

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL
ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



TRABAJO DE TITULACIÓN

**APLICACIÓN DE LA METOLOGÍA BIM PARA LA GESTIÓN
DEL TIEMPO DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN. CASO
DE APLICACIÓN: EDIFICIO LLUMA, UBICADO EN LA CIUDAD
DE RIOBAMBA-ECUADOR**

AUTORA:

CAMILA BELÉN HARO SAMANIEGO

DIRECTOR:

ING. XAVIER CASTELLANOS ESTRELLA

QUITO DM, 2022

RESUMEN

La modelación de la información de construcción más conocida como BIM (Building Information Modeling) es una metodología emergente que ha tardado casi dos décadas en desarrollarse. Tradicionalmente, el sector de la construcción se ha caracterizado por el intercambio de información de manera unidireccional, con flujos de trabajos lineales y asincrónicos. Sin embargo, en los últimos años se ha hecho grandes apuestas por la implementación de BIM ya que permite la optimización de procesos mediante metodologías y herramientas caracterizadas por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua.

Este proyecto de titulación tiene como objetivo exhibir los diversos beneficios de la implementación de la metodología BIM en la mejora del desempeño del proyecto, en términos de correlacionar los diseños de ingeniería con el cronograma de obra. La base conceptual de la metodología BIM se aplicará a un caso de estudio que corresponde al sector de la construcción y edificación en la ciudad de Riobamba.

ABSTRACT

Building information modeling, better known as BIM, is an emerging methodology that has taken almost two decades to develop. Traditionally, the construction sector has been characterized by unidirectional information exchange, with linear and asynchronous workflows. However, in recent years great bets have been made on the implementation of BIM since it allows the optimization of processes through methodologies and tools characterized by the use of information in a coordinated, coherent, computable and continuous manner.

This degree project aims to exhibit the various benefits of implementing the BIM methodology in improving project performance, in terms of correlating engineering designs with schedule management. The conceptual basis of the BIM methodology will be applied to a case study that corresponds to the construction and building sector in Riobamba.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. CAPITULO 1: GENERALIDADES	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Alcance	2
1.3 Objetivos.....	2
1.4 Antecedentes.....	2
2. CAPÍTULO 2: BASE TEÓRICA: INTRODUCCIÓN AL BIM	3
2.1 ¿Qué es BIM?.....	3
2.2 Usos del BIM en un modelo	5
2.3 Nivel de detalle (Lod) y Nivel de información (Loi)	7
2.4 Nivel de Madurez BIM.....	8
2.5 Dimensiones BIM.....	10
2.5.1 3D BIM Datos paramétricos.....	11
2.5.2 4D BIM Integración de calendarios y tiempos.....	11
2.5.3 5D BIM Estimación de costos y control de gastos.....	11
2.5.4 6D BIM Comportamiento energético y sustentabilidad	12
2.5.5 7D BIM Aplicaciones operacionales del ciclo de vida.....	12
2.6 Usos BIM durante el ciclo de vida de un proyecto.....	12
2.7 Etapas BIM	13
2.8 Interoperabilidad y software	16
2.8.1. OpenBIM	16
2.8.2 Software BIM	16
2.9 Normativas vigentes	18
2.10 Actualidad global BIM	20
2.10.1 BIM en Europa	21
2.10.2 BIM en Norte América	23
2.10.3 BIM en Sudamérica.....	24
2.10.4 BIM en Asia.....	25
2.10.5 BIM en Oceanía.....	26
2.10.6 BIM en el resto del mundo	26
CAPÍTULO 3: GESTIÓN DEL TIEMPO DE UN PROYECTO	27
3.1 Gestión del cronograma del Proyecto.....	27
3.1.1 Planificar la Gestión del Cronograma	27
3.1.2 Definir las actividades	28
3.1.3 Secuenciar las actividades	28

3.1.4 Estimar la duración de las actividades.....	30
3.1.5 Desarrollar el cronograma	31
3.1.6 Controlar el cronograma	40
CAPÍTULO 4: IMPLMENTACIÓN BIM AL CASO DE ESTUDIO	40
4.1 Employer’s Information Requirements (EIR):	41
4.2 Plan de ejecución BIM (PEB):	42
1. Introducción.....	46
2. Usos y objetivos BIM	48
3. Proceso de ejecución BIM.....	49
4. Entregables BIM e Intercambio de información	53
5. Infraestructura necesaria para implementación	54
4.3 Manual básico de entrega de información	55
4.3.1 Cronograma de obra:	55
4.3.2 Modelo 4D y simulación constructiva.....	58
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
5.1 Conclusiones	61
5.2 Recomendaciones	62
ANEXOS:.....	66

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. BIM: definición. Fuente:(G. García, 2020)	4
Ilustración 2. Procesos de diseño Tradicional vs Procesos de Diseño con BIM. Fuente: (Graphic by Patrick MacLeamy)	5
Ilustración 3. Ejemplo Lod y Loi. Fuente: (G. García, 2020)	8
Ilustración 4. Niveles del BIM de Bew-Mervyn. Fuente: (KINENERGY, 2021)	9
Ilustración 5. Dimensiones de BIM. Fuente: (http://www.tecnologiasuperior.com/servicios/servicios-bim/ 2.2.4.)	12
Ilustración 6. Usos de BIM a lo largo del ciclo de vida del edificio. Fuente: (Messner et al., 2019).....	13
Ilustración 7. Madurez BIM dividida en tres etapas. Fuente: (Salinas & Ulloa, 2014) .	15
Ilustración 8. Listade tipos de pasos para etapas BIM. Fuente: (Salinas & Ulloa, 2014)	16
Ilustración 9. Adopción de BIM en el mundo. Fuente: (Shimonti, 2018).....	21
Ilustración 10. Tipos de Relaciones del Método de Diagramación por Precedencia (PDM). Fuente: (PMI, 2017)	29
Ilustración 11. Enfoque clásico americano. Fuente: (Terrazas, 2011)	32
Ilustración 12. Actividad ficticia. Fuente: (Terrazas, 2011).....	32
Ilustración 13. Notación utilizada en la red de actividades: Enfoque clásico americano. Fuente: (Terrazas, 2011).....	32
Ilustración 14. Enfoque francés. Fuente: (Terrazas, 2011).....	33
Ilustración 15. Notación utilizada en la red de actividades: enfoque francés. Fuente: (Terrazas, 2011).....	33
Ilustración 16. Datos de un programa de actividades. Fuente: (Terrazas, 2011)	34
Ilustración 17. Matriz de incidencia. Fuente: (Terrazas, 2011).....	34
Ilustración 18. Red de actividades: sistema americano. Fuente: (Terrazas, 2011).....	35
Ilustración 19. Red de actividades: enfoque francés. Fuente: (Terrazas, 2011).....	35
Ilustración 20. Tiempos tempranos y tardíos, holgura. Fuente: (Terrazas, 2011).....	36
Ilustración 21. Comportamiento de la distribución beta Caso1. Fuente: (Terrazas, 2011)	37
Ilustración 22. Comportamiento de la distribución beta Caso 2. Fuente: (Terrazas, 2011)	38
Ilustración 23. Comportamiento de la distribución beta Caso 3. Fuente: (Terrazas, 2011).....	38

Ilustración 24. Documentos BIM. Fuente: (Elaboración Propia)	41
Ilustración 25 Composición del BEP. Fuente: (Elaboración Propia)	43
Ilustración 26. Gestión exitosa de la información. Fuente: (Elaboración propia)	46
Ilustración 27. Roles y funciones BIM - Build & Hidro. Fuente: (Elaboración propia)	49
Ilustración 28. Diagrama general del proceso de uso BIM . Fuente: (Elaboración propia)	50
Ilustración 29. Diagrama gestión de modelos 3D. Fuente: (Elaboración propia)	51
Ilustración 30. Diagrama programación de modelos BIM. Fuente: (Elaboración propia)	52
Ilustración 31. Estructura de desglose de trabajo general. Fuente: (Elaboración propia)	55
Ilustración 32. Asignación de secuencia de actividades. Fuente: (Elaboración propia)	56
Ilustración 33. Ejemplo asignación de recursos encofrado y desencofrado de columnas. H.S. Fuente: (Elaboración propia)	57
Ilustración 34. Análisis de programación de obra. Fuente: (Elaboración propia)	57
Ilustración 35. Verificación de puntos de emplazamiento. Fuente: (Elaboración propia)	58
Ilustración 36. Parametrización de elementos del modelo BIM. Fuente: (Elaboración propia)	59
Ilustración 37. Importación de los modelos 3D a Naviswork. Fuente: (Elaboración propia)	59
Ilustración 38. Creación de conjunto de elementos. Fuente: (Elaboración propia)	60
Ilustración 39. Asignación de tareas entre el modelo BIM y el cronograma de trabajo. Fuente: (Elaboración propia)	60
Ilustración 40. Simulación Constructiva. Fuente: (Elaboración propia)	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Usos del BIM.....	6
Tabla 2. Adopción de BIM en Europa: Comparación de 7 países	22
Tabla 3. Resumen del Proyecto	46
Tabla 4. Requisitos de la información	47
Tabla 5. Usos BIM.....	48
Tabla 6. Roles y participantes BIM. Fuente: Elaboración propia	49
Tabla 7. Documentos solicitados y modelos	53
Tabla 8. Entorno de datos compartidos	53
Tabla 9. Matriz intercambio de información	54
Tabla 10. Matriz de reuniones	54
Tabla 11. Infraestructura Software	54

1. CAPITULO 1: GENERALIDADES

1.1 Introducción

La construcción es uno de los sectores productivos más importantes de la economía de los países representando aproximadamente el 9% del PIB mundial. En el Ecuador el aporte de esta actividad al PIB es altamente significativo, en cuanto a generación de valor agregado, atracción de inversión y creación de plazas de empleo. Según el Banco Central del Ecuador (2014) “Desde el año 2003 al 2013 se determinó una participación promedio del 8.6%, y luego del año 2013 la participación del sector constructivo llega en promedio al 10.7% dentro del total del PIB”.

En este sentido, la planificación y control de obras de construcción es uno de los factores más importantes ya que requiere de una adecuada gestión del tiempo y costos, un óptimo uso de los recursos y una mejora del diseño y calidad del proyecto.

En nuestro medio, los proyectos de construcción se encuentran sujetos a errores de precisión e incompatibilidades en la fase de diseño lo que implica cambios en los procesos constructivos, sobrecostos y atrasos en el cumplimiento del cronograma de obra.

Ante la constante búsqueda de una mayor precisión e incremento en la eficiencia de procesos constructivos que cumplan exigentes requisitos de calidad, las empresas de diseño han explorado nuevas formas de mejorar sus procesos de producción, enfocándose en mejorar el flujo de información, conceptualización y coherencia en la elaboración de sus productos. En este contexto toma protagonismo la metodología BIM, que comprende un conjunto de herramientas digitales que ayuda a la industria AEC (arquitectura, ingeniería y construcción) a gestionar proyectos de forma eficaz mediante la mejora del proceso de planificación, diseño y otras actividades en la construcción (Aryani et al., 2014).

Al adoptar esta metodología en proyectos de construcción, los actores involucrados tales como ingenieros civiles, mecánicos, eléctricos, sanitarios, así como arquitectos pueden diseñar y coordinar de manera efectiva y concurrente, minimizando el desperdicio y mejorando la eficiencia en los proyectos constructivos.

Esta investigación tiene como objetivo exhibir los diversos beneficios de la implementación de la metodología BIM en la mejora del desempeño del proyecto en

términos de correlacionar los diseños de ingeniería con el cronograma de obra. La base conceptual de la metodología BIM se aplicará a un caso de estudio que corresponde al sector de la construcción y edificación en la ciudad de Riobamba.

1.2 Alcance

El presente trabajo de titulación comprende la elaboración de la planificación del cronograma de una edificación de hormigón armado de 3 pisos destinada a departamentos y oficinas ubicada en la ciudad de Riobamba mediante la aplicación de la metodología BIM.

Finalmente, mediante la herramienta Naviswork se realizará una simulación del proceso constructivo del caso de estudio.

1.3 Objetivos

GENERAL:

- Implementar la metodología BIM para la gestión de cronograma de un proyecto de edificación. El caso de estudio corresponde a un caso real “Edificio Lluma” a ejecutarse en la ciudad de Riobamba, Ecuador.

ESPECÍFICOS:

- Elaborar el cronograma de obra del caso de estudio en base a los modelos Revit predefinidos en su etapa de diseño.
- Generar documentos BIM para establecer un protocolo de la metodología y el flujo de trabajo utilizado en el proyecto.
- Realizar una simulación del proceso constructivo del caso de estudio por medio de la herramienta Naviswork.

1.4 Antecedentes

La primera revolución en el sector de la construcción, en cuanto a la aplicación de herramientas tecnológicas como apoyo a la ingeniería, se dio en la década de los años 80 con la difusión global de los sistemas de diseño asistido por computador (CAD) siglas en ingles.

A inicios de los años 80 la empresa Autodesk desarrolló y comercializó su primer sistema CAD y a pesar de que su primera versión no fue un éxito, en los años siguientes las versiones posteriores (en especial a raíz de la popularización del IBM PC) convirtieron a AutoCAD en el programa CAD por excelencia que hasta el día de hoy es un software

universalmente usado, el cual desde su inserción en el mercado conllevó un ahorro significativo en los tiempos para la elaboración de proyectos.

No obstante, este proceso convencional de creación, elaboración y transferencia de información de los proyectos se está viendo desbordada por las nuevas demandas del mercado.

Varios estudios han señalado que los procesos de construcción responden a sistemas complejos de información sobre diseño, aplicaciones y gestión de los componentes de un proyecto. En este sentido citando a Pektas & Pultar (2006), existe una disminución en la eficiencia de los procesos de constructivos cuando la información fluye de manera inconsistente, subjetiva y ambigua.

La metodología BIM representa una combinación de procedimientos, procesos y tecnologías bastante revolucionarias para la tecnología del diseño y administración de proyectos. A pesar de que algunos investigadores (p. ej. (Thorpe, 2009)) afirman que las tecnologías relacionadas con BIM se descubrieron a principios de los años 80, varios otros (p. ej. (Norbert et al, 2007)) a menudo se refieren a BIM como un paradigma incipiente en la industria.

Los estudios también han argumentado que la adopción de la metodología BIM todavía es lenta y existe renuencia en la industria a adoptar o implementar herramientas BIM a pesar de los múltiples beneficios que esta metodología ofrece (Succar, 2009).

2. CAPÍTULO 2: BASE TEÓRICA: INTRODUCCIÓN AL BIM

2.1 ¿Qué es BIM?

El Modelado de la Información de la Construcción (BIM), tiene una gran variedad de definiciones, ninguna de estas es considerada universal si no que depende del enfoque del investigador, no obstante, todas poseen coincidencias en aspectos generales.

El Comité del Proyecto del Modelo Estándar de Información de Construcción Nacional de los Estados Unidos, establece la siguiente definición:

“Building Information Modeling (BIM) es una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. Un modelo BIM es un recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación que forma una base confiable para las decisiones durante su ciclo de vida; definido como existente desde la concepción más temprana hasta la demolición”.

Por otro lado, otra definición que se puede destacar es la que establece Eloi Coloma Picó (Coloma Picó, 2008) en su libro “Introducción a la tecnología BIM”:

“BIM es el acrónimo de Building Information Modeling (modelado de la información del edificio, en español) y se refiere al conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua: empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar. Esta información puede ser de tipo formal pero también puede referirse a aspectos como los materiales empleados y sus calidades físicas, los usos de cada espacio, y la eficiencia energética de los cerramientos, etc”.

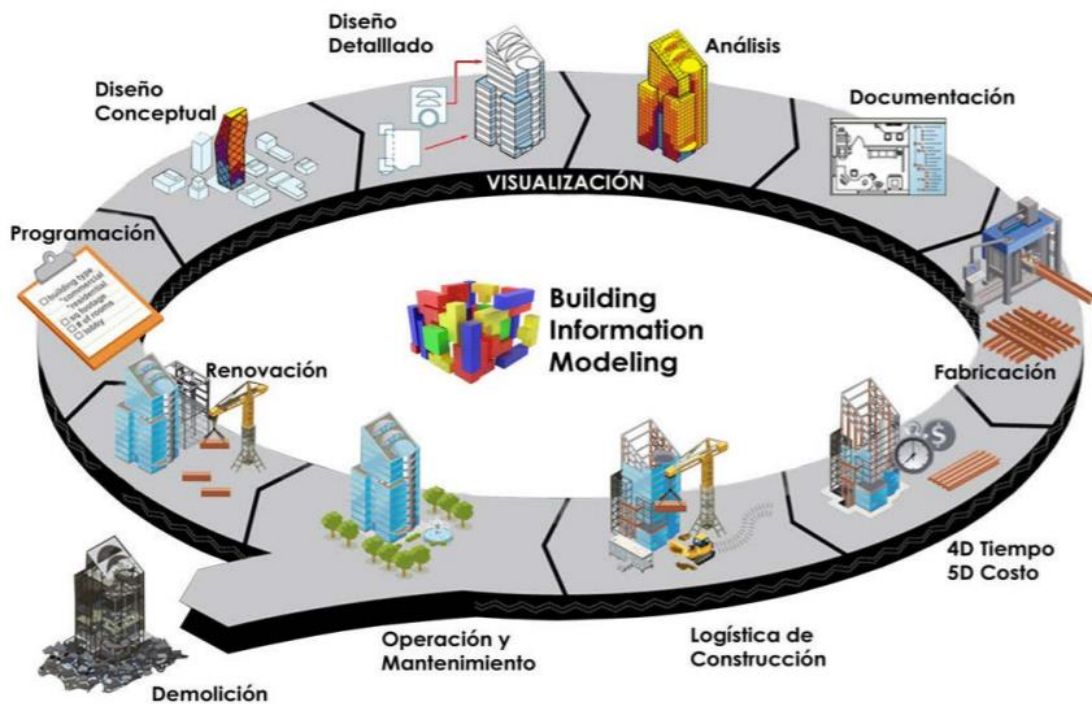


Ilustración 1. BIM: definición. Fuente:(G. García, 2020)

En este sentido, al aplicar la metodología BIM es imprescindible tener un enfoque compartido y colaborativo entre todos los profesionales involucrados, a diferencia del proceso “secuencial” más tradicional, caracterizado por integraciones y correcciones tanto en la fase de diseño como en la fase de ejecución.

Estas ventajas son particularmente notables en la conocida representación gráfica desarrollada por Patrick Mac Leamy, que se muestra a continuación:

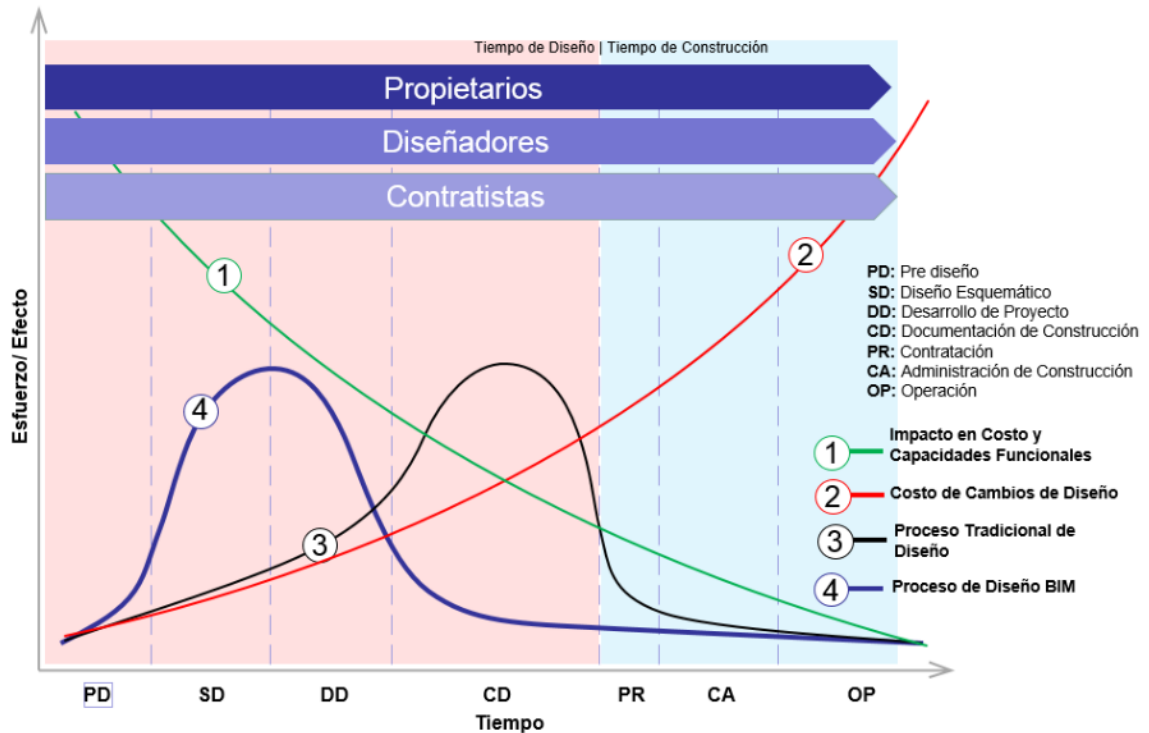


Ilustración 2. Procesos de diseño Tradicional vs Procesos de Diseño con BIM. Fuente: (Graphic by Patrick MacLeamy)

Las curvas muestran como el esfuerzo, cuando se enfocan en las fases iniciales como las de diseño (típico de un enfoque integrado) tienen un impacto positivo en términos de reducción de costos, esto es lo que procura la metodología BIM.

2.2 Usos del BIM en un modelo

La Universidad de Pensilvania en su documento “The Uses of BIM” (Messner et al., 2019) establece 21 posibles usos para un modelo de información en las diferentes fases del proyecto con base en su propósito y objetivo. Los usos de esta metodología se categorizan en 5 propósitos principales y 18 subcategorías que se presentan a continuación:

Tabla 1. Usos del BIM

01	Recolectar		Recopilar u organizar la información de las instalaciones
	01	Capturar	Representar el estado actual de la construcción
	02	Medir	Cuantificar los elementos de la construcción
	03	Monitorizar	Recopilar información sobre el rendimiento de la construcción
02	Generar		Crear información sobre la construcción
	01	Prescribir	Determinar la necesidad y seleccionar elementos específicos de la construcción
	02	Organizar	Determinar la ubicación y ubicación de los elementos de la construcción
	03	Dimensionar	Determinar la magnitud y escala de los elementos de la construcción
03	Analizar		Examinar elementos de la construcción para comprenderla mejor.
	01	Coordinar	Asegurar la eficiencia y armonía entre los elementos de la construcción
	02	Pronosticar	Predecir el comportamiento de los elementos de la construcción
	03	Validar	Verificar la exactitud de la información de la construcción
04	Comunicar		Presentar información sobre la construcción en un método en el que se puede compartir o intercambiar.
	01	Representar	Generar una representación realista de los elementos de la construcción
	02	Interoperar	Transformar la información para ser comprendida en otras herramientas en entorno BIM
	03	Dibujar	Hacer una representación simbólica de los elementos de la construcción
	04	Documentar	Generar un registro de la información de la construcción, incluida la información necesaria para especificar con precisión los elementos de la misma
05	Materializar		Controlar un elemento físico usando información de la construcción
	01	Fabricar	Utilizar la información para fabricar los elementos de la construcción
	02	Montar	Utilizar la información para relacionar o ensamblar los distintos elementos de la construcción
	03	Controlar	Utilizar la información para manipular físicamente el funcionamiento del equipo de las operaciones
	04	Regular	Utilizar la información de la construcción para informar sobre la operación de un elemento

Nota. Esta tabla ha sido adaptada de "The uses of BIM" (Kreider & Messner, 2013)

2.3 Nivel de detalle (LOD) y Nivel de información (LOI)

El nivel de detalle LOD por sus siglas en inglés (Level of development), fue desarrollado por el Instituto Americano de Arquitectos (AIA), y se define como el “nivel de desarrollo” de la información que contiene el elemento de un modelo BIM.

En la mayoría de los casos, un LOD se puede asociar con una fase de diseño específica. El BIMForum de EE. UU. Ha definido seis LOD estandarizados (100, 200,300, 350, 400, 500) y ha publicado un extenso catálogo que describe la parte geométrica de los LOD para componentes típicos de construcción (BIMForum, 2020).

A continuación se detallan los niveles de desarrollo de acuerdo a la “Especificación del Nivel de Desarrollo (LOD)” de BIMForum (2020):

- **LOD 100 - Diseño conceptual:** “El elemento de modelo se representa de manera gráfica con un símbolo o una representación genérica.”
- **LOD 200 - Desarrollo de diseño del elemento del modelo:** “El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o conjunto genérico con cantidades, tamaño, forma, ubicación y orientación aproximados. También se puede adjuntar información no gráfica al elemento del modelo.”
- **LOD 300 - Documentos para construcción:** “El elemento del modelo se representa gráficamente como un sistema, objeto o ensamblaje con cantidades específicas, tamaño, forma, ubicación y orientación. El modelo puede ir acompañado de información no gráfica.”
- **LOD 350** – “El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o ensamblaje específico en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación, orientación e interfaces con otros sistemas de construcción. También se puede adjuntar información no gráfica al modelo.”
- **LOD 400 - Fabricación y montaje:** “El elemento del modelo se representa gráficamente como un sistema, objeto o ensamblaje con cantidades específicas, tamaño, forma, ubicación y orientación con detalles de fabricación, montaje, y la información de la instalación. En este caso, ya es necesario incluir información no gráfica.”
- **LOD 500 - Operación y mantenimiento:** “El elemento modelo es una representación sobre el terreno, verificado en términos de tamaño, forma,

ubicación, cantidad y orientación. La información no gráfica se incluirá en el modelo.”

El nivel de información LOI define la cantidad de información no gráfica que contiene los elementos de un modelo BIM dependiendo de la fase en la que se encuentre. No obstante, la AIA y BIMFORUM no establece una separación de los conceptos entre LOD y LOI para interrelacionarlos. Para facilitar la comprensión de estas definiciones se presenta el siguiente ejemplo:






LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 350	LOD 400
				
LOD: Especificación de su posición respecto a la obra vial	LOD: Especificación como un volumen de su posición respecto a la obra vial	LOD: Geometría 3D del equipamiento	LOD: Geometría 3D del equipamiento incluyendo elementos ocultos como los cimientos	LOD: Detalles de montaje de las uniones
LOI: Tipo, dimensiones, nombre de la capa	LOI: Tipo, dimensiones, nombre de la capa, elevación, clasificación	LOI: Tipo, dimensiones, nombre de la capa, elevación, clasificación	LOI: Tipo, dimensiones, nombre de la capa, elevación, clasificación	LOI: Tipo, dimensiones, nombre de la capa, elevación, clasificación

Ilustración 3. Ejemplo Lod y Loi. Fuente: (G. García, 2020)

2.4 Nivel de Madurez BIM

De acuerdo con Sánchez (2017), el nivel de madurez BIM establece el camino hacia un flujo 100% colaborativo entre los participantes del proyecto. Este concepto no debe ser confundido con los LOD, ni con las dimensiones BIM.

El “BewRichards BIM Maturity Model” desarrollado en 2008 por Mark Bew y Mervyn Richards, en la actualidad es el modelo más utilizado en la industria y es el adoptado por Reino Unido.

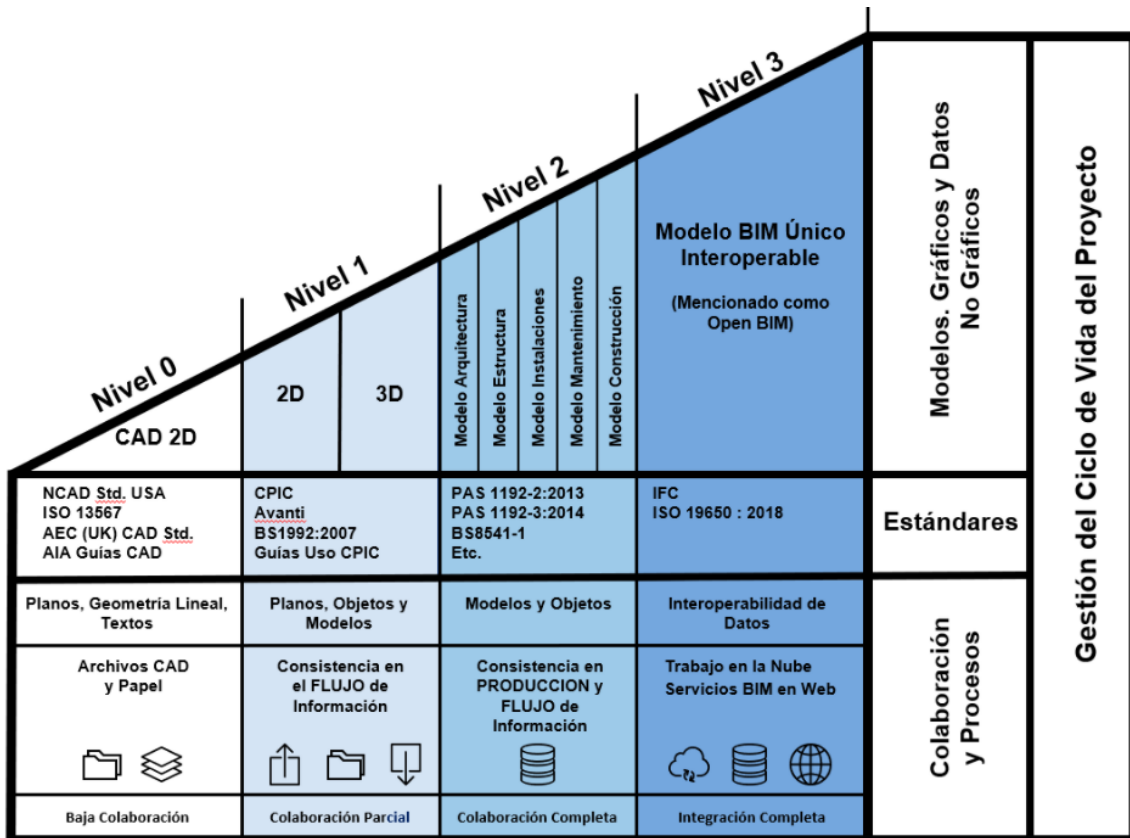


Ilustración 4. Niveles del BIM de Bew-Mervyn. Fuente: (KINENERGY, 2021)

Este modelo considera 4 niveles de madurez teniendo como base los siguientes aspectos:

- Datos.
- Estándares y procesos.
- Grado de colaboración.

Según McPartland (2014) los niveles presentan las siguientes características:

Nivel 0: Es el nivel más simple en el cual no hay colaboración. Solo se utiliza dibujo CAD 2D para realizar planos y detalles constructivos. La información que se genera se realiza en papel o en formato electrónico, o una combinación de ambos.

Nivel 1: En este nivel se utiliza para el trabajo conceptual el CAD 3D combinado con el CAD 2D para generar la documentación e información del proyecto. Los estándares CAD se ejecutan según la normativa BS 1192:2007, y el intercambio de información es realizado mediante un entorno de datos común (CDE), el cual generalmente es gestionado por el contratista.

Para alcanzar el BIM de nivel 1, el Scottish Futures Trust establece que se debe lograr lo siguiente:

- Establecer roles y responsabilidades.
- Adoptar convenciones para la nomenclatura.
- Establecer acuerdos con la finalidad de generar y mantener los códigos específicos del proyecto, así como la coordinación espacial del mismo.
- Adoptar un "Entorno de datos comunes" (CDE).
- Establecer una jerarquía adecuada de información que sustente los conceptos de CDE y de gestión de información.

Nivel 2: En el nivel 2 se requiere de un proceso de intercambio de información específico para el proyecto, el mismo se coordina mediante varios sistemas y los actores participantes en el proyecto (McPartland, 2014).

El software de diseño debe permitir generar formatos de archivo comunes, como IFC o COBie. Este es el método de trabajo que el gobierno del Reino Unido ha establecido como objetivo mínimo para todos los trabajos en el sector público.

Nivel 3: Este nivel no ha sido definido por completo, sin embargo, la visión para esto se describe en el "Plan Estratégico de Nivel 3 del Gobierno del Reino Unido". En este plan, se establece las siguientes "medidas clave" que se garantizarán con más financiación:

- La generación de un conjunto de nuevos estándares internacionales de un set de "Open Data" que permitan un intercambio de información rápido.
- La generación de un nuevo marco contractual para proyectos contratados con BIM para así garantizar la coherencia, prevenir confusiones y promover el trabajo colaborativo y abierto.
- La creación de un ambiente de cultura de cooperación que procure aprender y compartir el conocimiento.
- La capacitación referente al uso de técnicas BIM del cliente del sector público, tales como requisitos de datos, métodos operativos y procesos contractuales.
- Fomentar el crecimiento tanto nacional como internacional en el empleo de nuevas tecnologías en la construcción.

2.5 Dimensiones BIM

El modelado de información de construcción (BIM) es un proceso dinámico de creación y gestión de datos de un proyecto a lo largo de su ciclo de vida. Conforme el proyecto avanza en sus etapas, el proceso BIM también madura en diferentes niveles, según la

etapa del proyecto, se añaden parámetros específicos a la información existente contenida en BIM. Esta información que se incluye en el modelado BIM suele denominarse dimensiones BIM.

2.5.1 3D BIM Datos paramétricos

Esta dimensión representa el modelo las estructuras geográficas tridimensionales de un proyecto, es decir, en los ejes (X, Y, Z). 3D BIM implica la creación de información de construcción gráfica y no gráfica (como propiedades físicas y funcionales del material, resistencia, garantía, fabricante, entre otros) con el propósito de compartirla en un entorno de común de datos (Ramos Rojas, 2016).

2.5.2 4D BIM Integración de calendarios y tiempos

La cuarta dimensión añadida al modelo tradicional 3D BIM es el "tiempo". Esto permite que los elementos 3D inherentes a un modelo BIM se combinen con un programa de construcción. El modelo 4D resultante es capaz de crear simulaciones virtuales de construcción del modelo BIM. Analizando múltiples escenarios a través de secuencias animadas (Muzvimwe, 2011).

Los constructores e inspectores experimentados pueden identificar y resolver rápidamente fallas de programación que de otra manera afectar la confiabilidad de las fechas de entrega de la construcción si no se identifica. Identificar, comunicar y secuenciar los problemas de manera efectiva, la información almacenada en BIM y el cronograma del proyecto se pueden organizar y ser alineados por medio de una estructura de desglose del trabajo común (EDT).

2.5.3 5D BIM Estimación de costos y control de gastos

La quinta dimensión agregada al modelo 4D BIM hace referencia al "costo". El modelo 3D-BIM contiene la información geométrica necesaria para realizar las cuantificaciones de los materiales, mientras que el modelo 4D BIM contiene las actividades que son necesarias para la ejecución del proyecto. Al enlazar una base de datos sobre los costos de los materiales al modelo 4D-BIM y asignando parámetros de costos de materiales, equipo y mano de obra se puede crear el modelo 5D BIM (Sattineni & Macdonald, 2014).

Este modelo permite al propietario del proyecto un mayor control y organización de costes para cada una de las etapas, así como realizar cambios en los diseños para que se ajuste a un presupuesto establecido.

2.5.4 6D BIM Comportamiento energético y sustentabilidad

Esta dimensión también conocida como “Green BIM” se relaciona con la sustentabilidad del edificio, y permite simular el comportamiento de sistemas de ahorro energético y gestión de recursos, lo que permite seleccionar la mejor opción de diseño e instalación de materiales sostenibles (Ramos Rojas, 2016).

2.5.5 7D BIM Aplicaciones operacionales del ciclo de vida

La séptima dimensión comprende el modelo 3D + cronograma + costos + sustentabilidad. Tanto constructores como los gerentes de los proyectos hacen uso del modelado de información de construcción 7D en el mantenimiento y operación de un proyecto a lo largo de todo su ciclo de vida. El uso de un CAD 7D en BIM ayudaría a optimizar la gestión del proyecto desde sus etapas de diseño, hasta su demolición (Ocean, 2020) .



Ilustración 5. Dimensiones de BIM. Fuente: (<http://www.technologiasuperior.com/servicios/servicios-bim/2.2.4.>)

2.6 Usos BIM durante el ciclo de vida de un proyecto

La Universidad de Pensilvania en su documento “BIM Project Execution Planning Guide” presenta 25 usos durante el ciclo de vida de un proyecto. Durante la fase de diseño el empleo de la metodología BIM permite maximizar su impacto ya que la capacidad de influir en los costos del proyecto es el más alto. Es necesario que el equipo de trabajo identifique y priorice los usos BIM apropiados de acuerdo con el alcance y etapa del proyecto.

PLANEACION	DISEÑO	CONSTRUCCION	OPERACION
Modelado de Condiciones Existentes			
Estimacion de Costos			
Planeacion de Fases			
Programaciones de obra			
Análisis del Sitio			
	Revisiones de diseño		
	Autoria de Diseño		
	Análisis Estructural		
	Análisis Iluminacion		
	Análisis Energeticos		
	Análisis Mecanicos		
	Otros Analisis Ingenieria		
	Evaluacion LEED		
	Validacion de Codigos		
	Coordinacion 3D		
	Planeacion en Sitio		
	Diseño Sistemas Constructivos		
	Fabricacion Digital		
	Planeacion y Control 3D		
	Modelos Record		
	Admin Mantenimiento		
	Análisis Sistemas Edificio		
	Gestion de Activos		
	Admin Espacios		
	Planeacion de Desastres		
<p>■ Usos BIM Primarios</p> <p>■ Usos BIM Secundarios</p> <p><small>Adaptado de http://bim.psu.edu/Uses/</small></p>			

Ilustración 6. Usos de BIM a lo largo del ciclo de vida del edificio. Fuente: (Messner et al., 2019)

2.7 Etapas BIM

Pre BIM

La industria de la construcción se caracteriza porque depende en gran medida de documentos 2D para representar la realidad 3D. Incluso cuando se generan visualizaciones 3D, estas con frecuencia presentan inconsistencias y se apoyan en documentos 2D y detalles de representación.

La cuantificación de materiales, estimaciones de costos y las especificaciones no provienen del modelo ni se vinculan a la documentación. De igual forma, las prácticas de colaboración entre el equipo de trabajo no es una prioridad y el flujo de trabajo es lineal y asincrónico (Succar, 2009).

Etapa BIM 1 –Modelamiento

La implementación BIM comienza mediante el uso de herramientas de software paramétrico 3D basada en objetos como ArchiCAD, Autodesk Revit, Tekla, etc. En esta etapa los actores involucrados de las diferentes disciplinas realizan modelos de carácter independiente dentro de cualquier fase del proyecto.

Los entregables son modelos utilizados esencialmente para “automatizar la generación y coordinación de la documentación 2D y la visualización 3D”. Las prácticas colaborativas son similares al estado Pre-BIM, el intercambio de información entre el equipo de trabajo es unidireccional y las comunicaciones son asincrónicas (Succar, 2009).

Etapa BIM 2 -Colaboración basada en el modelo

En la Etapa BIM 2, los involucrados del proyecto colaboran entre sí activamente luego de que adquirieron experiencia con el manejo del modelo. Esto involucra el intercambio de modelos mediante distintos formatos.

El desarrollo de la Etapa BIM 2 puede darse dentro de una fase o varias fases de un proyecto, por ejemplo: intercambio de modelos arquitectónicos y estructurales en el diseño. A pesar de que la comunicación entre los involucrados del proyecto continua de manera asincrónica las barreras entre los mismos empiezan a desaparecer y los modelos adquieren un mayor nivel de detalle (Succar, 2009).

Etapa BIM 3 -Integración de las disciplinas

En la etapa BIM 3, se crean, comparten y mantienen modelos integrados de manera colaborativa durante todas las fases del proyecto. La modelación BIM es de índole interdisciplinaria lo que permite realizar análisis complejos en etapas tempranas del diseño y construcción.

En el intercambio de la información es necesario que las fases del proyecto se superpongan. Los entregables aparte de contener la información de los objetos con propiedades incluyen principios LEAN, políticas ecológicas y el costo completo del ciclo de vida del proyecto (Sierra, 2016).

Entrega de Integrada del Proyecto (IPD)

Según Succar (2008), “la entrega integrada de proyecto representa la visión a largo plazo a la que debe apuntar BIM a través de la integración de tecnologías, procesos y políticas”.

La entrega integrada de un proyecto tiene un enfoque que involucra a personas, sistemas, estructuras de negocios y prácticas que de manera colaborativa utiliza las ideas y talentos de todos los involucrados para así optimizar los resultados del proyecto, incrementando el valor para el dueño, reduciendo los desperdicios y maximizando la eficiencia en todas las fases del proyecto (Sierra, 2016).

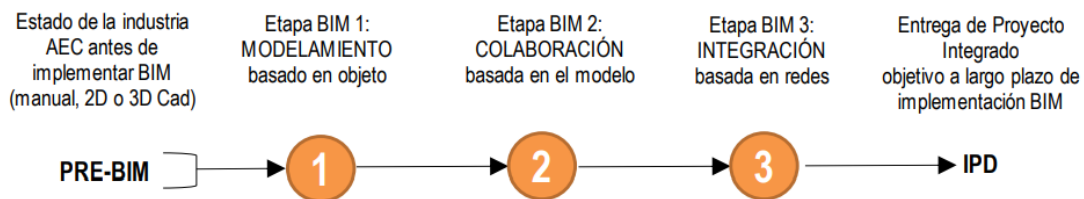


Ilustración 7. Madurez BIM dividida en tres etapas. Fuente: (Salinas & Ulloa, 2014)

Pasos:

Succar (2009) establece una serie de pasos que deben ser completados para avanzar entre las diferentes etapas de implementación BIM. Los mismos fueron divididos en función de los campos BIM:

- “Tecnología: software, hardware y redes.

Por ejemplo: la disponibilidad de una herramienta BIM que permita la migración de un flujo de trabajo basado en dibujo a uno basado en objetos (Etapa 1 de BIM).

- Proceso: liderazgo, infraestructura y recursos humanos.

Por ejemplo: procesos de colaboración y habilidades para compartir base de datos son necesarios para conseguir una colaboración basada en el modelo (Etapa 2 de BIM).

- Políticas: contratos, regulaciones, investigación y educación.

Por ejemplo: acuerdos contractuales con riesgos compartidos y basados en alianzas son prerequisites para lograr prácticas integradas (Etapa 3 de BIM).”

Igualmente, como mencionan Salinas & Ulloa (2014) en su artículo titulado “Implementación de BIM en Proyectos Inmobiliarios” los pasos propuestos por Succar (2009) permiten también evaluar el nivel de madurez de las organizaciones, los pasos alcanzados y los restantes por cumplir.

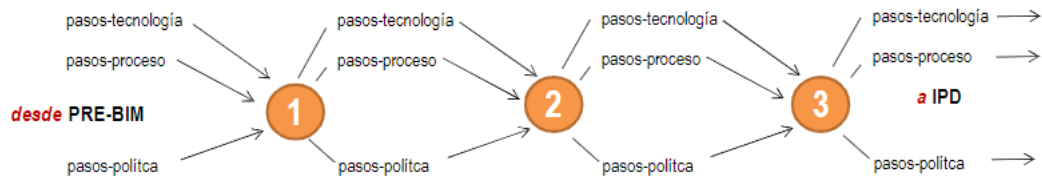


Ilustración 8. Listado de tipos de pasos para etapas BIM. Fuente: (Salinas & Ulloa, 2014)

2.8 Interoperabilidad y software

2.8.1. OpenBIM

OpenBIM impulsado por BuildingSMART International es un concepto que tiene un enfoque universal sobre el diseño colaborativo que incluye a todos los participantes, promoviendo la interoperabilidad para beneficiar los proyectos y sus activos a lo largo de su ciclo de vida, este concepto se basa en flujos de trabajo y estándares abiertos (BuildingSMART, 2021).

Este concepto se basa en un proceso centrado en mejorar la interoperabilidad entre plataformas de software. Como medio de intercambio de datos en un proceso OpenBIM, los formatos IFC (Industry Foundation Classes) proporcionan un estándar de intercambio de datos y formato neutral para admitir el intercambio de proyectos de datos creados en diferente software. En este sentido, el formato IFC proporciona un lenguaje común para compartir datos del proyecto, vinculados a la estructuración y normas ratificadas por BuildingSMART.

El modelo de datos IFC contiene propiedades tanto geométricas como de datos para elementos de construcción, incluidas las relaciones entre elementos dentro de un modelo. Como formato de archivo intermediario, el formato IFC permite el intercambio y visualización de BIM, CAD y otros formatos de archivo, una forma de utilizar y hacer referencia a los resultados de un colaborador para informar el trabajo de otro (BuildingSMART, 2021).

2.8.2 Software BIM

Los proyectos de ingeniería y construcción (AEC) se basan en procesos de colaboración e intercambio de información durante el ciclo de vida del proyecto, a menudo en diferentes disciplinas y software. Actualmente existe un buen número de programas que posibilitan el acceso a un entorno BIM, dentro de estas las aplicaciones más destacadas son Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD y Nemetschek Alolan.

Para la ejecución de la investigación se utilizarán los siguientes programas:

Revit

Revit (acrónimo de Revise Instantly), es un software BIM de Autodesk que es utilizado por la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC). Esta herramienta va más allá de los simples dibujos en 2D e instala el modelado y la documentación en 3D de sistemas arquitectónicos, estructurales y MEP para el ciclo de vida completo de un proyecto desde las primeras etapas del diseño hasta la construcción.

Lo más característico de este software es que utiliza un archivo único que contiene toda la información del proyecto mediante la parametrización de elementos. Asimismo, tiene una serie específica de herramientas que permiten establecer cualquier tipo de relaciones asociativas entre los elementos parametrizados (Navarro, 2015).

La principal diferencia con AutoCAD es que AutoCAD es un software CAD y Revit es un software para BIM. A pesar de que AutoCAD es un software de dibujo general con una amplia aplicación, Revit es “una solución de diseño y documentación que admite todas las fases y disciplinas involucradas en un proyecto de construcción” (Autodesk, 2020).

Naviswork

Naviswork es un software de Autodesk que permite a los profesionales de la arquitectura, la ingeniería y la construcción revisar de manera holística modelos y datos integrados con las partes interesadas durante la etapa previa a la construcción para controlar mejor los resultados del proyecto. Entre las principales herramientas y funcionalidades que ofrece se encuentran:

- Coordinación
- Detección de conflictos
- Programación de proyectos 5D
- Representación
- Cuantificación
- Simulación de construcción

2.9 Normativas vigentes

Diferentes países en todo el mundo han realizado un esfuerzo considerable para producir diferentes normativas y estándares de manera aislada para entregar con éxito proyectos utilizando BIM. Esto ha resaltado la falta y la necesidad de una revisión de estos esfuerzos para la implementación y adopción de la metodología BIM.

Actualmente hay seis países con normativas BIM nacionales (Reino Unido, Singapur, Noruega, Finlandia, Corea del Sur y Dinamarca). Sin embargo, muchos otros países seguirán su ejemplo a medida que la adopción de BIM gane impulso (Carr, 2015).

La investigación de McGraw Hill Construction (2015) destacó que se pronostica que el uso de la metodología BIM en varios países aumentará de manera considerable en los próximos 2 años con Reino Unido con un 136 %, Corea del Sur con un 126 %, Australia con un 115 %, China con un 108 % y Alemania con un 95 % y con el promedio global del 95%. Un estudio reciente de Jung y Lee (2015) sugiere que Norte América ha estado usando la metodología BIM por más tiempo con un promedio de 8,5 años, en comparación con Oceanía con 7,7, Medio Oriente/África con 5,9, Europa con 5,3, Asia con 4,9 y Sudamérica con 3.4.

Se han establecido varios organismos de normalización líderes en relación con BIM (por ejemplo, Instituto Británico de Estándares (BSI), Organización Internacional de Normalización (ISO), Comité Europeo de Normalización (CEN)) para desarrollar normas específicas para la implementación de BIM en un intento por establecer directivas para clasificar e intercambiar la información de forma eficiente (Ganah & Lea, 2021).

De entre todos los países pioneros con temas relacionados a metodología BIM, Reino Unido ha sido uno de los que más se ha destacado. En 2007 el Instituto Británico de Estándares (BSI) publicaron la BS 1192:2007, primera parte de esta serie de normas. Desde ese entonces, se han publicado los siguientes documentos:

- BS 1192:2007+A2:2016 - Principios y definiciones para el trabajo colaborativo.
- PAS 1192-2:2013- BIM en la fase de proyecto, que define como "entrega".
- PAS 1192-3:2014 - BIM en la fase de mantenimiento o uso, que define como "operaciones".
- BS 1192-4:2014 - Uso del estándar COBie en la metodología BIM.
- PAS 1192-5:2015 - Seguridad de los archivos y sistemas informáticos en BIM.

- PAS 1192-6:2018 - Seguridad y salud en BIM.

Actualmente las normas citadas han sido derogadas parcialmente con la publicación de la norma ISO 19650. Esto se debe a que no puede haber dos estándares en competencia a nivel nacional. Durante este proceso, el CEN (Comité Europeo de Normalización) también confirmó que adoptaría la serie ISO 19650 como normas europeas. Esto significa que se convertirán en el método preferido para contratar proyectos financiados con fondos públicos en toda Europa (Shillcock, 2019).

Normas (ISO)

International Organization for Standardization (ISO), es una organización no gubernamental internacional compuesta por 167 organismos de normalización nacional provenientes de todas partes del mundo. Mediante sus miembros desarrollan estándares internacionales para asegurar la calidad, eficiencia y seguridad de los productos, servicios y sistemas (ISO, 2018).

El Subcomité ISO/TC 59/SC 13 es el responsable de la normalización internacional de la metodología BIM. Los objetivos de este Subcomité son la normalización de la metodología BIM para permitir el intercambio de todo tipo información, durante todo el proyecto y entre todos los participantes de este proceso (BIM Forum Chile, 2019).

La serie ISO 19650, basadas en las normas británicas BS1192; PAS1192-2 y PAS1192-3 establecen los conceptos y principios para la gestión de la información con la metodología BIM con los siguientes documentos:

1. ISO 19650 – 1:2018. Conceptos y principios: Publicado en 2018, esta normativa establece los conceptos y principios generales para gestionar la creación e intercambio información para todos los actores involucrados.
Este documento es aplicable a todo el ciclo de vida de un proyecto, incluida la planificación, diseño, el desarrollo, la elaboración de documentación y la construcción, la operación diaria, el mantenimiento, la rehabilitación y fin de la vida útil.
2. ISO 19650 – 2:2018. Fase de entrega de activos: Publicado junto con la norma anterior, esta normativa establece los requerimientos para el proceso de la gestión en el contexto de la fase de entrega de activos y el intercambio de información dentro de ella.

3. ISO 19650 – 3:2020. Fase operacional de activos: Publicada en 2020, esta normativa establece los requisitos para la gestión de información durante la fase operativa de la vida de un activo.
4. ISO 19650 – 4. Intercambio de Información: Este documento está dirigido a establecer criterios detallados referentes al trabajo colaborativo y a los estándares de intercambio de información en el proceso de ejecución de un intercambio de información dentro de la gestión de la información. Actualmente se encuentra en desarrollo.
5. ISO 19650 – 5:2020. Publicado en 2020, este documento especifica los principios y requisitos de seguridad de la información. Este documento está destinado a ser utilizado por cualquier organización involucrada en el uso de tecnologías y gestión de la información en la creación, diseño, construcción, fabricación, operación, gestión, modificación, mejora, demolición y/o reciclaje de activos o productos, así como la prestación de servicios en el sector de la construcción. También será de interés y relevancia para aquellas organizaciones que deseen proteger su información comercial, información personal y propiedad intelectual (ISO, 2018).

2.10 Actualidad global BIM

La adopción de la metodología BIM está aumentando en todo el mundo a medida que la industria de la construcción se está dando cuenta de los múltiples beneficios su implementación ofrece. En todo el mundo, los países están integrando soluciones innovadoras basadas en procesos BIM mientras que los Gobiernos y entidades reguladoras están reconociendo cada vez más el potencial que tiene para reducir el tiempo, la burocracia, así como para mejorar la transparencia de los procesos de la construcción de obras públicas.



Ilustración 9. Adopción de BIM en el mundo. Fuente: (Shimonti, 2018)

2.10.1 BIM en Europa

La industria de la construcción en Europa se ha enfrentado grandes cambios para aumentar la productividad, la eficiencia, el valor de la infraestructura, la calidad y la sostenibilidad, además de reducir los costos, y los plazos de tiempo a través de una efectiva colaboración y comunicación de las partes interesadas del proyecto de construcción.

A nivel europeo, la Directiva Europea 2014/24/UE (del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública) obliga a las administraciones públicas europeas a utilizar sistemas digitales en sus procesos (BIMMDA, 2021).

El Reino Unido lidera el escenario mundial con su estrategia “Top Down”. Esta estrategia de difusión de “arriba hacia abajo” es un esfuerzo de una autoridad para exigir la adopción de una solución específica que considera favorable. El 4 de abril de 2016, el gobierno del Reino Unido ordenó que todos los proyectos del sector público adquiridos centralmente implementaran BIM en el Nivel 2 (Geospatial World, 2018).

La especificación IFC, que es el modelo de archivo estándar danés, es utilizado internacionalmente para el intercambio de datos BIM. Dinamarca también se unió a una

colaboración internacional que trabaja para promover la circulación de IFC a través de las necesidades de los clientes y todo el software que admite aplicaciones BIM.

En 2010, el gobierno de Alemania realizó una investigación de I+D denominada “BIM - Potenciales y barreras”, en esta investigación se realizó un estudio sobre la situación de BIM en el país, así como los beneficios e impedimentos de la metodología. Alemania ha emitido una orden en la que los sistemas BIM son obligatorios para proyectos que superen los 100 millones de euros a partir de 2017 (BIMMDA, 2021).

La investigación realizada por O’Malley en 2021, presenta los siguientes resultados con respecto a la adopción de la metodología BIM en 7 países de Europa:

Tabla 2. Adopción de BIM en Europa: Comparación de 7 países

País	Nivel de madurez BIM más común	Fecha en que BIM se vuelve obligatorio	Porcentaje de empresas constructoras que utilizan BIM
Reino Unido	2, con desarrollo hacia 3	2016 para proyectos gubernamentales	73%
Alemania	2, con algunos 1 y 3	2017 para proyectos por valor de más de 100 millones de euros	70%
Polonia	2	2030 para proyectos de construcción de capital con presupuesto estatal	43%
Francia	1, con desarrollo hacia 2	1 de enero de 2022	35% – bienes raíces
			50-60% de las empresas constructoras
Croacia	0, algunos casos de 1	Actualmente no es obligatorio	25% de los diseñadores
			4% de los contratistas
Austria	1, con estándares locales presionando por 3	2018-20 para control de costes en edificios públicos	20%
Rusia	1, con desarrollo hacia 2 y 3	1 de marzo de 2022 para todos los proyectos financiados por el gobierno	12%

Nota. Esta tabla ha sido adaptada de “BIM adoption in Europe: 7 countries compared” (O’Malley, 2021b)

A partir de 2021, Reino Unido sigue siendo el líder indiscutible en el primer uso e implementación de BIM en proyectos de construcción. Por un lado, desde 2007 ha desarrollado y adoptado estándares BIM que fueron aprobados a nivel nacional y formaron la base de la ISO 19650. Desde que estableció el requerimiento mínimo de nivel 2 de BIM en los proyectos financiados por el estado se incrementó el uso de la metodología BIM entre los años 2011 y 2020. Sin embargo, cuando se trata de la cantidad de legislación que exige el uso de BIM, Rusia es el líder indiscutible. Ningún otro país en este ranking ha adoptado tantas leyes sobre normalización y la implementación obligatoria de BIM en la industria de la construcción (O'Malley, 2021b).

El clasificado más bajo en términos de implementación de BIM a nivel estatal es Croacia. En esta región, BIM se usa en casos especiales aislados y el nivel de su madurez generalmente está en el nivel 0, limitado a arquitectos e ingenieros con poca colaboración en todo el proceso de diseño y construcción.

2.10.2 BIM en Norte América

Norte América es una de las regiones más importantes para el mercado de la metodología BIM. Con un enfoque innovador para el diseño y la construcción para los primeros usuarios hace solo unos años, ahora está firmemente en la corriente principal de la industria de la construcción de Estados Unidos. La región tiene un número máximo de expertos que están implementando BIM para sus proyectos en comparación con otras regiones. Esta metodología está siendo muy adoptada por contratistas, ingenieros y arquitectos, y la cantidad está creciendo considerablemente.

Si bien la implementación y utilización real de BIM tuvo lugar en la década de 1990 en todo el mundo, Estados Unidos comenzó a usarla en la década de 1970. A pesar de ser uno de los primeros países en adoptar esta metodología la tasa de adopción de BIM se desaceleró gradualmente a una velocidad en la que los países que fueron más lentos en la adopción aprendieron las lecciones de Estados Unidos y previnieron algunos de los inconvenientes que encontró el país (Geospatial World, 2018).

Ya en 2003, la Administración de Servicios Generales (responsable de las adquisiciones del gobierno federal) estableció su Programa Nacional 3D-4D-BIM, que ordenaba que BIM se usara en muchos tipos de edificios públicos.

Desde entonces, varios estados, departamentos federales, ciudades y organizaciones han exigido o fomentado la adopción de BIM en los Estados Unidos (O'Malley, 2021a):

2006: El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU. ordena el uso de BIM con los contratistas.

2007: Se lanza por primera vez el Estándar Nacional BIM de Estados Unidos, que establece estándares para el uso de BIM en proyectos del sector público y privado.

2009: Wisconsin requiere que todos los proyectos de obras públicas con un valor de más de \$ 5 millones usen Building Information Modeling.

2009: La Comisión de Instalaciones de Texas requiere el software en proyectos públicos.

2018: Los distritos de colegios comunitarios de Los Ángeles (LACCD) requieren que el software se use en proyectos importantes.

A diferencia de otros países con una adopción generalizada de BIM como lo es Reino Unido, Estados Unidos no tiene un mandato federal que exija que los proyectos del sector público utilicen la tecnología. Esta es una razón potencial de la adopción relativamente lenta de la tecnología BIM.

En el caso de Canadá existe un gran esfuerzo para motivar a la adopción de la metodología BIM, el 31% de las empresas en este país ya utilizan BIM de forma continua. Sin embargo, ningún gobierno federal ha ordenado BIM todavía y no existen normativas para su aplicación en obras públicas (Zigurat, 2017).

2.10.3 BIM en Sudamérica

La metodología BIM llegó un poco tarde a Sudamérica, por lo que su implementación ha sido un poco más difícil. No obstante, gracias al rápido aprendizaje y la innovación, la implementación está progresando a un ritmo acelerado. Países como Perú y Chile están a la vanguardia de la implementación de BIM. Estos territorios ya cuentan con plataformas y grupos técnicos que impulsan BIM, como el Plan BIM de Perú y PlanBim Chile. Por otro lado, en Chile a principios de 2015 la “Corporación de Desarrollo Tecnológico” (CDT), de la Cámara Chilena de la Construcción, conformó la entidad técnica “BIM Forum Chile” que en 2017 publicó una “Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones”, mientras que en 2019 Planbim de Chile publicó el “ESTÁNDAR BIM PARA PROYECTOS PÚBLICOS Intercambio de Información entre Solicitante y Proveedores”.

Países como Venezuela, Ecuador o Costa Rica son un caso aparte. En estos casos, la implementación de esta metodología no va tan rápido y la introducción de la metodología BIM en el país ha sido difícil.

En el caso de Brasil y Argentina existe un intento de incrementar la conciencia de los beneficios de la metodología BIM, sin embargo, ha experimentado una evolución relativamente lenta. El Gobierno Brasileño estableció, a través del “Decreto N° 10.306 del 2 de abril de 2020”, el uso de esta metodología en la ejecución tanto directa como indirecta de construcciones de obras civiles realizados por entidades de la administración pública. La implementación de BIM se llevará a cabo de manera gradual en tres fases, la primera de las cuales comenzó a principios de 2021 y la última comenzará en 2028 (Montava, 2021).

2.10.4 BIM en Asia

El 1 de diciembre de 2017, la Oficina de Desarrollo del Gobierno de Hong Kong publicó la Circular Técnica No. 7/2017 sobre la "Adopción del Modelado de Información de Construcción para Proyectos de Obras de Capital en Hong Kong". Esta circular debía entrar en vigor el 1 de enero de 2018. La Oficina de Desarrollo establece que los Proyectos de Obras de Capital con estimaciones presupuestarias de más de 30 millones de dólares de Hong Kong utilizarán la tecnología BIM. En otras palabras, cualquier empresa que tenga como objetivo diseñar y desarrollar cualquier proyecto de arquitectura de mediano a gran tamaño deberá hacerlo utilizando BIM. Siguiendo los pasos de otros países de la región, como Singapur, donde el uso de BIM es obligatorio desde 2012 (Zigurat, 2020).

La adopción de BIM en China ha tenido un aumento significativo desde 2016. Los profesionales en la industria de la construcción y varias organizaciones han integrado un alto nivel de políticas de adopción de BIM para el crecimiento y la digitalización. La metodología BIM se ha convertido en un elemento crucial y ahora se utiliza para la mayoría de sus proyectos. Incluso el gobierno de China está muy interesado en las políticas de adopción de BIM, a pesar de que todavía no existen políticas gubernamentales que exijan su uso ya está en desarrollo la primera serie de directrices Nacionales BIM. Uno de los principales objetivos gubernamentales planteados en China es reducir los costes ambientales y la eficiencia energética en el sector industrial y en particular en el sector de la construcción. Con este fin, el gobierno chino está otorgando

subsidios a empresas de todo el país para que comiencen a adoptar sistemas BIM (BIMMDA, 2021).

2.10.5 BIM en Oceanía

La metodología BIM se está volviendo cada vez más popular en Australia. El mercado de la construcción ha demostrado entusiasmo por BIM, pero el impulso principal proviene del Gobierno Federal, así como de varios departamentos gubernamentales estatales. Los gobiernos estatales y federales han reconocido que BIM es el estándar global de la industria de la construcción y, por lo tanto, han emitido una serie de planes a largo plazo para aumentar la implementación de BIM en Australia.

Si bien aún no existen mandatos gubernamentales generales en Australia, en marzo de 2016, el Comité Permanente de Infraestructura, Transporte y Ciudades del Gobierno de Australia insistió a que la metodología BIM sea obligatoria en los proyectos de infraestructura financiados por el gobierno que excedan los \$ 50 millones (Morrissey, 2019).

En Queensland el Departamento de Infraestructura, Gobierno Local y Planificación de Queensland publicó un borrador de políticas y directrices para la implementación de la metodología BIM en 2017, mientras que el Departamento de Transporte y Carreteras Principales de Queensland publicó una guía adicional para el uso de BIM en la infraestructura vial (Morrissey, 2019).

Australia también ha creado el portal “NATSPEC”, una plataforma que proporciona herramientas de la industria de la construcción para facilitar el uso de BIM en el país (BIMMDA, 2021).

2.10.6 BIM en el resto del mundo

El resto del mundo consiste principalmente en el Medio Oriente y Sudáfrica. Los factores clave en el crecimiento del mercado de la metodología BIM son las bajas tasas de inflación, los altos valores inmobiliarios y una industria de la arquitectura y la construcción que están impulsando el mercado de la construcción y los bienes raíces en la región (BIMMDA, 2021).

Teniendo en cuenta los beneficios de BIM, la industria de la construcción en los Emiratos Árabes Unidos está adoptando cada vez más esta metodología. En 2015 la Universidad Herriot-Watt realizó una encuesta a más de 500 profesionales que trabajan en la industria

de la construcción en los EAU mostró que el 87 % había utilizado BIM en sus empresas, el 62 % en más de un proyecto y el 52% creía que BIM se usará comúnmente en este país en menos de 5 años. Sin embargo, este progreso no ha sido acompañado de una estandarización del proceso BIM en el sector de la construcción (Shimonti, 2018).

CAPÍTULO 3: GESTIÓN DEL TIEMPO DE UN PROYECTO

La gestión del tiempo juega un rol importante para el éxito de un proyecto en la industria de la construcción. Cuando se tiene una programación de obra ineficaz se corre el riesgo de incurrir en los costos y retrasos innecesarios en el proyecto.

Durante la gestión del tiempo, todas las actividades deben entenderse correctamente y planificarse a detalle para optimizar la asignación de recursos. Luego se pueden hacer estimaciones de cuánto tiempo tomará cada actividad, esto es fundamental para el establecimiento de hitos y plazos, para la asignación de recursos y para determinar el presupuesto del proyecto.

3.1 Gestión del cronograma del Proyecto

La gestión de cronograma de un proyecto implica los procesos y herramientas utilizadas para planificar y controlar las actividades necesarias para la ejecución del proyecto.

Según el Project Management Institute (2017), la gestión del cronograma del proyecto incluye los siguientes procesos:

- “Planificar la Gestión del Cronograma
- Definir las actividades
- Secuenciar las actividades
- Estimar la duración de las actividades
- Desarrollar el cronograma
- Controlar el cronograma”

3.1.1 Planificar la Gestión del Cronograma

De acuerdo con el Project Management Institute (2017), planificar la gestión del cronograma consiste en “establecer los procedimientos y la documentación necesaria para planificar, desarrollar, gestionar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto” .

3.1.2 Definir las actividades

Es el proceso en el cual se identifican y documentan las actividades específicas necesarias para la ejecución del proyecto.

Este proceso puede ser simple como crear una lista de actividades que deben completarse para entregar el proyecto. En el caso de proyectos complejos, puede ser útil organizar estas tareas en forma de EDT o un gráfico de gestión de proyectos que ayuda a visualizar los proyectos y sus subtareas.

Para completar este proceso es preciso identificar cada actividad con un código, la descripción del alcance de trabajo, actividades predecesoras, actividades sucesoras, requisitos de recursos, fechas impuestas, restricciones y supuestos (Project Management Institute, 2017).

Las actividades que tienen duración nula y representan un evento importante dentro del proyecto son conocidas como hitos. Los hitos son de especial relevancia ya que son utilizadas para la supervisión del progreso del proyecto y control de cumplimiento de los entregables del proyecto.

3.1.3 Secuenciar las actividades

Secuenciar las actividades es el proceso de identificación de las relaciones lógicas entre las actividades del proyecto previamente definidas. Para ello se establece una secuencia lógica de trabajo que garantice la mayor eficiencia posible en el desarrollo del proyecto teniendo en cuenta las restricciones de este.

El método más usado para secuenciar las actividades es el método de diagramación por precedencia (PDM) que consiste en una representación visual que describe las actividades involucradas en un proyecto. En este método se construye un diagrama de red del cronograma del proyecto que utiliza nodos para representar actividades y las vincula mediante flechas que muestran las relaciones lógicas.

De acuerdo con el Project Management Institute (2017), existen cuatro tipos de relaciones lógicas también conocidas como dependencias:

- **Final a Inicio (FS):** En esta dependencia, una actividad no puede comenzar antes de que finalice una actividad anterior. Esta es la dependencia más utilizada.

- **Final a Final (FF):** En esta dependencia, existe una relación definida entre las fechas de finalización de las actividades, es decir una actividad sucesora no puede terminar hasta que la actividad predecesora haya concluido.
- **Inicio a Inicio (SS):** En esta dependencia, existe una relación definida entre el inicio de actividades. Es decir, las dos actividades la actividad sucesora no puede comenzar hasta que haya iniciado la actividad predecesora.
- **Inicio a Final (SF):** En esta dependencia, la relación se define entre el inicio de una actividad y la fecha de finalización de una actividad sucesora. Esta dependencia rara vez se usa.

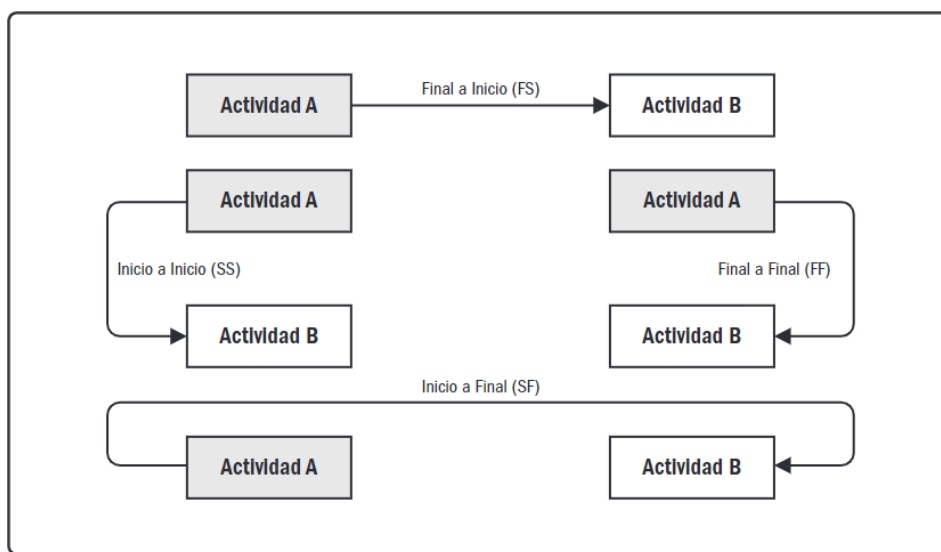


Ilustración 10. Tipos de Relaciones del Método de Diagramación por Precedencia (PDM). Fuente: (PMI, 2017)

Se utilizan cuatro tipos de dependencias para definir secuencias de actividad:

Hay cuatro tipos de atributos para caracterizar las dependencias que debe tener en cuenta antes de crear un diagrama de precedencia. Se pueden utilizar simultáneamente dos de la siguiente manera: dependencias obligatorias internas o dependencias externas y dependencias discrecionales internas o externas (Project Management Institute, 2017).

- **Dependencias obligatorias:** Esta dependencia también se conoce como "lógica dura" y es inherente a la naturaleza del trabajo, estas dependencias a menudo implican limitaciones físicas. Por ejemplo, no se puede construir un techo de una vivienda hasta que se haya construido todas las paredes.
- **Dependencias discrecionales:** esta dependencia también se conoce como "lógica blanda" y está involucrada en la optimización de recursos

- **Dependencias externas:** Las dependencias externas provienen de fuera del proyecto y están y están fuera de control del equipo del proyecto.
- **Dependencias internas:** implica una relación de precedencia entre las actividades del proyecto y están bajo el control del equipo del proyecto (Project Management Institute, 2017).

3.1.4 Estimar la duración de las actividades

Es el proceso de estimación del período de tiempo necesario para la realización individual de cada actividad del proyecto. La precisión del cronograma depende de la precisión de estas estimaciones. Si bien los gerentes del proyecto no pueden saber a ciencia cierta el tiempo real que llevará completar una actividad, existen varios métodos que pueden usar para obtener estimaciones confiables (Project Management Institute, 2017).

- **Juicio de expertos:** En este método se considera la experiencia y conocimiento de profesionales involucrados en esta área.
- **Estimación Análoga:** En la estimación análoga se utilizan datos históricos, es decir valores de proyectos similares anteriores.
- **Estimación Paramétrica:** En este método se utilizan cálculos estadísticos para realizar las estimaciones.
- **Estimación basada en tres valores:** Como sugiere su nombre, este método requiere determinar tres estimaciones de diferentes duraciones:
 - **Más probable (tM):** Es una estimación de la duración realista del proyecto de acuerdo con sus características.
 - **Optimista (tO):** Esta estimación considera las mejores condiciones del proyecto.
 - **Pesimista (tP):** Esta estimación considera las peores condiciones del proyecto.

La duración esperada (tE), puede ser calculada con base en estos tres valores mediante la fórmula de la distribución triangular:

$$tE = \frac{(tO + tM + tP)}{3}$$

3.1.5 Desarrollar el cronograma

Es el proceso del análisis de las secuencias de actividades, dependencias, duraciones y recursos necesarios para crear el cronograma. Uno de los métodos más utilizados para desarrollar el cronograma es el método de la ruta crítica (CPM) y el método PERT.

Método de la ruta crítica

El método de la ruta crítica (CPM), identifica la duración mínima del proyecto y cierta flexibilidad en el mismo mediante una red de caminos lógicos de las actividades, siendo la ruta crítica el camino más largo de las secuencias de actividades que deben realizarse para finalizar el proyecto (Project Management Institute, 2017).

Los resultados de la aplicación del método CPM, cuando se usan correctamente, serán un proyecto que refleje una planificación y programación sólidas; las acciones para corregir los problemas pueden ser identificadas y dirigidas hacia las áreas adecuadas de manera rápida y eficiente; la delimitación de responsabilidades darán como resultado la disponibilidad de controles más estrictos; con todo el proyecto desarrollado y exhibido en la diagrama de red, el alcance del proyecto se vuelve comprensible en su totalidad. El resultado, por tanto, será una operación mucho más realista y eficiente (Mercier, 1965).

Para utilizar el método CPM se necesita realizar los siguientes pasos:

1. Definir las actividades del proyecto.
2. Definir las relaciones entre las actividades.
3. Dibujar un diagrama que conecte las distintas actividades con base en sus relaciones de precedencia.
4. Definir el tiempo estimado para cada actividad.
5. Identificar la ruta crítica del proyecto, siendo esta la trayectoria más larga que determina la duración total del proyecto. (ECOTEC, 2008)

Existen dos enfoques para tipificar una red de actividades:

- **Enfoque clásico americano**

De acuerdo con Terrazas (2011), en este enfoque los eventos son representados por los nodos y las actividades por los arcos o ramas. La secuencia lógica de las actividades

ligadas con sus respectivas dependencias determina un programa y la representación gráfica es conocida como una “Red de planificación”.

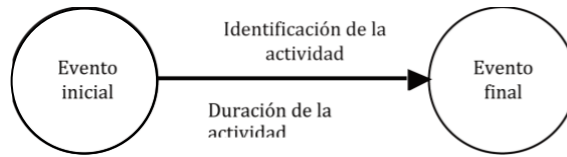


Ilustración 11. Enfoque clásico americano. Fuente: (Terrazas, 2011)

En el caso de que existan conexiones complejas se puede utilizar las actividades ficticias las cuales son representadas por arcos entrecortados que representan que tienen un tiempo y consumo igual a cero.

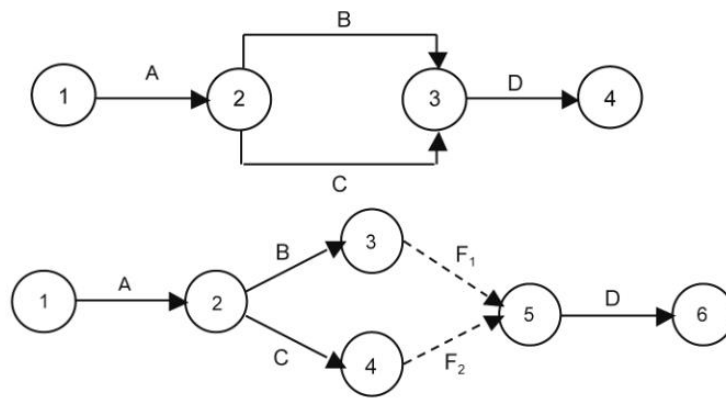


Ilustración 12. Actividad ficticia. Fuente: (Terrazas, 2011)

En la ilustración anterior la actividad A se caracteriza por los nodos (1,2) mientras que las actividades B y C por los nodos (2,3) esto puede generar confusión por lo que se recurre al uso de las actividades F1 y F2 como actividades ficticias.

Para la representación de la red de actividades se utiliza la siguiente notación:

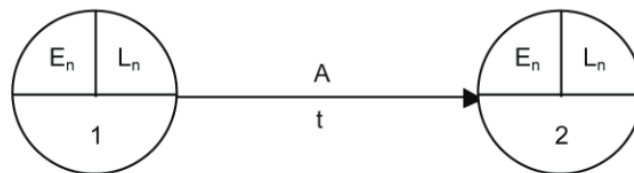


Ilustración 13. Notación utilizada en la red de actividades: Enfoque clásico americano. Fuente: (Terrazas, 2011)

En donde:

E0: (EARLY START). Es el tiempo de inicio más temprano. Considera que no existe retrasos en las actividades antecedentes.

L0: (LATE START). Es el tiempo de inicio más tardío. Considera que hubo retrasos en las actividades antecedentes.

Ef: (EARLY END). Es el tiempo de terminación más temprano.

Lf: (LATE END). Es el tiempo de terminación más tardío.

A: Es la identificación de la actividad.

T: Es el tiempo de duración de la actividad.

- **Enfoque francés**

Según Terrazas (2011), este enfoque parte de la premisa que los nodos representan las actividades mientras que las flechas o arcos representan las relaciones de precedente y subsecuente. Este enfoque no recurre al uso de las actividades ficticias ya que se pueden representar las relaciones de manera directa.

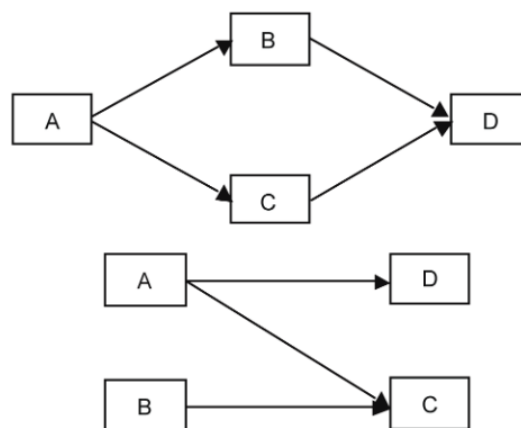


Ilustración 14. Enfoque francés. Fuente: (Terrazas, 2011)

La terminología utilizada es la misma que la del enfoque clásico americano y la notación de los tiempos es la que se muestra a continuación:

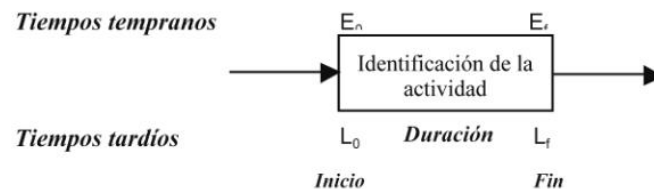


Ilustración 15. Notación utilizada en la red de actividades: enfoque francés. Fuente: (Terrazas, 2011)

Para identificar la ruta crítica se debe realizar los siguientes procedimientos:

1. Calcular los tiempos tempranos, empezando de izquierda a derecha. En el caso de que existan dos o más alternativas se utiliza el máximo valor.
2. Calcular los tiempos tardíos, empezando de derecha a izquierda. Se debe tomar a la inversa las alternativas de camino mínimas. Se inicia con el último valor máximo encontrado correspondiente a la duración total del proyecto.

Para facilitar la comprensión de estos enfoques Terrazas (2011), en su artículo “Planificación y programación de operaciones” propone el siguiente ejemplo con el programa de actividades:

Actividad	Predecesor	Duración
A	Ninguna	4
B	Ninguna	2
C	A	5
D	B	3
E	C	1
F	A,D	7

Ilustración 16. Datos de un programa de actividades. Fuente: (Terrazas, 2011)

Siendo la matriz de incidencia que refleja las relaciones de precedencia en las actividades la siguiente:

		Actividades dependientes					
		A	B	C	D	E	F
Actividades Predecesoras	A			X			X
	B				X		
	C					X	
	D						X
	E						
	F						

Ilustración 17. Matriz de incidencia. Fuente: (Terrazas, 2011)

La red de actividades por el sistema americano:

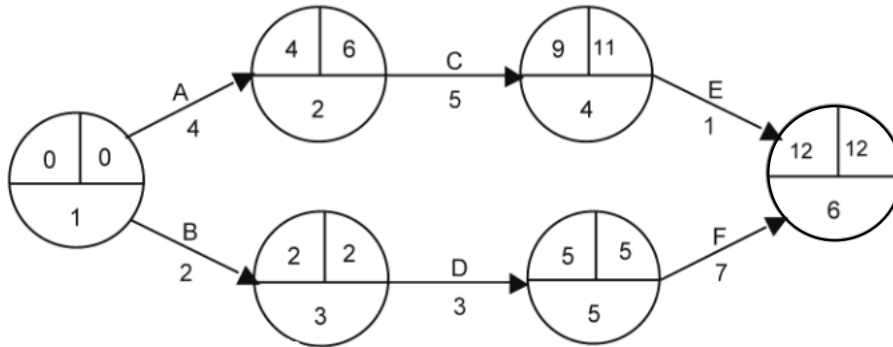


Ilustración 18. Red de actividades: sistema americano. Fuente: (Terrazas, 2011)

La red de actividades por el enfoque francés:

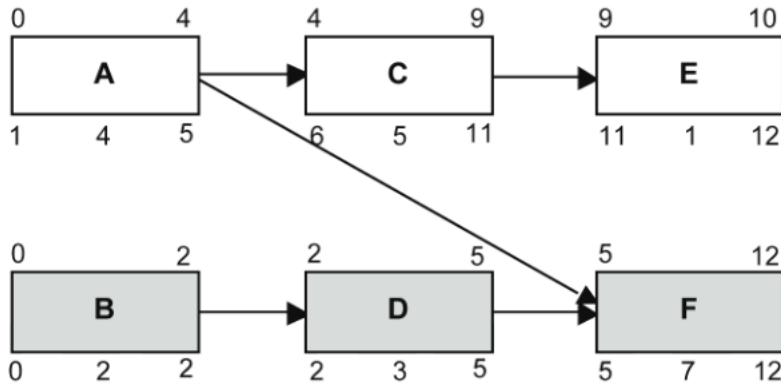


Ilustración 19. Red de actividades: enfoque francés. Fuente: (Terrazas, 2011)

Terrazas (2011), establece que se deben definir las holguras o márgenes (H) de manera general “como la diferencia entre los tiempos tardíos y tempranos”, de acuerdo con el autor se tienen los siguientes tipos de márgenes:

1. Holgura total: que es el atraso máximo que una actividad puede tener sin que la fecha de terminación del proyecto sea afectada.

$$HT = Lf - E0 - t$$

2. Holgura libre que es el atraso máximo que una actividad puede tener sin alterar la fecha más temprana de inicio de su sucesora. Es una diferencia relativa entre valores de holgura total, siempre es un valor positivo.

$$HL = Ef - E0 - t$$

3. Holgura no libre: (La HNL corresponde a la holgura disponible para una actividad.)

$$HL = L_f - E_f$$

Por lo tanto, el cuadro de holguras del ejemplo utilizando los datos del sistema francés es el siguiente:

Actividad	Duración	E ₀	L ₀	E _f	L _f	HT	HL	HNL	Ruta crítica
A	4	0	1	4	5	1	0	1	
B	2	0	0	2	2	0	0	0	√
C	5	4	6	9	11	2	0	2	
D	3	2	2	5	5	0	0	0	√
E	1	9	11	10	12	2	0	2	
F	7	5	5	12	12	0	0	0	√

Ilustración 20. Tiempos tempranos y tardíos, holgura. Fuente: (Terrazas, 2011)

En donde las actividades críticas corresponden aquellas que tienen la holgura disponible de cero. Para trasladar los valores del grafo correspondiente al sistema americano es necesario hacer las siguientes correcciones:

$$L_0 = L_f - t$$

$$E_f = E_0 + t$$

Método PERT

Desarrollado durante el mismo período que el método CPM, este método se enfoca principalmente a la mejora de la planificación asociada a la investigación y el desarrollo. La nomenclatura del método PERT son muy similares a los utilizados en el CPM: la selección de actividades y eventos apropiados, el desarrollo del diagrama de red, la identificación de la ruta crítica y la mejora de las características de control e informes de progreso.

El método PERT, sin embargo, a diferencia de CPM, utiliza la teoría de la probabilidad en el proceso de programación y desarrolla tres tiempos aplicables para cada actividad: un pesimista (tb), un optimista (ta) y un tiempo más probable (tm) para su finalización (Mercier, 1965).

Tiempo esperado (te): También llamado tiempo medio es la duración esperada del proyecto y corresponde al punto que divide en dos áreas del 50% a la curva beta. Para determinar el tiempo esperado se utiliza la siguiente ecuación:

$$te = \frac{ta + 4tm + tb}{6}$$

Varianza (s2): Es una medida de dispersión que indica la incertidumbre de que se termine el proyecto de acuerdo con el tiempo esperado. Se utiliza la fórmula:

$$s2 = \frac{(tb - ta)^2}{36}$$

De acuerdo con Terrazas (2011), la distribución beta se puede graficar de acuerdo con estos 3 casos:

Caso 1

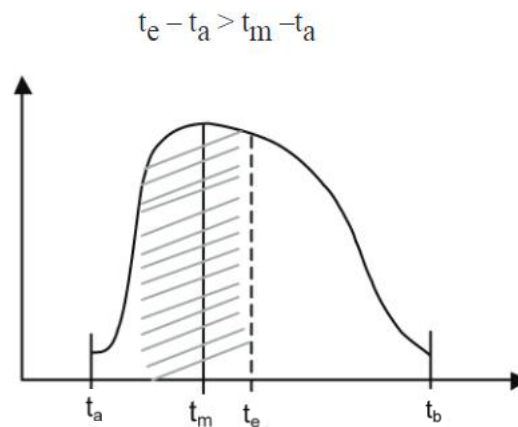


Ilustración 21. Comportamiento de la distribución beta Caso1. Fuente: (Terrazas, 2011)

Caso 2

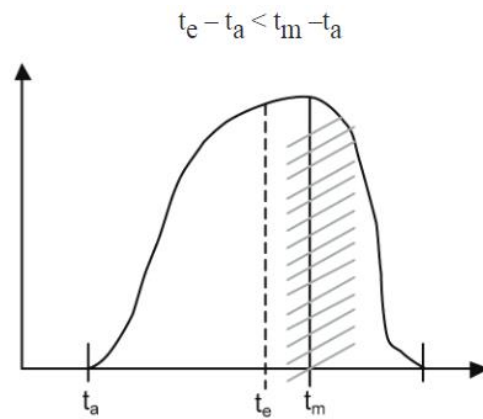


Ilustración 22. Comportamiento de la distribución beta Caso 2. Fuente: (Terrazas, 2011)

Caso 3

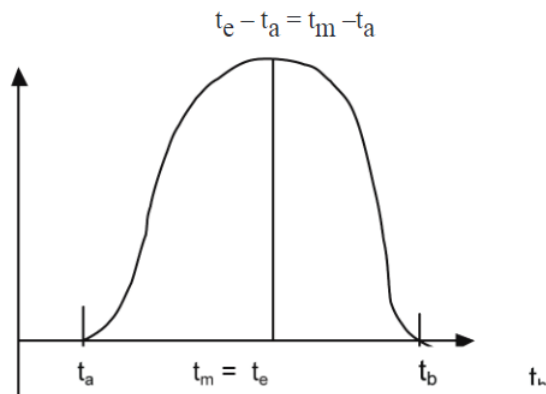


Ilustración 23. Comportamiento de la distribución beta Caso 3. Fuente: (Terrazas, 2011)

La duración total del proyecto (T) es igual a:

$$T = \sum te_i$$

En donde:

te_i : = i-ésima duración esperada crítica.

La varianza del proyecto (sT^2) es:

$$sT^2 = \sum si^2$$

En donde:

si^2 : i-ésima varianza crítica.

- La probabilidad de realización se determina mediante la ecuación:

$$Ka = \frac{T1 - T}{sT}$$

En donde:

sT = Desviación estándar del proyecto

T1= Tiempo establecido

T = Tiempo o duración media del proyecto

Ka= Factor de probabilidad norma (Terrazas, 2011).

De acuerdo con el Project Management Institute (2017), dentro del análisis de la red de cronograma utilizado para generar el modelo de programación del proyecto además del método de la ruta crítica existen otras técnicas como la optimización de recursos y técnicas de modelado.

La optimización de recursos es una técnica utilizada para ajustar las fechas de inicio y finalización de las actividades del proyecto de acuerdo con la disponibilidad de estos.

Para el análisis de datos se pueden utilizar técnicas como el Análisis de escenarios “¿Qué pasa si...?” el cual considera diferentes escenarios tanto positivos o negativos para evaluar la viabilidad del cronograma y la respuesta a los planes de contingencia ante situaciones inesperadas.

Para acortar la duración del cronograma sin afectar el alcance del proyecto es necesario utilizar técnicas de comprensión del cronograma como la intensificación y la ejecución rápida.

En la técnica de la intensificación se reduce la duración del proyecto con el menor costo. Esta técnica solo funciona en actividades que se encuentren dentro de la ruta crítica en la cual los recursos adicionales permiten acortar la duración.

En la técnica de ejecución rápida se reduce la duración del proyecto mediante la ejecución de actividades que se encuentran en la ruta crítica en paralelo, es decir solo funciona si las actividades pueden solaparse para reducir la duración del proyecto en la ruta crítica,

sin embargo, este proceso incrementa los esfuerzos de coordinación lo que puede ocasionar un aumento en los riesgos y costos.

Finalmente se presenta el cronograma del proyecto, que contiene como mínimo las fechas de inicio y finalización para cada actividad involucrada. El formato de presentación más frecuente es el de manera gráfica siendo estos:

- Diagrama de barras.
- Diagrama de hitos.
- Diagrama de red del cronograma del proyecto.

3.1.6 Controlar el cronograma

El proceso de controlar el cronograma consiste en dar seguimiento al grado de ejecución del cronograma y controlar los cambios en el mismo. Este proceso es llevado a cabo durante todo el proyecto. De acuerdo con el Project Management Institute (2017), este proceso implica:

- Identificar el estado actual del cronograma.
- Influir sobre los factores que crean cambios en el cronograma.
- Determinar los elementos del cronograma que han cambiado.
- Gestionar los cambios, conforme suceden.

CAPÍTULO 4: IMPLMENTACIÓN BIM AL CASO DE ESTUDIO

Existen diferentes formas de implementar la metodología BIM, ya sea de carácter parcial o total en los proyectos o empresas. Para efectos del presente trabajo de titulación se utiliza de manera general la normativa ISO 19650 (1 y 2) y otros estándares como el “Project Execution Planning Guide versión 2.2” de la Universidad del Estado de Pensilvania (Penn State).

En el contexto de estos estándares se aplican los siguientes documentos clave:

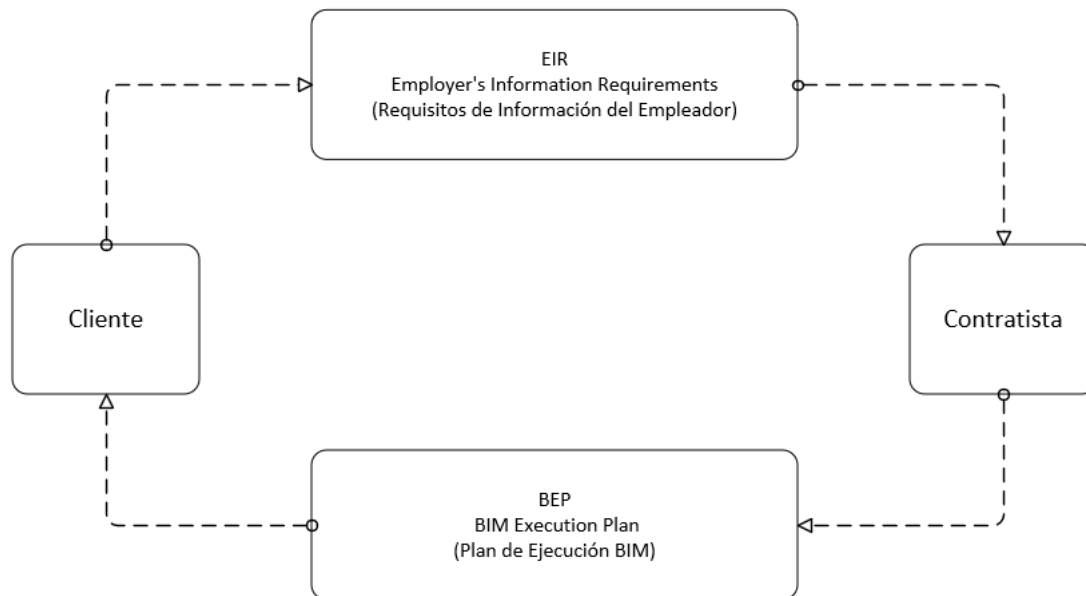


Ilustración 24. Documentos BIM. Fuente: (Elaboración Propia)

4.1 Employer's Information Requirements (EIR):

De acuerdo con la normativa ISO 1650, este documento se indica con un alto grado de precisión el “Por qué” y “Para qué” se requiere el uso de BIM en el proyecto, el mismo es generado por el contratante o propietario del proyecto y entregado a los proveedores oferentes o al equipo interno a cargo del proyecto.

En general, los requisitos de información del cliente (EIR) se dividen en 3 áreas:

- **Área técnica:** Esta área incluye aspectos como la definición del software a utilizarse, formatos de intercambio de información utilizados para entregar e intercambiar datos a lo largo del proyecto, así como también el nivel de desarrollo de las entregas del proyecto.
- **Área de gestión:** Contempla los roles y responsabilidades de los colaboradores del proyecto al igual que establece los estándares para la entrega del proyecto junto con los procesos de coordinación de este.
- **Área comercial:** Abarca la sincronización de datos, presentación de resultados, al igual que una evaluación de la competencia (J. García, 2019).

EIR Build & Hidro para la implementación BIM

El “Edificio Lluma” es el primer proyecto de la empresa Build & Hidro en el cual se está implementando la metodología BIM. Por medio de este, la empresa podrá establecer

protocolos para el manejo de información, así como definir flujos de trabajo para implementar esta metodología en futuros proyectos.

Cabe mencionar que la metodología fue aplicada en el proyecto en su fase de diseño, para continuar con la fase de planificación la empresa solicita el desarrollo de la gestión del cronograma.

Al no tener la experiencia y la capacitación suficiente la empresa no desarrolló el EIR, pero por medio de reuniones se pudo establecer los requerimientos de información del proyecto en esta fase, los mismos se detallan a continuación.

Información que solicita Build & Hidro:

- Gestión de cronograma del proyecto
- Establecer protocolos de manejo de información para la implementación de la metodología en la fase de construcción

Información que entrega Build & Hidro:

- TEC-MOD-001-ARQ.rvt Modelo arquitectónico
- TEC-MOD-001-EST.rvt Modelo estructural
- TEC-MOD-001-MEP.rvt Modelo mecánico, eléctrico e hidrosanitario
- TEC-MOD-001-SIT.rvt Modelo de sitio
- TEC-COS-001-ARQ.xlsx Presupuesto arquitectónico
- TEC-COS-001-EST.xlsx Presupuesto estructural
- TEC-COS-001-HID.xlsx Presupuesto hidrosanitario
- TEC-COS-001-ELE.xlsx Presupuesto eléctrico

4.2 Plan de ejecución BIM (PEB):

El Plan de ejecución BIM (PEB) es un documento generado por el proveedor o por el coordinador BIM del proyecto en respuesta al EIR. Este documento define el proceso de ejecución y manejo de información del proyecto con la finalidad de facilitar la entrega de información de este.

Un Plan de ejecución BIM tiene como componentes básicos:

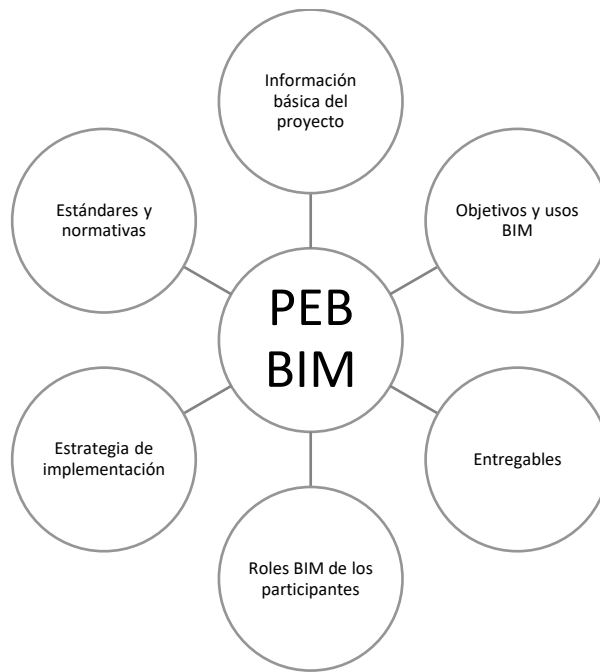


Ilustración 25 Composición del PEB. Fuente: (Elaboración Propia)

Para el desarrollo del Plan de ejecución BIM del caso de estudio se realizó un documento con formatos y estructuras generales que podrán ser reutilizados en proyectos similares. Este documento abarca de manera general los componentes básicos de un Plan de Ejecución BIM para la gestión eficiente de la información.



IMPLEMENTACIÓN BIM EN EL EDIFICIO LLUMA EN LA FASE DE GESTIÓN DEL CRONOGRAMA

BIM EXECUTION PLAN

ELABORADO POR: CAMILA HARO

Contenido:

1. Introducción.....	46
1.1 Resumen del Proyecto	46
1.2 Gestión exitosa de la información	46
1.3 ¿Por qué usamos BIM?.....	47
1.4 Requisitos de Información.....	47
2. Usos y objetivos BIM.....	48
2.1 Usos BIM.....	48
2.2 Roles BIM.....	48
3. Proceso de ejecución BIM.....	49
3.1 Diagrama general del proceso de uso BIM en el proyecto.....	49
3.2 Diagrama de procesos específicos	51
4. Entregables BIM e Intercambio de información	53
4.1 Documentos solicitados.....	53
4.2 Intercambio de información.....	53
4.3 Reuniones	54
4. Infraestructura necesaria para implementación	54
4.1 Software:.....	54
4.2 Hardware:	55

1. Introducción

1.1 Resumen del Proyecto

Tabla 3. Resumen del Proyecto

Ítem	Información
Título del proyecto	Implementación BIM en el edificio Lluma en la fase de gestión del cronograma
Propietario del proyecto	Build & Hidro
Descripción del proyecto	Proyecto Inmobiliario para un edificio de 3 pisos residencial destinada a 3 departamentos y 2 locales comerciales
Fecha de inicio del proyecto	N/A
Localización del proyecto	Riobamba, Provincia de Chimborazo

Fuente: (Elaboración propia)

1.2 Gestión exitosa de la información

Un proyecto exitoso requiere un plan inteligente, un alcance bien definido, procesos colaborativos, tecnología de apoyo y flujos de trabajo sólidos de seguimiento, control y verificación.

La planificación de la ejecución del proyecto garantiza que todas las partes sean claramente conscientes de las oportunidades y responsabilidades asociadas con la incorporación de Building Information Modeling (BIM) en el proyecto.

El siguiente Plan detalla los procesos correctos para ejecutar BIM a lo largo de la gestión del cronograma del proyecto. En caso de estudio, se seguirá estos cuatro pasos para garantizar que se cumplan con los requisitos de intercambio de información del proyecto.

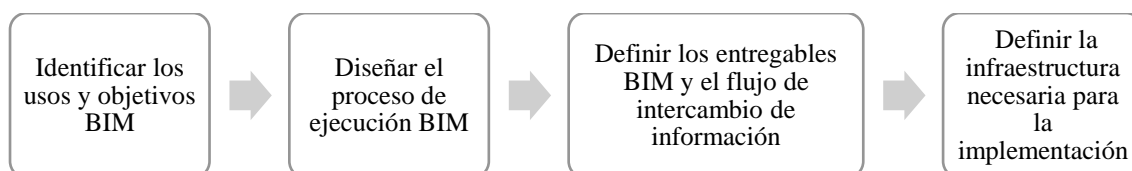


Ilustración 26. Gestión exitosa de la información. Fuente: (Elaboración propia)

1.3 ¿Por qué usamos BIM?

Las principales razones por las que usamos la metodología BIM son:

1. BIM mejora el trabajo colaborativo y la eficiencia de los flujos de trabajo.
2. Coordinar, planificar, diseñar y construir con información exacta.
3. Mejorar la productividad, minimizar el desperdicio y optimizar la utilización de los recursos.
4. Mejorar la calidad de los diseños.
5. Responder a la demanda de la industria.
6. Obtener una ventaja competitiva.
7. Mejorar la innovación corporativa.

1.4 Requisitos de Información

Para el desarrollo de la gestión del cronograma es un requisito que los modelos 3D del proyecto contengan todas sus disciplinas (Arquitectónica, Estructural y MEP) con elementos con un LOD mínimo de 200. Estos archivos deberán estar en formato “.rvt” si fueron diseñados en Revit o “.ifc” para otros programas. A continuación, se presenta la matriz con los archivos BIM del proyecto entregados por la empresa:

Tabla 4. Requisitos de la información

Modelo BIM	Especialidad	Responsable	Nombre	Formato
Sitio	Levantamiento en sitio	Modelador BIM	TEC-MOD-001-SIT	.RVT
Arquitectura	Proyecto de arquitectura	Modelador BIM	TEC-MOD-001-ARQ	.RVT
Estructura	Proyecto estructural	Modelador BIM	TEC-MOD-001-EST	.RVT
MEP	Proyecto hidrosanitario	Modelador BIM	TEC-MOD-001-MEPH	.RVT
MEP	Proyecto eléctrico	Modelador BIM	TEC-MOD-001-MEPE	.RVT

Fuente: (Elaboración propia)

2. Usos y objetivos BIM

2.1 Usos BIM

Para la fase de gestión de cronograma del proyecto con la implementación de la metodología BIM se identificaron los siguientes usos BIM con sus respectivos objetivos.

Tabla 5. Usos BIM

Prioridad (1-3) 1= Más Importante	Objetivo	Uso
2	Gestión del proceso constructivo en base a los modelos 3D y extracción de cuantificación de materiales	Revisión del diseño
1	Gestión del cronograma integrado a los modelos 3D	Modelación 4D
1	Simulación del proceso constructivo	Modelación 4D

Fuente: (Elaboración propia)

2.2 Roles BIM

Los Roles BIM definen las funciones que se añaden a las actividades que realizan los involucrados del proyecto.

BIM Manager: Es responsable de supervisar la implementación de BIM y la tecnología relacionada en toda la empresa. Administra las licencias de software, incluida la supervisión de la instalación de nuevas versiones de software.

Coordinador BIM: Coordina el proceso de generación de modelos digitales y datos integrados, garantiza que cualquier problema potencial durante el modelado, la detección de conflictos y la conversión de datos se procese de manera eficiente.

Modelador BIM: Desarrolla los modelos 3D para una disciplina de diseño específica de acuerdo con los estándares y objetivos establecidos en el Plan de Ejecución BIM de esa etapa.

Para una mejor comprensión del flujo de trabajo con metodología BIM que se pretende implementar en la empresa, a continuación, se presenta un esquema general con los roles y funciones establecidos a lo largo del proyecto.

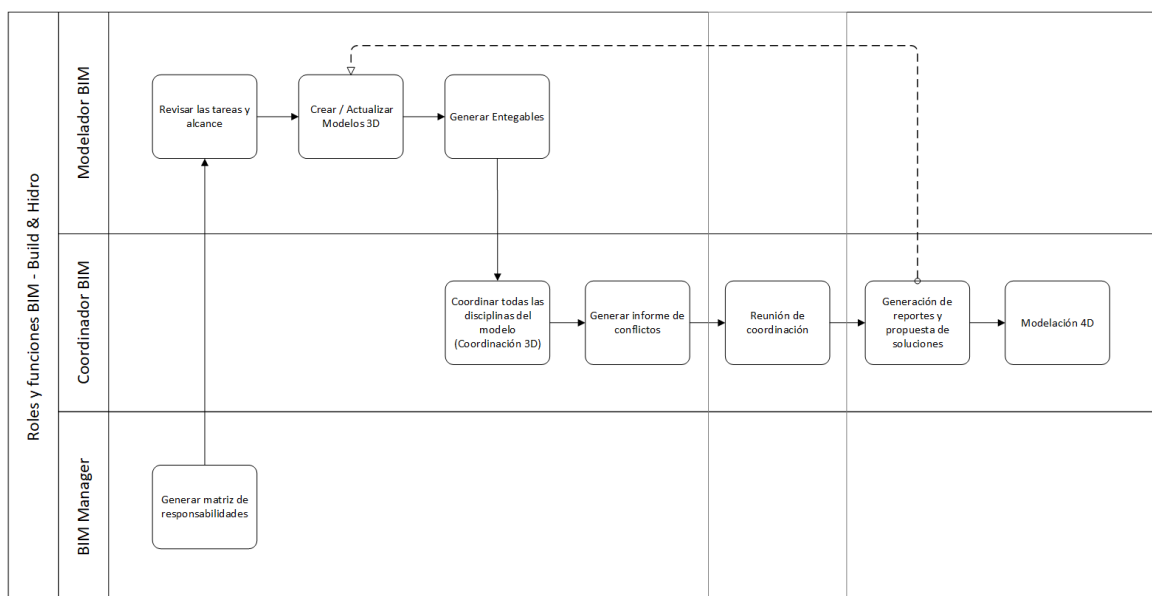


Ilustración 27. Roles y funciones BIM - Build & Hidro. Fuente: (Elaboración propia)

En base a los usos BIM establecidos en esta etapa específica del proyecto los participantes del proyecto son los siguientes:

Tabla 6. Roles y participantes BIM. Fuente: Elaboración propia

Uso BIM	Empresa	Responsable	Profesión
Revisión del diseño	Build & Hidro	Coordinador BIM	Ingeniería Civil / Arquitectura
Modelación 4D		Coordinador BIM	Ingeniería Civil / Arquitectura

Fuente: (Elaboración propia)

3. Proceso de ejecución BIM

3.1 Diagrama general del proceso de uso BIM en el proyecto

Para representar la interacción de los usos BIM, así como establecer un proceso estándar para la gestión del cronograma con metodología BIM que permita mejorar la eficiencia a continuación se presenta el diagrama de flujo que representa el proceso general establecido:

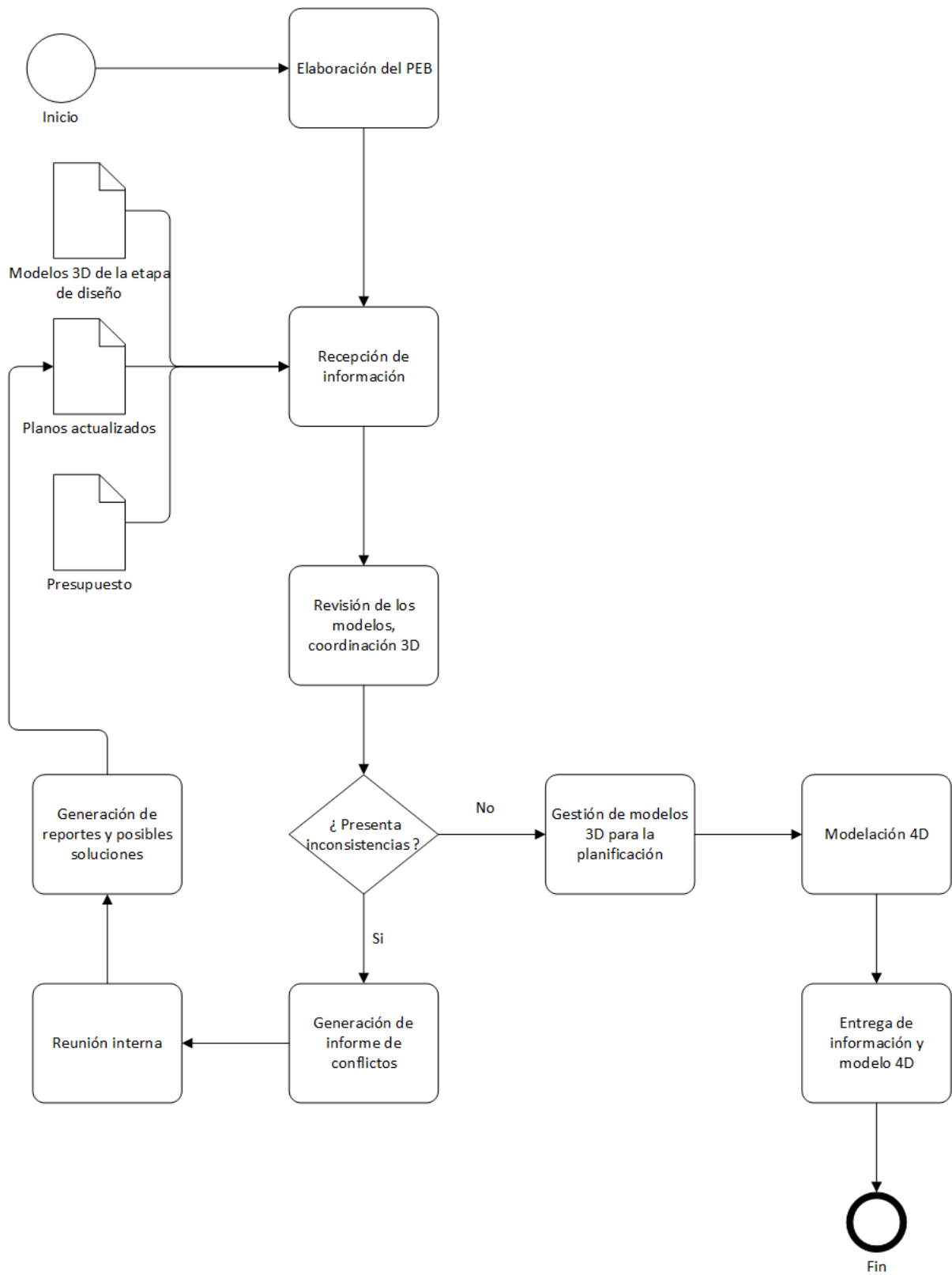


Ilustración 28. Diagrama general del proceso de uso BIM . Fuente: (Elaboración propia)

3.2 Diagrama de procesos específicos

Para la “Gestión de modelos 3D para la planificación” es necesario comprender el flujo de trabajo que involucra este proceso, el mismo se detalla a continuación:

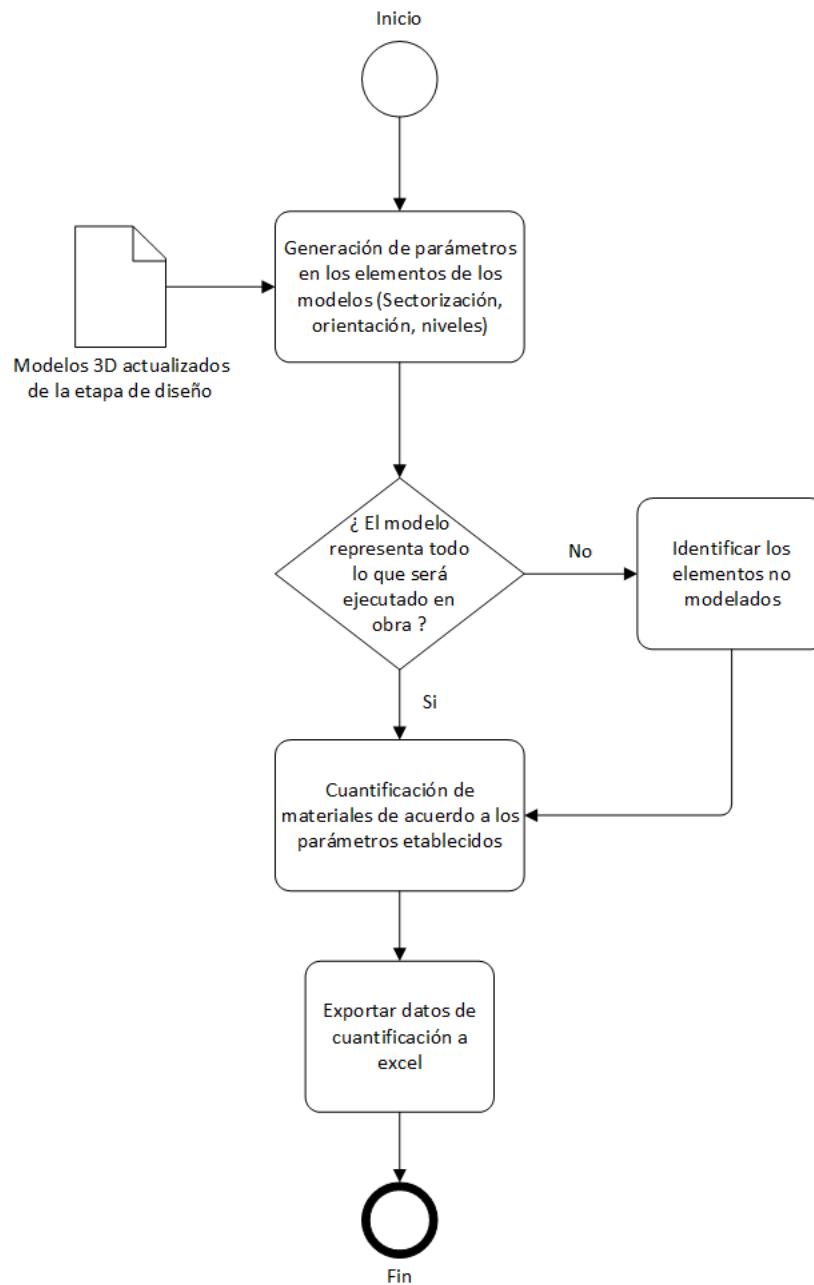


Ilustración 29. Diagrama gestión de modelos 3D. Fuente: (Elaboración propia)

Para la “Programación de modelos BIM” es necesario comprender el flujo de trabajo que involucra este proceso, el mismo se detalla a continuación:

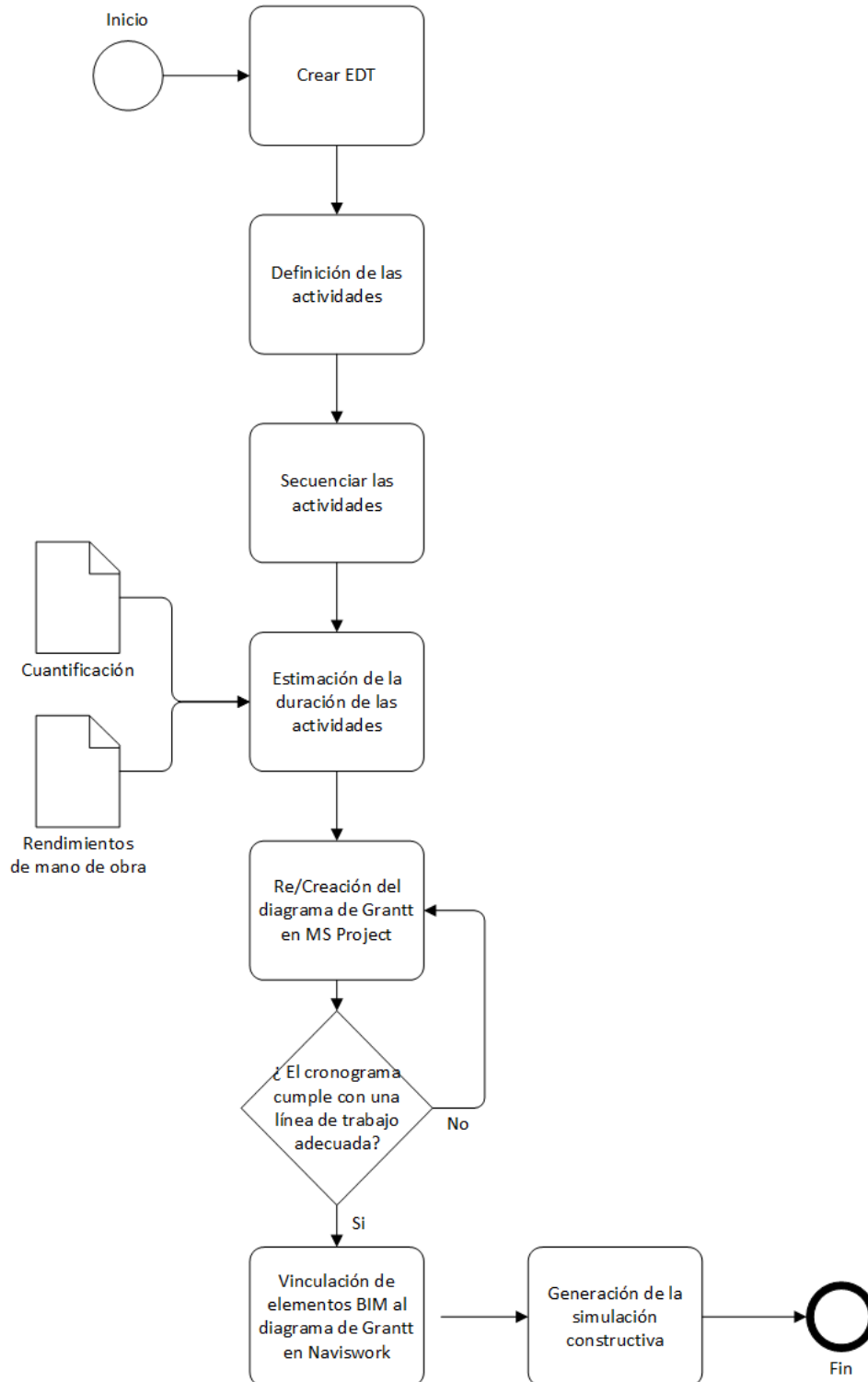


Ilustración 30. Diagrama programación de modelos BIM. Fuente: (Elaboración propia)

4. Entregables BIM e Intercambio de información

4.1 Documentos solicitados

A continuación, se detalla la información solicitada por la empresa Build & Hidro con sus respectivos formatos:

Tabla 7. Documentos solicitados y modelos

Documentos solicitados y sus modelos		
Información	Entregable	Formato
Gestión del cronograma	Programación de obra	.MPP
Modelación 4D	Modelo 4D	.NWD
Modelación 4D	Simulación Constructiva	.AVI

Fuente: (Elaboración propia)

4.2 Intercambio de información

Continuando con el proceso de intercambio de información llevado a cabo en la etapa de diseño del proyecto, se utilizará el entorno de datos compartido en la plataforma One drive en la cual el líder del proyecto como el coordinador BIM tienen acceso.

Tabla 8. Entorno de datos compartidos

El CDE utilizado está conformado por una sola plataforma	
Si	<input checked="" type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>
Plataformas y formatos del CDE	
Entorno de CDE	One Drive
Plataforma de colaboración	One Drive
Plataforma de gestión de documentos	One Drive

Fuente: (Elaboración propia)

En el proceso de intercambio de información se debe dejar constancia de la entrega de la información y su estado utilizando el siguiente registro de información se tiene un control de los entregables desarrollados en el proyecto.

Tabla 9. Matriz intercambio de información

Intercambio de información	Responsable de enviar la información	Responsable de recibir la información	Frecuencia	Fecha	Tipo de modelo	Formato
Gestión del cronograma	Coordinador BIM	Líder del Proyecto	Única		Coordinación	.MPP
Modelo 4D	Coordinador BIM	Líder del Proyecto	Única		Coordinación	.NWD
Simulación Constructiva	Coordinador BIM	Líder del Proyecto	Única		Coordinación	.AVI

Fuente: (Elaboración propia)

4.3 Reuniones

Para detallar y corregir la información de los entregables del proyecto se establece un protocolo de reuniones después de cada intercambio de información como se presenta a continuación:

Tabla 10. Matriz de reuniones

Tipo de reunión	Frecuencia	Participantes
Referente a la gestión de cronograma	Única	Coordinador BIM y líder del proyecto
Referente al modelado 4D	Única	Coordinador BIM y líder del proyecto

Fuente: (Elaboración propia)

5. Infraestructura necesaria para implementación

La infraestructura mínima para la ejecución de los usos BIM planteados en el Plan de Ejecución BIM son las siguientes:

5.1 Software:

Tabla 11. Infraestructura Software

Uso BIM	Software	Versión
Revisión del diseño	Revit	2021
Modelación 4D	Naviswork	2021
	MS Project	2021

Fuente: (Elaboración propia)

Es importante que los participantes del proyecto tengan el mismo software predeterminado con la misma versión.

5.2 Hardware:

Para una correcta funcionalidad de los software utilizados se considera como requisito mínimo:

- **Requisito mínimo:** Core i5, 8GB de RAM.
- **Requisito estándar:** Core i5, 16 GB de RAM.
- **Requisito ideal:** Core i7, 16 GB de RAM.

4.3 Manual básico de entrega de información

A continuación, se presenta un manual en el cual se detallan los pasos principales para obtener los entregables propuestos en el PEB, los mismos se incluyeron de manera general en los diagramas de flujos de procesos de ejecución BIM.

4.3.1 Cronograma de obra:

1. Definir y ordenar las actividades del proyecto de acuerdo con un orden lógico de ejecución. Para el caso de estudio se dividió de manera general cada etapa de la siguiente forma:

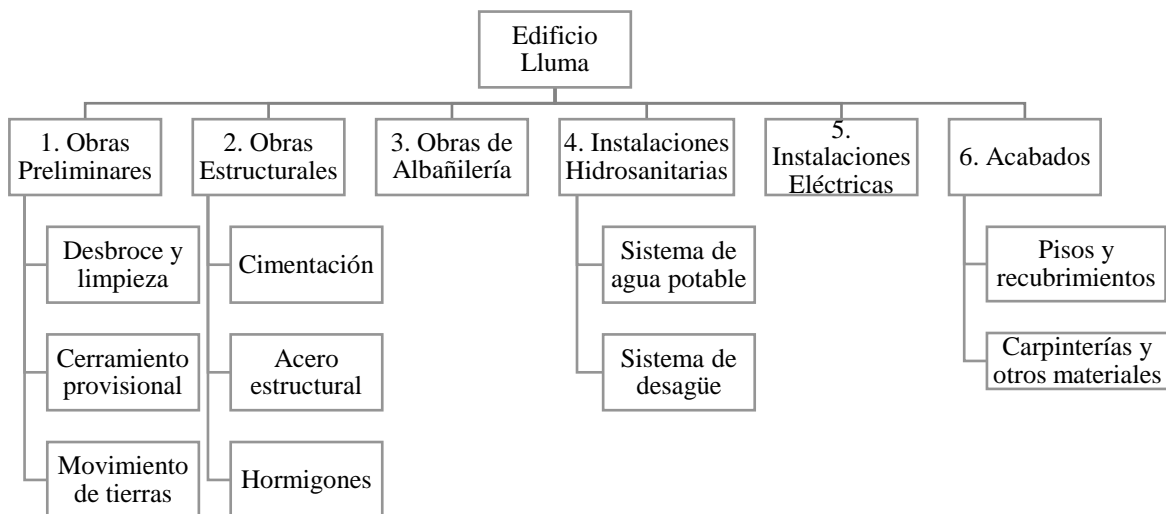


Ilustración 31. Estructura de desglose de trabajo general. Fuente: (Elaboración propia)

2. Estimar la duración de las actividades en base a los rendimientos de los análisis de precios unitarios del proyecto, la cuantificación de materiales obtenido de los modelos 3D y materiales añadidos que no fueron modelados. (Para realizar la simulación

constructiva es necesario desglosar las actividades y la cuantificación de materiales de acuerdo con el número de pisos del proyecto) (Anexo 1).

Para estimar la duración se utiliza la fórmula:

$$\text{Cantidad de materiales} \times \text{Rendimiento} = \frac{\text{Duración en horas}}{8} = \text{Días laborables}$$

3. Ingresar en MS Project las actividades definidas con sus respectivas duraciones. Es necesario configurar el calendario de obra con los días y horarios laborables, días de descanso y días festivos. A continuación, secuenciar las actividades con sus respectivas dependencias Final a Inicio (FS), Final a Final (FF), Inicio a Inicio (SS), Inicio a Final (SF).

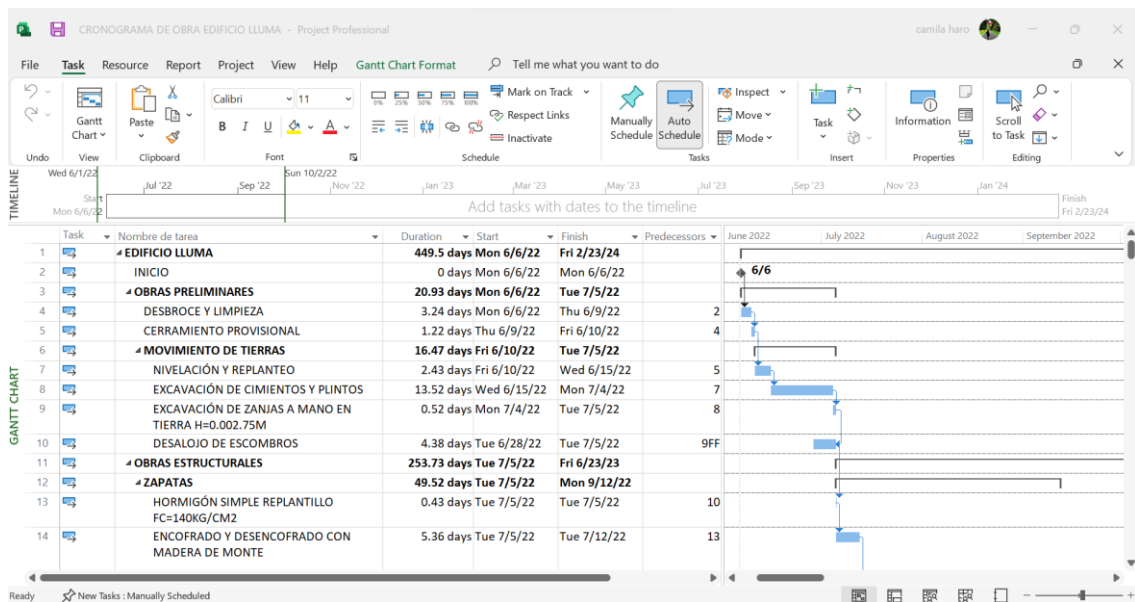


Ilustración 32. Asignación de secuencia de actividades. Fuente: (Elaboración propia)

5. Definir y asignar los recursos de cada actividad (mano de obra, materiales, maquinaria) en función del análisis de precios unitarios de los rubros del proyecto y la cuantificación de materiales.

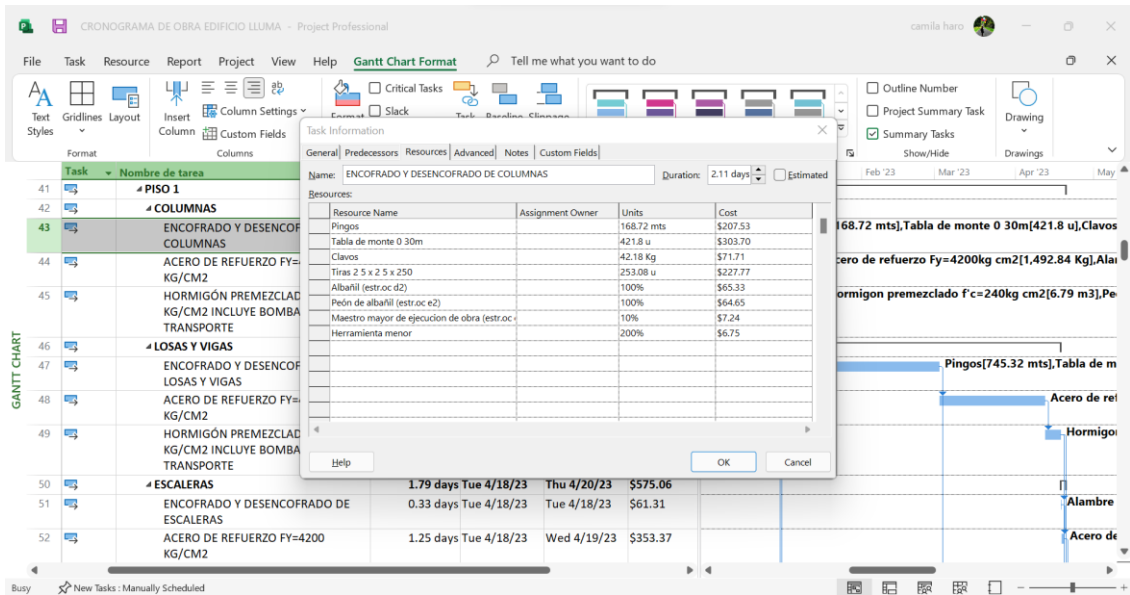


Ilustración 33. Ejemplo asignación de recursos encofrado y desencofrado de columnas. H.S. Fuente: (Elaboración propia)

6. Realizar el análisis de la programación de obra, en caso de existir actividades con duraciones excesivas se debe establecer tiempos coherentes y recalculer los recursos necesarios para dichas actividades. (Cabe recalcar que al comprimir el cronograma el costo directo no cambia ya que las tareas de construcción son de tipo “fija”)

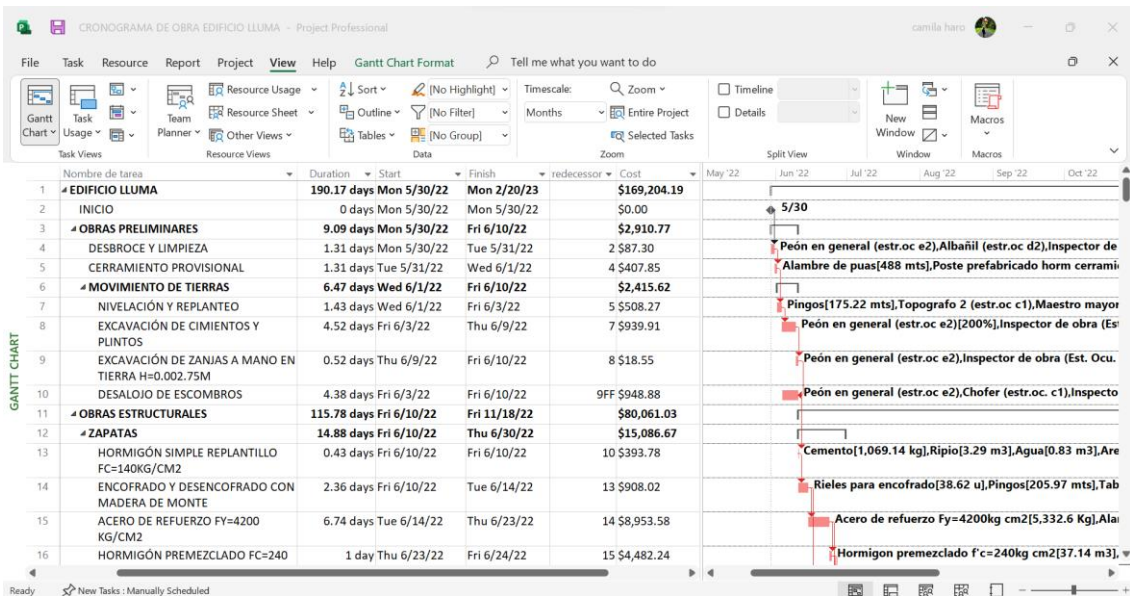


Ilustración 34. Análisis de programación de obra. Fuente: (Elaboración propia)

7. A continuación, realizar un análisis y reajuste en las actividades con sobreasignación de recursos. Finalmente, se cierra la programación, obteniendo las cuadrillas tipo para las actividades y el cronograma final con su respectiva ruta crítica (Anexo 2). Este

cronograma será utilizado para la creación del modelo 4D en Naviswork y el seguimiento en la etapa de ejecución y control de obra.

4.3.2 Modelo 4D y simulación constructiva

Para una correcta modelación 4D es necesario la revisión y preparación previa de los modelos 3D en Revit para ello:

1. Verificar que todos los modelos 3D tengan el mismo punto de emplazamiento.

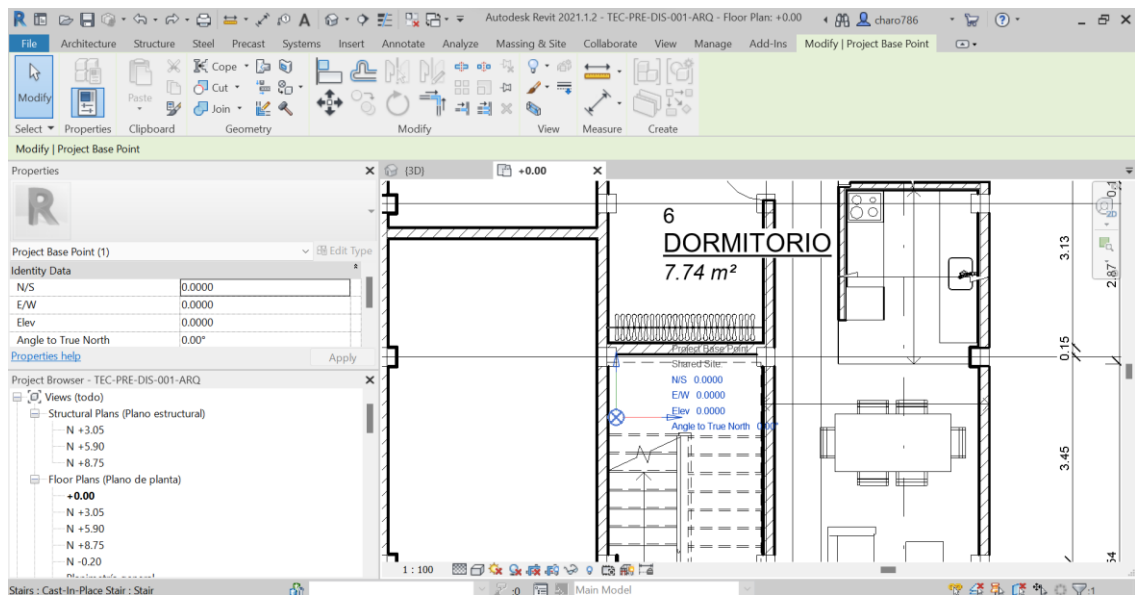


Ilustración 35. Verificación de puntos de emplazamiento. Fuente: (Elaboración propia)

2. En caso de que los elementos del proyecto no estén sectorizados por nivel añadir este parámetro como “Tipo de parámetro texto” y seleccionar las categorías dependiendo de la especialidad. Este paso será necesario para la creación de conjuntos de elementos del proceso constructivo a elaborarse en Naviswork.

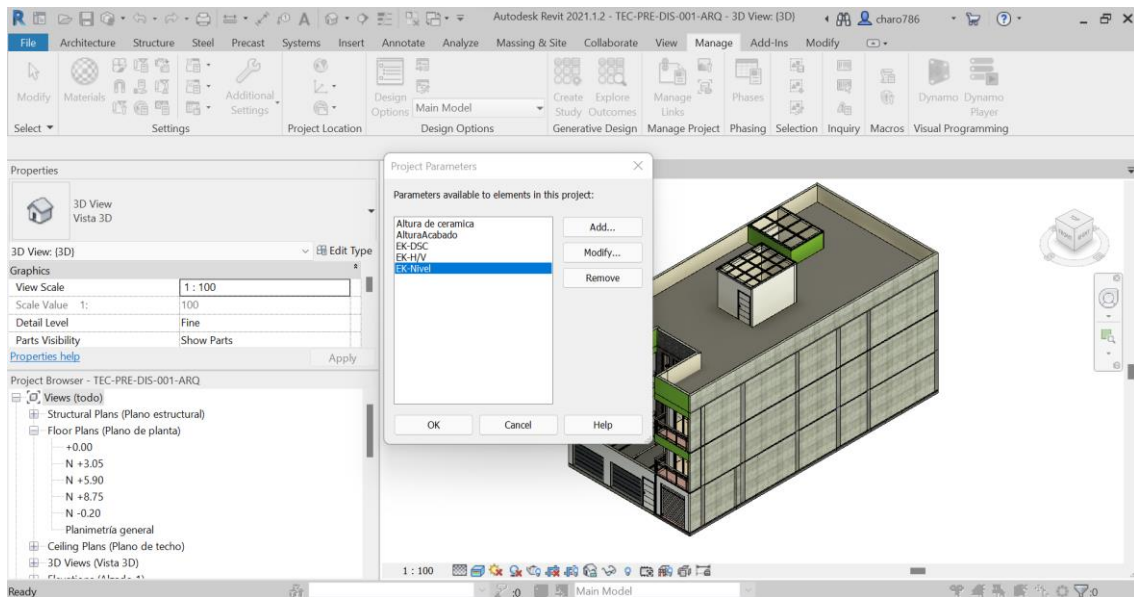


Ilustración 36. Parametrización de elementos del modelo BIM. Fuente: (Elaboración propia)

Una vez preparado los modelos, en la plataforma Naviswork:

3. Importar los modelos 3D directamente desde Naviswork (al importar de esta manera si se realizan cambios en los archivos “.rvt” de Revit los mismos se actualizan en el archivo de trabajo de Naviswork).

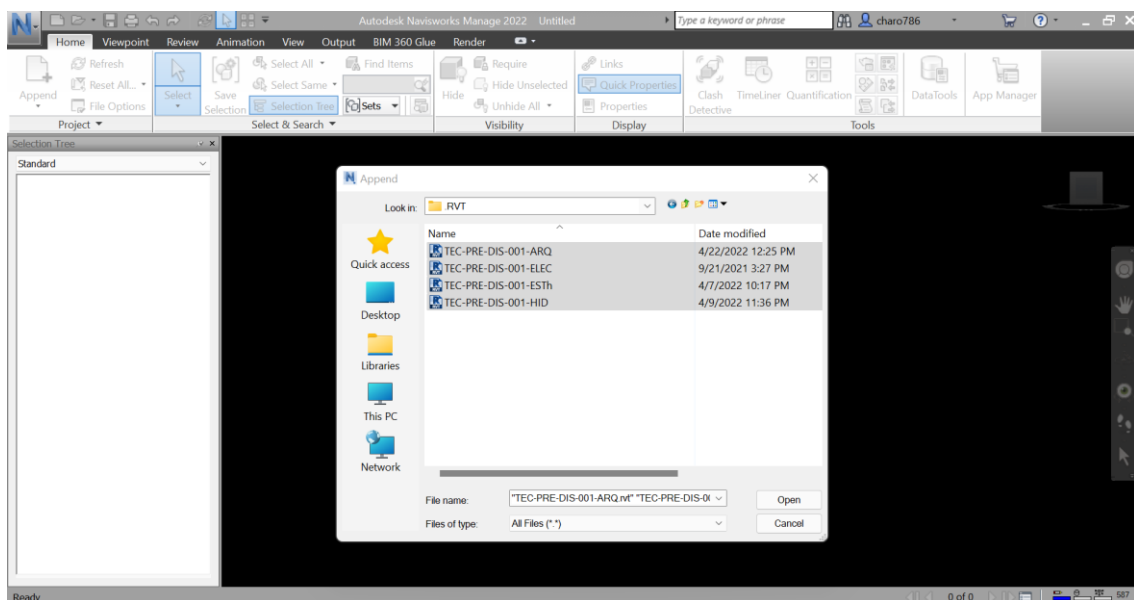


Ilustración 37. Importación de los modelos 3D a Naviswork. Fuente: (Elaboración propia)

4. Crear conjuntos de elementos en base a las actividades del cronograma

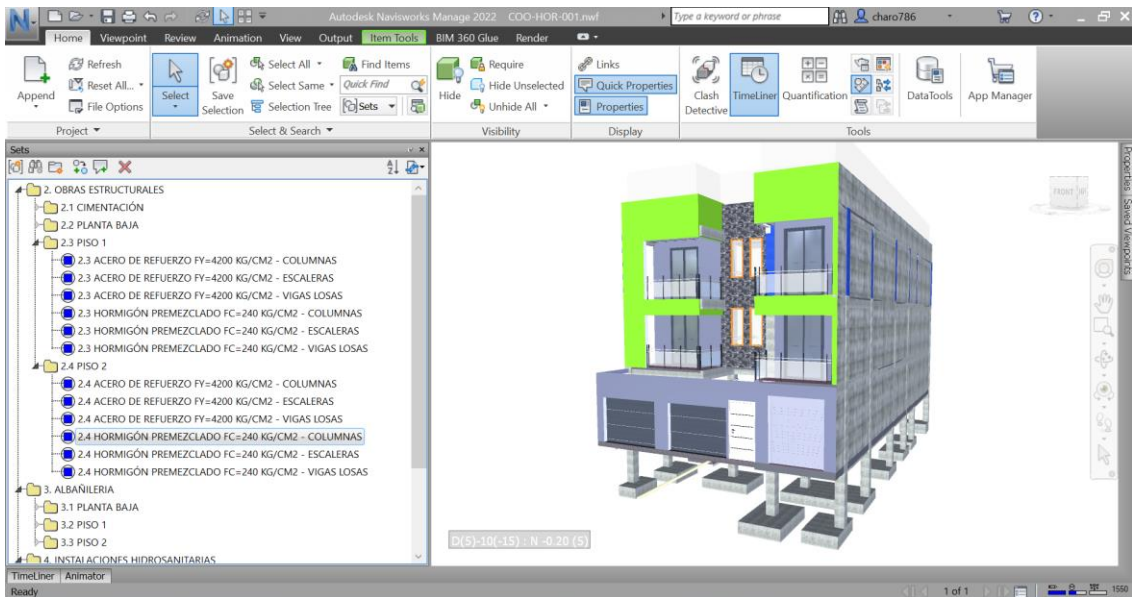


Ilustración 38. Creación de conjunto de elementos. Fuente: (Elaboración propia)

5. Importar el cronograma realizado en MS Project y vincular las tareas del cronograma del proyecto con los conjuntos de elementos previamente creados.

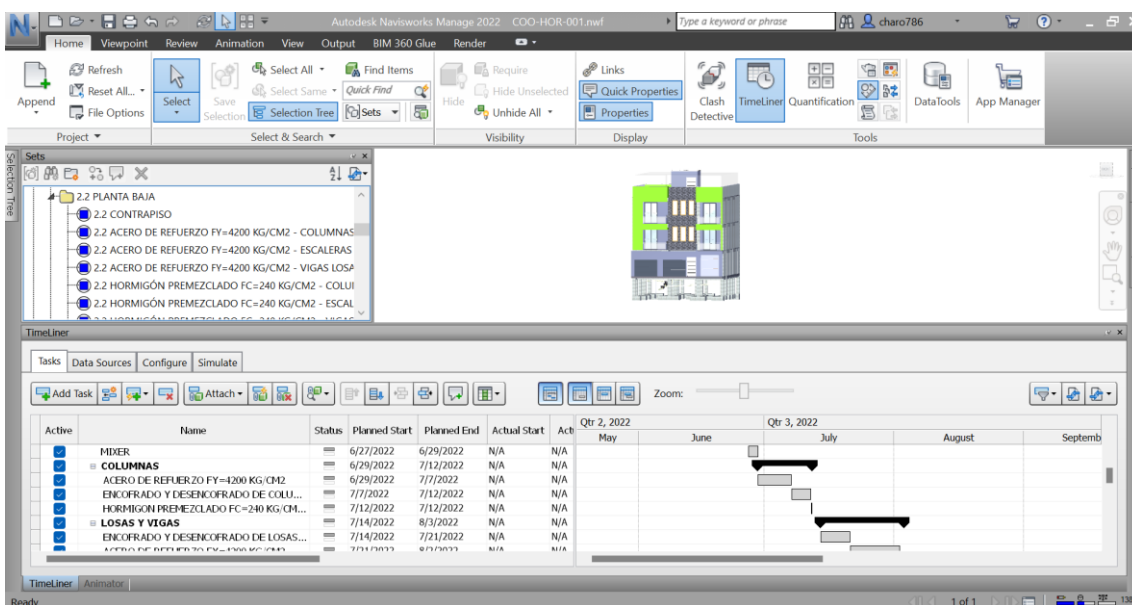


Ilustración 39. Asignación de tareas entre el modelo BIM y el cronograma de trabajo. Fuente: (Elaboración propia)

7. Para realizar la simulación constructiva configurar las tareas de acuerdo con su tipología (Construcción, Temporal, demolición), y configurar el cronograma en función de las preferencias de visualización.

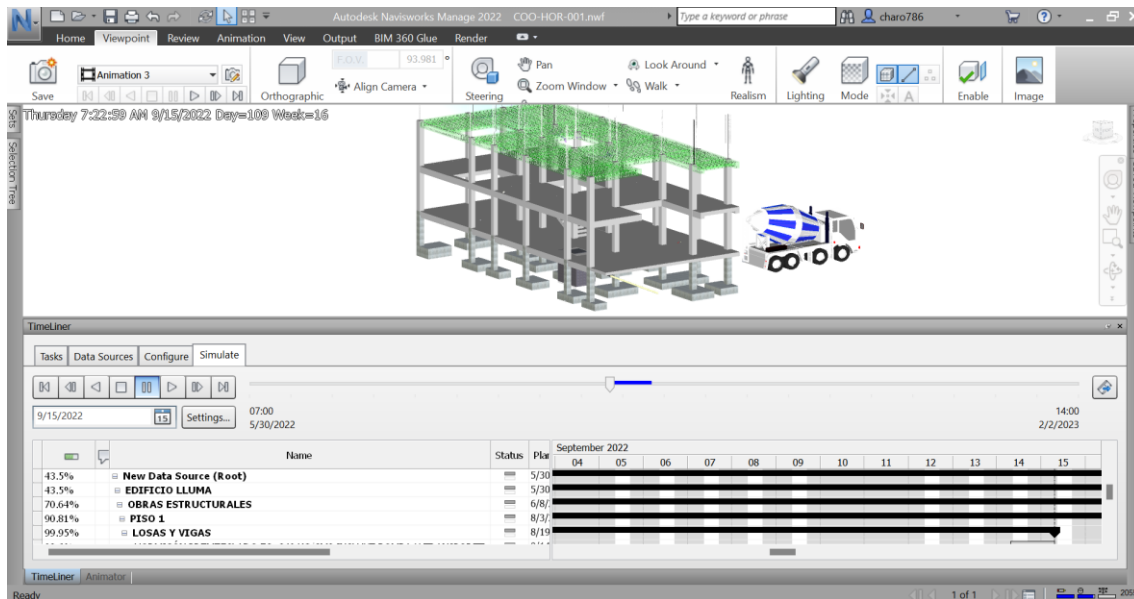


Ilustración 40. Simulación Constructiva. Fuente: (Elaboración propia)

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En la literatura se mencionó 25 posibles usos BIM de acuerdo con el “BIM Project Execution Planning Guide” para efectos del alcance de este trabajo se utilizaron la “Revisión de diseño” y “Planificación de fases (modelado 4D)” los cuales fueron analizados y desarrollados en base a las necesidades de la empresa, así como la etapa del proyecto en que se realizó la implementación de esta metodología.
- Se utilizó el método CPM y el software Microsoft Project para determinar la duración de ejecución de obra. Este método permite identificar una ruta crítica, es decir, el período de tiempo mínimo de realización del proyecto, obteniendo como resultado 190,17 días laborables. No obstante, se debe considerar que la duración estimada del cronograma puede variar en relación con los recursos del proyecto, diferencia en los rendimientos de mano de obra, percances en obra, factores climatológicos, etc.
- Durante la revisión del diseño de los modelos 3D del proyecto se realizó una corrección mínima en una losa de la planta baja lo cual se tradujo en una diferencia de la cuantificación de materiales. Esta corrección representó una variación en el presupuesto referencial entregado por la empresa con un aumento del 0.5%.

- Mediante la simulación constructiva en la coordinación 4D, el equipo técnico del proyecto puede tener una mejor comprensión del orden de los procesos constructivos. Esto facilita la identificación de errores en la planificación de obra, así como la determinación de secuencias constructivas óptimas para el proyecto.
- La eficacia de la implementación de la metodología BIM, promueve el establecimiento de políticas corporativas que permitan la inserción de esta nueva forma de trabajo. Para ello, es necesario incluir la capacitación técnica de un equipo operativo, estandarizar procesos, adecuar flujos de trabajo y contar con los requerimientos mínimos de hardware y software.
- Si bien la metodología BIM puede ser utilizada de forma total o parcial en proyectos o empresas, su implementación requiere un proceso de adaptación y cambio en la forma de trabajo. El rango de duración de dicho proceso dependerá de varios factores, entre ellos, los actores involucrados y su capacidad de adaptación al funcionamiento de esta metodología.

5.2 Recomendaciones

- Al iniciar con la implementación de la metodología BIM, se recomienda experimentar con al menos un proyecto piloto que no sea de gran escala, que permita al equipo de trabajo resolver los problemas que surgen al adoptar un nuevo enfoque de trabajo.
- La implementación de la metodología BIM es un proceso que requiere una reevaluación constante. Una vez implementada es necesario optimizar los procesos relacionados con la misma, por lo cual se recomienda utilizar indicadores (KPI) que permitan evaluar el desempeño de la aplicación de esta metodología.
- Se recomienda revisar y actualizar periódicamente el modelo. Es importante que el modelador 4D incorpore cualquier información o cambio en los modelos 3D y realice una coordinación 3D de las actualizaciones para detectar posibles incompatibilidades entre los modelos.
- Ante posibles modificaciones en los modelos 3D, al realizar la modelación 4D se recomienda utilizar la herramienta “conjuntos de búsqueda” en lugar de “conjuntos de elementos”. Estos conjuntos de búsqueda son dinámicos, es decir

si se introducen nuevos objetos en el modelo y cumple con los criterios de búsqueda, se incluye en el conjunto y no es necesario agregarlo manualmente.

- Se recomienda establecer criterios para el uso de los distintos niveles de detalle (Lod) y niveles de información (Loi) en base al alcance del proyecto y a las necesidades del cliente para así evitar sobre modelados que se traducen en un desperdicio de recursos y tiempo.

BIBLIOGRAFÍA:

- Aryani, A. L., Brahim, J., & Fathi, M. S. (2014). The development of building information modeling (BIM) definition. *Applied Mechanics and Materials*, 567(August), 625–630. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.567.625>
- Autodesk. (2020). *Revit vs. AutoCAD: What's the difference?* | Autodesk. <https://www.autodesk.com/solutions/revit-vs-autocad>
- BIM Forum Chile. (2019). *Publicación normas internacionales, ISO19650 - Artículo Técnico N°08*. <https://www.iso.org/committee/49180/x/catalogue/p/1/u/0/w/0/d/0>
- BIMForum. (2020). *LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) SPECIFICATION. December*.
- BIMMDA. (2021). *BIM in the world*. <https://bimmda.com/en/bim-in-the-world>
- BuildingSMART. (2021). *openBIM - BuildingSMART International*. <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/>
- Coloma Picó, E. (2008). *Introducción a la tecnología BIM*.
- Ganah, A., & Lea, G. (2021). A Critical Review A Global Analysis of BIM Standards Across the Globe. *Journal of Project Management Practice*, 1, 52–60. <http://clock.uclan.ac.uk/39137/http://www.uclan.ac.uk/research/www.clock.uclan.ac.uk>
- García, G. (2020). *BIM: Conceptos Generales*. Universidad Rey Juan Carlos.
- García, J. (2019). *GUÍA PARA LA REDACCIÓN DE UN EIR (EMPLOYERS INFORMATION REQUIREMENTS) PARA EL DESARROLLO DE UN PROYECTO EN BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)*.
- Geospatial World. (2018). *BIM adoption around the world: how good are we?* <https://www.geospatialworld.net/article/bim-adoption-around-the-world-how-good-are-we/>
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO - About us*. <https://www.iso.org/about-us.html>
- KINENERGY. (2021). *Las etapas de madurez BIM*. <https://www.kin.energy/blogs/post/las-etapas-de-madurez-bim1>

- Kreider, R. G., & Messner, J. I. (2013). The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses. *The Pennsylvania State University, September*, 0–22. http://bim.psu.edu/Uses/the_uses_of_BIM.pdf
- McPartland, R. (2014). *BIM Levels explained* | NBS. <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>
- Mercier, A. G. (1965). *Calhoun: The NPS Institutional Archive The Critical Path Method : its fundamentals*.
- Messner, J., Anumba, C., DUBLER, C., GOODMAN, S., KASPRZAK, C., KREIDER, R., LEICHT, R., SALUJA, C., & ZIKIC, N. (2019). *BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.2 – Simple Book Publishing*. <https://psu.pb.unizin.org/bimprojectexecutionplanningv2x2/>
- Montava, J. (2021, February 12). *In Which Countries Is BIM Mandatory for Public Projects?* | ArchDaily. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/956398/in-which-countries-is-bim-mandatory-for-public-projects>
- Morrissey, M. (2019, May 6). *The Future Of Building Information Modelling (BIM) In Australia*. MorrisseyLaw. <https://morrisseylaw.com.au/future-of-bim-in-australia/>
- Muzvimwe, M. (2011, September). *5D BIM Explained*. <https://www.fgould.com/uk-europe/articles/5d-bim-explained/>
- Navarro, Borja. (2015). Impacto del bim en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura. In *Edita: Fundación Telefónica Patronato de ...* (Vol. 94). http://telos.fundaciontelefonica.com/docs/2013/08/01/12400001_4_4_0.pdf#page=49%5Cnhttp://telos.fundaciontelefonica.com/docs/2013/08/01/12400001_4_4_0.pdf#page=45
- Ocean, J. (2020, October 12). *BIM dimensions: 2D, 3D, 4D, 5D & 6D BIM*. Revizto. <https://revizto.com/en/2d-3d-4d-5d-6d-bim-dimensions/>
- O'Malley, A. (2021a, May 6). *BIM in the US: overview of a game changing technology - PlanRadar*. Planradar. <https://www.planradar.com/us/bim-in-the-us/>
- O'Malley, A. (2021b, June 21). *BIM adoption in Europe: 7 countries compared - PlanRadar*. <https://www.planradar.com/gb/bim-adoption-in-europe/>
- Project Management Institute. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. (Sexta edición). Project Management Institute, Inc.
- Ramos Rojas, J. M. (2016). *Obtención e implementación de datos 3D en un sistema de gestión BIM*. 1–111.
- Salinas, J., & Ulloa, K. (2014). Implementación de BIM en Proyectos. *Sinerg. Innov*, 2(1), 229–255.
- Sánchez, A. (2017). *Madurez en entorno BIM : Level 0/1/2/3* | Espacio BIM. <https://www.espaciobim.com/madurez-bim-level-0-1-2-3>
- Sattineni, A., & Macdonald, J. A. (2014). 5D-BIM: A case study of an implementation strategy in the construction industry. *31st International Symposium on Automation*

- and Robotics in Construction and Mining, ISARC 2014 - Proceedings, July 2014*, 361–367. <https://doi.org/10.22260/isarc2014/0048>
- Shillcock, P. (2019). *From BS 1192 to ISO 19650 and everything in between* / NBS. <https://www.thenbs.com/knowledge/from-bs-1192-to-iso-19650-and-everything-in-between>
- Shimonti, P. (2018, December 12). *BIM adoption around the world: how good are we?* / LaptrinhX. Laptrinhx. <https://laptrinhx.com/bim-adoption-around-the-world-how-good-are-we-1878813180/>
- Sierra, L. (2016). *GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN CON METODOLOGÍA BIM “BUILDING INFORMATION MODELING”* ”.
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- Terrazas, R. (2011). Planificación y programación de operaciones Operations planning and programming. *PERSPECTIVAS*, 28.
- UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ECOTEC. (2008). *Gestion de Informacion para Proyectos UNIDAD 7: Seguimiento del proyecto*.
- Zigurat. (2017, May 12). *BIM in Canada: the-movement-towards-better-built-environment*. Zigurat Global Institute of Technology. <https://www.e-zigurat.com/blog/en/bim-in-canada-towards-better-built-environment/>
- Zigurat. (2020, June 22). *How is the BIM implementation in Asia? - Engineers & Architects*. Zigurat Global Institute of Technology. <https://www.e-zigurat.com/blog/en/how-is-bim-implementation-asia/>

ANEXOS:

ANEXO 1: Desglose de actividades del proyecto

ITEM	ACTIVIDAD	UND.	CANT.	CUADRILLA TIPO	RENDIMIENTO	\$/REN.DIARIO	DURACIÓN DÍAS
1	OBRAS PRELIMINARES						
1.1	DESBROCE Y LIMPIEZA	M2	194.69	2P + 1 Alb	60	0.13	3.24
1.2	CERRAMIENTO PROVISIONAL	M	61	2P + 1 Alb	50	0.16	1.22
1.3	MOVIMIENTO DE TIERRAS						
1.3.1	NIVELACIÓN Y REPLANTEO	M2	194.69	2P + 1 Alb	80	0.10	2.43
1.3.2	EXCAVACIÓN DE CIMIENTOS Y PLINTOS	M3	135.15	2P + 1 Alb	10	0.80	13.52
1.3.3	EXCAVACIÓN DE ZANJAS A MANO EN TIERRA H=0.002.75M	M3	2.27	2P + 1 Alb	5	1.60	0.45
1.3.4	DESALOJO DE ESCOMBROS	M3	175.22	2P + 1 Chof	70	0.11	2.50
2	OBRAS ESTRUCTURALES						
2.1	ZAPATAS						
2.1.1	HORMIGÓN SIMPLE REPLANTILLO FC=140KG/CM2	M3	3.46	9P + 2P	8	1.00	0.43
2.1.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CON MADERA DE MONTE	M2	85.82	2P + 1 Alb	16	0.50	5.36
2.1.3	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	5078.67	2P + 1 Alb	300	0.03	16.93
2.1.4	HORMIGÓN PREMEZCLADO FC=240 KG/CM2 INCLUYE BOMBA Y TRANSPORTE	M3	37.14	4P + 1 Alb.	8	1.00	4.64
2.2	CISTERNA						
2.2.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CON MADERA DE MONTE	M2	45.4	2P + 1 Alb	16	0.50	2.84
2.2.2	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	515.6	2P + 1 Alb	300	0.03	1.72
2.2.3	HORMIGÓN SIMPLE FC=140KG/CM2	M3	3.83	9P + 4 Alb	10	0.80	0.38
2.1.5	RELLENO COMPACTADO CON MAT. DE EXCAVACIÓN	M3	98.01	2P + 1 Ayud. + 1 Alb	15	0.53	6.53
2.3	PLANTA BAJA						
2.3.1	CADENA DE CIMENTACIÓN						
2.3.1.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CON MADERA DE MONTE	M2	48.05	2P + 1 Alb	16	0.50	3.00
2.3.1.2	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	861.63	2P + 1 Alb	300	0.03	2.87
2.3.1.3	HORMIGÓN SIMPLE CADENAS FC=210 KG/CM2	M3	4.35	10P + 4 Alb	8	1.00	0.54
2.3.2	CONTRAPISO						
2.3.2.1	CONTRAPISO H.S. 180KG/CM2 E=6CM, PIEDRA BOLA E=10CM	M3	41.1	2P + 1 Alb	16	0.50	2.57
2.3.2	COLUMNAS						
2.3.2.1	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	1532.11	2P + 1 Alb	300	0.03	5.11
2.3.2.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS	M2	84.36	2P + 1 Alb	40	0.20	2.11
2.3.2.3	HORMIGÓN PREMEZCLADO FC=240 KG/CM2 INCLUYE BOMBA Y TRANSPORTE	M3	6.79	4P + 1 Alb.	8	1.00	0.85
2.3.3	LOSAS Y VIGAS						
2.3.3.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS Y VIGAS	M2	186.33	2P + 1 Alb	12	0.67	15.53
2.5.2.2	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	4528.65	2P + 1 Alb	300	0.03	15.10
2.5.2.3	HORMIGÓN PREMEZCLADO FC=240 KG/CM2 INCLUYE BOMBA Y TRANSPORTE	M3	32.48	4P + 1 Alb.	8	1.00	4.06
2.3.5	ESCALERAS						
2.3.5.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESCALERAS	M2	8.67	1P + 1 Alb	28	0.29	0.31
2.3.5.2	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	200.57	2P + 1 Alb	300	0.03	0.67
2.3.5.3	HORMIGÓN SIMPLE EN ESCALERAS	M3	1.65	4P + 1 Alb.	8	1.00	0.21
2.4	PISO 1						
2.4.1	COLUMNAS						
2.4.1.1	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	1421.75	2P + 1 Alb	300	0.03	4.74

2.4.1.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS	M2	84.36	2P + 1 Alb	40	0.20	2.11
2.4.1.3	HORMIGÓN PREMEZCLADO FC=240 KG/CM2 INCLUYE BOMBA Y TRANSPORTE	M3	6.79	4P + 1 Alb.	8	1.00	0.85
2.4.2	LOSAS Y VIGAS						
2.4.2.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS Y VIGAS	M2	186.33	2P + 1 Alb	12	0.67	15.53
2.4.2.2	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	4528.65	2P + 1 Alb	300	0.03	15.10
2.4.2.3	HORMIGÓN PREMEZCLADO FC=240 KG/CM2 INCLUYE BOMBA Y TRANSPORTE	M3	32.48	4P + 1 Alb.	8	1.00	4.06
2.4.3	ESCALERAS						
2.4.3.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESCALERAS	M2	8.67	1P + 1 Alb	28	0.29	0.31
2.4.3.2	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	200.57	2P + 1 Alb	300	0.03	0.67
2.4.3.3	HORMIGÓN SIMPLE EN ESCALERAS	M3	1.65	4P + 1 Alb.	8	1.00	0.21
2.5	PISO 2						
2.5.1	COLUMNAS						
2.5.1.1	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	1394.21	2P + 1 Alb	300	0.03	4.65
2.5.1.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS	M2	69.54	2P + 1 Alb	40	0.20	1.74
2.5.1.3	HORMIGÓN PREMEZCLADO FC=240 KG/CM2 INCLUYE BOMBA Y TRANSPORTE	M3	6.37	4P + 1 Alb.	8	1.00	0.80
2.5.2	LOSAS Y VIGAS						
2.5.2.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS Y VIGAS	M2	186.33	2P + 1 Alb	12	0.67	15.53
2.5.2.2	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	4528.61	2P + 1 Alb	300	0.03	15.10
2.5.2.3	HORMIGÓN PREMEZCLADO FC=240 KG/CM2 INCLUYE BOMBA Y TRANSPORTE	M3	32.48	4P + 1 Alb.	8	1.00	4.06
2.5.3	ESCALERAS						
2.5.3.1	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESCALERAS	M2	8.67	1P + 1 Alb	28	0.29	0.31
2.5.3.2	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	200.57	2P + 1 Alb	300	0.03	0.67
2.5.3.3	HORMIGÓN SIMPLE EN ESCALERAS	M3	1.65	4P + 1 Alb.	8	1.00	0.21
3	OBRAS DE ALBAÑILERIA						
3.1	PLANTA BAJA						
3.1.1	CONTRAPISO						
3.1.1.1	MASILLADO Y ALISADO DE PISO	M2	111.25	1P + 1 Alb	30.00	0.27	3.71
3.1.2	MAMPOSTERIA						
3.1.2.1	MAMPOSTERÍA DE BLOQUE LIVIANO E=15 CM	M2	323.38	1P + 1 Alb	13	0.62	24.88
3.1.2.2	ENLUCIDO VERTICAL CON MORTERO	M2	464.24	1P + 1 Alb	10	0.80	46.42
3.1.2.3	ESTUCO EN PARED DE MAMPOSTERIA	M2	464.24	1P + 1 Alb	16	0.50	29.02
3.1.3	PISOS						
3.1.3.1	MASILLADO Y ALISADO DE PISO	M2	157.3	1P + 1 Alb	30.00	0.27	5.24
3.2	PISO 1						
3.2.1	MAMPOSTERIA						
3.2.1.1	MAMPOSTERÍA DE BLOQUE LIVIANO E=15 CM	M2	342.65	1P + 1 Alb	13	0.62	26.36
3.2.1.2	ENLUCIDO VERTICAL CON MORTERO	M2	425.69	1P + 1 Alb	10	0.80	42.57
3.2.1.3	ESTUCO EN PARED DE MAMPOSTERIA	M2	425.69	1P + 1 Alb	16	0.50	26.61
3.2.2	PISOS						
3.2.2.1	MASILLADO Y ALISADO DE PISO	M2	158.3	1P + 1 Alb	30.00	0.27	5.28
3.3	PISO 2						
3.3.1	MAMPOSTERIA						
3.3.1.1	MAMPOSTERÍA DE BLOQUE LIVIANO E=15 CM	M2	343.21	1P + 1 Alb	13	0.62	26.40
3.3.1.2	ENLUCIDO VERTICAL CON MORTERO	M2	410.24	1P + 1 Alb	10	0.80	41.02
3.3.1.3	ESTUCO EN PARED DE MAMPOSTERIA	M2	410.24	1P + 1 Alb	16	0.50	25.64
3.3.2	PISOS						

3.3.2.1	MASILLADO Y ALISADO DE PISO	M2	158.3	IP + 1 Alb	30.00	0.27	5.28
3.4	TERRAZA						
3.4.1	MAMPOSTERIA						
3.4.1.1	MAMPOSTERÍA DE BLOQUE LIVIANO E=15 CM	M2	120.11	IP + 1 Alb	13	0.62	9.24
3.4.1.2	ENLUCIDO VERTICAL CON MORTERO	M2	120.11	IP + 1 Alb	10	0.80	12.01
3.4.1.3	ESTUCO EN PARED DE MAMPOSTERIA	M2	120.11	IP + 1 Alb	16	0.50	7.51
4	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS						
4.1	PLANTA BAJA						
4.1.1	SISTEMA DE AGUA FRIA Y DESAGUE						
4.1.1.1	TUBERÍA AGUA POTABLE 1/2 FRÍA	M	28.32	1Ay + 1 o. Esp	60	0.13	0.47
4.1.1.2	TUBERÍA AGUA POTABLE 3/4 FRÍA	M	1.12	1 Ay + 1 o. Esp	55	0.15	0.02
4.1.1.3	TUBERÍA AGUA POTABLE 1 FRÍA	M	1.96	1 Ay + 1 o. Esp	50	0.16	0.04
4.1.1.4	TUBERÍA AGUA POTABLE 1/2 CALIENTE	M	9.76	1Ay + 1 o. Esp	60	0.13	0.16
4.1.1.5	TUBERÍA PVC 50MM	M	35.06	1Ay + 1 o. Esp	60	0.13	0.58
4.1.1.6	TUBERÍA PVC 75MM	M	3.82	1Ay + 1 o. Esp	60	0.13	0.06
4.1.1.7	TUBERÍA PVC 110MM	M	58.62	1Ay + 1 o. Esp	60	0.13	0.98
4.1.2	PIEZAS SANITARIAS						
4.1.2.1	INODORO BLANCO LÍNEA ECONÓMICA	U	4	1 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	1.00
4.1.2.2	LAVAMANOS 1 LLAVE	U	4	1 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	1.00
4.1.2.3	DUCHA SENCILLA CROMADA COMPLETA INCLUIDA MEZCLADORA Y GRIFERÍA	U	2	1 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	0.50
4.1.2.4	LAVAPLATOS 1 POZO GRIFERÍA TIPO CUELLO DE GANSO	U	1	1 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	0.25
4.1.2.5	DESAGUES, SIFONES DE LAVAMANOS	pto	4	1 Ay + 1 o. Esp	8	1.00	0.50
4.1.2.6	DESAGUES, SIFONES DE LAVAPLATOS	pto	1	1 Ay + 1 o. Esp	8	1.00	0.13
4.1.2.7	DESAGUES, SIFONES DE LAVANDERIAS	pto	1	1 Ay + 1 o. Esp	8	1.00	0.13
4.2	PISO 1						
4.2.1	SISTEMA DE AGUA FRIA Y DESAGUE						
4.2.1.1	TUBERÍA AGUA POTABLE 1/2 FRÍA	M	42.47	1Ay + 1 o. Esp	60	0.13	0.71
4.2.1.2	TUBERÍA AGUA POTABLE 3/4 FRÍA	M	17.91	1 Ay + 1 o. Esp	55	0.15	0.33
4.2.1.3	TUBERÍA AGUA POTABLE 1 FRÍA	M	2.67	1 Ay + 1 o. Esp	50	0.16	0.05
4.2.1.4	TUBERÍA AGUA POTABLE 1/2 CALIENTE	M	8.8	1Ay + 1 o. Esp	60	0.13	0.15
4.2.1.5	TUBERÍA PVC 50MM	M	36.66	1Ay + 1 o. Esp	60	0.13	0.61
4.2.1.6	TUBERÍA PVC 110MM	M	9.66	1Ay + 1 o. Esp	60	0.13	0.16
4.2.2	PIEZAS SANITARIAS						
4.2.2.1	INODORO BLANCO LÍNEA ECONÓMICA	U	3	1 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	0.75
4.2.2.2	LAVAMANOS 1 LLAVE	U	3	1 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	0.75
4.2.2.3	DUCHA SENCILLA CROMADA COMPLETA INCLUIDA MEZCLADORA Y GRIFERÍA	U	3	1 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	0.75
4.2.2.4	LAVAPLATOS 1 POZO GRIFERÍA TIPO CUELLO DE GANSO	U	1	1 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	0.25
4.2.2.5	DESAGUES, SIFONES DE LAVAMANOS	pto	3	1 Ay + 1 o. Esp	8	1.00	0.38
4.2.2.6	DESAGUES, SIFONES DE LAVAPLATOS	pto	1	1 Ay + 1 o. Esp	8	1.00	0.13
4.2.2.7	DESAGUES, SIFONES DE LAVANDERIAS	pto	1	1 Ay + 1 o. Esp	8	1.00	0.13
4.3	PISO 2						
4.3.1	SISTEMA DE AGUA FRIA Y DESAGUE						
4.3.1.1	TUBERÍA AGUA POTABLE 1/2 FRÍA	M	44.89	1Ay + 1 o. Esp	60	0.13	0.75
4.3.1.2	TUBERÍA AGUA POTABLE 3/4 FRÍA	M	5.55	1 Ay + 1 o. Esp	55	0.15	0.10
4.3.1.3	TUBERIA 1" AGUA FRIA	M	2.35	1 Ay + 1 o. Esp	50	0.16	0.05
4.3.1.4	TUBERÍA AGUA POTABLE 1/2 CALIENTE	M	8.8	1Ay + 1 o. Esp	60	0.13	0.15

4.3.1.5	TUBERÍA PVC 50MM	M	25.49	1 Ay + 1 o. Esp	60	0.13	0.42
4.3.1.6	TUBERÍA PVC 110MM	M	20.27	1 Ay + 1 o. Esp	60	0.13	0.34
4.3.2	PIEZAS SANITARIAS						
4.3.2.1	INODORO BLANCO LÍNEA ECONÓMICA	U	3	1 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	0.75
4.3.2.2	LAVAMANOS 1 LLAVE	U	3	1 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	0.75
4.3.2.3	DUCHA SENCILLA CROMADA COMPLETA INCLUIDA MEZCLADORA Y GRIFERÍA	U	3	1 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	0.75
4.3.2.4	LAVAPLATOS 1 POZO GRIFERÍA TIPO CUELLO DE GANSO	U	1	1 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	0.25
4.3.2.5	DESAGUES, SIFONES DE LAVAMANOS	pto	3	1 Ay + 1 o. Esp	8	1.00	0.38
4.3.2.6	DESAGUES, SIFONES DE LAVAPLATOS	pto	1	1 Ay + 1 o. Esp	8	1.00	0.13
4.3.2.7	DESAGUES, SIFONES DE LAVANDERIAS	pto	1	1 Ay + 1 o. Esp	8	1.00	0.13
5	INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
5.1	PLANTA BAJA						
5.1.1	ILUMINACIÓN CABLE SOLIDO 12 CANALETA PLASTICA 20X12 INST.VISTA	pto	27	1 Ay + 1 o. Esp	7	1.14	3.86
5.1.2	TOMACORRIENTE DOBLE 210 T.CONDUIT EMT 1/2	pto	38	1 Ay + 1 o. Esp	11	0.73	3.45
5.1.3	INTERRUPTOR SIMPLE PROVISIÓN E INSTALACIÓN	pto	12	2 Ay + 1 o. Esp	11	0.73	1.09
5.1.4	PUNTO DE TELÉFONO PE SALIDA PARA VOZ, JACK SIMPLE, CONDUCTOR TELEFÓNICO 2P X 2X0.5 EKKX EN MANGUERA DE POLIETILENO DE 1/2	pto	2	3 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	0.50
5.1.5	PUNTO DE SALIDA ANTENAS DE TV	pto	2	2 Ay + 1 o. Esp	5	1.60	0.40
5.1.6	PUNTO DE LAVADORA PE SALIDA DE TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO PARA LAVADORA, 120V / 15A, CONDUCTOR THHN/CU 2X12X14 AWG EN MANGUERA DE POLIETILENO DE 1/2	pto	2	4 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	0.50
5.1.7	PUNTO DE PULSADOR DE TIMBRE PE SALIDA PARA PULSADOR DE TIMBRE, 120V, CONDUCTOR THHN/CU 2X22 AWG EN MANGUERA DE POLIETILENO DE 1/2	pto	2	2 Ay + 1 o. Esp	5	1.60	0.40
5.1.8	BREAKER 1P 20/63 AMPERIOS 120/240V	U	4	1 Ay + 1 o. Esp	16	0.50	0.25
5.2	PISO 1						
5.2.1	ILUMINACIÓN CABLE SOLIDO 12 CANALETA PLASTICA 20X12 INST.VISTA	pto	30	1 Ay + 1 o. Esp	7	1.14	4.29
5.2.2	TOMACORRIENTE DOBLE 210 T.CONDUIT EMT 1/2	pto	41	1 Ay + 1 o. Esp	11	0.73	3.73
5.2.3	INTERRUPTOR SIMPLE PROVISIÓN E INSTALACIÓN	pto	18	2 Ay + 1 o. Esp	11	0.73	1.64
5.2.4	PUNTO DE TELÉFONO PE SALIDA PARA VOZ, JACK SIMPLE, CONDUCTOR TELEFÓNICO 2P X 2X0.5 EKKX EN MANGUERA DE POLIETILENO DE 1/2	pto	3	3 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	0.75
5.2.5	PUNTO DE SALIDA ANTENAS DE TV	pto	3	2 Ay + 1 o. Esp	5	1.60	0.60
5.2.6	PUNTO DE LAVADORA PE SALIDA DE TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO PARA LAVADORA, 120V / 15A, CONDUCTOR THHN/CU 2X12X14 AWG EN MANGUERA DE POLIETILENO DE 1/2	pto	2	4 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	0.50
5.2.7	PUNTO DE PULSADOR DE TIMBRE PE SALIDA PARA PULSADOR DE TIMBRE, 120V, CONDUCTOR THHN/CU 2X22 AWG EN MANGUERA DE POLIETILENO DE 1/2	pto	2	2 Ay + 1 o. Esp	5	1.60	0.40
5.2.8	BREAKER 1P 20/63 AMPERIOS 120/240V	U	4	1 Ay + 1 o. Esp	16	0.50	0.25
5.3	PISO 2						
5.3.1	ILUMINACIÓN CABLE SOLIDO 12 CANALETA PLASTICA 20X12 INST.VISTA	pto	30	1 Ay + 1 o. Esp	7	1.14	4.29
5.3.2	TOMACORRIENTE DOBLE 210 T.CONDUIT EMT 1/2	pto	40	1 Ay + 1 o. Esp	11	0.73	3.64
5.3.3	INTERRUPTOR SIMPLE PROVISIÓN E INSTALACIÓN	pto	18	2 Ay + 1 o. Esp	11	0.73	1.64
5.3.4	PUNTO DE TELÉFONO PE SALIDA PARA VOZ, JACK SIMPLE, CONDUCTOR TELEFÓNICO 2P X 2X0.5 EKKX EN MANGUERA DE POLIETILENO DE 1/2	pto	3	3 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	0.75
5.3.5	PUNTO DE SALIDA ANTENAS DE TV	pto	3	2 Ay + 1 o. Esp	5	1.60	0.60

5.3.6	PUNTO DE LAVADORA PE SALIDA DE TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO PARA LAVADORA, 120V / 15A, CONDUCTOR THHN/CU 2X121X14 AWG EN MANGUERA DE POLIETILENO DE 1/2	pto	2	4 Ay + 1 o. Esp	4	2.00	0.50
5.3.7	PUNTO DE PULSADOR DE TIMBRE PE SALIDA PARA PULSADOR DE TIMBRE, 120V, CONDUCTOR THHN/CU 2X22 AWG EN MANGUERA DE POLIETILENO DE 1/2	pto	2	2 Ay + 1 o. Esp	5	1.60	0.40
5.3.8	BREAKER 1P 20/63 AMPERIOS 120/240V	U	4	1 Ay + 1 o. Esp	16	0.50	0.25
6	ACABADOS						
6.1	PLANTA BAJA						
6.1.1	PISOS/ RECUBRIMIENTOS						
6.1.1.1	COLOCACIÓN PORCELANATO EN PISOS	M2	78.22	1P + 1 Alb	12	0.67	6.52
6.1.1.2	COLOCACIÓN CERAMICA EN PISOS	M2	33.02	1P + 1 Alb	12	0.67	2.75
6.1.1.3	COLOCACIÓN DE BARREDERAS DE PORCELANATO	M	130.41	1P + 1 Alb	20	0.40	6.52
6.1.1.4	COLOCACIÓN PORCELANATO EN PAREDES	M2	42.53	1P + 1 Alb	10	0.80	4.25
6.1.1.5	PINTURA DE CAUCHO INTERIOR	M2	409.27	1P + 1 Alb	40	0.20	10.23
6.1.1.6	ACCESORIOS DE BAÑO	JG	4	1P + 1 Alb	4	2.00	1.00
6.1.1.7	CIELO RASO GYPSUM	M2	111.24	1P + 1 Alb	20	0.40	5.56
6.1.1.8	ENLUCIDOS EXTERIORES DE PAREDES EN FACHADAS	M2	28.05	1P + 1 Alb	9	0.89	3.12
6.1.1.9	ESTUCADO DE PAREDES EXTERIORES	M2	28.05	1P + 1 Alb	15	0.53	1.87
6.1.1.10	PINTURA PARA IMPERMEABILIZACION DE EXTERIORES	M2	28.05	1P + 1 Alb	35	0.23	0.80
6.1.2	CARPINTERIA HIERRO/MADERA						
6.1.2.1	PUERTA PANELADA DE 0,80*2,00 M INCLUYE INSTALACIÓN	U	14	1P + 1 Alb	4	2.00	3.50
6.1.2.2	COLOCACIÓN DE CERRADURAS	U	12	1P + 1 Alb	6	1.33	2.00
6.1.2.3	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE VENTANAS DE ALUMINIO	M2	1.68	2P + 1 Alb	2	4.00	0.84
6.1.2.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PASAMANOS METÁLICO	M	5.04	1P + 1 Alb	10	0.80	0.50
6.2	PISO 1						
6.2.1	PISOS/ RECUBRIMIENTOS						
6.2.1.1	COLOCACIÓN PORCELANATO EN PISOS	M2	115.8	1P + 1 Alb	12	0.67	9.65
6.2.1.2	COLOCACIÓN CERAMICA EN PISOS	M2	34.71	1P + 1 Alb	12	0.67	2.89
6.2.1.3	COLOCACIÓN DE BARREDERAS DE PORCELANATO	M	186.33	1P + 1 Alb	20	0.40	9.32
6.2.1.4	COLOCACIÓN PORCELANATO EN PAREDES	M2	70.75	1P + 1 Alb	10	0.80	7.08
6.2.1.5	PINTURA DE CAUCHO INTERIOR	M2	344.29	1P + 1 Alb	40	0.20	8.61
6.2.1.6	ACCESORIOS DE BAÑO	JG	3	1P + 1 Alb	4	2.00	0.75
6.2.1.7	CIELO RASO GYPSUM	M2	150.51	1P + 1 Alb	20	0.40	7.53
6.2.1.8	ENLUCIDOS EXTERIORES DE PAREDES EN FACHADAS	M2	43.5	1P + 1 Alb	9	0.89	4.83
6.2.1.9	ESTUCADO DE PAREDES TEXTURIZADO	M2	43.5	1P + 1 Alb	15	0.53	2.90
6.2.1.10	PINTURA PARA IMPERMEABILIZACION DE EXTERIORES	M2	43.5	1P + 1 Alb	35	0.23	1.24
6.2.2	CARPINTERIA HIERRO/MADERA						
6.2.2.1	PUERTA PANELADA DE 0,80*2,00 M INCLUYE INSTALACIÓN	U	13	1P + 1 Alb	4	2.00	3.25
6.2.2.2	COLOCACIÓN DE CERRADURAS	U	13	1P + 1 Alb	6	1.33	2.17
6.2.2.3	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE VENTANAS DE ALUMINIO	M2	2.88	2P + 1 Alb	2	4.00	1.44
6.2.2.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PASAMANOS METÁLICO	M	7.94	1P + 1 Alb	10	0.80	0.79
6.3	PISO 2						
6.3.1	PISOS/ RECUBRIMIENTOS						
6.3.1.1	COLOCACIÓN PORCELANATO EN PISOS	M2	116.35	1P + 1 Alb	12	0.67	9.70
6.3.1.2	COLOCACIÓN CERAMICA EN PISOS	M2	34.99	1P + 1 Alb	12	0.67	2.92

6.3.1.3	COLOCACIÓN DE BARREDERAS DE PORCELANATO	M	186.33	1P + 1 Alb	20	0.40	9.32
6.3.1.4	COLOCACIÓN PORCELANATO EN PAREDES	M2	70.75	1P + 1 Alb	10	0.80	7.08
6.3.1.5	PINTURA DE CAUCHO INTERIOR	M2	342	1P + 1 Alb	40	0.20	8.55
6.3.1.6	ACCESORIOS DE BAÑO	JG	3	1P + 1 Alb	4	2.00	0.75
6.3.1.7	CIELO RASO GYPSUM	M2	151.34	1P + 1 Alb	20	0.40	7.57
6.3.1.8	ENLUCIDOS EXTERIORES DE PAREDES EN FACHADAS	M2	42.22	1P + 1 Alb	9	0.89	4.69
6.3.1.9	ESTUCADO DE PAREDES TEXTURIZADO	M2	42.22	1P + 1 Alb	15	0.53	2.81
6.3.1.10	PINTURA PARA IMPERMEABILIZACION DE EXTERIORES	M2	42.22	1P + 1 Alb	35	0.23	1.21
6.3.2	CARPINTERIA HIERRO/MADERA						
6.3.2.1	PUERTA PANELADA DE 0,80*2,00 M INCLUYE INSTALACIÓN	U	14	1P + 1 Alb	4	2.00	3.50
6.3.2.2	COLOCACIÓN DE CERRADURAS	U	14	1P + 1 Alb	6	1.33	2.33
6.3.2.3	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE VENTANAS DE ALUMINIO	M2	2.88	2P + 1 Alb	2	4.00	1.44
6.3.2.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PASAMANOS METÁLICO	M	13.79	1P + 1 Alb	10	0.80	1.38

Anexo 2: Cronograma de obra del proyecto

