la información necesaria para la implementación del uso de BIM, el contenido del modelo y la información de referencia para generar la información necesaria.

4.1.3.4. Responsabilidades a cada equipo de trabajo

Es necesario que cada proceso tenga una persona responsable a cargo con el objetivo de que cada flujo de información sea desarrollado correctamente, ya que todo el proceso depende de todos y cada uno de los intercambios de información que deben ser realizados con el mayor nivel de eficiencia posible.

Los responsables de cada proceso deben estar indicados en los diferentes mapas de procesos de una forma clara.

4.1.3.5. Comparar las entradas de información con las salidas

El control de calidad en la información es indispensable en cualquier proyecto por ello es que es necesario establecer un proceso estratégico que permita evaluar que la información brindada por los diferentes modelos de durante el proceso general, ya que esta salida de información debe coincidir con la información de entrada solicitada. De no ser así se deben plantear procesos correctivos los cuales dependerán de cada proceso en particular, así como la etapa en la que se desarrolla el mismo.

Las comprobaciones de calidad son muy importantes y cada miembro del equipo deber realizarlas según sea el caso al momento de enviar los entregables correspondientes

Es tarea del BIM Manager confirmar que todos estos procesos de control de calidad se han realizado de la forma adecuada, y esto lo puede realizar por medio de las siguientes verificaciones.

- Verificación visual: consiste en asegurarse que todos los elementos modelados se encuentren en su ubicación correcta.
- Comprobación de Interferencias: consiste en dar seguimiento a que todas las interferencias indicadas en los reportes se corrijan de la mejor forma posible.
- Verificación de estándares: consiste en verificar que todos los modelos cumplan con los estándares establecidos en el BEP los principales ítems a considerar en la verificación de estándares son los siguientes:
 - Establecer el nombre de archivos
 - Definir la estructura de modelado, entiéndase la división si será por niveles, por disciplinas, por áreas habitables entro otros criterios.
 - Establecer unidades de medida del proyecto.
 - Definir los entregables, entiéndase la visión y los diferentes estándares a utilizar como puede ser el LOD.
- Validación de elementos: que todos los elementos utilizados en el modelo de cada especialidad se encuentren definidos de forma correcta.

4.1.4. Infraestructura necesaria para el proceso de implementación BIM

La infraestructura para la implementación de BIM es muy importante, si bien existen varios métodos para compartir información lo ideal es que todas las partes involucradas cuenten con las herramientas adecuadas para el desarrollo ya que esto permitirá que el flujo de trabajo sea más eficiente.

El equipo a utilizar para la implementación de BIM debe cumplir con los requisitos tanto de software como de hardware que se necesitan para llevar a cabo un proyecto.

Actualmente existe gran cantidad de oferta de software para la implementación de BIM, por ello su implementación no se limita al uso de un software en específico.

Al momento de la toma de decisión sobre el software a utilizar es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Las necesidades del proyecto
- Las opciones que se tienen en el mercado
- La expertis de los integrantes en el uso de los diferentes softwares
- Los costos de licencias de los softwares
- Los costos de capacitación para los integrantes del equipo si fuera necesario.
- Los requisitos del hardware para el uso de las herramientas.

Una vez se hayan tomado en cuenta dichos aspectos es necesario que se realice una reunión de equipo para establecer en el caso del Software que

plataforma se utilizará, así como su versión correspondiente con el fin de evitar inconvenientes con el tema de la interoperabilidad.

En lo que se refiere al equipo de cómputo a utilizar es importante que antes de iniciar se consulten las especificaciones recomendadas por el fabricante del Software, así mismo verificar que todos los equipos de cómputo estén utilizados de la mejor manera ya que se puede dar el escenario en que un equipo con grandes prestaciones no se optimice ya que se está utilizando en una parte del proceso donde no es requerido o viceversa.

El proceso de selección del equipo encargado de desarrollar el proyecto es indispensable, ya que todos deben tener las aptitudes necesarias para la aplicación de la metodología, porque cada uso BIM establece las competencias necesarias para desarrollarlo de manera adecuada, y esto también aplica para los subcontratistas y las personas que ejecutarán el proyecto.

En cuanto están establecida la infraestructura técnica y sus diferentes requerimientos se debe establecer la estructura de aplicación, la cual debe asegurar precisión y para ellos es necesario que se establezcan los siguientes criterios a utilizar específicamente para llegar en mutuo acuerdo de cómo realizar una organización de los diferentes modelos que potencialice la comunicación y para ello se deben tomar en cuenta los siguientes pasos:

- La estructura del nombre de los archivos
- La estructura de los diferentes modelos
- Unidades del proyecto
- Nivel de desarrollo (LOD) de los diferentes modelos del proyecto

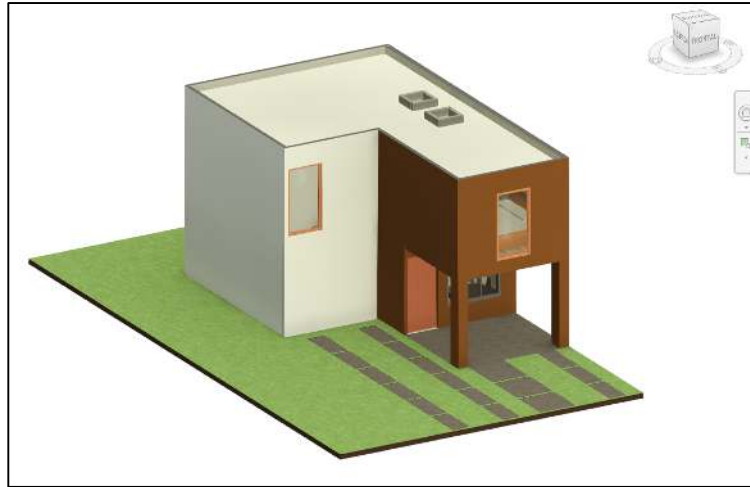
5. APLICACIÓN DE BIM EN LA PLANIFICACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

La implementación de la metodología BIM en un el desarrollo de la planificación de una vivienda se realiza con el objetivo de dar una solución viable a los distintos problemas al momento de ejecutar una vivienda mitigando en su mayoría los errores constructivos desde el proceso de planificación con el objetivo que su impacto en los recursos personales, económicos y de tiempo sean los mínimos posibles.

En este caso se plantea la metodología como una herramienta que permita establecer el uso de las diferentes dimensiones BIM 3D, 4D y 5D en el proceso de planificación ya que cada juega un papel muy importante que permite tener una mejor visualización del proyecto completo, es así como se establecen los distintos procesos y las características de cada uno.

Figura 20.

Vivienda unifamiliar de dos niveles para implementación BIM (isométrico)



Nota. Modelo 3D de vivienda unifamiliar de dos niveles. Elaboración propia, realizado con Revit Autodesk Revit 2021.

5.1. Objetivos y usos BIM

Para la implementación de metodología BIM en la fase de planificación de una vivienda de 2 niveles se establecen los siguientes objetivos:

- Generar un modelo 3D para una mejor visualización y comprensión de la vivienda a planificar por parte de las partes involucradas.
- Realizar un análisis de interferencias entre las disciplinas más importantes dentro de la vivienda específicamente estructuras e instalaciones hidrosanitarias.
- Establecer un cronograma de ejecución de la vivienda.

- Cuantificar cantidades de materiales para la ejecución del proyecto (obra gris e instalaciones hidrosanitarias).

Los usos de BIM en el proceso de planificación serán los siguientes:

- Realizar un modelo 3D de Arquitectura, estructuras e instalaciones hidrosanitarias.
- Generación de modelos federados por cada especialidad para el análisis de interferencias entre las disciplinas de estructuras e instalaciones hidrosanitarias.
- Obtener información para la creación de un cronograma de actividades.
- Extraer información de los modelos 3D por medio de tablas de cuantificación para la disciplina de arquitectura, estructuras e instalaciones hidrosanitarias.

5.2. Mapas de trabajo de procesos generales y específicos

Para llevar a cabo la implementación de los mapas del proceso BIM se debe identificar si es necesaria la creación de mapas generales y específicos para cada uso BIM establecido en este caso los mapas se asignarán de la siguiente manera.

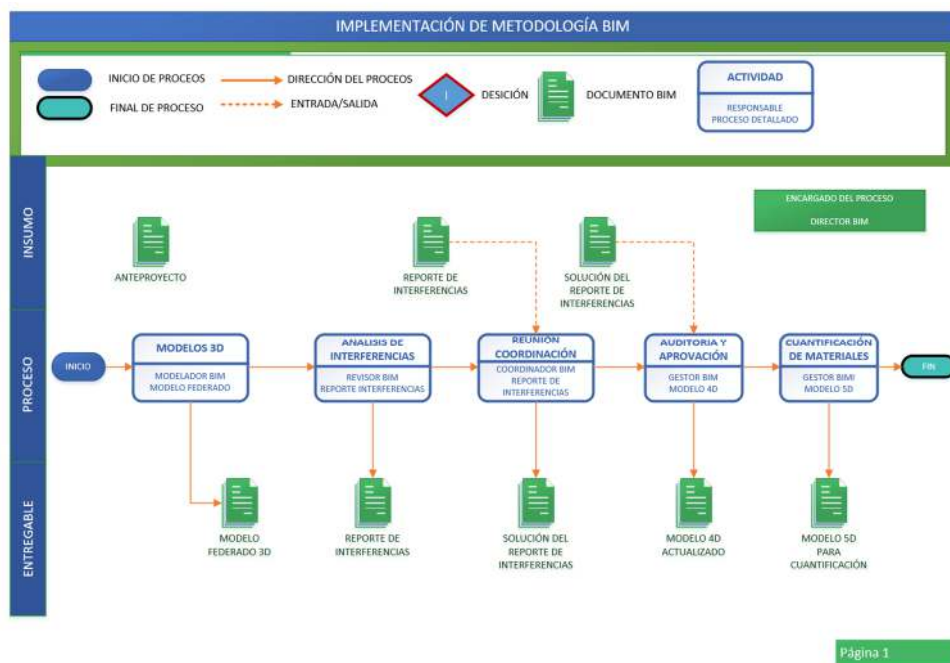
5.2.1. Mapa general

Se establece un mapa de proceso general en el que se incluyen todos los usos BIM a utilizar en este proceso de planificación, de igual forma se establece

un mapa específico para cada uno de los usos en el que se identifica el momento específico de su aplicación y los responsables de cada proceso.

Figura 21.

Mapa de proceso general para la implementación de BIM (plan de trabajo)



Nota. Descripción del proceso general para la implementación de BIM en la etapa de planificación de un proyecto. Elaboración propia, realizado con Microsoft Visio 365.

5.2.2. Mapas específicos

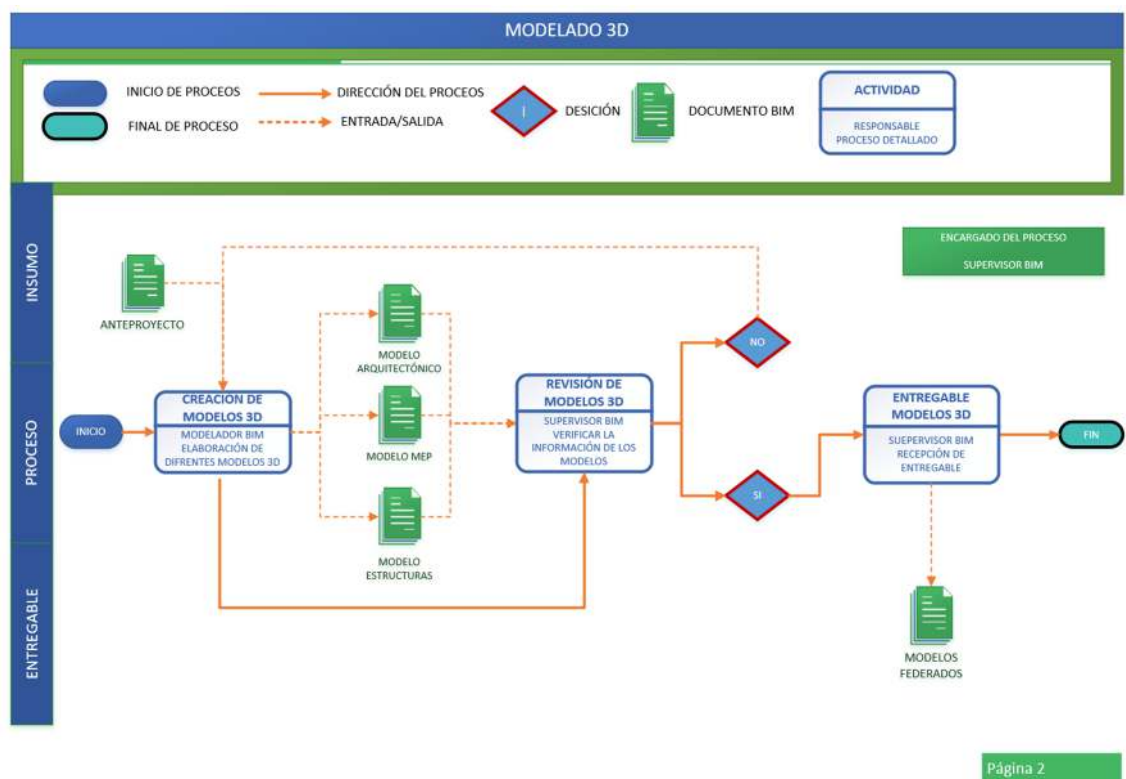
Establecido el mapa de proceso general y sus diferentes actores se realizó el mapa general para cada uno de sus usos.

5.2.2.1. Modelado 3D del proyecto

El mapa específico Modelado 3D del proyecto, establece la aplicación de BIM en su dimensión 3D por medio de los diferentes modelos a utilizar, en la planificación de la vivienda, en este se identificaron los 3 modelos a realizar que corresponden a las especialidades de arquitectura, estructuras e instalaciones.

Figura 22.

Mapa específico de modelado 3D del proyecto



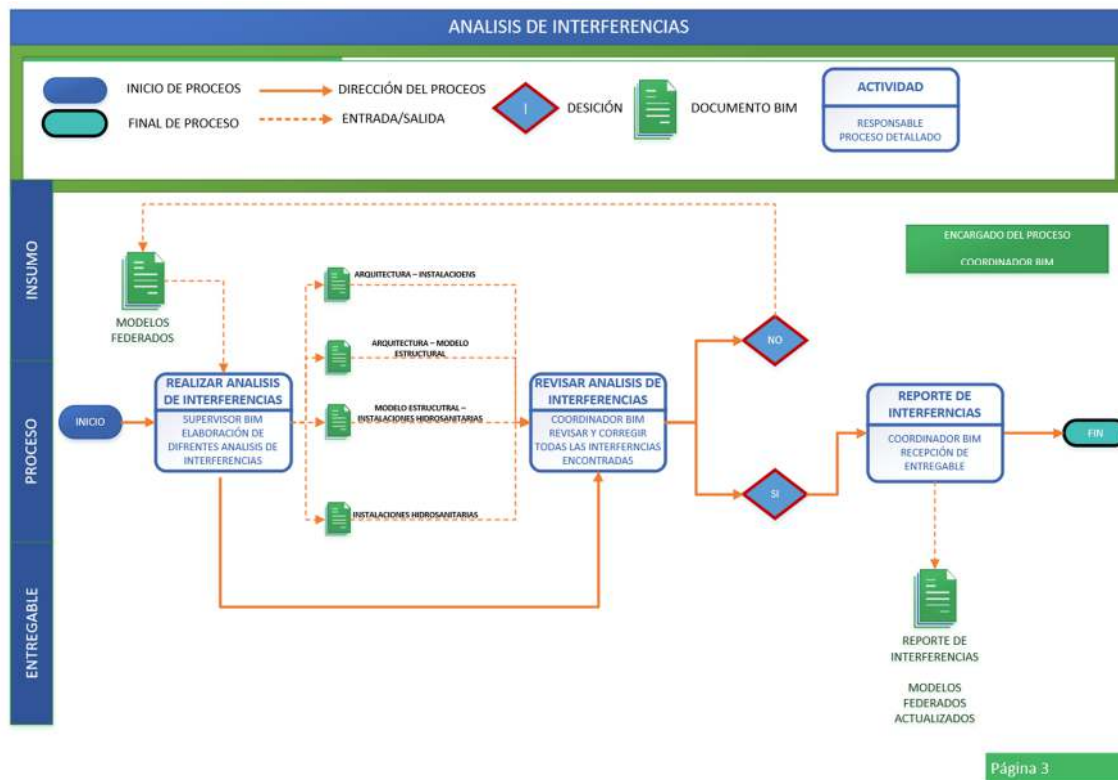
Nota. Descripción del proceso específico para la creación de un modelo 3D. Elaboración propia, realizado con Microsoft Visio 365.

5.2.2.2. Análisis de interferencias

El mapa específico Análisis de interferencias establece la aplicación de BIM en su dimensión 4D por medio del análisis de los informes al momento de integrar los modelos de las diferentes especialidades realizados

Figura 23.

Mapa específico de análisis de interferencias



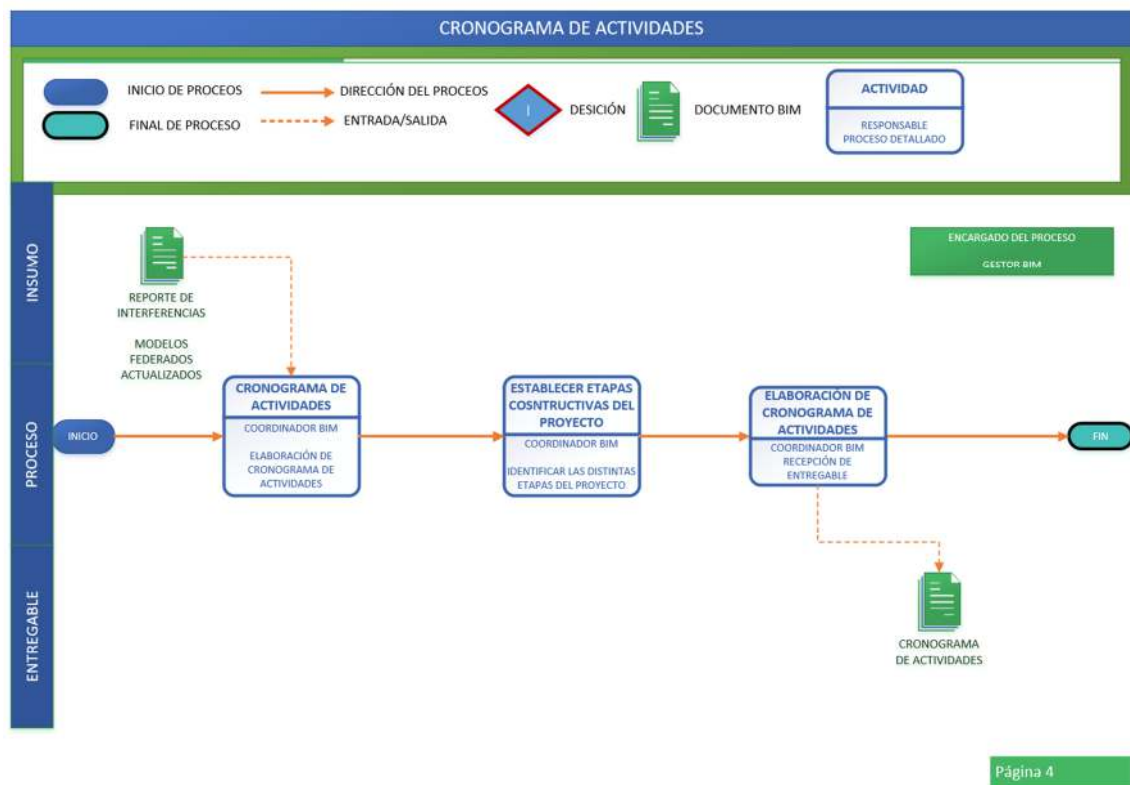
Nota. Descripción del proceso específico para realizar un análisis de interferencias. Elaboración propia, realizado con Microsoft Visio 365.

5.2.2.3. Cronograma de actividades

El mapa específico Cronograma de actividades, establece la aplicación de BIM en su dimensión 4D mediante el análisis de tiempos de forma gráfica mediante la integración de los modelos federados y el tiempo de ejecución.

Figura 24.

Mapa específico del cronograma de actividades



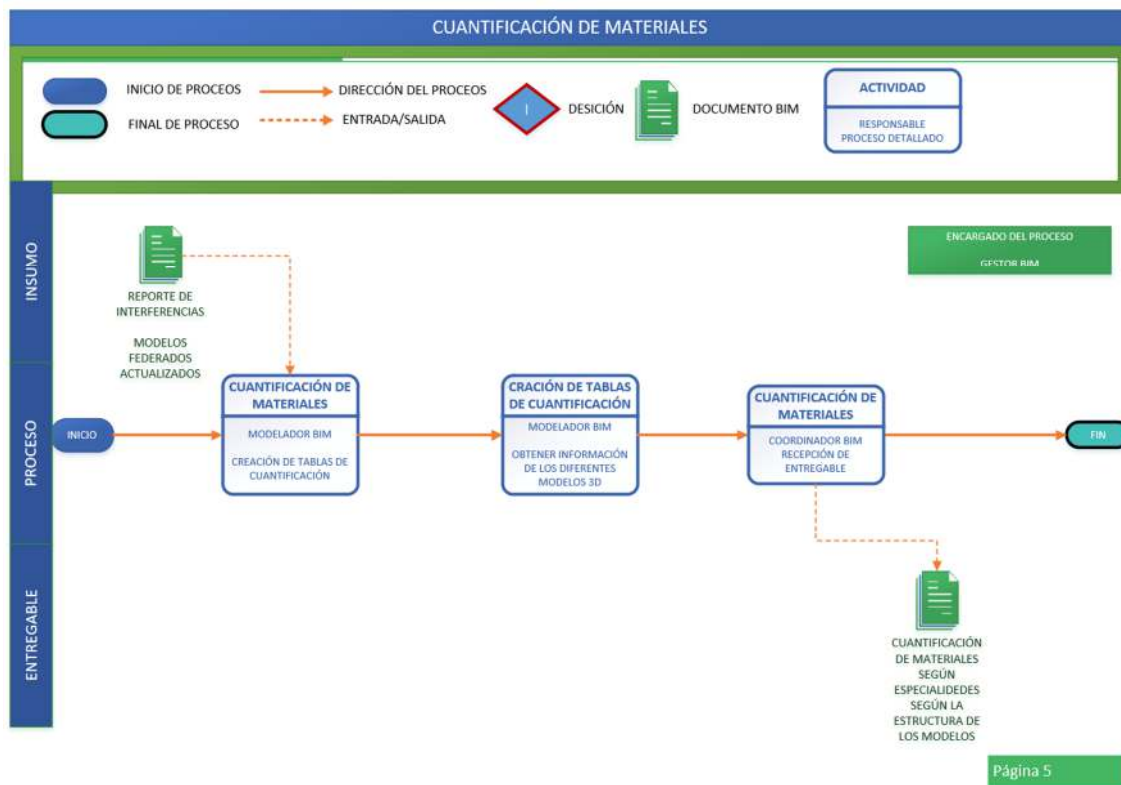
Nota. Descripción del proceso específico para la creación del cronograma de actividades. Elaboración propia, realizado con Microsoft Visio 365.

5.2.2.4. Cuantificación de materiales

El mapa específico Cuantificación de materiales, establece la aplicación de BIM en su dimensión 5D mediante la creación de tablas de cuantificación una vez establecido que no existen interferencias en los modelos relacionados.

Figura 25.

Mapa específico de cuantificación de materiales



Nota. Descripción del proceso para la creación de cuantificación de materiales de un proyecto.
Elaboración propia, realizado con Microsoft Visio 365.

5.3. Realizar intercambios de información

Los intercambios de información se realizarán con base en los mapas generales y específicos establecidos anteriormente, estableciendo las características de cada entregable en este caso se establece el nombre del archivo a utilizar según sus características, el nivel de desarrollo a utilizar, la especialidad a la que pertenece entre otros aspectos.

Para llevar a cabo los intercambios de información hay que establecer lo siguiente:

5.3.1. Identificar cada intercambio de información

Dentro del mapa general del proyecto (Figura 22), se realizaron cuatro intercambios de información los cuales se denominan intercambios generales.

- Modelado 3D - el análisis de interferencias
- Análisis de interferencias - cronograma de actividades
- Modelado 3D revisado y corregido - cuantificación de materiales
- Cuantificación de materiales – Presupuesto preliminar

Dichos intercambios generales a su vez tienen intercambios específicos, estos son:

5.3.1.1. Modelado 3D y el análisis de interferencias

- Modelo de arquitectura - modelo de Estructuras
- Modelo de arquitectura - modelo de Instalaciones hidrosanitarias

5.3.1.2. Análisis de interferencias – cronograma de actividades

- Arquitectura – Instalaciones
 - Puertas y ventanas – Instalaciones hidrosanitarias
- Arquitectura – refuerzos estructurales
 - Puertas y ventanas – Modelo estructural
- Modelo estructural– Instalaciones hidrosanitarias
 - Refuerzos estructurales – Agua potable fría
 - Refuerzos estructurales – Agua potable caliente
 - Refuerzos estructurales – Drenaje de aguas negras
 - Refuerzos estructurales – Drenaje de aguas pluviales
- Instalaciones hidrosanitarias
 - Agua fría – Agua caliente
 - Agua fría – Drenaje pluvial
 - Agua fría – Drenaje sanitario
 - Agua caliente – Drenaje Pluvial
 - Agua caliente – Drenaje sanitario
 - Drenaje pluvial – Drenaje sanitario

5.3.1.3. Modelado 3D revisado y corregido – cuantificación

- Modelo arquitectónico
- Modelo estructural
- Modelo de instalaciones hidrosanitarias

5.3.1.4. Cuantificación de materiales – presupuesto preliminar

- Tabla de cuantificación de pisos
- Tabla de cuantificación de muros
- Tabla de cuantificación de puertas y ventanas
- Tabla de cuantificación de acero estructural
- Tabla de cuantificación de tipos de columnas
- Tabla de cuantificación de tuberías de diferentes categorías

5.3.2. Estructura para el documento de intercambio

Establecidos los intercambios de información se procede a indicar que tipo de estructura se le dará a cada documento al momento de realizar cada intercambio.

5.3.2.1. Modelado 3D - el análisis de interferencias

Deberá contener una carpeta en la que se encuentren los 3 modelos respectivos, arquitectura estructuras e instalaciones en el software correspondiente.

5.3.2.2. Análisis de interferencias – cronograma de actividades

Deberá contener una carpeta con los archivos corregidos si fuera necesario del modelo 3D y los resultados de todos los análisis de interferencias realizados.

5.3.2.3. Modelado 3D revisado y corregido – cuantificación

Deberá contener una carpeta con los archivos corregidos de arquitectura, estructuras e instalaciones.

5.3.2.4. Cuantificación – presupuesto preliminar

Deberá contener una carpeta con todas las tablas de cuantificación realizadas del modelo 3D del proyecto.

5.3.3. Entregables finales

Establecidos los intercambios de información permite definir cuáles serán los entregables finales de la aplicación de la metodología BIM y para este caso son los siguientes:

- Reporte de análisis de interferencias
- Cronograma de ejecución
- Presupuesto preliminar

5.4. Definir infraestructura para la aplicación de BIM

Establecidos los entregables finales, el equipo de planificación debe establecer los siguiente:

- Aspectos técnicos y de capacitación
- Aspectos técnicos de implementación

5.4.1. Aspectos técnicos y de capacitación

En cuanto a los aspectos técnicos y de implementación se debe definir lo siguiente:

5.4.1.1. Necesidades

Se debe realizar un modelo paramétrico 3D que permia obtener información para el desarrollo del análisis de interferencias y cuantificaciones generales para realizar un presupuesto preliminar.

Para este caso en particular la principal necesidad a satisfacer consiste en la elaboración de un modelo paramétrico 3D que permita visualizar el proyecto arquitectónico, las instalaciones hidrosanitarias, y los elementos estructurales, con el objetivo de poder realizar un análisis de interferencias y al estar revisado y aprobado el diseño donde no exista interferencia alguna poder realizar un cronograma de actividades generales y un presupuesto parcial con el objetivo que el proyecto sea aprobado.

5.4.1.2. Las opciones de mercado

Actualmente en Guatemala los softwares más utilizados para la implementación de BIM en su fase de planificación son Revit y Archicad sin embargo empieza en incursión de Cype Cad.

Para este caso se propone el uso de los softwares de autodesk para llevar a cabo los distintos usos, en específico se utilizarán los softwares de AutoCAD, Revit y Naviswork, acompañados de Excel para la integración del presupuesto.

5.4.1.3. Expertos en el uso de Software

En el mercado guatemalteco existen más oportunidades de acceso para el aprendizaje de forma profesional para el uso del software Revit ya que este pertenece a la casa de software Autodesk que también es propietario del Software AutoCAD el cual es el más utilizado en el mercado guatemalteco.

Es necesario que cada responsable cumpla con los conocimientos y experiencia para el desarrollo de cada uso y cumpla con los objetivos específicos.

Tabla 4.

Requisitos del uso de los softwares BIM

ROL	AUTO CAD	REVIT	NAVISWORK	NORMATIVAS
BIM manager	X	X	X	X
Gestor BIM	X	X	X	X
Coordinador BIM	X	X	X	
Supervisor BIM	X	X	X	
Modelador BIM	X	X		

Nota. Listado de conocimientos teóricos y prácticos para cada rol BIM. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

5.4.1.4. Costos de licencia de los softwares

Para este caso se analizaron los dos softwares más utilizados, Revit de la casa de Software Autodesk el cual tiene un precio de \$2805 anuales para el uso de un solo equipo por su parte Archicad que pertenece a la casa de Graphisoft la cual tiene un valor de \$2100 + impuesto, por año.

Es importante aclarar que ambos softwares cuentan con licencia gratuita para estudiantes.

5.4.1.5. Costos de capacitación para los integrantes del equipo

En el caso de Revit existen muchas plataforma para aprendizaje en Guatemala siendo uno de los más importantes en su relación de costo beneficio los cursos impartidos por INTECAP que permiten tener acceso a bajo costo a una preparación de calidad, sin embargo también existen cursos individuales como podría ser Kinal y estudio Feedback entre otros, los precios varían dependiendo el lugar, por su parte en Archicad se puede aprender por parte de la empresa BIM-CA, sin embargo en INTECAP ya se encuentra el programa piloto para empezar a impartir capacitaciones sobre el uso de software.

5.4.1.6. Necesidades del hardware para soporte del software a utilizar

En cuanto a la necesidad de hardware para Revit en su versión 2022 se necesita lo siguiente para realizar el modelo de una vivienda de 2 niveles es suficiente con los requisitos mínimos los cuales son:

Tabla 5.

Tabla comparativa de requerimientos de hardware entre Revit y Archicad

REQUISITOS	REVIT	ARCHICAD
Sistema operativo	Microsoft Windows® 10 u 11 de 64 bits	Windows 10 64-bit MacOS 12.3
Tipo de CPU	Intel® i-series, Xeon®, AMD® Ryzen, Ryzen Threadripper PRO. 2,5 GHz o superior Se recomienda una CPU con la máxima velocidad en GHz,	Intel Core i5 AMD Ryzen 5
Memoria Ram	16 GB de RAM	16 GB de RAM
Resolución de video	Mínimo: 1680x1050 con color verdadero Máximo: pantalla de ultra alta definición (4K)	FHD + (1920x1080)
Adaptador de video	Tarjeta gráfica compatible con DirectX 11 con Shader Model 5 y 4 GB de memoria como mínimo	Tarjeta Gráfica compatible con VRAM OpenGL 4.5 4+GB
Espacio en Disco	30 GB de espacio libre en disco	SSD

Nota. Descripción de las características del hardware para el uso adecuado de programas para implementar BIM en los proyectos. Adaptado de Autodesk y Graphisoft (2022). (<https://www.autodesk.es/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/ESP/System-requirements-for-Autodesk-Revit-2022-products.html>) y (<https://graphisoft.com/gt/resources-and-support/system-requirements/#archicad-system-requirement>), consultado el 1 de noviembre de 2022. De dominio público.

5.4.2. Aspectos técnicos de implementación

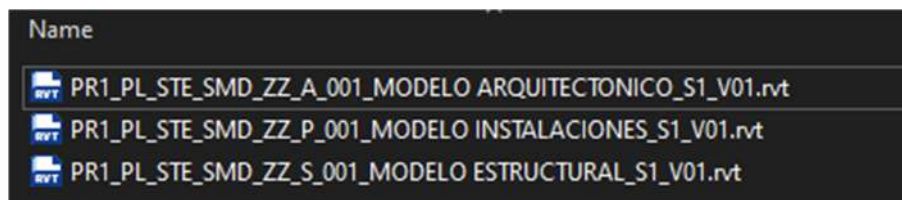
En cuanto a los aspectos técnicos de implementación se debe considerar lo siguiente:

5.4.2.1. Estructura del nombre de los archivos

Existen normativas para el nombre de archivos y en el caso de Guatemala es la AGEBIM quien presenta una estructura posible para el nombre de archivos los cuales deben formarse por la unión de códigos alfanuméricos separados por un guion “-” formado por Data, que establece la principal fuente de información y la meta data es información acerca de la información principal, por ejemplo:

Figura 26.

Ejemplo de nombramiento de archivos



Nota. Índice de archivos del proyecto. Elaboración propia, realizado con Autodesk Revit 2021.

PR1 = Proyecto de tesis

PL = Planificación

STE = Steven España

SMD = San Miguel dueñas

ZZ = Todos los niveles del proyecto

A/P/S = Arquitectura / Instalaciones / Estructuras

001 = Correlativo de cada especialidad

S1 = Trabajo compartido

V01 = Versión 01 del archivo

5.4.2.2. Estructura de los diferentes modelos

En lo que se refiere a la estructura de los modelos para la vivienda de 2 niveles se realizará de la siguiente forma.

- Cimentación
- Primer nivel
- Losa de entrepiso
- Segundo nivel
- Losa de techo

5.4.2.3. Unidades del proyecto

En cuanto a las unidades del proyecto se utilizará el sistema métrico decimal para las dimensiones de todos los elementos cuantificables como áreas (m^2), longitudes (ml), peso (kg), volúmenes (m^3), entre otras para las disciplinas correspondientes.

5.4.2.4. Nivel de desarrollo

El LOD a utilizar en la fase de planificación BIM para una vivienda de dos niveles será de un LOD 350, ya que es en este nivel en el cual se cuenta con la información necesaria para realizar un análisis de interferencia y colisiones dentro del proyecto al igual que permite realizar la cuantificación general de los elementos modelados.

CONCLUSIONES

1. La metodología BIM es una herramienta que permite el manejo y la gestión de información de un proyecto de construcción, mediante la visualización de modelos constructivos que permiten desarrollar un trabajo colaborativo con el fin de optimizar los distintos recursos del proyecto y a su vez mitigar la mayor cantidad de errores y contratiempos constructivos posibles. En lo que se refiere a una vivienda unifamiliar la metodología BIM permite crear una mejor conceptualización del proyecto desde sus inicios y de esa forma prever los posibles contratiempos al momento de ejecutar el proyecto.
2. El proceso de implementación de la metodología BIM en la etapa de planificación de una vivienda unifamiliar consiste en establecer todos los requisitos necesarios para el desarrollo del proyecto, en este caso se establecieron los objetivos principales de la aplicación de la metodología en la etapa de planificación por medio de un BEP, el cual permitió identificar los alcances de cada dimensión BIM.
3. Para la etapa de planificación se estableció el uso de las dimensiones 3D, 4D y 5D y sus respectivas aplicaciones, así como también los diferentes intercambios de información, los mapas de proceso que permiten identificar la forma y el tiempo en el que se debe gestionar la información y los principales encargados del manejo de dicha información, por otra parte se establecieron los requisitos técnicos de los equipos de cómputo para el desarrollo adecuado de los modelos y las versiones respectivas de cada software para evitar los conflictos de intercambio de información y los conocimientos necesarios para cada integrante del equipo.

4. La toma de decisiones por parte del equipo de ejecución de un proyecto es muy importante, y aplicar la metodología BIM genera un valor agregado al proyecto debido a que permite que todos los integrantes tengan una visualización detallada y específica del proyecto y de todos sus componentes, al ser un trabajo colaborativo que se basa específicamente en una buena comunicación y gestión de la información generada, las decisiones para llevar a cabo un cambio en cualquiera de sus disciplinas se realizará de una forma objetiva ya que se puede prever por medio de los análisis de interferencias las repercusiones que tendrá y si es de mayor beneficio o no al proyecto, todos los cambios que se ejecuten en el proceso de planificación siempre tendrán un menor costo que el hacerlos al momento de ejecutar el proyecto.
5. Un cambio en el proceso de planificación por más grande que sea y este signifique el replanteo del proyecto por completo es mucho más económico realizarlo en la planificación que adecuar el proyecto cuando este ya está en proceso de construcción, es por ello es que la comunicación entre todas las partes es muy importante, y el trabajo colaborativo permite que todas las partes involucradas conozcan la situación del proyecto y con base a su experiencia propongan las soluciones adecuadas tanto técnicas como económicas para el proyecto.
6. La implementación de la metodología BIM en una vivienda unifamiliar específicamente en el proceso de planificación trae consigo gran cantidad de beneficios empezando que es mucho más fácil que se pueda visualizar y conceptualizar el diseño arquitectónico de la vivienda, se pueda optimizar el uso de los materiales ya que se puede hacer una cuantificación más exacta, hacer un mejor planteamiento de las redes de instalaciones de las diferentes especialidades lo cual permite una

optimización de materiales y sobre todo un mejor control para un mantenimiento futuro, por otra parte permite llevar un mejor control por medio de los cronogramas de actividades de avances físicos y económicos respecto al tiempo de ejecución.

7. En cuanto a los procesos constructivos aplicar la metodología BIM es de mucha ayuda ya que se le puede brindar al constructor un detalle 3D que permite un mejor entendimiento de los armados estructurales, las uniones de tuberías, alturas de las salidas de las instalaciones eléctricas, entre otros, que permiten optimizar el tiempo y disminuir errores comunes al momento de ejecutar el proyecto

RECOMENDACIONES

1. Implementar la metodología BIM en los procesos de planificación, gestión y ejecución de cualquier proyecto de construcción es muy importante, para los profesionales de la ingeniería civil y la arquitectura, es una herramienta que permitirá llevar a cabo proyectos con mayor exactitud y con mejores rendimientos de los diferentes recursos lo que permite realizar proyectos de mejor calidad y un valor agregado a la sociedad.
2. Capacitar a los estudiantes de la Universidad San Carlos de Guatemala en el uso adecuado de esta metodología para el desarrollo de los proyectos de construcción ya que es la metodología en tendencia en el ámbito de la construcción alrededor del mundo y cada vez son más las instituciones públicas y privadas que utilizan la metodología, es necesario mencionar que la mayoría de softwares utilizados para la implementación de BIM tienen licencias educativas tanto para estudiantes como catedráticos, por lo que es más factible el acceso a las herramientas.
3. Desarrollar un plan estratégico para poder brindarle a los estudiantes de la facultad de Ingeniería acceso a los softwares para el uso de la metodología mediante el convenio con las diferentes casas empresas de software ya que la mayoría cuenta con licencias estudiantiles, así también mejorar la infraestructura de los laboratorios para que los estudiantes puedan tener una buena capacitación e implementación en el pensum de estudio.

4. Crear iniciativas estratégicas para la implementación de BIM por, parte de las empresas encargadas del desarrollo de proyectos inmobiliarios y de las entidades públicas, por lo que es necesaria la capacitación del personal que se dedique a la realización de los diferentes modelos constructivos para cada dimensión BIM, así como también a los encargados del manejo de la información, ya que es necesario que existan la complementación entre las personas que tienen experiencia en la ejecución de proyectos con las personas que saben utilizar los softwares para garantizar un buen desarrollo de la aplicación de BIM.
5. Fomentar el trabajo colaborativo entre los distintos especialistas apoyándose en el uso de la tecnología y la comunicación para lograr un buen desempeño en los proyectos de construcción al implementar la metodología BIM en las etapas del ciclo del proyecto que crean convenientes.

REFERENCIAS

Asociación Guatemalteca de Estándares BIM. (2020). *Guía de aplicación práctica a la serie ISO 19650 partes 1 y 2*. Guatemala. AGEBIM.

Autodesk. (octubre de 2021). *Requisitos del sistema de los productos Revit 2022*.
<https://www.autodesk.es/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/ESP/System-requirements-for-Autodesk-Revit-2022-products.html>

BIM Forum. (2021). *Level of Development Specification Part I, Guide & Comentary. For Building Information Models and Data*. [Especificaciones de nivel de desarrollo Parte I, guía y comentario para modelos y datos de información de construcción]. <https://bimforum.org/resource/lo-d-level-of-development-lo-d-specification/>

Blanco, L. (2014). BIMCHECK: Certificación Imparcial de Modelos BIM. *Spanish Journal of BIM* [Revista Española de BIM], 20(01), 30-35.

Building Smart. (2021). *Introducción a la serie en ISO 19650*.
<https://www.buildingsmart.es/recursos/en-iso-19650>

Building Smart. (2022). *¿Qué es BIM?* <https://www.buildingsmart.es/bim/>

Cámara Argentina de la Construcción. (2020). *Primeros pasos en BIM*. Camarco. <https://biblioteca.camarco.org.ar/primeros-pasos-en-bim-2/>

Cárdenas, C., Zapata, p., y Lozano, N. (2018). Ah metodologías Building Information Modeling 5D y Earned Value [Modelo de información de construccion 5D Management a través de una herramienta computacional]. *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, 33(3), 263-278. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v33n3/0718-5073-ric-33-03-263.pdf>

Castro, M. (2020). Diseño de un BEP (BIM Ejecution Plan) para la organización de un proyecto BIM. *Journal of BIM and Construction Management*, [Revista de BIM y Gestión de la Construcción], 2, 58-70. <https://journalbim.org/index.php/jb/article/view/16/22>

Chávez Ñaupari., Fernando., y Toledo Pineda. (2020). Optimización del planeamiento y control de un proyecto inmobiliario, a través de LPS y un modelo BIM para el secuenciamiento e identificación de restricciones. [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas], Archivo digital. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625159/Toledo_PJ.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Graphisoft. (octubre de 2022). *Requisitos del sistema Archicad 27*.
<https://graphisoft.com/gt/resources-and-support/system-requirements/#archicad-system-requirement>

Grupo Técnico de Trabajo de Estandarización. (2017). *Guía Inicial para implementar BIM en las organizaciones*.
<https://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Gu%C3%ADa-inicial-para-implementar-BIM-en-las-organizaciones-versi%C3%B3n-imprenta.pdf>

Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas. (2011). *Normas de planificación y construcción del FHA*. Guatemala: IFHA.

ISO, International Organization for Standardization [Organización Internacional de Normalización]. (2018). *ISO 19650-1 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) Information management using building information modelling Part 1: Concepts and principles*. [Organización y digitalización de información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluido el modelado de información de construcción (BIM) Gestión de la información mediante el modelado de información de construcción Parte 1: Conceptos y principios]. <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:19650:-1:ed-1:v1:en>

Izaguirre, L., y Alarcón, L. (2008). Modelación multidimensional: un mecanismo de mejora para la gestión de proyectos de construcción. *Ambiente Construido*, 8(3), 7-19.

Lean Construction Institute. (s.f.). ¿Qué es IPD?
<https://leanconstruction.org/lean-topics/integrated-project-delivery-ipd/#:~:text=IPD%20in%20Lean%20construction%20and,together%20under%20a%20single%20agreement>

Messner, J., et al. (2019). *BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.2*. [Guía de planificación de la ejecución de proyectos BIM – Versión 2.2.].
(<https://psu.pb.unizin.org/bimprojectexecutionplanningv2x2/chapter/chapter-2/>)

Pérez, I. (2019). *Utilización de la metodología BIM para la gestión de proyectos complejos en México y en el extranjero*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Archivo digital. <https://docplayer.es/174165376-Utilizacion-de-la-metodologia-bim-para-la-gestion-de-proyectos-complejos-en-mexico-y-en-el-extranjero.html>

Project Management Institute. (2017). *El estándar para la dirección de proyectos y guía de los fundamentos para la dirección de proyectos*. <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok>

Rodríguez, I. (2019). *Gestión estratégica de modelos de información para la construcción (BIM): integración de equipos colaborativos*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Archivo digital.
<https://repositorio.unam.mx/contenidos/3568597>

Rojas, M., y Medina, L. (2012). *Planeación estratégica, fundamentos y casos*. Ediciones de la U.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=KyejDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=Definici%C3%B3n+de+planeacion&ots=D-iCzuAWn9&sig=k0egnh7TXvEdpuSgePYAQsG3BiQ#v=onepage&q&f=false>

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (2019). *Estrategia para la implementación del modelado de información de la construcción (MIC) en México*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/473961/Plan_estrategico_MIC.PDF

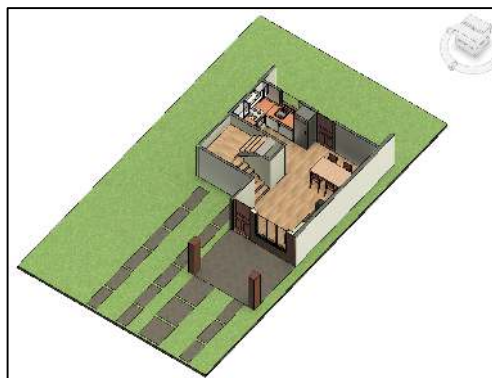
Solminihać, H., & Thenouz, G. (1997). *Procesos y técnicas de construcción*. Edición Universidad Católica de Chile.

Soto, C., Manríquez, S., y Godoy, P. (2019). *Estándar BIM para proyectos públicos. Intercambio de información entre solicitante y proveedores*. Plan BIM Corfo Inc.
<https://planbim.cl/documentos/estandar-bim-para-proyectos-publicos/>

APÉNDICES

Apéndice 1.

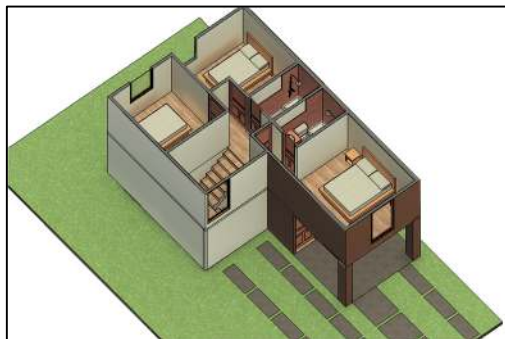
Planta arquitectónica primer nivel



Nota. Propuesta de primer nivel de vivienda unifamiliar. Elaboración propia, realizado con Autodesk Revit 2021.

Apéndice 2.

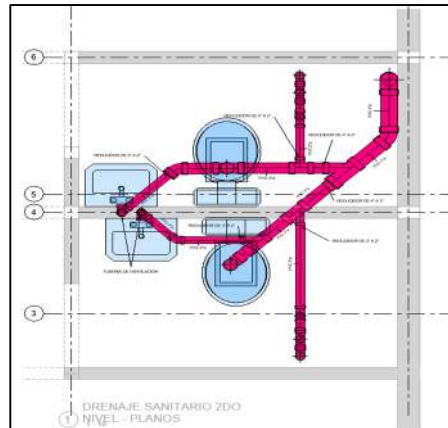
Planta arquitectónica segundo nivel



Nota. Propuesta de segundo nivel de vivienda unifamiliar. Elaboración propia, realizado con Autodesk Revit 2021.

Apéndice 3.

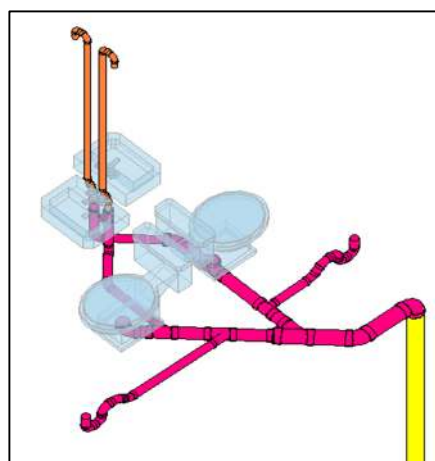
Detalle de instalaciones sanitarias



Nota. Detalle constructivo de instalación de drenaje sanitario. Elaboración propia, realizado con Autodesk Revit 2021.

Apéndice 4.

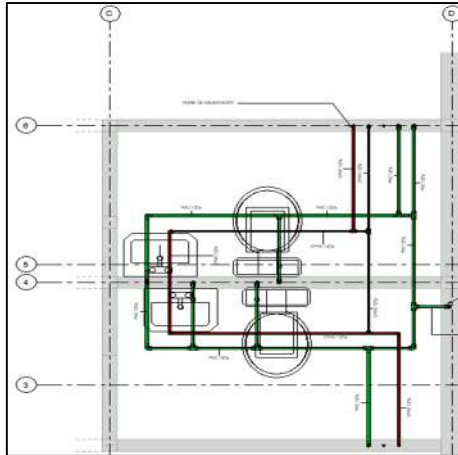
Isométrico instalaciones sanitarias



Nota. Visualización de detalles constructivos en 3D con programas especializados en la implementación de metodología BIM. Elaboración propia, realizado con Autodesk Revit 2021.

Apéndice 5.

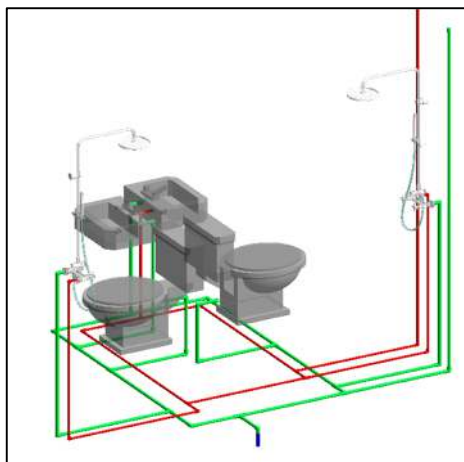
Detalle de instalación de agua potable



Nota. Detalle constructivo de instalaciones de agua potable. Elaboración propia, realizado con Autodesk Revit 2021.

Apéndice 6.

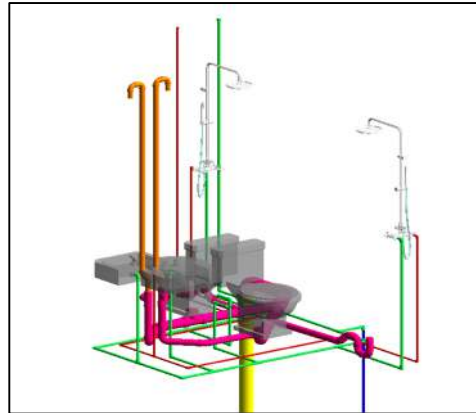
Isométrica instalación de agua potable



Nota. Visualización de detalle constructivo en 3D con programa especializado en la implementación de metodología BIM. Elaboración propia, realizado con Autodesk Revit 2021.

Apéndice 7.

Isométrico instalaciones hidrosanitarias



Nota. Visualización de instalaciones hidrosanitarias en 3D con programa especializado en la implementación de metodología BIM. Elaboración propia, realizado con Autodesk Revit 2021.

Apéndice 8.

Cuantificación de tuberías de instalaciones hidrosanitarias.

<INSTALACIONES HIDROSANITARIAS>			
A	B	C	D
Family and Type	Comments	Length	Diameter
Tipos de tubería: AmancoWavin_Tuberias_AguaPotablePVC_SDR13.5	PRIMER NIVEL	38.77	1/2"
Tipos de tubería: AmancoWavin_Tuberias_AguaPotablePVC_SDR13.5	SEGUNDO NIVEL	17.59	1/2"
Tipos de tubería: AmancoWavin_Tuberias_DrenajePVC_SDR26-160PSI	VENTILACIÓN	4.19	1 1/4"
Tipos de tubería: AmancoWavin_Tuberias_DrenajePVC_SDR32 5-125PSI	DRENAJE PLUVIAL	10.60	2"
Tipos de tubería: AmancoWavin_Tuberias_DrenajePVC_SDR32 5-125PSI	DRENAJE PLUVIAL	18.30	4"
Tipos de tubería: AmancoWavin_Tuberias_DrenajePVC_SDR32 5-125PSI	DRENAJE SANITARIO 1N	4.05	2"
Tipos de tubería: AmancoWavin_Tuberias_DrenajePVC_SDR32 5-125PSI	DRENAJE SANITARIO 1N	21.26	4"
Tipos de tubería: AmancoWavin_Tuberias_DrenajePVC_SDR32 5-125PSI	DRENAJE SANITARIO 2N	3.44	2"
Tipos de tubería: AmancoWavin_Tuberias_DrenajePVC_SDR32 5-125PSI	DRENAJE SANITARIO 2N	1.50	3"
Tipos de tubería: AmancoWavin_Tuberias_DrenajePVC_SDR32 5-125PSI	DRENAJE SANITARIO 2N	0.64	4"
Tipos de tubería: AmancoWavin_Tuberias_UltratempCPVC	AGUA CALIENTE	13.11	1/2"
Grand total: 162		133.46	

Nota. Cuantificación de tuberías de instalaciones hidrosanitarias elaboración propia, realizado con Autodesk Revit 2021.

Apéndice 9.

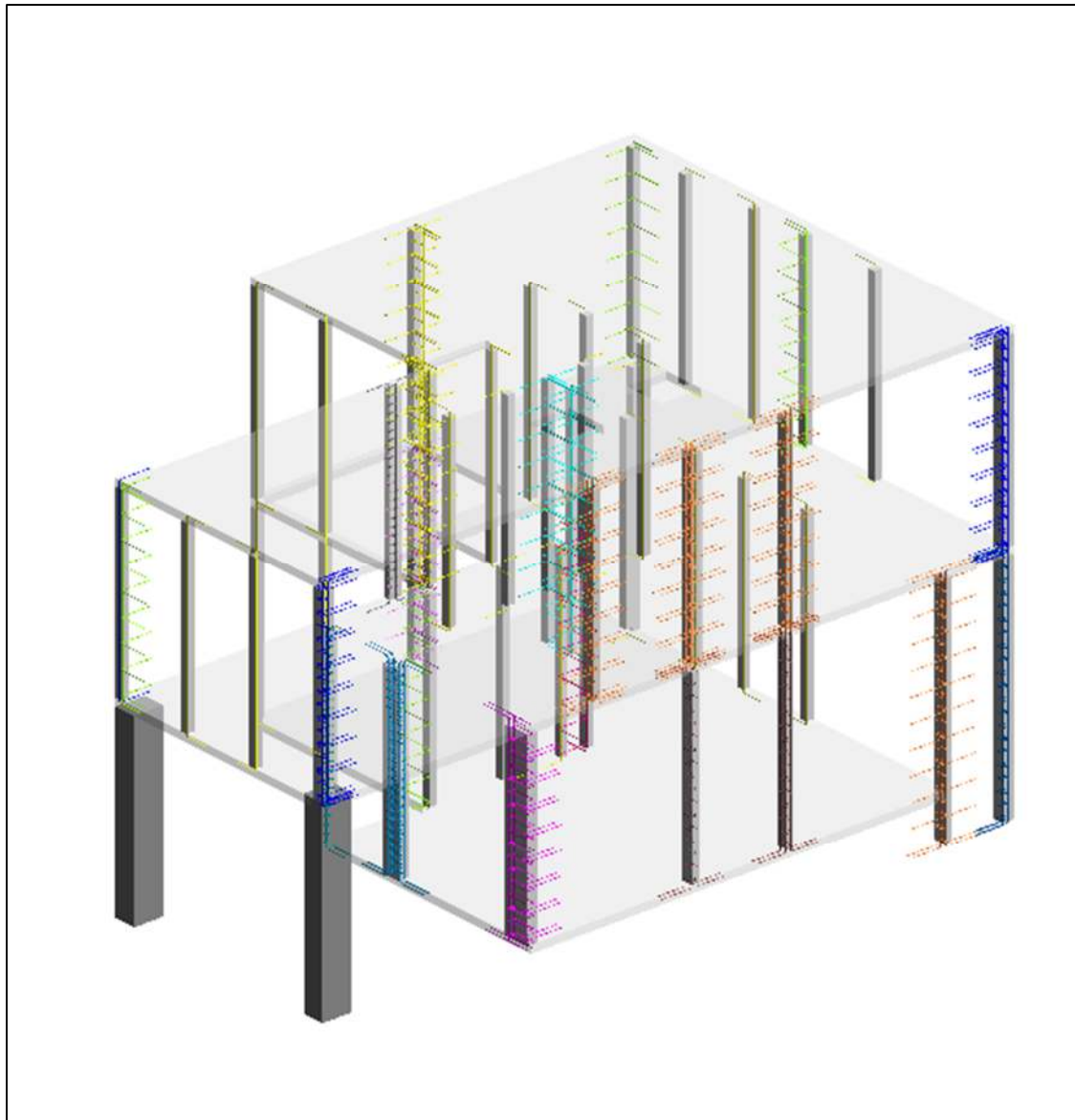
Cuantificación de accesorios hidrosanitarios

<ACCESORIOS MAGNOLIA>			
A	B	C	D
FAMILIA Y TIPO	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	TIPO
AmancoWavin_Unionesdetuberia_AguaPotableCodo: Var.	PRIMER NIVEL	CODO PRE 90 1/2 PVC SCH40	CODO
AmancoWavin_Unionesdetuberia_AguaPotableCodo: Var.	SEGUNDO NIVEL	CODO PRE 90 1/2 PVC SCH40	CODO
AmancoWavin_Unionesdetuberia_AguaPotableTapón: Var.	SEGUNDO NIVEL	TAPON H PVC S40 12MM-1/2" B C/C	TAPON
AmancoWavin_Unionesdetuberia_AguaPotableTé: Var.	PRIMER NIVEL	TE PVC SCH40 12 MM-1/2" BL C/CEM	TEE
AmancoWavin_Unionesdetuberia_AguaPotableTé: Var.	SEGUNDO NIVEL	TE PVC SCH40 12 MM-1/2" BL C/CEM	TEE
AmancoWavin_Unionesdetuberia_AguaPotableZNoUsarReducción: Var.		0	REDUCCIÓN
AmancoWavin_Unionesdetuberia_CPVC Codo: Var.	AGUA CALIENTE	CODO 90 CPVC CTS 12 MM-1/2" CR C/CEM	CODO CPVC
AmancoWavin_Unionesdetuberia_CPVC Tapón: Var.	AGUA CALIENTE	TAPON H CPVC CTS 12MM-1/2" CR C/C	TAPON
AmancoWavin_Unionesdetuberia_CPVC Té: Var.	AGUA CALIENTE	TE CPVC CTS 12 MM-1/2" CR C/CEM	TEE
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeCodo: Pared Gruesa	DRENAJE PLUVIAL	CODO 45 PVC DWV S40 N1 100MM-4" B C/C	Codo
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeCodo: Pared Gruesa	DRENAJE PLUVIAL	CODO 90 PVC DWV S40 N1 50MM-2" B C/C*	Codo
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeCodo: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 1N	CODO 45 PVC DWV S40 N1 50MM-2" B C/C	Codo
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeCodo: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 1N	CODO 45 PVC DWV S40 N1 100MM-4" B C/C	Codo
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeCodo: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 1N	CODO 90 PVC DWV S40 N1 50MM-2" B C/C*	Codo
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeCodo: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 1N	CODO 90 PVC DWV S40 N1 100MM-4" B C/C	Codo
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeCodo: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 2N	CODO 45 PVC DWV S40 N1 50MM-2" B C/C	Codo
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeCodo: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 2N	CODO 45 PVC DWV S40 N1 75MM-3" B C/C	Codo
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeCodo: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 2N	CODO 45 PVC DWV S40 N1 100MM-4" B C/C	Codo
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeCodo: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 2N	CODO 90 PVC DWV S40 N1 50MM-2" B C/C*	Codo
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeCodo: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 2N	CODO 90 PVC DWV S40 N1 75MM-3" B C/C	Codo
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeCodo: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 2N	CODO 90 PVC DWV S40 N1 100MM-4" B C/C	Codo
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeCodo: Pared Gruesa	VENTILACIÓN	CODO 45 PVC DWV S40 N1 31MM-11/4" B C/C*	Codo
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeCodo: Pared Gruesa	VENTILACIÓN	CODO 90 PVC DWV S40 N1 31MM-11/4" B C/C	Codo
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeReducción: Pared Gruesa	DRENAJE PLUVIAL	0	REDUCCIÓN
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeReducción: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 2N	0	REDUCCIÓN
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeTee: Pared Gruesa	DRENAJE PLUVIAL	TE PVC DWV S40 N1 100 MM-4" BL C/CEM	Tee
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeTee: Pared Gruesa	DRENAJE PLUVIAL	YE PVC DWV S40 N1 100 MM-4" BL C/CEM	Tee
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeTee: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 1N	YE PVC DWV S40 N1 100 MM-4" BL C/CEM	Tee
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeTee: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 2N	TE PVC DWV S40 N1 50 MM-2" BL C/CEM	Tee
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeTee: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 2N	TE PVC DWV S40 N1 75 MM-3" BL C/CEM	Tee
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeTee: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 2N	TE RED PVC DWV S40 N1 3X2" B C/C	Tee
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeTee: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 2N	YE RED PVC DWV S40 N1 4X3" B C/C	Tee
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeTee: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 2N	YE RED PVC DWV S40 N1 75X50MM-3X2" B C/C	Tee
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeZNoUsarReducción: Pared Gruesa	DRENAJE PLUVIAL	RED PVC DWV S40 N1 100X50MM-4X2" B C/C	Reducción
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeZNoUsarReducción: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 1N	RED PVC DWV S40 N1 100X50MM-4X2" B C/C	Reducción
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeZNoUsarReducción: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 2N	RED PVC DWV S40 N1 50X31MM-2X11/4" B C/C	Reducción
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeZNoUsarReducción: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 2N	RED PVC DWV S40 N1 75X50MM-3X2" B C/C*	Reducción
AmancoWavin_Unionesdetuberia_DrenajeZNoUsarReducción: Pared Gruesa	DRENAJE SANITARIO 2N	RED PVC DWV S40 N1 100X75MM-4X3" B C/C*	Reducción
Grand total: 207			

Nota. Cuantificación de accesorios de tuberías para instalaciones hidrosanitarias. Elaboración propia, realizado con Autodesk Revit 2021.

Apéndice 10.

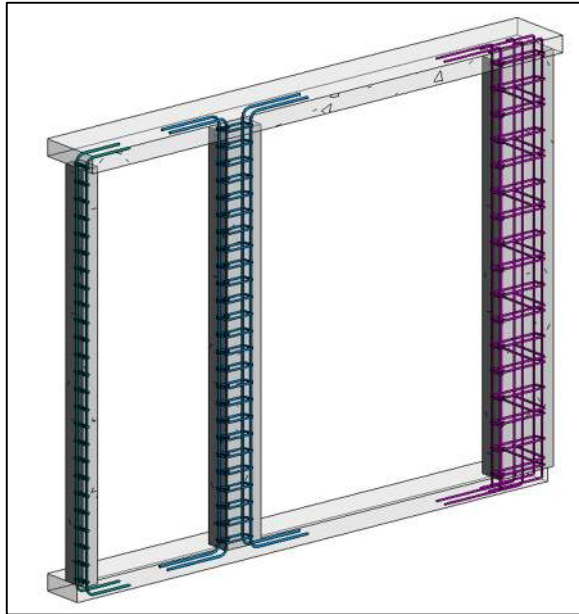
Isométrico de armados estructurales



Nota. Visualización de detalles de armado estructural en 3D con programas especializados en la implementación de metodología BIM. Elaboración propia, realizado con Autodesk Revit 2021.

Apéndice 11.

Detalle de armados estructurales



Nota. Visualización de detalles constructivos de armado de columnas en 3D con programas especializados en la implementación de metodología BIM. Elaboración propia, realizado con Autodesk Revit 2021.

Apéndice 12.

Cuantificación de acero estructural

<REFUERZOS ESTRUCTURALES>				
A	B	C	D	E
Familia	Diámetro de barra	Longitud de barra	Recuento	Comentarios
Barra de armadura	3/8"	71.99 m	23	R1 NIVEL 2
Barra de armadura	3/8"	1.87 m	3	R2
Barra de armadura	1/2"	3.08 m	1	R2
Barra de armadura	3/8"	3.75 m	6	R2 NIVEL 2
Barra de armadura	1/2"	12.29 m	4	R2 NIVEL 2
Barra de armadura	3/8"	3.88 m	2	R3
Barra de armadura	3/8"	14.79 m	7	R3 NIVEL 2
Barra de armadura	3/8"	5.25 m	3	R4
Barra de armadura	3/8"	5.25 m	3	R4 NIVEL 2
Barra de armadura	3/8"	0.69 m	1	R5
Barra de armadura	1/2"	6.55 m	2	R5
Barra de armadura	3/8"	18.53 m	12	R6
Barra de armadura	1/4"	0.92 m	2	R7
Barra de armadura	3/8"	13.28 m	4	R7
Barra de armadura	3/8"	9.22 m	4	R8
Barra de armadura	3/8"	26.86 m	15	R8 NIVEL 2
Barra de armadura	3/8"	0.24 m	1	R9
Barra de armadura	1/2"	6.15 m	2	R9
Barra de armadura	3/8"	8.30 m	3	R10
Barra de armadura	3/8"	0.85 m	1	R11
Barra de armadura	1/2"	3.06 m	1	R11
Barra de armadura	3/8"	0.24 m	1	R12 NIVEL 2
Barra de armadura	1/2"	6.15 m	2	R12 NIVEL 2
Barra de armadura	3/8"	23.01 m	10	R13 NIVEL 2
Total general: 113		246.20 m		

Nota. Cuantificación de varillas para armado. elaboración propia, realizado con Autodesk Revit 2021.

Apéndice 13.

Cuantificación de tipos de muros

<MUROS>				
A	B	C	D	E
Anchura	Comentarios	Area	Volumen	Longitud
0.10	MUROS SEGUNDO NIVEL	76.13 m ²	7.613 m ³	39.98
0.15	MUROS SEGUNDO NIVEL	21.24 m ²	3.186 m ³	9.35
Total general: 11		97.37 m ²	10.799 m ³	49.33

Nota. Cuantificación de tipos de muro. Elaboración propia, realizado con Autodesk Revit 2021.

Apéndice 14.

Cuantificación de losas

<LOSAS>			
A	B	C	D
Comentarios	Grosor	Área	Volumen
LOSA CIMENTACIÓN	0.10	31.07 m ²	3.107 m ³
LOSA ENTREPISO	0.10	41.44 m ²	4.144 m ³
LOSA FINAL	0.10	44.52 m ²	4.452 m ³
Total general: 3			

Nota. Cuantificación de tipos de losa. Elaboración propia, realizado con Autodesk Revit 2021.

Apéndice 15.

Cuantificación de pisos y fundiciones

<PISOS Y FUNDICIONES>			
A	B	C	D
Familia y tipo	Grosor predetermi	Volumen	Área
Suelo: 01_MEZCLON BAÑOS	0.15	0.79 m³	5.27 m²
Suelo: 02_GRAMA	0.15	5.34 m³	35.59 m²
Suelo: 03_CARRILERAS	0.10	1.26 m³	12.57 m²
Suelo: 04_CAR PORT	0.10	0.92 m³	9.24 m²
Total general: 4			

Nota. Cuantificación de tipos de suelo. Elaboración propia, realizado con Autodesk Revit 2021.

ANEXOS

Anexo 1.

Etapas del ciclo de vida

0.	DE	Definición estratégica
1.	PF	Prefactibilidad / Diseño conceptual
2.	DI	Diseño arquitectónico
3.	PL	Planificación
4.	CN	Contratación (Licitación)
5.	CO	Construcción
6.	OP	Operación
7.	RE	Renovación o demolición

Nota. Índice de etapas del ciclo de vida de un proyecto. Obtenido de Asociación Guatemalteca de Estándares BIM (2020). *Guía de aplicación práctica a la serie ISO 19650 partes 1 y 2.* (p. 12). AGEBIM.

Anexo 2.

Niveles de desarrollo generales

ZZ	aplica a todos los niveles
XX	ningún nivel aplica (ej. conjunto)

Nota. Índice de niveles de desarrollo de los proyectos. Obtenido de la Asociación Guatemalteca de Estándares BIM (2020). *Guía de aplicación práctica a la serie ISO 19650 partes 1 y 2.* (p. 12). AGEBIM.

Anexo 3.

Niveles de desarrollo específicos

N01	nivel 01
N01_MZ	Mezanine arriba de nivel 01
N02	nivel 02
N02_MZ	Mezanine arriba de nivel 02
NS1	nivel sótano 1
NS1_MZ	Mezanine arriba de nivel sótano 01
NS2	nivel sótano 2

Nota. Índice de niveles de desarrollo específico de proyectos. Obtenido de la Asociación Guatemalteca de Estándares BIM (2020). *Guía de aplicación práctica a la serie ISO 19650 partes 1 y 2.* (p. 12). AGEBIM.

Anexo 4.

Tipo de información

MI	Minuta
PT	Presentación
SP	Especificación
VI	Visualización
05	Plantas amuebladas
06	Elevaciones
07	Secciones
10	Plantas acotadas

Nota. Índice de tipos de archivo para un proyecto. Obtenido de la Asociación Guatemalteca de Estándares BIM (2020). *Guía de aplicación práctica a la serie ISO 19650 partes 1 y 2.* (p. 12). AGEBIM.

Anexo 5.

Disciplina

G	General
H	Materiales nocivos
V	Levantamientos topográficos
B	Geotecnia
C	Civil
L	Paisajismo
S	Estructuras
A	Arquitectura
I	Interiores
Q	Equipos
F	Protección contra incendios
P	Instalaciones hidrosanitarias
D	Procesos
M	Instalaciones mecánicas
E	Instalaciones eléctricas
T	Telecomunicaciones
X	Otras disciplinas
Z	Planos de taller
O	Operación y mantenimiento

Nota. Índice de las disciplinas incluidas en un proyecto. Obtenido de la Asociación Guatemalteca de Estándares BIM (2020). *Guía de aplicación práctica a la serie ISO 19650 partes 1 y 2.* (p. 13). AGEBIM.

Anexo 6.

Estado

S0	Trabajo interno
S1	Trabajo compartido

Nota. Índice de los tipos de trabajos a realizar en el proyecto. Obtenido de la Asociación Guatemalteca de Estándares BIM (2020). *Guía de aplicación práctica a la serie ISO 19650 partes 1 y 2.* (p. 13). AGEBIM.

Anexo 7.

Ejemplo 1 de nombramiento de archivos

Ejemplo 01 PR1-PL-ABC-TAxx-N01-30-A-001-AcabadoPisos-S1-V01	
PR1	Identificador del proyecto
PL	Etapa del ciclo de vida
ABC	Autor responsable de la información
TAxx	Ubicación, localización o sector
N01	Nivel al que hace referencia el archivo, ej. nivel uno
30	El tipo de archivo indica que es de acabado en pisos
A	La disciplina es arquitectura
001	Correlativo continuo de la disciplina
AcabadoPisos	Descripción estandarizada
S1	Estado de transición de la información, S1 – compartir externo
V01	Versión de arquitectura 01

Nota. Ejemplo de posible nombramiento de archivos para un proyecto. Asociación Guatemalteca de Estándares BIM (2020). *Guía de aplicación práctica a la serie ISO 19650 partes 1 y 2.* (p. 14). AGE BIM.

Anexo 8.

Ejemplo 2 de nombramiento de archivos

Ejemplo 02 PR1-PL-MAC-TAxx-N01-10-E-001-AcometidaElectrica-S1-V01_01	
PR1	Identificador del proyecto
PL	Etapa del ciclo de vida
MAC	Autor responsable de la información
TAxx	Ubicación, localización o sector
N01	Nivel al que hace referencia el archivo, ej. nivel uno
10	El tipo de archivo indica que es un plano de acometida eléctrica
A	La disciplina es arquitectura
001	Correlativo continuo de la disciplina
Acometida Electrica	Descripción estandarizada
S1	Estado de transición de la información, S1 – compartir externo
V01_01	Versión de arquitectura 01, entrega 01 de instalaciones eléctricas

Nota. Ejemplo de posible nombramiento de archivos para un proyecto. Asociación Guatemalteca de Estándares BIM. (2020). *Guía de aplicación práctica a la serie ISO 19650 partes 1 y 2.* (p. 14). AGE BIM.

Anexo 9.

Propuesta de listado de códigos de tipo y sus descripciones

General Tipos de documentos				Acabados				Diseño				Muros Estructurales			
Nomenclaturas															
AS*	- A -	001	- Analisis	30	- A -	001	- AcabadoMuros	90	- A -	001	- Bloques	40	- S -	001	- PlantaMurosEst
BEP	- A -	001	- BEP	31	- A -	001	- AcabadoPisos	91	- A -	001	- AreaConstruccion	41	- S -	001	- DetMuroEst
BC	- A -	001	- BasesContratacion	32	- A -	001	- ModulacionPisos	92	- A -	001	- AreasVendibles	42	- S -	001	- ElevacionMurosEst
CA	- A -	001	- CartaAdjudicacion	33	- A -	001	- AcabadoCielos	93	- A -	001	- AreasComunes	43	- S -	000	- A definir
CD	- A -	001	- CriteriosDiseño	34	- A -	000	- A definir	94	- A -	001	- AreasAmbientes	44	- S -	000	- A definir
CR	- A -	001	- Cronograma	35	- A -	000	- A definir	95	- A -	000	- A definir	45	- S -	000	- A definir
CT	- A -	001	- Cotizacion	36	- A -	000	- A definir	96	- A -	000	- A definir	46	- S -	000	- A definir
FC*	- A -	001	- Formulario	37	- A -	000	- A definir	97	- A -	001	- MachotePlantas	47	- S -	000	- A definir
LP*	- A -	001	- Listado	38	- A -	000	- A definir	98	- A -	001	- Elevaciones	48	- S -	000	- A definir
MC	- A -	001	- MemoriaCalculo	39	- A -	000	- A definir	99	- A -	001	- Secciones	49	- S -	000	- A definir
MD	- A -	001	- MemoriaDescriptiva	Cerramientos Verticales y Horizontales				Estructuras				Retenciones			
MN	- A -	001	- Minuta	40	- A -	001	- PuertasVentanas	Generales				50	- S -	001	- PlantaRetencion
MOD	- A -	001	- Modelo	41	- A -	001	- Barandillas	00	- S -	001	- Indice	51	- S -	001	- ElevacionesRetencion
PD	- A -	001	- Presentaciones	42	- A -	001	- Tragaluces	0E	- S -	001	- Especificaciones	52	- S -	001	- DetRetencion
PB	- A -	001	- Presentación BEP	43	- A -	000	- A definir	0G	- S -	001	- DetallesGenerales	53	- S -	000	- A definir
RQ	- A -	001	- ReqEspecialistas	44	- A -	000	- A definir	n/a	- n/a -	n/a	- n/a	54	- S -	000	- A definir
VB	- A -	001	- CartaAutorizacion	45	- A -	000	- A definir	n/a	- n/a -	n/a	- n/a	55	- S -	000	- A definir
VZ	- A -	001	- VisualizacionCuanti	46	- A -	000	- A definir	n/a	- n/a -	n/a	- n/a	56	- S -	000	- A definir
CO	- A -	001	- Colisiones	47	- A -	000	- A definir	Cerramientos				57	- S -	000	- A definir
TC	- A -	001	- TablasCuanti	48	- A -	000	- A definir	n/a	- n/a -	n/a	- n/a	58	- S -	000	- A definir
Nota (*) - es posible modificar la segunda letra en los casos donde se requiera.				49	- A -	000	- A definir	01	- S -	001	- Emplantillado	59	- S -	000	- A definir
Nota - es posible agregar códigos adicionales de 2 caracteres junto con su descripción.				Detalles de Ambientes				02	- S -	001	- CorteTípico	Detalles			
				50	- A -	001	- AmbPrivado	03	- S -	000	- A definir	60	- S -	001	- DetGradas
				51	- A -	001	- AmbComun	04	- S -	000	- A definir	61	- S -	001	- DetRampas
				52	- A -	001	- AmbBaños	n/a	- n/a -	n/a	- n/a	62	- S -	001	- DetPergolaVoladizo
				53	- A -	001	- AmbCocinas	05	- S -	000	- A definir	63	- S -	001	- DetCelosías
				54	- A -	000	- A definir	06	- S -	000	- A definir	64	- S -	000	- A definir
				55	- A -	000	- A definir	07	- S -	000	- A definir	65	- S -	000	- A definir
				56	- A -	000	- A definir	08	- S -	000	- A definir	66	- S -	000	- A definir
				57	- A -	000	- A definir	09	- S -	000	- A definir	67	- S -	000	- A definir
				58	- A -	000	- A definir	Losas y Vigas				68	- S -	000	- A definir
				59	- A -	000	- A definir	10	- S -	001	- PlantaLosas	69	- S -	000	- A definir
				Detalles Generales del Proyecto				11	- S -	001	- RefuerzoVertLosa	Detalles Hidrosanitarios			
				60	- A -	001	- DetCircVertical	12	- S -	001	- RefuerzoHorzLosa	70	- S -	001	- DetPlantaTratamiento
				61	- A -	001	- DetRampas	13	- S -	001	- PlantaVigas	71	- S -	001	- DetCisterna
				62	- A -	001	- DetPergolaVoladizo	14	- S -	001	- DetVigas	72	- S -	000	- A definir
				63	- A -	001	- DetCelosías	15	- S -	000	- A definir	73	- S -	000	- A definir
				64	- A -	001	- DetIngresoVehicular	16	- S -	000	- A definir	74	- S -	000	- A definir
				65	- A -	001	- DetIngresoPeatonal	17	- S -	000	- A definir	75	- S -	000	- A definir
				66	- A -	001	- DetCompExteriores	18	- S -	000	- A definir	76	- S -	000	- A definir
				67	- A -	001	- DetCompInteriores	19	- S -	000	- A definir	77	- S -	000	- A definir
				68	- A -	000	- A definir	Cimentación				78	- S -	000	- A definir
				69	- A -	000	- A definir	20	- S -	001	- PlantaCimentacion	79	- S -	000	- A definir
				Entorno				21	- S -	001	- DetCimentacion	Hidrosanitarias (Plomería)			
				70	- A -	001	- DetJardinizacion	22	- S -	001	- DetZapatas	Generales			
				71	- A -	001	- Gabaritos	23	- S -	001	- DetPlotes	00	- P -	001	- Indice
				72	- A -	001	- MobiliarioUrbano	24	- S -	001	- DetSoleras	0E	- P -	001	- Especificaciones
				73	- A -	000	- A definir	25	- S -	001	- DetVigaConectoras	0G	- P -	001	- DetGenerales
				74	- A -	000	- A definir	26	- S -	001	- Pavimentos	n/a	- n/a -	n/a	- n/a
				75	- A -	000	- A definir	27	- S -	000	- A definir	n/a	- n/a -	n/a	- n/a
				76	- A -	000	- A definir	28	- S -	000	- A definir	Hidráulicas			
				77	- A -	000	- A definir	29	- S -	000	- A definir	n/a	- n/a -	n/a	- n/a
				78	- A -	000	- A definir	Columnas				01	- P -	001	- PlantaInstalaciones
				79	- A -	000	- A definir	30	- S -	001	- PlantaUbicacionCol	02	- P -	001	- DiagramaRed
				Trámites				31	- S -	001	- DetColumnas	03	- P -	001	- PerfilInstalaciones
				80	- A -	001	- CargasOcupacion	32	- S -	001	- ElevacionColumnas	04	- P -	001	- IsoInstalaciones
				81	- A -	001	- Senalización	33	- S -	000	- A definir	n/a	- n/a -	n/a	- n/a
				82	- A -	001	- Edificabilidad	34	- S -	000	- A definir	05	- P -	001	- DetInstalaciones
				83	- A -	001	- Amenidades	35	- S -	000	- A definir	06	- P -	001	- DetCisterna
				84	- A -	001	- IntervencionUsoSuelo	36	- S -	000	- A definir	07	- P -	000	- A definir
				85	- A -	001	- Incentivos	37	- S -	000	- A definir	08	- P -	000	- A definir
				86	- A -	000	- A definir	38	- S -	000	- A definir	09	- P -	000	- A definir
				87	- A -	000	- A definir	39	- S -	000	- A definir				
				88	- A -	000	- A definir								
				89	- A -	000	- A definir								

Continuación del Anexo 9.

Drenaje Sanitario				Detalles PTAR				Especiales						
10	-	P	- 001	-	70	-	P - 001	-	40	-	E - 001	-	AcometidaInstEsp	
11	-	P	- 001	-	71	-	P - 000	-	41	-	E - 001	-	PlantasInstEsp	
12	-	P	- 001	-	72	-	P - 000	-	42	-	E - 001	-	PlantaDetInstEsp	
13	-	P	- 001	-	73	-	P - 000	-	43	-	E - 000	-	DetInstEsp	
14	-	P	- 001	-	74	-	P - 000	-	44	-	E - 000	-	A definir	
15	-	P	- 001	-	75	-	P - 000	-	45	-	E - 000	-	A definir	
16	-	P	- 001	-	76	-	P - 000	-	46	-	E - 000	-	A definir	
17	-	P	- 000	-	77	-	P - 000	-	47	-	E - 000	-	A definir	
18	-	P	- 000	-	78	-	P - 000	-	48	-	E - 000	-	A definir	
19	-	P	- 000	-	79	-	P - 000	-	49	-	E - 000	-	A definir	
Drenajes Pluviales				Electricas				Paramayos						
20	-	P	- 000	-	Generales				50	-	E - 001	-	RedTierras	
21	-	P	- 000	-	00	-	E - 001	-	Indice	51	-	E - 001	-	PlantalnstParamayos
22	-	P	- 000	-	0E	-	E - 001	-	Especificaciones	52	-	E - 001	-	DetInstParamayos
23	-	P	- 000	-	0G	-	E - 001	-	DetGenerales	53	-	E - 000	-	A definir
24	-	P	- 000	-	n/a	-	n/a - n/a	-	n/a	54	-	E - 000	-	A definir
25	-	P	- 000	-	n/a	-	n/a - n/a	-	n/a	55	-	E - 000	-	A definir
26	-	P	- 000	-	n/a	-	n/a - n/a	-	n/a	56	-	E - 000	-	A definir
27	-	P	- 000	-	n/a	-	n/a - n/a	-	n/a	57	-	E - 000	-	A definir
28	-	P	- 000	-	n/a	-	n/a - n/a	-	n/a	58	-	E - 000	-	A definir
29	-	P	- 000	-	01	-	E - 001	-	DiagramaUnifilar	59	-	E - 000	-	A definir
Ventilaciones				02				-	E - 001	-	DetCableado	Sistema de Emergencia		
30	-	P	- 001	-	03	-	E - 001	-	PlanillaTableros	60	-	E - 001	-	PlantaSistEmergencia
31	-	P	- 001	-	04	-	E - 000	-	A definir	61	-	E - 000	-	A definir
32	-	P	- 001	-	n/a	-	n/a - n/a	-	n/a	62	-	E - 000	-	A definir
33	-	P	- 001	-	05	-	E - 000	-	A definir	63	-	E - 000	-	A definir
34	-	P	- 000	-	06	-	E - 000	-	A definir	64	-	E - 000	-	A definir
35	-	P	- 000	-	07	-	E - 000	-	A definir	65	-	E - 000	-	A definir
36	-	P	- 000	-	08	-	E - 000	-	A definir	66	-	E - 000	-	A definir
37	-	P	- 000	-	09	-	E - 000	-	A definir	67	-	E - 000	-	A definir
38	-	P	- 000	-	Acometida				68	-	E - 000	-	A definir	
39	-	P	- 000	-	10	-	E - 001	-	AcometidaElectrica	69	-	E - 000	-	A definir
Protección Contra Incendios				11	-	E - 001	-	DetAcometida	Mecánicas					
40	-	P	- 001	-	12	-	E - 001	-	DetPanelMultContador	70	-	E - 001	-	PlantalnstMecanicas
41	-	P	- 001	-	13	-	E - 000	-	A definir	71	-	E - 000	-	A definir
42	-	P	- 001	-	14	-	E - 000	-	A definir	72	-	E - 000	-	A definir
43	-	P	- 001	-	15	-	E - 000	-	A definir	73	-	E - 000	-	A definir
44	-	P	- 000	-	16	-	E - 000	-	A definir	74	-	E - 000	-	A definir
45	-	P	- 000	-	17	-	E - 000	-	A definir	75	-	E - 000	-	A definir
46	-	P	- 000	-	18	-	E - 000	-	A definir	76	-	E - 000	-	A definir
47	-	P	- 000	-	19	-	E - 000	-	A definir	77	-	E - 000	-	A definir
48	-	P	- 000	-	Iluminación				78	-	E - 000	-	A definir	
49	-	P	- 000	-	20	-	E - 001	-	PlantalnstIlum	79	-	E - 000	-	A definir
Extracción de Olores				21	-	E - 001	-	PlantaDetInstIlum						
50	-	P	- 001	-	22	-	E - 001	-	DetIluminacion					
51	-	P	- 001	-	23	-	E - 000	-	A definir					
52	-	P	- 001	-	24	-	E - 000	-	A definir					
53	-	P	- 001	-	25	-	E - 000	-	A definir					
54	-	P	- 000	-	26	-	E - 000	-	A definir					
55	-	P	- 000	-	27	-	E - 000	-	A definir					
56	-	P	- 000	-	28	-	E - 000	-	A definir					
57	-	P	- 000	-	29	-	E - 000	-	A definir					
58	-	P	- 000	-	Fuerza									
59	-	P	- 000	-	30	-	E - 001	-	PlantalnstFuerza					
Conexión a Red Municipal				31	-	E - 001	-	PlantaDetInstFuerza						
60	-	P	- 001	-	32	-	E - 001	-	DetInstFuerza					
61	-	P	- 001	-	33	-	E - 000	-	A definir					
62	-	P	- 000	-	34	-	E - 000	-	A definir					
63	-	P	- 000	-	35	-	E - 000	-	A definir					
64	-	P	- 000	-	36	-	E - 000	-	A definir					
65	-	P	- 000	-	37	-	E - 000	-	A definir					
66	-	P	- 000	-	38	-	E - 000	-	A definir					
67	-	P	- 000	-	39	-	E - 000	-	A definir					
68	-	P	- 000	-										
69	-	P	- 000	-										

Nota. Listado de códigos para aplicar en el nombramiento de archivos implementando la metodología BIM Asociación Guatemalteca de Estándares BIM (2020). *Guía de aplicación práctica a la serie ISO 19650 partes 1 y 2.* (p. 18-19). AGE BIM.