

**Interventoría para la planeación y ejecución de construcción de edificaciones con  
metodología BIM**

**Lina Marcela Herrera Burgos**

**Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Interventoría y Supervisión de  
Obras de Construcción**

**Director**

**Luis Carlos Tiria Sandoval**

**Magister en Gestión y Evaluación de Proyectos de Inversión**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**División de Ingenierías y Arquitectura**

**Especialización en Interventoría y Supervisión de Obras Civiles**

**2026**

## Contenido

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introducción .....                                                                                        | 11 |
| 1 Interventoría para la planeación y ejecución de construcción de edificaciones con metodología BIM ..... | 12 |
| 1.1 Planteamiento de problema.....                                                                        | 12 |
| 1.2 Justificación .....                                                                                   | 15 |
| 1.3 Objetivos.....                                                                                        | 18 |
| 1.3.1 Objetivo general.....                                                                               | 18 |
| 1.3.2 Objetivos específicos .....                                                                         | 18 |
| 2 Marco referencial.....                                                                                  | 19 |
| 2.1 Marco legal y normativo.....                                                                          | 21 |
| 3 Marco conceptual .....                                                                                  | 25 |
| 3.1 BOULDING INFORMATION MODELING (BIM).....                                                              | 25 |
| 3.1.1 MODELO DE INFORMACION .....                                                                         | 25 |
| 3.1.2 TRABAJO COLABORATIVO Y ENTORNO COMUN DE DATOS (CDE).....                                            | 26 |
| 3.1.3 Arquitectura del CDE según la Norma ISO 19650-1 .....                                               | 27 |
| 3.1.4 CICLO DE VIDA .....                                                                                 | 28 |
| 3.1.5 Fases Integradas del Ciclo de Vida en Metodología BIM .....                                         | 28 |
| 3.2 INTERVENTORIA DE EDIFICACIONES.....                                                                   | 31 |
| 3.2.1 Objetivos de la interventoria de edificaciones .....                                                | 31 |
| 3.2.2 Interventoria preventiva .....                                                                      | 32 |
| 3.3 PLAN DE EJECUCION BIM (PEB) .....                                                                     | 34 |
| 3.3.1 Contenido minimo del PEB .....                                                                      | 35 |

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTERVENTORÍA PARA LA PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE CONSTRUCCIÓN                           | 3  |
| 3.3.2 Participantes y responsabilidades en el PEB.....                                 | 36 |
| 3.3.3 Entregables BIM .....                                                            | 37 |
| 3.3.4 El PEB como Instrumento de Organización y Control para la Interventoría.....     | 37 |
| 3.4 ENTORNO COMUN DE DATOS (CDE) .....                                                 | 38 |
| 3.4.1 Centralizacion de información .....                                              | 38 |
| 3.4.2 Control documental.....                                                          | 39 |
| 3.4.3 Versionamiento y Prevención de Obsolescencia .....                               | 39 |
| 3.4.4 Trazabilidad e Historial Digital.....                                            | 39 |
| 3.4.5 El CDE como Herramienta Fundamental para la Labor del Interventor .....          | 40 |
| 3.5 NIVEL DE DESARROLLO (LOD).....                                                     | 41 |
| 3.5.1 Definicon de niveles.....                                                        | 41 |
| 3.5.2 Importancia del LOD para la Revisión de Modelos y Validación de Cantidades ..... | 43 |
| 3.6 USOS DEL BIM.....                                                                  | 44 |
| 3.6.1 Coordinacion 3D .....                                                            | 47 |
| 3.6.2 Deteccion de interferencias .....                                                | 49 |
| 3.6.3 BIM 4D .....                                                                     | 50 |
| 3.6.4 BIM 5D .....                                                                     | 53 |
| 3.7 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACION DEL BIM EN LA INTERVENTORIA                        | 56 |
| 3.7.1 Trabajo colaborativo e Integrated Project Delivery (IPD).....                    | 56 |
| 3.7.2 Mejora en la comunicación .....                                                  | 57 |
| 3.7.3 Reducción de errores y reprocesos.....                                           | 57 |
| 3.7.4 Mejor coordinación del proyecto .....                                            | 57 |
| 3.7.5 Optimización de tiempos y recursos .....                                         | 58 |

|                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| INTERVENTORÍA PARA LA PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE CONSTRUCCIÓN                                                                        | 4   |
| 3.7.6 Apoyo a la interventoría.....                                                                                                 | 58  |
| 3.8 APLICACIÓN DE BIM EN LA INTERVENTORÍA DE EDIFICACIONES.....                                                                     | 59  |
| 3.8.1 Gestion tecnica.....                                                                                                          | 59  |
| 3.8.2 Gestion administrativa .....                                                                                                  | 62  |
| 3.8.3 Gestion de costos .....                                                                                                       | 64  |
| 3.8.4 Gestion de riesgos .....                                                                                                      | 68  |
| 4 Metodología.....                                                                                                                  | 70  |
| 4.1 Fases metodológicas .....                                                                                                       | 71  |
| 4.1.1 Revisión bibliográfica y documental .....                                                                                     | 71  |
| 4.1.2 Análisis de casos de estudio.....                                                                                             | 72  |
| 4.1.3 Evaluación técnica mediante software especializado .....                                                                      | 75  |
| 4.1.4 Formulación del Plan de Ejecución BIM (PEB).....                                                                              | 76  |
| 5 Desarrollo de los objetivos .....                                                                                                 | 80  |
| 5.1 Análisis de falencias en los cálculos de cantidades de obra y su impacto en la exactitud del presupuesto y la programación..... | 80  |
| 5.1.1 Principales falencias en la cuantificación de obra .....                                                                      | 80  |
| 5.1.2 Falencias en la Cuantificación de Obra vs Soluciones que Ofrece la Metodología BIM                                            | 90  |
| 5.2 Identificación de Interferencias en los Diseños para la Prevención de Sobrecostos y Atrasos.....                                | 106 |
| 5.2.1 Importancia de la coordinacion de especialiades .....                                                                         | 107 |
| 5.2.2 Como identificar interferencias como BIM SERVER y demás softwares colaborativos.....                                          | 109 |

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| INTERVENTORÍA PARA LA PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE CONSTRUCCIÓN                          | 5   |
| 5.2.3 Papel de la interventoria frente a una interferencia.....                       | 119 |
| 5.3 Lineamientos para la implenetacion de la metodologia BIM en la interventoria..... | 121 |
| 5.3.1 Diagnóstico como punto de partida para la implementación BIM .....              | 121 |
| 5.3.2 Construcción de los lineamientos BIM a partir del diagnóstico .....             | 121 |
| 6 Conclusiones.....                                                                   | 133 |
| Referencias.....                                                                      | 135 |

**Lista de tablas**

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 1.</b> <i>Normas elaboradas por el comité ISO/TC 59/SC 13</i> .....                         | 23  |
| <b>Tabla 2.</b> La adopción de la metodología BIM .....                                              | 33  |
| <b>Tabla 3.</b> Tipo de interferencias en la metodología BIM .....                                   | 50  |
| Tabla 4. Casos de estudio analizados.....                                                            | 73  |
| Tabla 5. Evaluacion de las herramientas BIM .....                                                    | 74  |
| <b>Tabla 6.</b> Principales problemas de la interpretacion incorrecta de planos. ....                | 81  |
| <b>Tabla 7.</b> Tabla principales problemas en el uso de unidades y metodos de medicion.....         | 83  |
| <b>Tabla 8.</b> Tabla principales problemas por falta de desglose tecnico.....                       | 84  |
| <b>Tabla 9.</b> Tabla principales problemas en los errores de calculo .....                          | 86  |
| <b>Tabla 10.</b> Tabla principales problemas por falta de coordinacion de especialidades. ....       | 87  |
| <b>Tabla 11.</b> Tabla principales problemas en la ausencia de revision tecnica.....                 | 89  |
| <b>Tabla 12.</b> <i>Solución BIM para disminuir las falencias en la cuantificación de obra</i> ..... | 91  |
| <b>Tabla 13.</b> Lineamientos para la formulacion del PEB .....                                      | 132 |

**Lista de figuras**

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 1.</b> Opcion de medicion automatica en arquimedes.....                                  | 95  |
| <b>Figura 2.</b> Opcion de comparacion de mediciones previstas vs ejecutadas .....                 | 97  |
| <b>Figura 3.</b> Grafico plan de pago parcial vs acumulado .....                                   | 98  |
| <b>Figura 4.</b> Opcion de agregar costos no previstos en el presupuesto .....                     | 99  |
| <b>Figura 5.</b> Opcion de descomposicion de actividades ejecutadas con los pagos.....             | 100 |
| <b>Figura 6.</b> Opcion de descomposicion de actividades ejecutadas con los pagos .....            | 101 |
| <b>Figura 7.</b> Generador de pecios en constante actualizacion. ....                              | 103 |
| <b>Figura 8</b> <i>Diagrama de Gantt de tiempo actividades</i> .....                               | 104 |
| <b>Figura 9.</b> <i>Plataforma BIM SERVER CENTER</i> .....                                         | 109 |
| <b>Figura 10.</b> <i>programas actualizados</i> .....                                              | 110 |
| <b>Figura 11.</b> <i>Opción de detectar problemas</i> .....                                        | 111 |
| <b>Figura 12.</b> <i>Generar conflictos a partir de una combinación de archivos</i> .....          | 113 |
| <b>Figura 13.</b> <i>Categoría de manejo de conflictos</i> .....                                   | 113 |
| <b>Figura 14.</b> Una tubería atraviesa una viga estructural .....                                 | 116 |
| <b>Figura 15.</b> Tubería atraviesa una viga metálica .....                                        | 116 |
| <b>Figura 16.</b> Tubería atraviesa viga .....                                                     | 117 |
| <b>Figura 17.</b> <i>La ubicación de un muro obstaculiza el paso de una escalera o rampa</i> ..... | 118 |
| <b>Figura 18.</b> Lineamientos propuestos para el PEB.....                                         | 123 |

**Lista de apendice**

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Apéndice A.</b> <i>Plan de ejecución de proyecto BIM</i> ..... | 137 |
|-------------------------------------------------------------------|-----|

### **Resumen**

Esta monografía se centra en las principales deficiencias que surgen en los procesos de cálculo de cantidades de obra y en la coordinación de disciplinas en proyectos de construcción. Estas falencias pueden tener un impacto negativo tanto en el presupuesto como en los plazos de ejecución. Con un enfoque metodológico descriptivo y aplicado, se lleva a cabo un análisis técnico y documental de modelos BIM, con el objetivo de identificar errores comunes en la cuantificación de obra y detectar interferencias entre los diseños arquitectónicos, estructurales y de instalaciones.

El estudio sugiere la creación de un Plan de Ejecución BIM (PEB) como una estrategia para mejorar la planificación, programación y control de sobrecostos en proyectos de construcción. Este plan establece directrices claras para el trabajo colaborativo, protocolos de revisión de calidad, el uso de herramientas digitales y la definición de roles dentro del entorno BIM. La implementación del PEB se plantea como una solución viable para optimizar la coordinación entre disciplinas, reducir errores y garantizar una ejecución más eficiente, precisa y controlada del proyecto.

*Palabras clave:* BIM, plan de ejecución, costos, presupuestos, interferencias

**Abstract**

This monograph focuses on the main deficiencies that arise in the processes of calculating quantities of work and coordinating disciplines in construction projects. These shortcomings can have a negative impact on both the budget and the execution deadlines. Using a descriptive and applied methodological approach, a technical and documentary analysis of BIM models is carried out, with the aim of identifying common errors in the quantification of work and detecting interferences between architectural, structural, and installation designs.

The study suggests the creation of a BIM Execution Plan (BEP) as a strategy to improve planning, scheduling, and cost overrun control in construction projects. This plan establishes clear guidelines for collaborative work, quality review protocols, the use of digital tools, and the definition of roles within the BIM environment. The implementation of the BEP is proposed as a viable solution to optimize coordination between disciplines, reduce errors, and ensure more efficient, accurate, and controlled project execution.

*Keywords:* BIM, execution plan, costs, budgets, interferences

## **Introducción**

En los proyectos de construcción, la precisión en el cálculo de cantidades de obra, así como la correcta coordinación entre disciplinas, representan factores clave para garantizar el cumplimiento de los plazos, el control del presupuesto y la eficiencia general del proceso constructivo. Sin embargo, en la práctica profesional, es frecuente encontrar falencias en la estimación de cantidades y errores de diseño que derivan en interferencias durante la ejecución, generando sobrecostos, reprocesos y retrasos significativos en el cronograma.

Estas situaciones ponen de manifiesto la necesidad de adoptar herramientas y metodologías que faciliten una planificación más rigurosa y colaborativa. En este sentido, la implementación de la metodología BIM (Modelado de Información de Construcción) se presenta como una estrategia efectiva para mejorar de manera integral los procesos constructivos, ya que permite la integración de modelos tridimensionales con programación de obra (4D) y control de costos (5D). Además, el uso de plataformas digitales como CYPE y entornos colaborativos como BIMserver.center brinda la oportunidad de identificar interferencias desde la fase de diseño y establecer protocolos claros de trabajo coordinado mediante la elaboración de un Plan de Ejecución BIM (PEB).

El objetivo de esta monografía es identificar las deficiencias en los cálculos de cantidades de obra, detectar las interferencias en los diseños y desarrollar un PEB que mejore la planificación, programación y control de costos en proyectos de construcción. Para ello, se utilizará una metodología descriptiva-aplicada, basada en el análisis de modelos BIM y la revisión de documentación técnica y normativa, que permita proponer directrices prácticas aplicables a entornos reales de construcción.

## **1 Interventoría para la planeación y ejecución de construcción de edificaciones con metodología BIM**

### **1.1 Planteamiento de problema**

En el ámbito de la construcción existen muchas contradicciones o problemas a la hora de desarrollar proyectos de forma tradicional. Estos ocurren a lo largo de todo el proceso, desde la fase de diseño hasta la fase operativa, y pueden detectarse mediante la integración total y la revisión en tiempo real de toda la información útil del proyecto. Sin embargo, la identificación de estas problemáticas no se lleva a cabo por la falta de conocimiento e implementación de tecnologías relacionadas con esto (Sánchez y Calderón, 2021).

Uno de los riesgos que enfrentan los proyectos de construcción son los cambios en la fase de ejecución, que pueden generar sobrecostos, todo por la desinformación y poca implementación de nuevas herramientas que puedan mitigar estas fallas recurrentes. En Colombia, las estadísticas sugieren que los proyectos de construcción experimentan retrasos de aproximadamente el 50% con un 70% de los proyectos afectados en sus plazos de entrega (Pérez, et al, 2024).

Como menciona Camacol (2020) las actividades de construcción se encuentran altamente fragmentadas y aún existe un rezago en su adopción y gestión debido a la falta de recursos humanos con conocimientos específicos que sean responsables del desarrollo, implementación y uso de esta herramienta. De acuerdo al Informe de competitividad (2022-2023) del Consejo Privado de Competitividad, donde expone que el uso de las tecnologías avanzadas en Colombia es bajo, destacando que la implementación de esas tecnologías es del 31.2%.

Pese a que el uso de la metodología BIM contribuye a la productividad, el arquitecto Ricardo Mejía (2017), destacó que su implementación en proyectos se vería desafiada por miedo

a cambio e indiferencia, una barrera que se ha buscado superar a través del aumento de los conocimientos sobre esta tecnología, que actualmente potencializa al sector de la construcción. Acorde con el artículo publicado por Camacol (2020), se presentaron los resultados de la encuesta BIM Latam (2020) que permitió construir una visión del estado BIM en la región, la cual reveló que el 76% de las empresas del sector que construyen edificaciones están digitalizadas, mientras que las compañías que se dedican a obras de infraestructura e industriales, solo el 24% se han digitalizado.

Dicho esto, el porcentaje de la implementación BIM en el sector de las obras de infraestructura es bajo, para lo cual, según Camacol (2020), se espera que para el 2026 se implemente en un 100% en los proyectos de construcción pública.

Son bastantes las fortalezas que trae implementar BIM en los proyectos de una construcción, en Colombia aún se desarrollan proyectos de forma tradicional, una forma de gestión que ha traído consigo poca coordinación entre las diferentes disciplinas que intervienen en ellos generando situaciones que obstaculizan el correcto desarrollo de la obra, como lo indica Barreto (2020) en su informe donde realizó una encuesta con una muestra de 48 interventores de proyectos, concluyendo que el 76% de los encuestados coinciden en que la falta de coordinación entre los diseños que componen un proyecto son unas de las situaciones que dificultan más el proceso de interventoría, lo cual genera sobrecostos y prolongaciones en las entregas de actividades (Barreto, 2020).

En Colombia, las obras civiles generan un gran impacto social y económico representando un factor importante en la determinación del presupuesto para las mejoras en el casco urbano y rural del país, a partir de esto es importante reconocer el tiempo de ejecución, las afectaciones al entorno urbanístico y los posibles efectos de atraso o mal ejecución de los trabajos pueden generar

en aspectos como contaminación ambiental, ruido, demanda de seguridad y pérdida de recursos económicos.

Existen aspectos dentro de la ejecución del proyecto que no se pueden controlar, pero también existen otros de vital importancia que de alguna manera se pueden diagnosticar con tiempo y que al hacerlo dan soluciones anticipadas y garantizan la continuidad de las obras. Dependiendo de la complejidad del proyecto, la visualización de los elementos a edificar mediante planos en dos dimensiones hace más difícil la tarea de identificar posibles interferencias entre elementos, donde la mayoría de las veces estas situaciones se solucionan por las destrezas adquiridas por los profesionales, muchas veces las inconsistencias solo pueden ser observadas posterior al avance de la obra.

En las obras civiles y construcciones que se llevan a cabo en el país, en particular en obras públicas, se ejecutan unos procesos de interventoría, los cuales buscan armonizar las relaciones entre contratante y contratista y asimismo asegurar la calidad de la obra, el cumplimiento del cronograma, la gestión integral de los procesos y la administración de los recursos necesarios para la terminación de la obra. La interventoría no es solo un tema de cumplimiento de requisitos para una licitación o de una norma, debe ir más allá y los constructores deberán entender que un proceso de interventoría es un componente de aseguramiento de la calidad de cualquier proyecto de construcción, el cual al tener falencias o no ser empleado genera los problemas adyacentes de las obras civiles y de construcciones como las demoliciones por dificultades estructurales, los sobre costos, las fatalidades, los accidentes de obra, los incumplimientos, etc. (Muñoz y Martínez, 2019).

De acuerdo con cifras de McKinsey (2022), consultora estratégica global que se focaliza en resolver problemas sobre administración estratégica, un proyecto de construcción indica que el

98% de los proyectos tienen sobrecostos del 20%, cifra que también fue confirmada por el presidente de la constructora AIA (2022), al momento de entregar un proyecto de vivienda construido es habitual conseguir un sobrecosto que en algunos casos superan el 10%. También comentó la falta de planeación desde la etapa inicial de un proyecto incide en retrasos en llegada de materiales, sobrecostos en la contratación por demoras cambios de precios, entre otros.

## 1.2 Justificación

En las últimas décadas, la metodología Boulding Information Modeling (BIM) es mencionada constantemente en multitud de publicaciones relacionadas con la construcción. BIM es una nueva y eficaz solución para los problemas y desafíos que afronta el sector desde su concepción: pérdida de productividad, escasez de la mano de obra, retrasos de materiales, sobrecostos, entre otros (Thinkprojecky, s.f).

BIM se utiliza para crear y administrar toda la información respectiva al proceso de diseño, construcción y operaciones de obra. Estos datos se usan mediante algoritmos para generar representaciones digitales detalladas en las que todos los equipos involucrados pueden colaborar en tiempo real (Thinkprojecky, s.f). La visión del proyecto se observa desde una perspectiva más amplia que promueve una mejor toma de decisiones permitiendo resolver correctamente opciones más sostenibles, ahorrar en los costes o detectar posibles incumplimientos legales y al crear una representación digital precisa del proyecto, la metodología BIM ha optimizado la planificación y ha permitido a los planificadores anticiparse y abordar posibles situaciones críticas de forma eficaz durante la construcción (Pérez, et al., 2024).

Esta metodología permite crear una obra virtual que representa finalmente la obra que se va a llevar a cabo antes de su construcción con el fin de reducir incertidumbre, aumentar la

seguridad y resolver problemas con los grupos involucrados. Permiten que todos los subcontratistas puedan introducir información crítica y previsiones que podrían impactar el diseño global de las posibles formas de reducir costos y retrasos. Gracias al software de gestión de proyectos de BIM, todos los ámbitos de trabajo pueden definirse y aislarse para enfocarse en la resolución de cada desafío sin entorpecer o bloquear el proceso de otras áreas (Rivas y Rada, 2020). En este proceso, la metodología soporta el desarrollo de los diferentes componentes del proyecto, permite una adecuada interoperabilidad entre sistemas específicos relacionados con diversos tipos de análisis o simulación, facilita las tareas de presupuestación, construcción, mantenimiento y gestión, y también controla el procedimiento para una posible demolición (Lidelöw, et al.,2023). Esto es especialmente determinante en las obras modernas. BIM también previene los errores al permitir la detección de conflictos, ya que el modelo informativo señala visualmente las partes del edificio que pueden cruzarse erróneamente (BIM&CO news. 2023). Tras la elaboración de todos los componentes del diseño del edificio, las herramientas BIM más utilizadas acceden fácilmente a la base de datos del modelo, permitiendo su aplicación en la ejecución de diversos tipos de tareas comúnmente trabajadas sobre la documentación del proyecto, tales como representación gráfica, cuantificación de materiales, presupuestación o planificación de la construcción (Lidelöw, et al.,2023).

Las investigaciones realizadas a esta metodología han arrojado resultados positivos ya que aseguran que aumenta el trabajo de obra un 20%, disminución de plazos de entrega hasta un 50% y disminución de sobrecostos mayor al 30%, además genera sinergia y coordinación en toda la rama constructiva, adicionando beneficios de trazabilidad, calidad y transparencia. (Morales, et al, 2019). Los proyectos de construcción generalmente se encuentran sujetos a errores, incongruencias e incompatibilidades que inician en las fases de diseño y posteriormente se materializan en la

ineficiencia de procesos constructivos, retrasos, reprocesos, aumento de costos de proyecto y disminución de la calidad (Mojica y Valencia, 2016). Y las herramientas tecnológicas avanzadas disponibles permiten a los agentes implicados en el proyecto colaborar utilizando la misma plataforma de trabajo, lo que conlleva la reducción de errores y conflictos, con el consiguiente ahorro de costes (Lidelöw, et al., 2023).

Para que los beneficios de BIM sean percibidos en el desarrollo del proyecto es necesario que se implemente durante todo el ciclo de vida del mismo, y es aquí donde la interventoría toma lugar, ya que los interventores son los llamados a velar por el beneficio y los intereses del proyecto. El interventor tiene una labor constante que es trasnversal en todas las fases y ciclos, es aquí cuando los proyectos BIM deben contar con un repositorio único de información de fácil accesibilidad y acompañado de protocolos de comunicación que indiquen la manera de como la información circula dentro de un flujo de trabajo colaborativo donde el interventor pueda monitorear y reconocer la información en tiempo real, esto garantiza transparencia y orden (Barreto 2020).

Contar con sistemas de información BIM permite al interventor ser consciente de los imprevistos que retrasan los tiempos de ejecución, esto dará pautas para mejorar y recopilar lecciones aprendidas en cada desarrollo del proyecto. Cuando la interventoría hace parte del flujo de trabajo colaborativo BIM se convierte en una pieza clave para el éxito del proyecto, ya que muchas veces los costos y reprocesos que se generan por la no aceptación del proyecto por parte de la interventoría pueden ser mayor que una cantidad considerable de colisiones identificadas en obra, además de promover la garantía de un entregable con un alto nivel de calidad (Martínez y Muñoz, 2019).

BIM ha revolucionado la forma en que se gestiona y ejecuta la construcción. Una encuesta realizada por Becerik-Gerber y Rice destacó hallazgos claves, el 41% de los encuestados presencié

aumento general en la rentabilidad del proyecto. Mientras que el 55% informó que el BIM ayudó a reducir los costos. Asimismo, se reportó una reducción del 50% en la duración total del proyecto (BIM&CO news. 2023).

La implantación de la metodología Building Information Modeling (BIM) ha aumentado la eficiencia en el sector de la construcción (Sacks, et al., 2018). El informe NBS BIM de 2016 (BIM report, 2016), publicado por el Instituto de Ingeniería Civil del Reino Unido (ICE), aclara que un modelo BIM no es solo una versión geométrica mejorada de un modelo CAD, sino que también está asociado a la mejora de la gestión de la información. Este concepto es importante, ya que apoya todo el ciclo de vida de un edificio, la integración de toda la información creada a lo largo del desarrollo de múltiples proyectos. El uso de plataformas BIM también agiliza la comunicación entre los profesionales y los servicios de entrega (Sampaio, et al., 2023).

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 *Objetivo general***

Analizar la implementación de la metodología BIM en la interventoría de proyectos de construcción, identificando los lineamientos, herramientas y buenas prácticas que contribuyan a optimizar la planificación, la coordinación interdisciplinaria, el control de costos, la gestión de riesgos y el seguimiento de la ejecución de la obra.

#### **1.3.2 *Objetivos específicos***

Determinar las falencias que se encuentran en la realización en los cálculos de cantidades de obra para el mejoramiento de los procesos que generen exactitud en la elaboración del presupuesto y programación.

Identificar en los diseños las interferencias que se presentan en el proceso constructivo para la prevención de sobrecostos y aumento de tiempo en el cronograma.

Definir los lineamientos de la metodología BIM aplicables a la interventoria, mediante la definicion de procesos de coordinacion, gestion de la informacion y control del proyecto para la optimización y seguimiento de la obra.

## **2 Marco referencial**

La aplicación de BIM en proyectos de construcción ha incrementado rápidamente en los últimos años. Sin embargo, la aplicación de esta metodología y tecnología a proyectos de infraestructuras ha sido limitada debido a sus características específicas y sus diferencias inherentes con los proyectos de construcción de edificaciones (Dave, et al., 2013).

En el mundo se han identificado diversos esfuerzos a la hora de implementar nuevas metodologías y tecnologías BIM a proyectos de infraestructura (Bolpagni, 2013). Dentro de los países destacados se encuentra Estados Unidos, el Reino Unido y en Latinoamérica Chile (Singh, 2017).

En primer lugar, Estados Unidos desde el 2033 a través de la entidad US General Services Administrative estableció políticas de adopción BIM por medio del programa nacional 3D-4D-BIM para todos los proyectos de construcción del sector público de dicho país (Singh, 2017). Hoy en día, el 17% de las firmas de construcción de este país utiliza BIM, la rápida adopción de esta tecnología por parte de las empresas se atribuye en parte a los beneficios que brinda sobre todo en materia de reducción de costos y el retorno positivo de la inversión (Fountain, 2016).

Por otro lado, en el Reino Unido se publicó en el 2011 el documento “Goverment Contruction Strategy” en el cual enfatiza un plan económico a largo plazo que promueve el desarrollo de la infraestructura; a través del trabajo colaborativo en la industria de la construcción

y el uso de las tecnologías de la información que soporten el diseño, construcción, operación y mantenimiento de sus bienes. (PAS 1192-2,2013). El objetivo de este plan es que todos los proyectos públicos desde el 2021 sean fundamentados bajo el trabajo colaborativo utilizando la tecnología BIM, buscando reducir los costos de construcción en un 20% y acelerar el proceso de adopción de BIM en el país (PAS 1192.3,2014).

En el caso de Latinoamérica, Chile desde el 2012 efectuó ciertas licitaciones públicas incorporando como exigencia el uso de BIM (Construcción latinoamericana,2017). Al mismo tiempo para el 2020 el estado contemplará la implementación y uso obligatorio de BIM en las licitaciones públicas, con el propósito de impulsar la productividad y las modernizaciones. Sin embargo, la implementación de esta metodología y tecnología ha experimentado restricciones en su difusión debido a la falta de capacitación y el desconocimiento de sus beneficios (construcción latinoamericana, 2017).

En el contexto colombiano la implementación de la metodología BIM en el sector público inicio en el 2020 en donde las organizaciones nacionales debieron desarrollar estrategia de transformación organizativa alineada con el plan de transformación naciones en la que se establecieron los criterios para la implementación y practica y la generación de demanda pública. (ACIS, 2022).

Según el gobierno nacional, en el 2024 el requerimiento de uso BIM debe estar entre el 60% y 75% de los proyectos de construcción públicos, y para el 2025 entre el 85% y 100%; y para el 2026 será obligatorio en su totalidad (ACIS, 2022).

## 2.1 Marco legal y normativo

En la actualidad, no hay ninguna norma jurídica que regule la aplicación de la metodología BIM en el sector de la construcción, ni en lo que respecta a la interventoría específica. Aunque la interventoría de proyectos y obras ha sido parte fundamental de la construcción en el país durante más de 60 años, su mención en las leyes colombianas es bastante limitada. Existen leyes que abordan aspectos como los deberes contractuales del interventor, el tipo de profesional que puede llevar a cabo esta labor y su idoneidad, pero no se especifican las funciones que debe cumplir el interventor, sus responsabilidades, el alcance de la interventoría, ni los beneficios y derechos que esta conlleva. Además, solo se menciona la obligatoriedad de la interventoría en el sector público, dejando a los actores privados la decisión de aplicarla o no en sus proyectos. En el ámbito de la contratación estatal, hay diversas leyes y decretos que regulan el ejercicio de la interventoría y/o supervisión de los proyectos de construcción, los cuales se originan en el numeral 1 del artículo 14 de la ley 80 de 1993.

Dicho lo anterior, se deben tener en cuenta la definición del Párrafo 2 del Artículo 83 de la Ley 1474 de 2011, en el cual se define a la supervisión de un contrato como “el seguimiento técnico, administrativo, financiero, contable y jurídico que sobre el cumplimiento del objeto del contrato”, es ejercido por la misma entidad estatal cuando no se requieren conocimientos especializados, y la interventoría según el Párrafo 3, Artículo 84 de la Ley 1474 de 2011 se define como “el seguimiento técnico que sobre el cumplimiento del contrato realce una persona natural o jurídica contratada para tal fin por la entidad estatal, cuando el seguimiento del contrato suponga conocimiento especializado en la materia, o cuando la complejidad o la extensión del mismo lo justifiquen”.

Así mismo se debe contar con un interventor en todos los contratos de obra cuando el proceso de contratación realizado por licitación pública según lo establece el Numeral 1 del Artículo 32 de la Ley 80 de 1993. Sin embargo, si se utiliza una modalidad diferente a la licitación pública, la entidad estatal será autónoma en cuando a la imposición de contar o no con una interventoría. Adicional a esto, la Ley 1882 del 15 de enero de 2018 en el cual se adicionan, modifican y se dictan disposiciones orientadas para fortalecer la contratación pública en Colombia, con la finalidad de contrarrestar los graves casos de corrupción que se ven en el país. En el artículo 2 de la presente ley se modifican los artículos 53 de la ley 89 de 1993 y el artículo 82 de la ley 1474 de 2011, donde se establece la responsabilidad de los interventores por el cumplimiento e incumplimiento u omisiones imputables y que causen daño a las entidades contratantes, incluso dentro de la etapa de liquidación del contrato. (Ley 1882, 2018).

Para la parte de las actividades de supervisión y/o interventoría en el sector privado se rige adicional a la normativa de las contrataciones públicas la ley 1796 de 2016, por la cual se establecen medidas enfocadas a la protección del comprador de vivienda, el incremento de la seguridad de las edificaciones y el fortalecimiento de la función pública que ejercen los curadores urbanos, se asignan funciones a la superintendencia de notariado y registro y se dictan otras disposiciones , en el cual se modifica el artículo 14 de la Ley 400 de 1997, donde dice que según el tamaño de la edificación establece la revisión de los diseños estructurales y la responsabilidad de esta labor, adicionalmente establece que una edificación con más de 2000m<sup>2</sup> requiere obligatoriamente una supervisión técnica independiente del constructor (Ley 1797, 2016).

Por otro lado, tenemos el comité ISO/TC 59/SC 13 para como normativa y estandarización para la organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil,

incluido el modelado de la información de edificios (BIM) se encarga de la elaboración de normas para la estandarización de procesos de metodología BIM.

**Tabla 1.** Normas elaboradas por el comité ISO/TC 59/SC 13

| <i>Norma</i>        | <i>Información contenida</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ISO 12006-3 2007    | Especifica un modelo de información independiente del idioma que se puede utilizar para el desarrollo de diccionarios utilizados para almacenar o proporcionar información sobre obras de construcción. Permite hacer referencia a sistemas de clasificación, modelos de información, modelos de objetos y modelos de procesos desde un marco común.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ISO 22263 2008      | Especifica un marco para la organización de información de proyectos (relacionados con procesos y productos) de obras de construcción. Su propósito es facilitar el control, intercambio, la recuperación y el uso de información relevante sobre el proyecto y la entidad constructora. Está destinado a todos los agentes de la organización del proyecto en la gestión del proceso de construcción en su conjunto y en la coordinación de sus subprocesos y actividades.                                                                                                                                                                          |
| ISO/TS 12911 - 2012 | Establece un marco para proporcionar especificaciones para la puesta en marcha del modelado de información BIM. Es aplicables a cualquier gama de modelos de edificios e instalaciones relacionadas, desde una cartera de activos en un solo sitio o en múltiples sitios, hasta activos en un solo edificio pequeño y en cualquier sistema. Los procesos BIM son aplicables en todo el ciclo de vida de una cartera, instalación o componente que puede abarcar desde el inicio hasta el final del uso.                                                                                                                                              |
| ISO 29481 -2 – 2012 | Especifica una metodología y un formato para describir los actos de coordinación entre los actores en un proyecto de construcción durante todas las etapas del ciclo de vida. Especifica una metodología que describe un marco de interacción, una forma apropiada de interacción para garantizar el flujo adecuado de la información. Además de facilitar la interoperabilidad entre las aplicaciones de software utilizadas en el proceso de construcción, promover la colaboración digital entre los responsables en el proceso de construcción y proporcionar una base para un intercambio de información preciso, confiables y de alta calidad. |
| ISO 16354-2013      | La norma tiene dos objetivos principales: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Distinguir categorías de bibliotecas de conocimientos y sentar las bases para estructuras y contenido uniforme de dichas bibliotecas de conocimientos para la comunidad en su uso.</li> <li>- Clasificar las bibliotecas de conocimiento y las bibliotecas de objetos y proporcionar recomendaciones para la creación de dichas bibliotecas. Las bibliotecas sepan que con esta norma pueden vincularse o integrarse más fácilmente con otras bibliotecas.</li> </ul>                                                                                             |
| ISO 12006-2 -2015   | Define un marco para el desarrollo de sistemas de clasificación de entornos construidos. Identifica un conjunto de títulos de tabla de clasificación recomendados para un rango de clases de objetos de información de acuerdo con vistas particulares. La norma aplica al                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

| <i>Norma</i>       | <i>Información contenida</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | ciclo de vida completo de los trabajos de construcción, que incluyen información, diseño, documentación, construcción, operación y mantenimiento y demolición.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| ISO 16757-1 – 2015 | El propósito principal de la norma es la provisión de estructura de datos catalogados de productos electrónicos en la construcción de modelos de aplicaciones de software de servicios. Esto incluye un metamodelo para las especificaciones clases de productos y sus propiedades y un metamodelo para los datos del producto que se intercambian en los catálogos.                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ISO 1675-2 -2016   | Describe el modelado de la geometría del producto de servicios de construcción. Los productos de servicios de construcción pueden tener millones de dimensiones diferentes. Para evitar el intercambio de millones de geometrías, se introduce un modelo paramétrico que permite la derivación de geometrías específicas de variantes del modelo genérico.                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| ISO 29481-1-2016   | Está destinado a facilitar la interoperabilidad entre las aplicaciones de software durante todas las etapas del ciclo de vida de las obras de construcción, incluidas las instrucciones, el diseño, la documentación, la operación y mantenimiento y demolición. Promueve la colaboración digital entre los responsables del proceso de construcción y proporciona una base para el intercambio de información.                                                                                                                                                                                                                                      |
| ISO 16739-1-2018   | Industry Foundation Classes (IFC) para compartir datos en las industrias de construcción y gestión de instalaciones: esquema de datos.<br>Las IFC son un estándar internacional abierto para los datos del modelo de información BIM que se intercambian y comparten entre las aplicaciones de software utilizadas en el sector de la construcción.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| ISO 19650-1 2018   | Esta organización y digitalización de información de edificios y obras de ingeniería civil, incluido el modelado de información de edificios BIM. Gestión de la información mediante el modelado de datos de edificación: conceptos y principios.<br>Este documento describe los conceptos y principios para la gestión de la información en una etapa de madurez descrita como “modelado de información de construcción BIM de acuerdo con la serie ISO 19650”<br>Este documento proporciona recomendaciones para administrar la información, incluido el intercambio, la grabación, el control de versiones y la organización de los responsables. |
| ISO 19650-2-2018   | Organización y digitalización de información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluido el modelado de información BIM. Gestión de la información mediante el modelado de edificio: fase de entrega.<br>Este documento especifica los requisitos para la gestión de la información, en forma de un proceso de gestión, en el contexto de la fase de entrega de los proyectos y los intercambios de información dentro de esta.                                                                                                                                                                                                            |

Adaptada a la información de International organization for standardization, (2019).

### 3 Marco conceptual

#### 3.1 BOULDING INFORMATION MODELING (BIM)

De acuerdo con la norma ISO 19650-1, el Building Information Modeling (BIM) se define formalmente como el "uso de una representación digital compartida de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación para proporcionar una base confiable para las decisiones". Asimismo, entidades referentes como buildingSMART lo conciben como una metodología de trabajo colaborativo basada en la creación y gestión centralizada de datos digitales, mientras que el BIM Forum Colombia enfatiza su adopción como una estrategia de transformación digital y eficiencia para el sector de la edificación y la infraestructura en el país.

BIM no constituye un elemento aislado, sino la articulación equilibrada de tres pilares operativos:

**Personas:** Comprende los roles, responsabilidades y competencias del talento humano (BIM Manager, Coordinador BIM, Modeladores, Interventoría y Supervisión). Su alineación cultural es clave para garantizar el flujo de información.

**Procesos:** Define los estándares, protocolos y flujos de trabajo estructurados (como el Plan de Ejecución BIM - BEP) que reglamentan cómo se crea, valida, comparte y gestiona la información a lo largo del contrato.

**Tecnología:** Engloba las herramientas de software (plataformas de modelado, coordinación y análisis) y hardware que permiten materializar, procesar y almacenar la base de datos técnica del proyecto.

##### 3.1.1 MODELO DE INFORMACION

El Modelo de Información constituye el eje operacional sobre el cual pivota la metodología BIM. A diferencia de un modelado tridimensional gráfico convencional, este elemento se

consolida como una base de datos espacial y alfanumérica estructurada, donde la representación geométrica se encuentra indisolublemente vinculada a información técnica, administrativa, financiera y legal del proyecto (ISO, 2018; BIM Forum Colombia, 2021).

La adopción de un modelo de información parametrizado se justifica en la necesidad de eliminar la fragmentación documental propia de la ingeniería tradicional. En los esquemas convencionales, las especificaciones técnicas, los presupuestos y las memorias de cálculo circulan de forma desarticulada, lo que incrementa el riesgo de incoherencias. El modelo de información resuelve esta problemática al concentrar en una **única fuente de la verdad** toda la caracterización del activo, asegurando que cualquier modificación gráfica actualice automáticamente las tablas de cantidades y los atributos técnicos asociados.

Para garantizar la eficiencia en el procesamiento de datos y evitar el sobremodelado, la metodología evalúa el modelo bajo el concepto de LOIN (Level of Information Need / Nivel de Necesidad de Información, definido bajo la norma ISO 19650-1 e ISO 7817), el cual articula dos componentes esenciales:

**Componente Geométrico** (LOG - Level of Geometry): Define el detalle visual y dimensional de los elementos (desde representaciones conceptuales hasta geometrías detalladas de ensambles constructivos).

**Componente Alfanumérico** (LOI - Level of Information): Asigna atributos no gráficos a los objetos, tales como resistencia a la compresión del concreto, coeficientes de transferencia térmica, proveedor, costos unitarios, fechas de instalación, certificados de calidad y manuales de mantenimiento.

### **3.1.2 TRABAJO COLABORATIVO Y ENTORNO COMUN DE DATOS (CDE)**

El Trabajo Colaborativo soportado en un Entorno Común de Datos (CDE, por sus siglas en inglés: Common Data Environment) es la columna vertebral metodológica de BIM. Supera el modelo tradicional de intercambio disperso de información (correos electrónicos, archivos físicos sin control o entregables aislados) para establecer un ecosistema digital único, estructurado y auditable donde todos los actores del proyecto convergen (ISO, 2018; Barreto, 2020).

En los proyectos de construcción, la falta de comunicación e integración entre diseñadores, contratistas de obra e interventoría es una de las causas principales de reprocesos, sobrecostos y retrasos en el cronograma (Mojica & Valencia, 2016; Morales et al., 2019). La implementación de un CDE se justifica al eliminar los "silos de información", garantizando que todo el equipo trabaje sobre la misma versión aprobada del proyecto. Esto asegura la trazabilidad completa de los cambios, la transparencia en la gestión documental y la reducción drástica de errores por inconformidades entre disciplinas (Rivas & Rada, 2020).

### ***3.1.3 Arquitectura del CDE según la Norma ISO 19650-1***

De acuerdo con la norma ISO 19650-1 (2018), el CDE no es simplemente una carpeta compartida en la nube o un software específico, sino un mecanismo de procesos y tecnología que gestiona el flujo de la información a través de cuatro estados estrictamente normados:

- **Trabajo en Proceso** (Work in Progress - WIP): Estado de desarrollo donde cada especialidad (arquitectura, estructura, redes MEP) elabora su información de forma interna. Estos archivos son de acceso exclusivo del equipo creador y no han sido validados para su uso por terceros.
- **Compartido** (Shared): Estado donde la información ha sido revisada y aprobada internamente por el autor para ser puesta a disposición de otras disciplinas. En este

estado se llevan a cabo las reuniones de coordinación 3D y la detección temprana de interferencias (mediante plataformas como Navisworks o BIM 360).

- **Publicado** (Published): Información contractual auditada y aprobada por la Interventoría / Supervisión Técnica y la entidad contratante. Corresponde a los modelos y documentos oficiales autorizados para la fase de ejecución física en obra o licitación.
- **Archivado** (Archived): Registro histórico y permanente de todas las versiones, decisiones, actas y cambios realizados a lo largo del contrato. Sirve como trazabilidad legal, contractual y base para la fase de operación (As-Built digital).

### **3.1.4 CICLO DE VIDA**

El desarrollo tradicional de proyectos de infraestructura y edificación ha tendido a fragmentar la planificación, el diseño y la construcción de la posterior fase de operación y mantenimiento. La metodología BIM redefine este enfoque adoptando un análisis integral del Ciclo de Vida del Proyecto (Whole Life Cycle), gestionando la información de manera continua desde la concepción de la idea hasta la deconstrucción o renovación de la infraestructura (ISO, 2018; Lidelöw et al., 2023).

La implementación de BIM a lo largo de todo el ciclo de vida se justifica en la necesidad de tomar decisiones de diseño y ejecución orientadas a la eficiencia operativa a largo plazo. Al anticipar en etapas tempranas el comportamiento térmico, el consumo energético, la mantenibilidad de los sistemas y los costos de sustitución de materiales, se logran reducciones drásticas en los costos globales del activo (Life Cycle Costing - LCC) (Thinkproject, s.f.; Pérez et al., 2024).

### **3.1.5 Fases Integradas del Ciclo de Vida en Metodología BIM**

De acuerdo con la estructura conceptual del marco ISO 19650 y los principios de buildingSMART, la información del proyecto evoluciona y se retroalimenta a lo largo de las siguientes etapas principales:

- **Planificación y Factibilidad:** Definición de los Requisitos de Información de la Organización y del Proyecto (OIR/PIR). Se realizan análisis topográficos georreferenciados, estudios de viabilidad geotécnica y modelos volumétricos preliminares para la toma de decisiones financieras y ambientales iniciales.
- **Diseño Detallado y Coordinación (Fase de Diseño):** Creación de los modelos de especialidad (Arquitectura, Estructura y Redes MEP). En esta etapa se lleva a cabo la simulación energética, la detección previa de colisiones y la estimación precisa de cantidades de obra y presupuestos (Dimensiones 3D, 4D y 5D) (Mojica & Valencia, 2016).
- **Construcción y Montaje (Fase de Ejecución):** Aplicación de los modelos para el seguimiento del cronograma físico, simulación de procesos constructivos, control de logística de obra, aprobación de actas parciales de ejecución y registro de cambios en campo en tiempo real (As-Built progresivo) (Rivas & Rada, 2020).
- **Operación y Mantenimiento :** Transferencia de los datos del Modelo de Información del Proyecto (PIM) al Modelo de Información del Activo (AIM) para su integración con plataformas de gestión de instalaciones (Facility Management / BIM 7D). Permite programar mantenimientos preventivos de equipos, gestionar garantías de materiales y monitorear la eficiencia operativa del inmueble (Lidelöw et al., 2023).
- **Renovación, Readecuación o Demolición:** Utilización del modelo histórico (As-Built) para proyectar ampliaciones, reforzamientos estructurales, rehabilitaciones o

planificar el desmantelamiento sostenible del edificio mediante el reciclaje de sus componentes analizados desde el origen (ISO, 2018).

A partir de la centralización de datos, la trazabilidad en tiempo real y la detección temprana de interferencias, la metodología BIM deja de ser una mera herramienta gráfica para consolidarse como un mecanismo auditor y catalizador estratégico en las labores de supervisión e interventoría técnica, administrativa y financiera (Ley 1474, 2011; Rivas & Rada, 2020). Su impacto directo en el control integral del contrato se argumenta en tres dimensiones operativas:

**Control Técnico y de Calidad (3D/BIM):** La detección automatizada de colisiones (clash detection) en la etapa preconstructiva previene la materialización de errores de diseño en campo, erradicando los reprocesos que históricamente afectan la integridad de la obra (Mojica & Valencia, 2016). Asimismo, el modelo de información permite vincular directamente a los elementos geométricos los soportes de calidad exigidos por la norma (tales como certificados de ensayo de laboratorio de suelos y concretos o actas de vecindad), garantizando una auditabilidad precisa, transparente y georreferenciada para la supervisión (Barreto, 2020; Pastrán Beltrán, 2017).

**Control Presupuestal y Financiero (5D/BIM):** La extracción automatizada de volúmenes de obra desde objetos parametrizados elimina los sesgos y discrepancias del cómputo manual de cantidades (Rivas & Rada, 2020). Esto le otorga a la interventoría una línea base objetiva para la verificación y aprobación de actas parciales de cobro, evitando pagos en exceso, sobre costos inesperados y facilitando el sustento técnico en la revisión de ítems no contractuales (Pastrán Beltrán, 2017; Rivas & Rada, 2020).

**Control de Programación y Tiempos (4D/BIM):** La vinculación del modelo 3D con el cronograma de obra permite simular virtualmente la secuencia constructiva y contrastar en tiempo real el avance físico ejecutado frente al programado. Esta visibilidad anticipada permite al equipo de supervisión identificar desviaciones de forma proactiva, evaluar la viabilidad de los frentes de trabajo y exigir al contratista medidas correctivas oportunas antes de que se generen retrasos críticos en la ruta del proyecto (Morales et al., 2019; Pérez et al., 2024).

### 3.2 INTERVENTORIA DE EDIFICACIONES

En el contexto del sector de la construcción y el ordenamiento jurídico colombiano (Ley 80 de 1993, Ley 1474 de 2011 y Ley 400 de 1997), la interventoría de edificaciones se define como el conjunto de actividades de seguimiento, vigilancia y control técnico, administrativo, financiero, legal y de calidad que realiza una persona natural o jurídica independiente del ejecutor, con el fin de asegurar que la construcción de un edificio se desarrolle conforme a los planos, especificaciones técnicas, presupuestos y plazos estipulados en el contrato.

A diferencia del control en obras de concesión vial o de infraestructura lineal —donde predominan aspectos como la gestión predial a gran escala, la explotación del activo o el recaudo—, la interventoría en edificaciones enfoca sus esfuerzos en la interacción tridimensional y la densidad de componentes dentro de un volumen delimitado: la cimentación, la estructura portante (regida por el Reglamento NSR-10), las redes técnicas de servicios (hidrosanitarias, eléctricas, HVAC, gas, RCI) y los acabados arquitectónicos.

#### 3.2.1 *Objetivos de la interventoria de edificaciones*

Los objetivos primordiales de la interventoría en un proyecto de edificación son:

**Asegurar la Calidad e Integridad Estructural:** Velar por el cumplimiento estricto de las normas sismorresistentes y las especificaciones de diseño para salvaguardar la vida de los futuros usuarios.

**Garantizar el Cumplimiento Presupuestal:** Fiscalizar que las erogaciones económicas correspondan exactamente a las cantidades de obra ejecutadas y a los precios unitarios convenidos.

**Proteger la Ecuación Temporal y de Programación:** Controlar el ritmo de avance para evitar retrasos que impacten la fecha de entrega y habilitación del inmueble.

**Mitigar Riesgos Jurídicos y Contratistas:** Asegurar el cumplimiento de los trámites ante Curadurías Urbanas, licencias de construcción, normas ambientales y de seguridad y salud en el trabajo (SST).

### **3.2.2 Interventoría preventiva**

La interventoría preventiva constituye una filosofía de supervisión proactiva que busca identificar, evaluar y neutralizar los riesgos e incongruencias técnicas antes de que se materialicen en campo. En proyectos de edificación, el enfoque reactivo tradicional (detectar un error cuando la viga o la tubería ya se fundió o instaló) genera costosos reprocesos, demoliciones y litigios. La interventoría preventiva actúa mediante revisiones exhaustivas en la etapa de planeación para garantizar la constructabilidad y la fluidez del proceso de obra.

La interventoría despliega su actuar sobre cuatro componentes de control fundamentales:

#### **1. Control Técnico**

Abarca la verificación sistemática del cumplimiento de los diseños arquitectónicos, estructurales y de redes. Implica la revisión en campo de la alineación de ejes, verticalidad de pantallas y columnas, distribución de refuerzos de acero de acuerdo con la NSR-10, trazado de tuberías y detalles constructivos de impermeabilización y cubiertas.

## **2. Control Administrativo**

Comprende la gestión documental y normativa del proyecto. Incluye la custodia del libro o bitácora de obra, el trámite formal de correspondencia, la verificación del estado de las licencias de construcción, la revisión del pago de aportes al sistema de seguridad social del personal del contratista y la elaboración de actas de inicio, suspensión, reinicio y entrega.

## **3. Control Financiero**

Corresponde a la fiscalización económica del contrato. Se centra en la medición y aprobación de las cantidades de obra ejecutadas en el periodo, la revisión de los Análisis de Precios Unitarios (APU) para ítems nuevos, la amortización de anticipos y la vigilancia de que el flujo de caja del proyecto se mantenga dentro del presupuesto aprobado.

## **4. Control de Calidad**

Involucra la toma de muestras y la interpretación de ensayos de laboratorio para certificar las propiedades mecánicas e higiénicas de los materiales ingresados a la edificación:

- Ensayos de resistencia a la compresión del concreto (cilindros a 7, 14 y 28 días).
- Ensayos de tracción y doblado para el acero de refuerzo.
- Pruebas de estanqueidad y presión hidráulica en redes sanitarias y de agua potable.
- Ensayos de densidad e índice de soporte (CBR) en recebos y subbases de cimentación.

**Tabla 2.** La adopción de la metodología BIM

| Función / Control               | Gestión Tradicional (Reactiva)                                                                   | Gestión Potenciada con BIM                                                                                |  |  |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|                                 |                                                                                                  | (Proactiva)                                                                                               |  |  |
| <b>Interventoría Preventiva</b> | Revisión manual superponiendo planos 2D en papel o CAD; detección tardía de traslapes en campo.  | Detección automatizada de interferencias (Clash Detection) en el modelo 3D previo al inicio de obras.     |  |  |
| <b>Control Técnico</b>          | Muestreos visuales aleatorios en sitio; interpretación subjetiva de detalles constructivos.      | Auditoría directa sobre el modelo federado y verificación del cumplimiento del Nivel de Desarrollo (LOD). |  |  |
| <b>Control Administrativo</b>   | Documentación física dispersa en carpetas de papel y correos electrónicos aislados.              | Centralización total en un Entorno Común de Datos (CDE) con trazabilidad de versiones y firmas digitales. |  |  |
| <b>Control Financiero</b>       | Medición manual en campo con cinta/flexómetro; discrepancias recurrentes en cantidades.          | Extracción automática de cantidades (Quantity Takeoff - 5D) a partir del volumen parametrizado.           |  |  |
| <b>Control de Calidad</b>       | Certificados de laboratorio en carpetas físicas desvinculadas de la posición exacta del vaciado. | Enlace de informes de ensayo (PDF) directamente al objeto o elemento geométrico dentro del modelo BIM.    |  |  |

### 3.3 PLAN DE EJECUCION BIM (PEB)

El Plan de Ejecución BIM (BIM Execution Plan – BEP), alineado con la norma ISO 19650-2, es el documento maestro y directriz fundamental que define cómo se implementarán, gestionarán y coordinarán los aspectos de modelado, intercambio de información y trabajo colaborativo durante el ciclo de vida de un proyecto de edificación. Actúa como una herramienta de carácter operativo y normativo que traduce las exigencias del cliente (definidas en los

Requisitos de Información del Empleador - EIR) en procedimientos técnicos concretos que deben ser ejecutados por el equipo de diseño y construcción, y fiscalizados por la interventoría.

Los objetivos principales de la formulación e implementación del PEB en proyectos de edificación son:

**Estandarizar los Procesos:** Establecer reglas de juego claras y unificadas para la producción, estructuración y entrega de la información digital por parte de todas las especialidades (Arquitectura, Estructura, Redes MEP).

**Garantizar la Interoperabilidad:** Asegurar la comunicación fluida entre diferentes plataformas tecnológicas mediante el uso de formatos abiertos y estandarizados (como IFC y BCF).

**Definir los Usos BIM Contractuales:** Delimitar con precisión el alcance de las aplicaciones del modelo (coordinación 3D, simulación 4D, cuantificación 5D, entre otros).

**Asegurar la Calidad de los Datos:** Establecer mecanismos de verificación y control de calidad sobre los datos gráficos y alfanuméricos contenidos en los modelos antes de su aprobación formal.

### **3.3.1 Contenido mínimo del PEB**

De acuerdo con los estándares internacionales (buildingSMART) y la Guía Nacional BIM Colombia, un PEB estructurado debe contener como mínimo:

1. **Información General del Proyecto:** Ubicación, descripción de la edificación, uso del suelo y actores involucrados.
2. **Objetivos y Usos BIM del Proyecto:** Matriz priorizada de usos BIM asignados a cada fase contractual.

3. **Estructura Organizacional y Roles BIM:** Definición explícita de las funciones de cada integrante del equipo.
4. **Estrategia de Federación y Coordenadas:** Definición del punto de origen del proyecto (PBP - Project Base Point), orientación, niveles de elevación y estrategia de subdivisión de modelos por especialidad o bloques de edificación.
5. **Estándares de Modelado y Taxonomía:** Reglas de codificación de elementos, nomenclatura de archivos, unidades de medida y niveles de desarrollo (LOD/LOI) exigidos por hito.
6. **Estrategia de Entorno Común de Datos (CDE):** Protocolos de acceso, carpetas, permisos, flujos de aprobación y estados de la información (WIP, Shared, Published, Archived).
7. **Matriz de Intercambio de Información:** Cronograma de entregas de modelos, formatos requeridos (nativos y neutros) y fechas clave de coordinación.

### **3.3.2 Participantes y responsabilidades en el PEB**

El desarrollo y seguimiento del PEB involucra a los diferentes actores del proyecto con responsabilidades diferenciadas:

**Líder / Coordinador BIM (Diseño / Construcción):** Responsable de la redacción, actualización técnica y socialización del PEB entre los modeladores y especialistas.

**Interventoría / Supervisión BIM:** Encargada de auditar formalmente el PEB precontractual y definitivo, aprobando su contenido o emitiendo observaciones técnicas de obligatorio cumplimiento.

**Modeladores y Especialistas:** Encargados de producir la información gráfica y paramétrica siguiendo estrictamente los lineamientos y reglas estipuladas en el documento.

### 3.3.3 *Entregables BIM*

El PEB especifica formalmente los archivos e informes que el contratista debe entregar en cada hito del contrato:

**Modelos Nativos y Neutros (IFC):** Modelos 3D individuales por especialidad y el modelo federado consolidado.

**Reportes de Detección de Interferencias:** Informes técnicos con la matriz de colisiones resueltas y pendientes.

**Tablas de Quantities / Cálculos Métricos:** Tablas parametrizadas para la validación de presupuestos.

**Modelo As-Built Digital (AIM):** Modelo final verificado en obra que refleja la edificación tal como fue construida, requisito indispensable para el acta de liquidación.

### 3.3.4 *El PEB como Instrumento de Organización y Control para la Interventoría*

#### **Importancia Estratégica para la Interventoría:**

El Plan de Ejecución BIM actúa como el reglamento operativo y contrato técnico sobre el cual la interventoría soporta sus labores de fiscalización digital. En la interventoría de edificaciones tradicional, la supervisión suele carecer de reglas metodológicas claras para auditar la información técnica producida por proyectistas y contratistas. Mediante el PEB, la interventoría no solo valida la geometría del edificio, sino que organiza, estandariza y programa sus propias actividades de revisión:

1. **Define la Línea Base de Auditoría:** Permite al interventor exigir el cumplimiento de los Niveles de Desarrollo (LOD) acordados antes de autorizar comités de obra o actas de pago.

2. **Sustenta las Revisiones de Coordinación:** Establece la periodicidad y los criterios con los que la interventoría evaluará el modelo federado para emitir los informes de interferencias (Clash Detection).

3. **Garantiza la Trazabilidad Contractual:** Al normar las entregas y el Entorno Común de Datos (CDE), brinda al interventor el soporte jurídico-técnico necesario para aprobar, rechazar o condicionar las entregas del contratista bajo un marco procedimental transparente y previamente pactado.

### 3.4 ENTORNO COMUN DE DATOS (CDE)

El Entorno Común de Datos (Common Data Environment – CDE) es la solución tecnológica de gestión y el marco procedimental centralizado donde se recopila, gestiona, aprueba y difunde toda la información generada durante el ciclo de vida de un proyecto de edificación. Definido por la norma ISO 19650, el CDE no se limita a un espacio de almacenamiento en la nube o a un servidor compartido; constituye un ecosistema regido por protocolos estrictos de acceso, seguridad y gobernanza de la información, el cual asegura que todos los actores (promotor, diseñadores, contratista de obra e interventoría) trabajen sobre una única fuente de la verdad (Single Source of Truth).

#### 3.4.1 Centralización de información

En los proyectos de edificación tradicionales, la información suele encontrarse fragmentada en archivos locales, correos electrónicos aislados o carpetas de papel. El CDE erradica este aislamiento al concentrar en un repositorio único:

- Modelos tridimensionales por especialidad (Arquitectura, Estructura, Redes MEP).
- Documentación técnica en 2D (planos de taller, detalles constructivos).
- Especificaciones de materiales, memorias de cálculo y licencias urbanísticas.

- Registros de control de calidad (certificados de ensayo de concreto y acero, fichas técnicas).
- Comunicaciones contractuales, bitácora de obra y actas de reunión.

### **3.4.2 Control documental**

El control documental dentro del CDE establece la estructura organizativa de la información mediante una metadatos y taxonomía estandarizada. Cada archivo ingresado debe contener atributos claros de identificación: código del proyecto, especialidad emisora, tipo de documento, número correlativo, estado de aprobación y nivel de seguridad. Esto garantiza que la información sea fácilmente indexable, auditable y de acceso controlado según la matriz de permisos establecida en el Plan de Ejecución BIM (PEB).

### **3.4.3 Versionamiento y Prevención de Obsolescencia**

Una de las principales causas de sobrecostos en obra es la ejecución de actividades basadas en planos o modelos desactualizados. El CDE automatiza el control de versiones, asignando nomenclaturas de revisión estandarizadas (ej. Rev. P01 para trabajo en proceso; Rev. C01 para construcción).

Cuando un diseñador carga una actualización del modelo, el CDE sobreescribe de forma controlada la versión anterior y la archiva automáticamente en un módulo de historial. De este modo, los usuarios de campo y la interventoría únicamente tienen acceso visible a la versión vigente y aprobada para construcción, eliminando la ambigüedad documental.

### **3.4.4 Trazabilidad e Historial Digital**

El CDE registra un historial inalterable de auditoría (Audit Trail) que almacena cada interacción realizada sobre la plataforma:

- Quién cargó, modificó, descargó o eliminó un archivo.

- La fecha, hora exacta y dirección IP de la transacción.
- Las observaciones, anotaciones (marcas de revisión BCF) y respuestas emitidas sobre un modelo o plano específico.

Esta trazabilidad proporciona un sustento técnico y legal incuestionable ante reclamaciones contractuales, solicitudes de mayor tiempo o adiciones presupuestales presentadas por el contratista.

### ***3.4.5 El CDE como Herramienta Fundamental para la Labor del Interventor***

#### **Relación Directa con la Interventoría de Edificaciones:**

El Entorno Común de Datos transforma la interventoría de un esquema de supervisión física dispersa hacia una gobernanza digital transparente e integrada. Para el interventor de edificaciones, el CDE representa su principal consola de control operativo y legal:

1. **Optimización de Tiempos de Revisión:** El interventor no requiere desplazarse o esperar entregas físicas en papel; accede directamente al contenedor Shared, realiza marcas de revisión tridimensionales (BCF) y emite su aprobación o rechazo en tiempo real dentro del mismo flujo de trabajo digital.
2. **Sustento de la Seguridad Jurídica:** Al contar con trazabilidad inalterable y registros con marca de tiempo, la interventoría respalda con evidencia objetiva la causa de cualquier retraso o modificación técnica, protegiendo los intereses de la entidad contratante.
3. **Auditoría de Calidad en Tiempo Real:** Permite a la interventoría vincular directamente los informes de ensayo de materiales (ensayos de compresión de concreto, pruebas de presión de tuberías) a los elementos geométricos correspondientes en el contenedor Published, asegurando que la edificación construida cumpla rigurosamente con la NSR-10 y las especificaciones del proyecto.

### 3.5 NIVEL DE DESARROLLO (LOD)

El Nivel de Desarrollo (Level of Development – LOD), estandarizado internacionalmente por el American Institute of Architects (AIA) y detallado por el BIMForum, es una escala de referencia que define el grado de certeza, madurez geométrica y contenido de información alfanumérica que posee un elemento dentro de un modelo BIM a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Es fundamental no confundir el LOD con el "Nivel de Detalle" (Level of Detail), el cual hace referencia únicamente al aspecto gráfico o estético. El LOD abarca tanto el detalle geométrico (LOG – Level of Geometry) como la riqueza de datos técnicos, especificaciones y atributos no gráficos (LOI – Level of Information).

#### 3.5.1 Definición de niveles

##### 1. LOD 100 (Conceptual)

**Definición:** El elemento se representa mediante una masa o un símbolo tridimensional aproximado. No define forma exacta, ubicación ni orientación.

**Información:** Atributos generales como áreas estimadas, volumen global de la edificación o costos por metro cuadrado.

**Aplicación en Edificaciones:** Estudios preliminares de cabida, análisis de masa y planeación del sitio.

##### 2. LOD 200 (Esquema General / Genérico)

**Definición:** El elemento se representa geométricamente como un sistema, objeto o ensamblaje genérico. Se define una dimensión, forma y ubicación aproximadas.

**Información:** Predimensionamiento de elementos (ej. espesor aproximado de una losa o tipo de muro sin especificar materiales exactos).

**Aplicación en Edificaciones:** Anteproyectos, análisis de alternativas estructurales y trazado de ejes principales de redes.

### 3. LOD 300 (Diseño Detallado / Definición Específica)

**Definición:** El elemento está gráficamente representado como un objeto específico en términos de cantidad, tamaño, forma, localización exacta y orientación.

**Información:** Especificaciones técnicas de diseño, resistencia del concreto (\$f'c\$), propiedades térmicas/acústicas de muros y tipos de tubería según memorias de cálculo.

**Aplicación en Edificaciones:** Planos de licitación, trámites ante Curaduría Urbana y validación de diseños ejecutivos.

### 4. LOD 350 (Documentación de Construcción e Interfaces)

**Definición:** Corresponde al LOD 300 pero incluye la articulación gráfica de interfaces, apoyos, placas de anclaje y conexiones con otros sistemas vecinos.

**Información:** Modelado del acero de refuerzo (figurado de rebar según NSR-10), soportes de tuberías, pases estructurales y conexiones de perfilería metálica.

**Aplicación en Edificaciones:** Coordinación interdisciplinaria 3D, simulación constructiva y detección previa de interferencias duras/blandas.

### 5. LOD 400 (Fabricación y Montaje)

**Definición:** Los elementos están representados con el nivel de detalle y precisión necesarios para su fabricación directa en taller y posterior ensamblaje en obra.

**Información:** Planos de taller, detalles de soldadura, despiece exacto de tuberías, piezas prefabricadas y tolerancias de montaje.

**Aplicación en Edificaciones:** Prefabricados de concreto, estructuras metálicas, tuberías modulares y carpintería metálica/madera.

## 6. LOD 500 (As-Built / Operación y Mantenimiento)

**Definición:** Elemento verificado en campo tras la construcción física. Refleja la geometría, posición y orientación tal como quedó construido (As-Built).

**Información:** Enlace a fichas técnicas de operación, fechas de instalación, garantías, números de serie y manuales de mantenimiento (módulo AIM).

**Aplicación en Edificaciones:** Entrega formal de la obra al propietario, acta de liquidación y gestión de activos (Facility Management).

### 3.5.2 Importancia del LOD para la Revisión de Modelos y Validación de Cantidades

#### Sustento de la Auditoría Técnica para la Interventoría:

En la interventoría de edificaciones, el LOD no es una simple métrica gráfica; constituye la garantía de fiabilidad y madurez de los datos que el interventor va a auditar. Su correcta definición en el Plan de Ejecución BIM (PEB) condiciona directamente dos labores críticas:

#### 1. Revisión y Aprobación de Modelos

**Saber qué exigir en cada fase:** Permite al interventor evaluar si un modelo cumple con la madurez requerida para un hito contractual. Exigir un análisis de interferencias (Clash Detection) sobre un modelo en LOD 200 es técnicamente ineficaz, pues faltan los detalles de conexiones (LOD 350) que generan la mayoría de las colisiones reales en obra.

**Validación de la Constructabilidad:** El interventor verifica que los elementos estructurales y de redes alcancen un LOD 350 antes de autorizar la fundición en campo, garantizando que los pases de tubería y la densidad de acero no bloqueen el vaciado del concreto.

#### 2. Extracción y Validación de Cantidades de Obra (Quantity Takeoff)

**Evitar Estimaciones Erróneas:** Un cómputo métrico extraído de un modelo en LOD 200 arrojará volúmenes genéricos que difieren notablemente de la realidad. Solo a partir de un LOD

300/350 las cantidades de volumen de concreto, metros cuadrados de mampostería o kilogramos de acero cuentan con la precisión paramétrica necesaria para validar el presupuesto contractual.

**3.Auditoría de Actas Parciales de Cobro:** La interventoría utiliza el LOD exigido para certificar si las cantidades cobradas por el contratista corresponden a elementos completamente definidos e instalados en sitio, previniendo pagos en exceso o imprecisiones en los Análisis de Precios Unitarios (APU).

### 3.6 USOS DEL BIM

Los usos BIM (Building Information Modeling Uses) son las aplicaciones específicas que se asignan al modelo de información para cumplir objetivos determinados durante las diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto. Estos usos definen la manera en que la información contenida en el modelo será generada, gestionada, intercambiada y utilizada por los diferentes actores involucrados, con el fin de optimizar los procesos de diseño, construcción, operación y mantenimiento.

A diferencia del modelo BIM, que representa digitalmente las características físicas y funcionales de un activo, los usos BIM establecen el propósito para el cual dicho modelo será empleado. En otras palabras, un mismo modelo puede ser utilizado para diferentes fines, como la coordinación entre disciplinas, la detección de interferencias, la cuantificación de materiales, la programación de obra, la estimación de costos o la gestión del mantenimiento.

La definición de los usos BIM constituye una etapa fundamental dentro de la planificación de un proyecto, ya que permite establecer qué información deberá contener el modelo, quién será responsable de producirla, cuándo deberá entregarse y cómo será utilizada durante el desarrollo del proyecto. Esta definición sirve como punto de partida para la elaboración del Plan de Ejecución

BIM (PEB), documento que establece los procedimientos, responsabilidades, estándares y flujos de información necesarios para garantizar una adecuada implementación de la metodología.

Diversas organizaciones internacionales, entre ellas el Penn State Computer Integrated Construction (CIC), el BIM Forum y la norma ISO 19650, reconocen múltiples usos BIM que abarcan todas las fases del ciclo de vida del proyecto. Entre los más utilizados se encuentran:

Levantamiento de condiciones existentes: Consiste en la captura y modelado de la información del estado actual de un terreno, edificación o infraestructura existente, proporcionando una base precisa para el desarrollo del proyecto.

- **Modelado del diseño arquitectónico y de ingeniería:** Corresponde a la creación de modelos digitales de las diferentes disciplinas (arquitectura, estructura y redes), que contienen información geométrica y técnica para el desarrollo del diseño.
- **Revisión y validación del diseño:** Es el proceso de análisis del modelo para verificar que el diseño cumpla con los requisitos técnicos, normativos, funcionales y constructivos antes de su ejecución.
- **Coordinación tridimensional (3D):** Consiste en integrar los modelos de las diferentes disciplinas en un modelo federado para verificar su compatibilidad y facilitar la coordinación entre los participantes del proyecto.
- **Detección y gestión de interferencias (Clash Detection):** Es el proceso mediante el cual se identifican, analizan y corrigen conflictos o colisiones entre elementos de diferentes disciplinas antes de la construcción.

- **Planeación y simulación de la construcción (4D):** Consiste en vincular el modelo BIM con el cronograma de obra para simular la secuencia constructiva, optimizar la planificación y realizar el seguimiento del avance del proyecto.
- **Cuantificación automática de cantidades de obra:** Permite extraer de forma automática las cantidades de materiales y elementos constructivos directamente del modelo BIM, mejorando la precisión de las mediciones.
- **Estimación y control de costos (5D):** Integra la información del modelo con los presupuestos y costos del proyecto, permitiendo elaborar estimaciones, controlar variaciones y actualizar el presupuesto conforme evolucionan los diseños.
- **Control del avance físico de la obra:** Consiste en comparar el progreso real de la construcción con el avance planificado mediante el uso del modelo BIM, facilitando el seguimiento y la toma de decisiones.
- **Gestión documental:** Permite centralizar, organizar y controlar la información técnica y administrativa del proyecto, asegurando que todos los participantes trabajen con documentos actualizados.
- **Operación y mantenimiento del activo (Facility Management):** Consiste en utilizar el modelo BIM como fuente de información para gestionar la operación, el mantenimiento y las intervenciones del activo durante su vida útil.

La selección de los usos BIM depende de los objetivos del proyecto, de las necesidades del propietario y del nivel de implementación BIM definido para la organización. No todos los proyectos requieren la totalidad de los usos disponibles; por el contrario, estos deben seleccionarse de acuerdo con el valor que aportan al cumplimiento de los objetivos planteados.

### **3.6.1 Coordinación 3D**

La coordinación 3D es uno de los usos fundamentales de la metodología BIM y consiste en integrar en un entorno digital los modelos desarrollados por las diferentes disciplinas que participan en un proyecto, con el propósito de verificar su compatibilidad espacial, funcional y constructiva antes del inicio de la ejecución de la obra. Este proceso permite identificar de manera anticipada posibles conflictos o inconsistencias entre los diferentes sistemas del proyecto, reduciendo la ocurrencia de errores durante la construcción y mejorando la calidad de los diseños (CIC, 2011).

El proceso de coordinación 3D se desarrolla de manera secuencial a través de la integración de especialidades, la conformación de un modelo federado y la ejecución de la coordinación interdisciplinaria, actividades que permiten consolidar un entorno colaborativo para la revisión y validación del proyecto.

#### **3.6.1.1 Integración de especialidades**

La primera etapa de la coordinación 3D corresponde a la integración de especialidades, la cual consiste en consolidar los modelos digitales elaborados por cada una de las disciplinas que intervienen en el proyecto, como arquitectura, estructuras, redes hidrosanitarias, redes eléctricas, vías, geotecnia y demás sistemas que conforman la infraestructura. Cada disciplina desarrolla su modelo de forma independiente, siguiendo los estándares definidos para el proyecto y garantizando la calidad de la información que posteriormente será compartida (ISO, 2018).

La integración de estos modelos permite visualizar de manera conjunta todos los componentes del proyecto, facilitando el análisis de sus relaciones espaciales y funcionales. Sin

embargo, esta etapa representa únicamente la unificación de la información; para llevar a cabo una revisión integral es necesario conformar un modelo federado.

### **3.6.1.2 *Modelo federado***

El modelo federado se obtiene mediante la vinculación de los modelos disciplinares en un único entorno de coordinación, conservando la independencia de cada uno de ellos. Esto significa que cada especialidad continúa administrando y actualizando su propio modelo, mientras que la plataforma de coordinación permite visualizar el conjunto de la información sin modificar los archivos originales (buildingSMART International, 2020).

La creación del modelo federado constituye la base para analizar las interacciones entre disciplinas, realizar revisiones técnicas y ejecutar procesos como la detección de interferencias. Asimismo, proporciona un entorno colaborativo donde todos los participantes pueden acceder a información actualizada y confiable para la toma de decisiones.

Una vez conformado el modelo federado, es posible desarrollar la coordinación interdisciplinaria, etapa en la que se analizan las relaciones existentes entre las diferentes especialidades para garantizar la viabilidad constructiva del proyecto

### **3.6.1.3 *Coordinación interdisciplinaria***

La coordinación interdisciplinaria consiste en la revisión conjunta de los modelos federados con el fin de verificar que los elementos de las diferentes disciplinas sean compatibles entre sí y cumplan con los requisitos técnicos, normativos y constructivos establecidos para el proyecto (National Institute of Building Sciences [NIBS], 2015).

Durante esta etapa se identifican inconsistencias, interferencias y posibles conflictos entre los diferentes sistemas constructivos, los cuales son documentados, asignados a los responsables de cada disciplina y posteriormente corregidos mediante un proceso colaborativo. Este

procedimiento implica la realización de reuniones de coordinación, el seguimiento de observaciones y la actualización permanente de los modelos hasta lograr una solución técnicamente viable (CIC, 2011).

En el contexto de la interventoría, la coordinación interdisciplinaria fortalece el proceso de supervisión técnica al permitir una revisión integral del proyecto antes de su construcción. De esta manera, el interventor puede verificar la coherencia entre los diseños, reducir la probabilidad de modificaciones durante la ejecución de la obra y mejorar el control sobre la calidad de la información, contribuyendo a una gestión más eficiente del proyecto.

### **3.6.2 *Deteccion de interferencias***

La detección de interferencias (Clash Detection) es uno de los usos más importantes de la metodología BIM y consiste en identificar, analizar y gestionar los conflictos existentes entre los elementos que conforman un modelo federado antes del inicio de la construcción. Este proceso permite verificar la compatibilidad entre las diferentes disciplinas del proyecto, detectar inconsistencias de diseño y proponer soluciones oportunas que reduzcan los reprocesos, los sobrecostos y los retrasos durante la ejecución de la obra (Computer Integrated Construction [CIC], 2011).

La detección de interferencias se realiza sobre el modelo federado generado durante la coordinación 3D, mediante herramientas especializadas que comparan los modelos de las distintas disciplinas e identifican automáticamente aquellos elementos que presentan conflictos espaciales, funcionales o de secuencia constructiva. Una vez detectadas las interferencias, estas son documentadas, clasificadas y asignadas a los responsables correspondientes para su análisis y corrección, fortaleciendo el trabajo colaborativo y la calidad del diseño (ISO, 2018).

De acuerdo con la literatura especializada, las interferencias pueden clasificarse en tres categorías principales: interferencias duras, interferencias blandas e interferencias de flujo

**Tabla 3.** Tipo de interferencias en la metodología BIM

| Tipo de interferencia                           | Definición                                                                                                                                                                                                          | Ejemplo                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Interferencias duras (Hard Clash)</b>        | Se presentan cuando dos o más elementos del modelo ocupan el mismo espacio físico, generando una colisión directa que impide su construcción.                                                                       | Una tubería sanitaria atraviesa una viga de concreto o un ducto de ventilación intersecta una columna estructural.                                                                                              |
| <b>Interferencias blandas (Soft Clash)</b>      | Ocurren cuando no existe una colisión física, pero no se respetan las distancias mínimas requeridas para la instalación, operación, mantenimiento o seguridad de un elemento.                                       | Un tablero eléctrico no cuenta con el espacio libre necesario para realizar labores de mantenimiento o una tubería queda demasiado cerca de otro elemento, incumpliendo la separación exigida por la normativa. |
| <b>Interferencias de flujo (Workflow Clash)</b> | Corresponden a conflictos relacionados con la secuencia constructiva, la planificación de actividades o la logística de la obra, que pueden afectar el desarrollo del proyecto sin representar una colisión física. | La instalación de la red eléctrica está programada antes de finalizar la construcción del muro que la contiene, o dos cuadrillas requieren trabajar simultáneamente en el mismo espacio.                        |

Fuente: Elaboración propia con base en Computer Integrated Construction (2011), National Institute of Building Sciences (2015) y buildingSMART International (2020).

### 3.6.3 BIM 4D

El BIM 4D corresponde a la integración del modelo tridimensional (3D) con la dimensión temporal del proyecto, incorporando la programación de las actividades de construcción al modelo

digital. Esta integración permite visualizar de manera cronológica la secuencia constructiva, analizar el desarrollo de la obra antes de su ejecución y mejorar la planificación de los recursos, reduciendo riesgos asociados a la programación y optimizando la toma de decisiones (Computer Integrated Construction [CIC], 2011).

Al vincular el cronograma con los elementos del modelo BIM, cada actividad constructiva queda asociada a un periodo de ejecución específico, permitiendo simular virtualmente el proceso constructivo y evaluar diferentes alternativas de planificación antes del inicio de la obra. De esta manera, el BIM 4D facilita el seguimiento del proyecto y mejora la coordinación entre los diferentes actores involucrados (Eastman et al., 2018).

El uso del BIM 4D comprende la integración del modelo con la programación, el seguimiento del cronograma y el control del avance de la obra, aspectos que fortalecen los procesos de supervisión y control desarrollados durante la interventoría.

### ***3.6.3.1 Integración del modelo con la programación***

La integración del modelo con la programación consiste en vincular cada elemento del modelo BIM con las actividades definidas en el cronograma del proyecto. Esta relación permite representar gráficamente el orden de ejecución de las obras y simular la secuencia constructiva, facilitando la identificación de posibles conflictos en la planificación y optimizando la coordinación de los recursos disponibles.

Además, esta integración proporciona una visión más clara del proceso constructivo, permitiendo evaluar diferentes escenarios de ejecución y mejorar la planificación antes del inicio de la construcción (Eastman et al., 2018).

### ***3.6.3.2 Seguimiento del cronograma***

El seguimiento del cronograma consiste en comparar el avance programado con el avance real de las actividades de construcción mediante el modelo BIM. Esta comparación permite identificar retrasos, adelantos o desviaciones respecto a la planificación inicial, facilitando la implementación de acciones correctivas que contribuyan al cumplimiento de los plazos contractuales.

El modelo BIM proporciona una representación visual del estado de ejecución de cada actividad, permitiendo que la información del cronograma sea más comprensible para todos los participantes del proyecto y favoreciendo una gestión más eficiente del tiempo.

### ***3.6.3.3 Control del avance***

El control del avance corresponde al monitoreo continuo del progreso físico de la obra mediante la actualización del modelo BIM con la información obtenida durante la ejecución del proyecto. Este proceso permite verificar el porcentaje de avance de cada actividad, controlar el cumplimiento de los hitos establecidos y evaluar el desempeño del proyecto frente a la programación prevista.

En el contexto de la interventoría, el control del avance constituye una herramienta fundamental para supervisar el cumplimiento del cronograma contractual, verificar la ejecución de las actividades programadas y generar información confiable para la elaboración de informes de seguimiento. Asimismo, facilita la detección temprana de desviaciones en la programación, apoyando la toma de decisiones y la implementación de medidas correctivas que contribuyan al cumplimiento de los objetivos del proyecto.

La incorporación del BIM 4D en la interventoría fortalece el control técnico y administrativo de la obra, al integrar en un único entorno digital la información geométrica del

modelo y la planificación temporal del proyecto. Esto permite mejorar la coordinación entre los diferentes actores, optimizar la gestión del cronograma y reducir los riesgos asociados a retrasos, reprocesos y modificaciones durante la ejecución de la infraestructura.

#### **3.6.4 BIM 5D**

El BIM 5D incorpora la dimensión económica al modelo de información, integrando las cantidades de obra obtenidas del modelo BIM con los costos y el presupuesto del proyecto. Esta integración permite estimar, analizar y controlar los recursos financieros durante las diferentes etapas del ciclo de vida de la infraestructura, proporcionando información actualizada para apoyar la toma de decisiones (Eastman et al., 2018).

A diferencia de los métodos tradicionales de presupuestación, el BIM 5D vincula cada elemento modelado con su respectiva partida presupuestal y análisis de precios unitarios. De esta manera, cualquier modificación realizada en el modelo actualiza automáticamente las cantidades y los costos asociados, mejorando la precisión de las estimaciones y reduciendo el riesgo de errores en la gestión financiera del proyecto (Computer Integrated Construction [CIC], 2011).

El uso del BIM 5D comprende la integración del modelo con los costos, la elaboración del presupuesto, el control financiero y el análisis de las variaciones económicas, aspectos fundamentales para una adecuada administración de los recursos durante la ejecución de la obra.

##### **3.6.4.1 Integración de modelos con costos**

La integración del modelo con los costos consiste en asociar cada elemento constructivo del modelo BIM con una partida presupuestal y su correspondiente análisis de precios unitarios. Esta vinculación permite calcular automáticamente el costo de los elementos modelados a partir de las cantidades obtenidas mediante el proceso de Quantity Takeoff.

Al mantenerse sincronizados el modelo y la información económica, cualquier cambio en el diseño se refleja de manera automática en las cantidades y en el costo total del proyecto, garantizando que la información financiera permanezca actualizada durante todas las fases de ejecución.

#### **3.6.4.2 Presupuesto**

El presupuesto constituye una de las herramientas fundamentales para la planificación y gestión financiera de un proyecto de construcción, ya que permite estimar los recursos económicos necesarios para ejecutar cada una de las actividades contempladas en el diseño. Tradicionalmente, la elaboración del presupuesto depende de la interpretación de planos y de la cuantificación manual de las cantidades de obra, lo que puede generar errores, omisiones e inconsistencias que afectan la confiabilidad de la información y el control de los costos.

Con la implementación del BIM 5D, el presupuesto se elabora a partir de las cantidades obtenidas directamente del modelo digital, vinculando cada elemento constructivo con una partida presupuestal y su correspondiente análisis de precios unitarios. Esta integración permite que cualquier modificación realizada en el modelo actualice automáticamente las cantidades y el valor del presupuesto, garantizando que la información económica permanezca sincronizada con los cambios del proyecto (Eastman et al., 2018).

Además de mejorar la precisión de las estimaciones, el BIM 5D facilita la evaluación de diferentes alternativas de diseño desde el punto de vista económico, permitiendo analizar el impacto financiero de las modificaciones antes de su ejecución. Esto favorece la optimización de los recursos, reduce el riesgo de sobrecostos y proporciona información confiable para la toma de decisiones durante todas las etapas del proyecto (Computer Integrated Construction [CIC], 2011).

### **3.6.4.3 Control financiero**

El control financiero consiste en realizar un seguimiento continuo de los costos del proyecto mediante la comparación entre el presupuesto inicial y los costos reales de ejecución. Gracias a la actualización automática de las cantidades y costos, el BIM 5D facilita el monitoreo del comportamiento financiero de la obra, permitiendo detectar oportunamente desviaciones y adoptar medidas correctivas.

Para la interventoría, este proceso constituye una herramienta de apoyo en la verificación de cortes de obra, certificaciones de pago, modificaciones contractuales y control de los recursos económicos, fortaleciendo la transparencia y la trazabilidad de la información financiera.

### **3.6.4.4 Variaciones económicas**

Las variaciones económicas corresponden a las diferencias que se presentan entre el presupuesto inicialmente previsto y los costos reales del proyecto, ocasionadas por cambios en el diseño, modificaciones en las cantidades de obra, ajustes en los precios unitarios o variaciones en las condiciones de ejecución.

La implementación del BIM 5D permite identificar estas variaciones de manera temprana, evaluar su impacto económico y actualizar automáticamente el presupuesto conforme evolucionan los diseños y la ejecución del proyecto. Esta capacidad mejora la planificación financiera y facilita la toma de decisiones durante la construcción.

En el contexto de la interventoría, el BIM 5D fortalece el control técnico y económico del proyecto al proporcionar información confiable y actualizada sobre el comportamiento de los costos, permitiendo verificar la correspondencia entre las cantidades ejecutadas, el presupuesto aprobado y los recursos invertidos. De esta manera, se mejora el seguimiento financiero de la obra y se reducen los riesgos asociados a sobrecostos y desviaciones presupuestales.

### **3.7 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACION DEL BIM EN LA INTERVENTORIA**

La implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) ha transformado la forma en que se gestionan los proyectos de construcción, al proporcionar un entorno digital colaborativo que facilita la generación, intercambio y administración de la información durante todo el ciclo de vida del proyecto. En el ámbito de la interventoría, BIM constituye una herramienta estratégica para fortalecer los procesos de supervisión, control y seguimiento técnico, permitiendo que las decisiones se fundamenten en información confiable, actualizada y accesible para todos los actores involucrados (Eastman et al., 2018).

La incorporación de BIM en la interventoría no solo mejora la calidad de los diseños y la coordinación entre disciplinas, sino que también optimiza la planificación, el control de costos, el seguimiento del cronograma y la gestión documental. Estas ventajas contribuyen a reducir los riesgos técnicos y administrativos, incrementar la eficiencia en la ejecución de la obra y fortalecer el cumplimiento de los objetivos del proyecto (ISO, 2018).

#### **3.7.1 Trabajo colaborativo e Integrated Project Delivery (IPD)**

Uno de los principales beneficios de BIM es la promoción del trabajo colaborativo entre propietarios, diseñadores, interventores, contratistas y demás participantes del proyecto. A través de modelos compartidos y de un entorno común de datos, todos los actores trabajan sobre información actualizada, disminuyendo la duplicidad de tareas y mejorando la coordinación durante las diferentes etapas del proyecto.

Este enfoque colaborativo se relaciona con la metodología Integrated Project Delivery (IPD), la cual promueve la participación temprana de todos los involucrados, el intercambio permanente de información y la toma de decisiones conjunta. La integración entre BIM e IPD

favorece la resolución anticipada de problemas, optimiza la asignación de responsabilidades y mejora el desempeño general del proyecto (American Institute of Architects [AIA], 2014).

### **3.7.2 Mejora en la comunicación**

BIM facilita la comunicación entre las diferentes disciplinas mediante el uso de modelos tridimensionales que representan de forma clara la información técnica del proyecto. Esta representación permite comprender con mayor facilidad la interacción entre los diferentes sistemas constructivos, reduciendo errores de interpretación asociados a la documentación bidimensional.

Asimismo, el intercambio de información mediante plataformas colaborativas garantiza que todos los participantes trabajen con versiones actualizadas de los modelos y documentos, fortaleciendo la coordinación y reduciendo inconsistencias durante la ejecución del proyecto (buildingSMART International, 2020).

### **3.7.3 Reducción de errores y reprocesos**

La implementación de usos BIM como la coordinación 3D y la detección de interferencias permite identificar conflictos entre disciplinas antes del inicio de la construcción. Esta capacidad reduce significativamente los errores de diseño, las modificaciones en obra y los reprocesos, evitando sobre costos y retrasos en la ejecución del proyecto (Computer Integrated Construction [CIC], 2011).

Para la interventoría, la detección temprana de inconsistencias facilita la revisión técnica de los diseños y mejora el control sobre la calidad de la información utilizada durante la construcción.

### **3.7.4 Mejor coordinación del proyecto**

La integración de los modelos disciplinares en un modelo federado favorece la coordinación entre arquitectura, estructuras y las diferentes ingenierías, permitiendo verificar la

compatibilidad de los diseños antes de su ejecución. Esta coordinación mejora la planificación de las actividades constructivas, reduce conflictos entre especialidades y fortalece el proceso de supervisión técnica desarrollado por la interventoría.

### **3.7.5 Optimización de tiempos y recursos**

La automatización de procesos como la cuantificación de cantidades, la elaboración de presupuestos, la detección de interferencias y el seguimiento del cronograma reduce considerablemente el tiempo requerido para actividades que tradicionalmente se desarrollaban de forma manual.

Esta optimización incrementa la productividad de los equipos de trabajo, mejora la utilización de los recursos disponibles y permite que la interventoría concentre sus esfuerzos en actividades de análisis, supervisión y control, en lugar de destinar tiempo a tareas repetitivas de revisión documental.

### **3.7.6 Apoyo a la interventoría**

La implementación de BIM fortalece el ejercicio de la interventoría al proporcionar herramientas que mejoran el control técnico, administrativo y financiero de los proyectos. Mediante los usos BIM desarrollados en esta investigación —coordinación 3D, detección de interferencias, cuantificación de cantidades, planificación 4D y control de costos 5D— el interventor puede verificar la coherencia de los diseños, realizar seguimiento al avance de la obra, validar cantidades ejecutadas, controlar el presupuesto y emitir observaciones fundamentadas en información confiable.

En consecuencia, la metodología BIM contribuye a una gestión más eficiente de la interventoría, promoviendo la transparencia, la trazabilidad de la información y la reducción de riesgos durante la ejecución de proyectos de infraestructura. Su implementación representa una

oportunidad para modernizar los procesos tradicionales de supervisión y mejorar la calidad de los resultados obtenidos.

### **3.8 APLICACIÓN DE BIM EN LA INTERVENTORÍA DE EDIFICACIONES**

La implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en la interventoría de edificaciones constituye una estrategia para fortalecer los procesos de supervisión, control y seguimiento durante el desarrollo de los proyectos. A diferencia de los métodos tradicionales, en los que la revisión técnica se fundamenta principalmente en planos bidimensionales y documentación física, BIM proporciona un modelo digital que integra información geométrica, técnica, temporal y económica, facilitando la verificación de la calidad del diseño y de la ejecución de la obra (Eastman et al., 2018).

En el contexto de la interventoría, la aplicación de BIM permite mejorar la trazabilidad de la información, optimizar la coordinación entre las diferentes disciplinas y proporcionar evidencia objetiva para la toma de decisiones. Asimismo, el uso del Plan de Ejecución BIM (PEB) establece los procedimientos, responsabilidades y criterios que orientan la producción, intercambio y validación de la información durante todo el proyecto, permitiendo que el interventor realice un seguimiento sistemático al cumplimiento de los requisitos definidos desde las etapas iniciales.

#### **3.8.1 *Gestión técnica***

La gestión técnica constituye una de las principales responsabilidades de la interventoría, ya que tiene como propósito verificar que los diseños y la ejecución de la obra cumplan con las especificaciones técnicas, la normatividad vigente, las obligaciones contractuales y los estándares de calidad establecidos para el proyecto. La incorporación de BIM fortalece este proceso al

proporcionar un entorno digital donde es posible revisar, analizar y validar la información del proyecto antes y durante la construcción.

En el ejercicio de la gestión técnica, el interventor realiza el control de diferentes aspectos del modelo BIM, entre los que se destacan la revisión de los modelos disciplinares, la detección de interferencias, la verificación de cantidades de obra, la validación del Nivel de Desarrollo (LOD), el cumplimiento de los requisitos del modelo y la conformidad con el Plan de Ejecución BIM (PEB).

### **1. Revision de modelos**

El interventor verifica que los modelos elaborados por las diferentes disciplinas representen correctamente las características geométricas y técnicas del proyecto, comprobando que la información sea coherente con los planos, especificaciones técnicas y demás documentos contractuales. Esta revisión permite identificar inconsistencias, omisiones o errores de modelado antes del inicio de la construcción, reduciendo el riesgo de modificaciones durante la ejecución de la obra.

### **2. Deteccion de interferencias**

Mediante el análisis del modelo federado, el interventor verifica la existencia de conflictos entre los elementos de las diferentes disciplinas. La identificación temprana de interferencias permite solicitar las correcciones correspondientes antes del inicio de la construcción, evitando reprocesos, sobrecostos y retrasos en la ejecución del proyecto. Este proceso se apoya en herramientas como Open BIM Model Checker, que facilitan la detección, clasificación y seguimiento de las incidencias identificadas.

### **3. Revision de cantidades**

El modelo BIM permite obtener automáticamente las cantidades de obra de los diferentes elementos constructivos. El interventor verifica que dichas cantidades correspondan con los elementos modelados, las especificaciones técnicas y las actividades contempladas en el presupuesto, asegurando la consistencia de la información utilizada para el control técnico y financiero del proyecto.

### **4. Revision de nivel de desarrollo (LOD)**

Otra de las funciones del interventor consiste en verificar que el modelo alcance el Nivel de Desarrollo (LOD) establecido para cada fase del proyecto. Esta revisión garantiza que los elementos modelados contengan el nivel de detalle geométrico y la información alfanumérica requerida para cumplir con los usos BIM definidos en el Plan de Ejecución BIM, evitando deficiencias que puedan afectar la coordinación, la cuantificación o la planificación de la obra.

### **5. Validacion del modelo**

La validación del modelo comprende la revisión integral de la calidad de la información contenida en el modelo BIM, verificando que los parámetros, propiedades, nomenclatura, clasificación y estructura de los elementos cumplan con los estándares establecidos para el proyecto. Esta actividad proporciona al interventor la evidencia necesaria para determinar si el modelo puede utilizarse de manera confiable en los procesos de coordinación, planificación, cuantificación y control.

### **6. Cumplimiento del Plan de Ejecucion BIM (PEB)**

El Plan de Ejecución BIM constituye el principal instrumento de control para la gestión de la información durante el proyecto. En este documento se establecen los usos BIM, las

responsabilidades de cada participante, los flujos de información, los formatos de intercambio, los niveles de desarrollo (LOD), los procedimientos de revisión y los entregables esperados.

En este contexto, el interventor verifica que todos los participantes cumplan con los lineamientos definidos en el PEB, revisando que los modelos sean entregados en las fechas establecidas, con el nivel de información requerido y conforme a los estándares de modelado acordados. Asimismo, comprueba que las observaciones generadas durante los procesos de coordinación sean atendidas oportunamente y que las nuevas versiones del modelo incorporen las correcciones solicitadas.

De esta manera, el PEB organiza y estructura el proceso de revisión de la interventoría, al definir qué información debe entregarse, quién es responsable de producirla, cuándo debe ser revisada y cuáles son los criterios para su aceptación. Esto permite que el control técnico se realice de manera sistemática, transparente y trazable, fortaleciendo la calidad de la información y mejorando la toma de decisiones durante la ejecución de proyectos de edificaciones.

### **3.8.2 *Gestion administrativa***

La gestión administrativa en la interventoría comprende el conjunto de actividades orientadas a garantizar el adecuado manejo de la información, el control documental, el cumplimiento de los procedimientos establecidos y la correcta coordinación entre los diferentes participantes del proyecto. La implementación de la metodología BIM fortalece estas actividades mediante la utilización de herramientas y procesos que permiten administrar la información de forma estructurada, trazable y colaborativa durante todo el ciclo de vida del proyecto (International Organization for Standardization [ISO], 2018).

A diferencia de los métodos tradicionales, donde la documentación suele gestionarse de forma independiente y en múltiples versiones, BIM promueve la centralización de la información

mediante un Entorno Común de Datos (Common Data Environment – CDE), garantizando que todos los actores consulten documentos y modelos actualizados. Esto reduce el riesgo de utilizar información obsoleta, mejora la comunicación entre las partes y facilita el seguimiento de las decisiones adoptadas durante el proyecto (buildingSMART International, 2020).

En la gestión administrativa, el interventor verifica el adecuado funcionamiento del CDE, el control de la documentación, la administración de las versiones del modelo, la gestión de las comunicaciones, el cumplimiento de los entregables BIM y la aplicación de los procedimientos establecidos en el Plan de Ejecución BIM (PEB).

- **Entorno comun de datos (CDE):** Es el espacio digital donde se almacena, organiza, comparte y administra toda la información del proyecto, incluyendo modelos BIM, planos, especificaciones técnicas, informes, actas y demás documentos relacionados con la obra. Su objetivo es garantizar que todos los participantes trabajen sobre información única, actualizada y controlada, evitando duplicidades y pérdidas de información (ISO, 2018). Desde la interventoría, el CDE constituye la principal fuente de consulta para verificar el estado de la información del proyecto, realizar el seguimiento de las revisiones efectuadas y comprobar que los documentos publicados correspondan a las versiones oficialmente aprobadas.
- **Control documental:** Consiste en organizar, registrar y supervisar toda la documentación generada durante el proyecto, asegurando que cada documento sea identificado, revisado, aprobado y distribuido conforme a los procedimientos establecidos. La implementación de BIM permite automatizar este proceso mediante plataformas colaborativas que registran el historial de cambios, los responsables de cada revisión y las fechas de publicación de los documentos. Para el interventor, el control documental facilita la verificación del

cumplimiento contractual, la consulta de antecedentes técnicos y la trazabilidad de las decisiones adoptadas durante la ejecución del proyecto.

- **Control de versiones de modelos:** Durante el desarrollo de un proyecto BIM es frecuente que los modelos sean actualizados como resultado de modificaciones en el diseño, observaciones de la interventoría o ajustes derivados del proceso constructivo. Por esta razón, resulta indispensable controlar las diferentes versiones del modelo para garantizar que todos los participantes trabajen con la información vigente. El interventor verifica que cada nueva versión del modelo se encuentre correctamente identificada, documentada y publicada en el CDE, comprobando además que las observaciones realizadas en revisiones anteriores hayan sido atendidas antes de su aprobación.
- **Entregables BIM:** Los entregables BIM corresponden a los modelos, planos, informes, bases de datos y demás productos digitales definidos para cada fase del proyecto. Sus características, contenido, formato, nivel de desarrollo (LOD), fechas de entrega y responsables son establecidos previamente en el Plan de Ejecución BIM (PEB).

En la interventoría, la revisión de los entregables consiste en verificar que la información suministrada cumpla con los requisitos técnicos, contractuales y de calidad establecidos, garantizando que los productos entregados sean consistentes con los usos BIM definidos para el proyecto.

### 3.8.3 *Gestion de costos*

La gestión de costos en la interventoría comprende las actividades orientadas a planificar, verificar y controlar los recursos económicos de un proyecto, garantizando que la ejecución de la obra se desarrolle conforme al presupuesto aprobado y a las condiciones contractuales. En la metodología BIM, esta gestión se fortalece mediante la integración de la información geométrica

del modelo con las cantidades de obra y los costos asociados, dando lugar al denominado BIM 5D, el cual permite realizar un seguimiento dinámico y actualizado del comportamiento financiero del proyecto (Eastman et al., 2018).

La incorporación del BIM 5D facilita la obtención de información confiable para el análisis económico de la obra, ya que cualquier modificación realizada en el modelo actualiza automáticamente las cantidades y el presupuesto. Esto permite que el interventor disponga de datos precisos para verificar los costos, evaluar modificaciones contractuales y controlar el uso de los recursos durante la ejecución del proyecto.

En la gestión de costos, el interventor centra su labor en la revisión de las cantidades de obra, la validación de los presupuestos, el control de pagos y la verificación de que los recursos económicos correspondan con el avance real de la construcción.

#### **3.8.3.1 CANTIDADES DE OBRA**

Las cantidades de obra constituyen la base para la estimación y el control económico del proyecto. Mediante el uso de la metodología BIM, estas cantidades son extraídas automáticamente del modelo digital, reduciendo errores asociados a las mediciones manuales y garantizando que la información utilizada provenga de un modelo coordinado y actualizado.

En la interventoría, el análisis de las cantidades de obra permite verificar que las mediciones correspondan con los elementos realmente modelados y ejecutados, proporcionando un soporte técnico para la aprobación de presupuestos, actas de obra y modificaciones contractuales.

#### **3.8.3.2 PRESUPUESTOS**

El presupuesto constituye uno de los principales instrumentos para la planificación y el control financiero de un proyecto de construcción, ya que cuantifica económicamente las

actividades, los recursos, los materiales, la mano de obra y los equipos necesarios para ejecutar la obra de acuerdo con las especificaciones técnicas y las condiciones contractuales. Su correcta elaboración permite estimar el costo total del proyecto, planificar la inversión requerida y establecer una línea base para el seguimiento y control de la ejecución.

En los métodos tradicionales, el presupuesto se construye a partir de la interpretación de planos bidimensionales y de la cuantificación manual de las cantidades de obra. Este procedimiento depende en gran medida de la experiencia del profesional encargado y está expuesto a errores de medición, omisiones, duplicidad de cantidades e inconsistencias derivadas de modificaciones en los diseños. Como consecuencia, cualquier cambio realizado durante el desarrollo del proyecto requiere actualizar nuevamente las mediciones y recalcular el presupuesto, lo que incrementa el tiempo de trabajo y el riesgo de generar diferencias entre la información técnica y la información económica.

La metodología BIM 5D transforma este proceso al integrar el modelo digital con las cantidades de obra y los costos del proyecto. Cada elemento modelado se relaciona con una partida presupuestal y su correspondiente análisis de precios unitarios, permitiendo que el presupuesto se genere directamente a partir de la información contenida en el modelo. De esta manera, cuando se modifica un elemento del modelo BIM, las cantidades y los costos asociados se actualizan automáticamente, garantizando la coherencia entre el diseño y el presupuesto del proyecto (Eastman et al., 2018).

Esta integración no solo incrementa la precisión de las estimaciones, sino que también facilita el análisis de diferentes alternativas de diseño desde una perspectiva económica. Antes de ejecutar una modificación, es posible evaluar su impacto sobre el costo total del proyecto,

permitiendo tomar decisiones fundamentadas y minimizar el riesgo de sobrecostos o desviaciones presupuestales (Computer Integrated Construction [CIC], 2011).

### **3.8.3.3 Control de pagos**

El control de pagos consiste en verificar que las cantidades ejecutadas y certificadas correspondan con el avance real de la obra y con las condiciones establecidas en el contrato. La utilización de modelos BIM facilita este proceso al proporcionar información precisa sobre las cantidades ejecutadas y su relación con el presupuesto aprobado.

De esta manera, el interventor cuenta con un soporte técnico para revisar las actas de pago, validar las cantidades certificadas por el contratista y garantizar que los desembolsos se efectúen conforme a las actividades realmente ejecutadas.

### **3.8.3.4 Validación de cantidades**

La validación de cantidades corresponde al proceso mediante el cual el interventor compara las cantidades obtenidas del modelo BIM con las cantidades ejecutadas en obra y con las registradas en los documentos contractuales. Esta revisión permite identificar diferencias, omisiones o inconsistencias que puedan afectar el presupuesto o generar controversias durante la ejecución del proyecto.

Gracias a la integración entre el modelo BIM, las mediciones automáticas y las herramientas de presupuesto, la validación de cantidades se convierte en un proceso más ágil, preciso y transparente, fortaleciendo el control técnico y financiero de la interventoría.

En conjunto, la aplicación del BIM 5D en la gestión de costos proporciona al interventor una herramienta para supervisar el comportamiento económico del proyecto de manera continua. La integración entre el modelo digital, las cantidades de obra y el presupuesto mejora la

confiabilidad de la información, optimiza el control de pagos y facilita la identificación temprana de desviaciones presupuestales, contribuyendo a una gestión más eficiente y transparente de los recursos durante la ejecución de edificaciones.

### **3.8.4 *Gestion de riesgos***

La gestión de riesgos en la interventoría de edificaciones comprende la identificación, análisis, evaluación, tratamiento y monitoreo de los eventos inciertos que pueden afectar el desarrollo del proyecto. Estos riesgos pueden generar impactos sobre aspectos fundamentales como la calidad, el costo, la seguridad y el plazo de ejecución. Por esta razón, la interventoría debe realizar un seguimiento continuo de los riesgos identificados y establecer medidas de prevención y respuesta que permitan reducir sus posibles efectos sobre el proyecto (Project Management Institute [PMI], 2017).

La metodología BIM transforma este componente al migrar de un control tradicional —enfocado en la atención reactiva de emergencias e imprevistos en sitio— hacia una gestión de riesgos basada en modelos digitales y trazabilidad de datos, donde los problemas se anticipan y resuelven en la fase de planeación antes de la construcción física (International Organization for Standardization [ISO], 2018; Barreto, 2020).

#### **3.8.4.1 *Mitigación de Riesgos Mediante la Detección de Interferencias***

Las interferencias entre especialidades (estructurales, arquitectónicas y de redes MEP) representan uno de los mayores factores de riesgo técnico en proyectos de edificación (Mojica & Valencia, 2016).

**Prevención de Reprocesos:** La identificación automatizada de Hard Clashes (colisiones físicas) y Soft Clashes (espacios operacionales y de mantenimiento) en el modelo federado

neutraliza el riesgo de detener cuadrillas de trabajo en obra o improvisar perforaciones no autorizadas en elementos estructurales (Mojica & Valencia, 2016; Rivas & Rada, 2020).

**Reducción de Riesgos de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST):** Al detectar colisiones de flujo o interferencias espacio-temporales antes del montaje, se minimiza la exposición del personal a maniobras no planificadas o a riesgos de caída y atrapamiento en sitio (Morales et al., 2019).

#### ***3.8.4.2 Control de Errores de Diseño y Constructabilidad***

Los errores y omisiones en memorias de cálculo, planos bidimensionales e incompatibilidades de cotas representan una causa frecuente de litigios y sobre costos en edificaciones (Mojica & Valencia, 2016).

**Auditoría Técnica del Modelo:** La interventoría evalúa la madurez de los elementos geométricos y paramétricos (LOD 300/350), garantizando que los pases de tuberías, armados de refuerzo (NSR-10) y detalles de impermeabilización respondan a criterios reales de constructabilidad (BIMForum, 2020; Rivas & Rada, 2020).

**Eliminación de Ambigüedades:** La visualización tridimensional parametrizada evita interpretaciones erróneas por parte del constructor, asegurando que las especificaciones técnicas del proyecto se trasladen con exactitud a la fase de obra (Barreto, 2020).

#### ***3.8.4.3 Gestión de Cambios e Ítems No Previstos***

Las solicitudes de modificación al diseño o la aparición de ítems no contemplados inicialmente en el presupuesto representan un riesgo financiero crítico para la estabilidad del contrato (Pastrán Beltrán, 2017).

**Evaluación de Impacto en Tiempo Real:** Al integrar la metodología BIM con las dimensiones 4D (programación) y 5D (presupuesto), la interventoría analiza de forma inmediata la repercusión de un cambio sobre el flujo de caja, el costo total y la fecha de entrega de la edificación (Pérez et al., 2024).

**Control Presupuestal:** Impide la aprobación de mayores cantidades u obras adicionales injustificadas, garantizando que todo cambio propuesto por el contratista o el cliente cuente con la debida sustentación técnica y financiera en el modelo (Pastrán Beltrán, 2017; Rivas & Rada, 2020).

#### 4 Metodología

La presente monografía se desarrolla bajo un enfoque cualitativo, con un alcance descriptivo, analítico y propositivo, orientado a estudiar la aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en la interventoría de proyectos de construcción como estrategia para fortalecer la coordinación interdisciplinaria, optimizar la gestión de cantidades de obra y contribuir al control de costos y la planificación de los proyectos.

El componente descriptivo permitió examinar los fundamentos conceptuales, normativos y metodológicos de la metodología BIM y su relación con los procesos de interventoría. El componente analítico se centró en la revisión de literatura especializada, documentos normativos, casos de estudio y referentes institucionales, con el propósito de identificar problemáticas recurrentes en la gestión tradicional de proyectos y las ventajas derivadas de la implementación de BIM. Finalmente, el componente propositivo consistió en la formulación de lineamientos para la elaboración de un Plan de Ejecución BIM (PEB), fundamentados en las buenas prácticas identificadas durante el desarrollo de la investigación.

La información se recopiló mediante una revisión documental de artículos científicos, normas técnicas, documentos institucionales, manuales técnicos y literatura especializada

relacionada con BIM, complementada con el análisis de casos de estudio nacionales e internacionales y la evaluación de las funcionalidades de herramientas especializadas utilizadas en procesos de modelado, coordinación y gestión de la información.

#### **4.1 Fases metodológicas**

##### **4.1.1 *Revisión bibliográfica y documental***

En la primera fase se realizó una revisión bibliográfica y documental orientada a recopilar información sobre la metodología BIM y su aplicación en la interventoría de proyectos de construcción.

La búsqueda se desarrolló en bases de datos académicas y repositorios especializados, consultando artículos científicos, libros, normas técnicas, documentos institucionales y manuales de software. Entre las principales fuentes se consideraron la norma ISO 19650, documentos de buildingSMART International, BIM Forum, Plan BIM Colombia, el Plan BIM del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), así como la documentación técnica de herramientas como CYPE, BIMserver.center, Open BIM Model Checker y Arquímedes.

La selección de la información se realizó teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Publicaciones relacionadas con la implementación de BIM en proyectos de edificación e infraestructura.
- Documentos que abordaran la coordinación interdisciplinaria, la detección de interferencias, la gestión de cantidades de obra, la planificación 4D y el control de costos 5D.
- Normas y guías reconocidas internacionalmente para la gestión de información mediante BIM.
- Estudios publicados preferiblemente durante los últimos diez años.

Posteriormente, la información fue clasificada por categorías temáticas con el fin de apoyar la construcción del marco conceptual y establecer los fundamentos para el análisis de la investigación.

#### **4.1.2 *Análisis de casos de estudio***

Con el propósito de identificar experiencias documentadas sobre la implementación de la metodología BIM, se realizó un análisis de casos de estudio nacionales e internacionales relacionados con proyectos de edificación e infraestructura.

Los casos fueron seleccionados mediante un muestreo intencional, considerando proyectos que contaran con documentación técnica suficiente y evidenciaran la aplicación de BIM en procesos de coordinación interdisciplinaria, gestión de cantidades de obra, control de costos, planificación o implementación de Planes de Ejecución BIM.

Los criterios de selección fueron los siguientes:

- Aplicación documentada de la metodología BIM.
- Disponibilidad de información técnica y metodológica.
- Relación con procesos de diseño, construcción o interventoría.
- Evidencia de implementación de herramientas para coordinación interdisciplinaria.
- Resultados relacionados con la reducción de interferencias, optimización de cantidades de obra, planificación o control de costos.

Cada caso fue analizado mediante una matriz comparativa que permitió identificar las problemáticas abordadas, las herramientas BIM utilizadas, las estrategias implementadas y los resultados obtenidos, con el fin de extraer buenas prácticas aplicables al contexto de la presente investigación.

Tabla 4. Casos de estudio analizados

| Nombre del caso                                                                                                                                  | Tipo de proyecto          | Ubicación                                                    | Fuente documental                           | Criterios de selección                                                                                      | Problemática analizada                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Aporte al desarrollo del PEB                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Implementación de la metodología BIM en el Centro Cívico Universitario de la Universidad de los Andes                                            | Edificación institucional | Bogotá, Colombia                                             | Trabajo de grado – Universidad de los Andes | Implementación real de BIM en un proyecto colombiano y aplicación del BIM Kit Colombia.                     | Coordinación entre disciplinas, gestión colaborativa de la información y modelado durante la etapa de diseño.                                                                                                                                                                                                           | Permitió identificar la importancia de definir objetivos BIM, roles, responsabilidades y flujos de información dentro del PEB.                                                                                               |
| Análisis de la aplicación de la metodología BIM en un edificio en fase constructiva. Estudio de caso                                             | Edificación residencial   | Medellín, Colombia                                           | Universidad Pontificia Bolivariana          | Proyecto con implementación BIM durante la construcción y análisis de cantidades de obra.                   | Diferencias entre cantidades tradicionales y cantidades obtenidas desde el modelo BIM; coordinación durante la ejecución.                                                                                                                                                                                               | Aportó lineamientos para el control de cantidades, la actualización del modelo y la gestión de cambios durante la ejecución.                                                                                                 |
| Integración BIM y Lean Construction en la fase de planificación del Edificio D de la Sede Bicentenario de la Universidad Industrial de Santander | Edificación educativa     | Socorro, Santander, Colombia                                 | Universidad Industrial de Santander         | Proyecto colombiano que integra BIM y Lean Construction desde la planificación.                             | Interferencias entre disciplinas, pérdidas por reprocesos y dificultades en la planificación de obra.                                                                                                                                                                                                                   | Permitió establecer lineamientos para la coordinación temprana, la planificación colaborativa, la reducción de interferencias y la programación de actividades dentro del PEB.                                               |
| El impacto de BIM en la coordinación de proyectos: investigación de interferencias                                                               | Edificación               | Brasil (dos proyectos reales de una oficina de arquitectura) | Revista de Arquitectura                     | Caso de estudio sobre coordinación entre arquitectura, estructura y proyectos complementarios mediante BIM. | Comparación entre el método tradicional y la detección automática de interferencias utilizando modelos federados BIM. El estudio mostró que el método automatizado detectó 107 interferencias, frente a 17 identificadas mediante el método híbrido, mejorando significativamente la coordinación entre especialidades. | Sirvió como base para definir el procedimiento de coordinación interdisciplinaria, la periodicidad de las revisiones de interferencias, los responsables del proceso y el protocolo de gestión de conflictos dentro del PEB. |

Fuente: Autoría propia

Como resultado de la evaluación técnica realizada, se identificó que cada una de las herramientas analizadas aporta funcionalidades específicas que fortalecen la gestión de la interventoría durante las diferentes etapas del proyecto. Mientras que CYPE Architecture facilita el modelado arquitectónico y la integración inicial del proyecto, CYPECAD y CYPECAD MEP permiten coordinar los componentes estructurales y las instalaciones técnicas, favoreciendo la identificación temprana de inconsistencias entre disciplinas.

Por su parte, Open BIM Model Checker demostró ser una herramienta útil para la detección y gestión de interferencias (Clash Detection), permitiendo revisar modelos

federados y apoyar la coordinación interdisciplinaria antes del inicio de la construcción.

De igual manera, Arquímedes evidenció ventajas para la generación y actualización de cantidades de obra, la elaboración de presupuestos y el seguimiento de costos, mientras que BIMserver.center facilitó el intercambio de información, la colaboración entre los diferentes actores del proyecto y la gestión documental mediante un Entorno Común de Datos (CDE).

En conjunto, la evaluación de las herramientas permitió identificar que un flujo de trabajo basado en BIM favorece la integración y trazabilidad de la información y proporciona funcionalidades orientadas a la coordinación interdisciplinaria, la detección de interferencias, la cuantificación de cantidades de obra, la planificación y el control de costos. Estas funcionalidades constituyeron un insumo para analizar su aplicabilidad en los procesos de interventoría y para la formulación de los lineamientos del Plan de Ejecución BIM (PEB) propuesto en la presente investigación.

Tabla 5. Evaluación de las herramientas BIM

| <b>Herramienta BIM</b>        | <b>Funcionalidad evaluada</b>          | <b>Contribución a la interventoría</b>                                                     |
|-------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CYPE Architecture</b>      | Modelado arquitectónico                | Integración inicial del modelo y revisión del diseño.                                      |
| <b>CYPECAD</b>                | Modelado estructural                   | Coordinación entre arquitectura y estructura.                                              |
| <b>CYPECAD MEP</b>            | Modelado de instalaciones              | Coordinación entre redes hidráulicas, sanitarias, eléctricas y mecánicas.                  |
| <b>Open BIM Model Checker</b> | Detección de interferencias            | Identificación temprana de conflictos entre disciplinas y apoyo a la coordinación técnica. |
| <b>Arquímedes</b>             | Presupuestos y cantidades de obra      | Generación de cantidades, presupuestos y control de costos (BIM 5D).                       |
| <b>BIMserver.center</b>       | Gestión colaborativa de la información | Intercambio de modelos, control documental y gestión del Entorno Común de Datos (CDE).     |

**Fuente:** Elaboración propia con base en International Organization for Standardization (2018), buildingSMART International (2021), la documentación técnica de CYPE Ingenieros, BIMserver.center y Open BIM Model Checker, así como en la literatura especializada consultada.

#### ***4.1.3 Evaluación técnica mediante software especializado***

Como parte de la investigación se realizó una evaluación técnica y ejercicios de aplicación mediante herramientas especializadas de la metodología BIM, entre ellas CYPE, Open BIM Model Checker y BIMserver.center, complementadas con el uso de Arquímedes para el análisis de cantidades y costos.

La evaluación estuvo orientada a identificar las funcionalidades de estas herramientas y su posible aplicación en procesos de interventoría, particularmente en actividades relacionadas con el modelado, la coordinación interdisciplinaria, la detección de interferencias, la cuantificación de cantidades de obra, la gestión de información y el control de costos.

Los ejercicios desarrollados permitieron observar el flujo de información entre los diferentes procesos y reconocer situaciones que, desde la perspectiva de la interventoría, pueden ser objeto de revisión y control. Entre ellas se consideraron la identificación de interferencias entre disciplinas, la correspondencia entre elementos modelados y cantidades de obra, la relación entre cantidades y presupuesto, y el seguimiento de modificaciones realizadas sobre la información del proyecto.

La evaluación no tuvo como propósito establecer experimentalmente porcentajes de reducción de costos, tiempos o errores, sino identificar las funcionalidades y aplicaciones de las herramientas BIM que pueden contribuir al fortalecimiento de los procesos de control de la interventoría.

Los resultados obtenidos fueron utilizados como insumo para el diagnóstico de las problemáticas analizadas y para la formulación de los lineamientos propuestos para el Plan de Ejecución BIM (PEB).

#### **4.1.4 Formulación del Plan de Ejecución BIM (PEB)**

Con base en los resultados obtenidos durante la revisión bibliográfica, el análisis de casos de estudio y la evaluación de herramientas especializadas, se formularon lineamientos para la elaboración de un Plan de Ejecución BIM (PEB) orientado a proyectos de edificación. La propuesta se fundamentó en los principios establecidos en la norma ISO 19650, las recomendaciones de buildingSMART International, BIM Forum, el Plan BIM Colombia y las buenas prácticas identificadas en los casos analizados.

Los lineamientos propuestos buscan establecer una estructura que facilite la planificación, coordinación, gestión de la información y seguimiento del proyecto durante todas sus etapas, promoviendo una implementación ordenada de la metodología BIM dentro de los procesos de interventoría.

Para ello se definieron los siguientes componentes:

- **Objetivos y usos BIM**

Se establecen los objetivos específicos que tendrá la implementación de BIM dentro del proyecto, definiendo los usos que tendrá el modelo digital, tales como la coordinación interdisciplinaria, la obtención de cantidades de obra, la detección de interferencias, la planificación 4D y la gestión de costos 5D. La definición temprana de estos objetivos permite orientar el trabajo de todos los participantes hacia resultados comunes y facilita el cumplimiento de los requerimientos del proyecto.

- **Roles y responsabilidades**

Se identifican las funciones y responsabilidades de cada uno de los actores involucrados (propietario, diseñador, interventoría, contratista y coordinador BIM), estableciendo claramente quién genera, revisa, aprueba y actualiza la información. La asignación de responsabilidades reduce duplicidad de actividades, mejora la comunicación y fortalece el control durante el desarrollo del proyecto.

- **Requisitos de información y Niveles de Desarrollo (LOD)**

Se definen los requerimientos de información que deben contener los modelos BIM y el nivel de desarrollo esperado para cada etapa del proyecto. Esto garantiza que la información entregada sea consistente, suficiente y adecuada para apoyar la toma de decisiones durante el diseño, la construcción y la interventoría.

- **Gestión de la información mediante un Entorno Común de Datos (CDE)**

Se establecen lineamientos para la organización, almacenamiento, intercambio y actualización de la información del proyecto dentro de un Entorno Común de Datos (CDE),

garantizando que todos los participantes trabajen con versiones controladas y actualizadas de los modelos y documentos. Este componente mejora la trazabilidad de la información y disminuye errores ocasionados por el uso de información desactualizada.

- **Coordinación interdisciplinaria y modelos federados**

Se definen procedimientos para integrar los modelos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones en un modelo federado, permitiendo realizar revisiones conjuntas entre las diferentes disciplinas. Este proceso facilita la identificación de inconsistencias antes del inicio de la construcción y mejora la coordinación entre los equipos técnicos.

- **Protocolo para la detección y gestión de interferencias**

Se establecen criterios para realizar revisiones periódicas mediante herramientas de Clash Detection, definiendo responsables, frecuencia de revisión, clasificación de conflictos y procedimientos para documentar y dar seguimiento a las interferencias detectadas. La implementación de este protocolo contribuye a reducir reprocesos, modificaciones en obra, sobrecostos y retrasos en la ejecución.

- **Gestión de cantidades de obra y presupuestos (BIM 5D)**

Se proponen lineamientos para vincular el modelo BIM con la cuantificación automática de cantidades de obra y la elaboración de presupuestos, permitiendo actualizar la información cuando se produzcan modificaciones en el diseño. Esto mejora la confiabilidad de los presupuestos y facilita el control financiero del proyecto.

- **Planificación y seguimiento del proyecto (BIM 4D)**

Se plantean lineamientos para relacionar el modelo BIM con la programación de obra, permitiendo visualizar la secuencia constructiva y realizar seguimiento al avance físico del proyecto. Esta integración facilita la identificación de desviaciones en el cronograma y apoya la toma de decisiones por parte de la interventoría.

- **Indicadores de seguimiento**

Se establecen indicadores para evaluar el desempeño de la implementación BIM, tales como número de interferencias detectadas y resueltas, cumplimiento del cronograma, variaciones presupuestales, actualización de modelos y calidad de la información entregada. Estos indicadores permiten medir la efectividad del PEB y apoyar los procesos de mejora continua.

La formulación de estos lineamientos constituye una guía para la implementación organizada de la metodología BIM en proyectos de construcción, proporcionando a la interventoría criterios para fortalecer la coordinación interdisciplinaria, mejorar la calidad de la información, optimizar el control de cantidades de obra, reducir riesgos asociados a interferencias entre especialidades y fortalecer el seguimiento de la planificación y los costos del proyecto. De esta manera, el PEB se consolida como un instrumento de gestión que favorece la toma de decisiones oportunas y contribuye al cumplimiento de los objetivos técnicos, administrativos y financieros del proyecto.

## **5 Desarrollo de los objetivos**

### **5.1 Análisis de falencias en los cálculos de cantidades de obra y su impacto en la exactitud del presupuesto y la programación**

En el ámbito de la construcción, los cálculos de las cantidades de obra son una etapa crucial que influye directamente en la elaboración del presupuesto y en la planificación de las actividades. Un error en las medidas puede provocar desviaciones significativas en los costos, los plazos y la calidad del proyecto. (Arboleda López, 2014) Por eso, es esencial identificar y analizar las principales falencias que surgen durante este proceso, con el objetivo de establecer estrategias de mejora que aseguren una mayor precisión y confiabilidad en la gestión del proyecto.

Los cálculos de cantidades de obra constituyen la base para la elaboración de presupuestos, programación de actividades, adquisición de materiales y contratación de servicios. Una cuantificación adecuada permite:

- Definir con precisión los recursos requeridos.
- Estimar correctamente los costos directos.
- Programar de manera eficiente la ejecución del proyecto.
- Evitar sobre costos, retrabajos y retrasos.

#### **5.1.1 Principales falencias en la cuantificación de obra**

La cuantificación de obra constituye una etapa fundamental para la elaboración del presupuesto, la programación y el control económico de los proyectos de construcción. La precisión de los metrados depende de factores como la correcta interpretación de los planos, la aplicación de criterios de medición uniformes, la coordinación entre las diferentes especialidades y la implementación de procesos adecuados de revisión y validación.

Sin embargo, durante este proceso pueden presentarse diferentes falencias que afectan la confiabilidad de las cantidades obtenidas y, consecuentemente, generan variaciones en el presupuesto, reprocesos, sobrecostos y afectaciones en la programación del proyecto (Morales et al., 2022).

#### **5.1.1.1 Interpretación incorrecta o incompleta de planos**

Una de las falencias más frecuentes corresponde a la interpretación incorrecta o incompleta de los planos de arquitectura y de las diferentes especialidades. Esta situación puede presentarse por falta de experiencia, lectura insuficiente de la información gráfica, falta de atención al detalle o deficiencias en la coordinación entre los profesionales involucrados.

La interpretación adecuada requiere revisar no solamente las plantas arquitectónicas, sino también cortes, elevaciones, detalles constructivos, especificaciones y planos correspondientes a las demás disciplinas. Cuando esta información no se analiza de manera integral, pueden presentarse omisiones o duplicidades en las cantidades de obra.

**Tabla 6.** Principales problemas de la interpretación incorrecta de planos.

| PROBLEMAS PRINCIPALES                                                               | CONSECUENCIAS                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Omisión de elementos representados en cortes, elevaciones o detalles constructivos. | Sobrestimaciones de cantidades.                           |
| Lectura incompleta de cortes, elevaciones o detalles constructivos                  | Omisión de partidas completas en el presupuesto.          |
| Confusión entre ejes de diseño y cotas reales.                                      | Retrasos en obra por falta de materiales no contemplados. |

**Fuente:** elaboración propia con base en Monteiro y Martins (2013)

Desde la perspectiva de la interventoría, la revisión debe orientarse a verificar la correspondencia entre los planos aprobados y las cantidades utilizadas para la elaboración del presupuesto, así como la coherencia entre las diferentes especialidades. También resulta necesario comprobar que la información empleada corresponda a la versión vigente de los diseños y que los elementos representados gráficamente se encuentren debidamente reflejados en las cantidades de obra. Para realizar esta verificación, la interventoría debe contar con los planos aprobados, memorias de cantidades, cuadros de cantidades, especificaciones técnicas y, cuando el proyecto utilice metodología BIM, los modelos correspondientes y su registro de versiones.

Cuando se detecten diferencias, la interventoría debe solicitar la aclaración o corrección de la información antes de aprobar las cantidades o autorizar la ejecución de la actividad. Esta revisión permite determinar si una diferencia corresponde a un error de cuantificación, una modificación de diseño o una condición adicional del proyecto. Su importancia radica en que una cantidad incorrectamente determinada puede afectar directamente el presupuesto contractual, generar solicitudes de modificación o actividades adicionales y, cuando la corrección requiera trabajos no previstos, producir afectaciones en la programación.

#### ***5.1.1.2 Uso de unidades y métodos de medición inconsistentes***

Otra falencia corresponde a la falta de uniformidad en los criterios empleados para realizar las mediciones. Cuando los profesionales utilizan diferentes procedimientos, unidades o criterios de cálculo para una misma actividad, pueden obtenerse resultados diferentes, dificultando la revisión y validación de los presupuestos.

La aplicación de criterios estandarizados permite mejorar la trazabilidad de los cálculos y facilitar la comparación entre las cantidades presupuestadas, contratadas y ejecutadas (Morales et al., 2022).

**Tabla 7.** Tabla principales problemas en el uso de unidades y metodos de medicion

| PROBLEMAS PRINCIPALES                                                                                       | CONSECUENCIAS                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Utilización incorrecta o inconsistente de unidades como m, m <sup>2</sup> , m <sup>3</sup> , kg o unidades. | Dificultades para revisar y comparar los presupuestos.                     |
| Aplicación de diferentes métodos para calcular una misma actividad.                                         | Diferencias entre cantidades presupuestadas y ejecutadas.                  |
| Inclusión o exclusión de sobreespores sin criterios definidos.                                              | Inconsistencias en la elaboración de actas de obra.                        |
| Falta de criterios uniformes para el redondeo de cantidades.                                                | Dificultades en la conciliación de cantidades.                             |
| Diferencias entre los procedimientos utilizados por los responsables de los metrados.                       | Incremento de reclamaciones y controversias relacionadas con los metrados. |

**Fuente:** elaboración propia con base en Monteiro y Galindo.2022 )

En este contexto, la interventoría debe verificar que cada actividad sea cuantificada de acuerdo con la unidad establecida en el presupuesto y las especificaciones técnicas, manteniendo un criterio uniforme para determinar áreas, volúmenes, longitudes o cantidades. Asimismo, debe comprobar que los criterios utilizados para las cantidades presupuestadas sean consistentes con aquellos empleados para medir las actividades ejecutadas. Para ello, debe revisar las memorias de cantidades, especificaciones, presupuesto contractual, planos y registros de medición de obra, verificando que exista correspondencia entre la descripción de la actividad, su unidad de medida y el procedimiento utilizado para obtener la cantidad.

Cuando se presenten diferencias, la interventoría debe solicitar la conciliación y justificación de los criterios empleados antes de aprobar la cantidad para efectos de pago. Este control resulta fundamental debido a que una inconsistencia en la unidad o en el método de medición puede alterar el valor de una actividad, afectar las actas de obra y generar diferencias entre el presupuesto contractual y el avance económico real del proyecto.

#### **5.1.1.3 Omisión de partidas por falta de desglose técnico**

La falta de desglose técnico de las actividades puede ocasionar que determinados elementos necesarios para la ejecución no sean considerados dentro de la cuantificación. Esta situación es frecuente cuando se utilizan partidas demasiado generales que no permiten identificar todos los componentes requeridos para desarrollar una actividad.

Por ejemplo, una actividad de estructura metálica puede incluir elementos principales y complementarios como pernos, anclajes, soldaduras, placas y otros accesorios que deben ser considerados de acuerdo con el alcance y las especificaciones del proyecto.

**Tabla 8.** Tabla principales problemas por falta de desglose tecnico.

| <b>PROBLEMAS PRINCIPALES</b>                                                   | <b>CONSECUENCIAS</b>                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Omisión de elementos auxiliares como pernos, anclajes, juntas y accesorios.    | Incremento del presupuesto durante la ejecución.                        |
| Cuantificación únicamente de los elementos principales o visibles.             | Solicitud de cantidades o actividades adicionales.                      |
| Falta de consideración de actividades preliminares.                            | Reprogramaciones por falta de materiales o actividades no contempladas. |
| Agrupación excesiva de actividades en partidas generales.                      | Pérdida de control sobre los costos directos e indirectos.              |
| Falta de revisión de las especificaciones técnicas asociadas a cada actividad. | Necesidad de realizar modificaciones al presupuesto contractual.        |

**Fuente:** elaboración propia con base en Monteiro y Galindo.2022 )

Desde la función de interventoría, es necesario verificar que exista correspondencia entre el alcance del proyecto, los diseños, las especificaciones técnicas y las partidas incluidas en el presupuesto. La revisión debe permitir determinar si los elementos representados en los diseños cuentan con una actividad o partida que permita su ejecución y pago, evitando que durante la obra aparezcan como actividades adicionales elementos que ya estaban contemplados dentro del alcance original. Para esta revisión pueden utilizarse los planos, memorias de cantidades, análisis de precios unitarios, especificaciones técnicas y, cuando exista, el modelo BIM, debido a que este permite identificar los elementos que conforman el proyecto y relacionarlos con las partidas presupuestales.

En caso de que durante la ejecución se presente una actividad que no se encuentre incluida en el presupuesto, la interventoría debe verificar técnicamente su necesidad y determinar si corresponde realmente a una actividad adicional o si se trata de un elemento que debía estar incluido dentro de una partida existente. Esta verificación es importante para proteger el presupuesto contractual y evitar la aprobación de costos que no cuenten con una justificación técnica o contractual. De igual manera, cuando una actividad adicional sea procedente, su identificación anticipada permite evaluar su incidencia sobre el presupuesto y el cronograma antes de su ejecución.

#### **5.1.1.4 Errores aritméticos o de cálculo manual**

A pesar de la incorporación de herramientas digitales en los procesos de cuantificación, pueden presentarse errores humanos durante el ingreso, procesamiento y revisión de los datos. Estos errores pueden estar relacionados con operaciones matemáticas, conversiones de unidades,

digitación de información o utilización incorrecta de fórmulas en hojas de cálculo (Morales y Galindo, 2022).

**Tabla 9.** Tabla principales problemas en los errores de calculo

| PROBLEMAS PRINCIPALES                                      | CONSECUENCIAS                                            |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Errores en la conversión de unidades.                      | Alteración directa de las cantidades de obra.            |
| Ingreso incorrecto de datos en hojas de cálculo.           | Modificación del valor final del presupuesto.            |
| Utilización incorrecta de fórmulas.                        | Diferencias entre cantidades calculadas y ejecutadas.    |
| Errores en operaciones de suma, multiplicación o división. | Dificultades durante las conciliaciones de obra.         |
| Redondeo anticipado de valores sin justificación técnica.  | Necesidad de realizar reprocesos y correcciones.         |
| Falta de revisión de los resultados obtenidos.             | Pérdida de confiabilidad en la información presupuestal. |

**Fuente:** elaboración propia con base en Monteiro y Galindo.2022 )

En este caso, la interventoría debe realizar una revisión de las operaciones empleadas para determinar las cantidades, verificando las fórmulas, conversiones, sumatorias y resultados obtenidos. Esta revisión debe contrastar las memorias de cálculo con el presupuesto y, posteriormente, con las cantidades certificadas durante la ejecución. Cuando se utilicen herramientas digitales de presupuesto y medición, como Arquímedes, los resultados obtenidos mediante el software pueden utilizarse como elemento adicional de verificación y trazabilidad.

Si durante la revisión se identifica una diferencia, la interventoría debe solicitar la corrección del cálculo y verificar nuevamente el valor antes de aprobar la cantidad correspondiente. Este procedimiento permite disminuir el riesgo de aprobar pagos sobre cantidades incorrectas y facilita la identificación de diferencias entre el presupuesto previsto y el avance real. De esta manera, el control de los cálculos no se limita a verificar una operación matemática, sino

que se convierte en un mecanismo para proteger el valor contractual y garantizar que el avance financiero represente adecuadamente la ejecución física del proyecto.

#### **5.1.1.5 Falta de coordinación entre especialidades**

La coordinación entre las diferentes disciplinas que intervienen en un proyecto constituye un factor fundamental para garantizar la coherencia de la información utilizada en la cuantificación. Arquitectura, estructura, instalaciones eléctricas, hidrosanitarias y demás especialidades pueden presentar modificaciones que, cuando no son coordinadas oportunamente, generan inconsistencias en los planos y en los metrados.

La utilización de información desactualizada o la falta de revisión cruzada puede generar duplicidades, omisiones e interferencias que posteriormente se manifiestan durante la ejecución (Morales y Galindo, 2022).

**Tabla 10.** Tabla principales problemas por falta de coordinación de especialidades.

| PROBLEMAS PRINCIPALES                                         | CONSECUENCIAS                                                    |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Falta de coordinación entre arquitectura y estructura.        | Duplicación o ausencia de cantidades.                            |
| Interferencias entre elementos estructurales e instalaciones. | Inconsistencias entre presupuestos de diferentes especialidades. |
| Doble conteo o exclusión de elementos compartidos             | Conflictos durante la ejecución de las actividades.              |
| Utilización de versiones desactualizadas de los planos        | Demoliciones y reprocesos.                                       |
| Cambios de diseño que no son incorporados oportunamente.      | Sobrecostos por trabajos correctivos.                            |

|                                                 |                                          |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Falta de revisión cruzada entre especialidades. | Afectaciones al cronograma de ejecución. |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------|

**Fuente:** elaboración propia con base en Monteiro y Galindo.2022 )

Desde la interventoría, esta situación debe ser controlada mediante la revisión de la compatibilidad entre los diseños y las diferentes versiones de los documentos. El interventor debe verificar que los cambios realizados en una especialidad sean incorporados en las demás y que las cantidades utilizadas en el presupuesto correspondan a diseños coordinados. Cuando el proyecto cuente con modelos BIM, esta revisión puede complementarse mediante un modelo federado y herramientas de detección de interferencias, permitiendo identificar anticipadamente conflictos entre elementos estructurales, arquitectónicos y de instalaciones.

La evidencia requerida para este control puede estar constituida por los planos coordinados, modelos de las diferentes disciplinas, informes de coordinación, reportes de interferencias, registros de cambios y versiones aprobadas. Cuando se detecte una interferencia, la interventoría debe solicitar su revisión y corrección antes de que la actividad sea ejecutada, dejando evidencia del hallazgo y de la solución adoptada. Esta actuación tiene una relación directa con el control contractual, debido a que permite determinar si un eventual costo adicional o retraso corresponde a una modificación legítima del proyecto o a una deficiencia de coordinación que pudo haberse detectado previamente.

#### **5.1.1.6 Ausencia de revisión y validación técnica**

La revisión y validación técnica de los metrados constituye un mecanismo de control necesario para identificar errores antes de que las cantidades sean incorporadas al presupuesto definitivo. Cuando no existen procedimientos de verificación o estos se realizan de manera

insuficiente, aumenta la posibilidad de que errores de interpretación, cálculo u omisión permanezcan hasta la etapa de ejecución.

La revisión puede incluir la comparación de cantidades con planos, especificaciones técnicas, modelos tridimensionales y otros documentos que permitan comprobar la consistencia de la información.

**Tabla 11.** Tabla principales problemas en la ausencia de revision tecnica.

| PROBLEMAS PRINCIPALES                                                           | CONSECUENCIAS                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Ausencia de auditorías o revisiones de los metrados.                            | Inclusión de errores en presupuestos y procesos de contratación. |
| Falta de verificación independiente de las cantidades.                          | Diferencias entre cantidades presupuestadas y ejecutadas.        |
| No contrastar los metrados con el modelo tridimensional cuando está disponible. | Dificultades en el control financiero del proyecto.              |
| Falta de procedimientos estandarizados de control.                              | Incremento de reprocesos y modificaciones.                       |
| Aprobación de cantidades sin una adecuada trazabilidad.                         | Sobrecostos durante la ejecución.                                |
| Dependencia excesiva de procesos manuales de revisión.                          | Posibles controversias contractuales                             |

**Fuente:** elaboración propia con base en Monteiro y Galindo.2022 )

Desde la perspectiva de la interventoría, este control debe realizarse mediante una validación cruzada de la información, contrastando las cantidades del presupuesto con los planos, especificaciones, memorias de cálculo y, cuando corresponda, con el modelo BIM. Además, deben

conservarse los registros de las revisiones, observaciones, correcciones y aprobaciones, de manera que exista trazabilidad sobre las decisiones tomadas durante el proceso. La evidencia puede estar constituida por listas de chequeo, informes de revisión, memorias de cantidades, planos aprobados, reportes de medición y registros de las versiones utilizadas.

Cuando se identifiquen inconsistencias, la interventoría debe formular las observaciones correspondientes y solicitar su corrección antes de aprobar la información. Si el error tiene incidencia sobre el presupuesto, las cantidades ejecutadas o el plazo contractual, debe quedar documentado para establecer posteriormente su impacto. De esta manera, la revisión técnica funciona como una medida preventiva que permite detectar errores antes de que se conviertan en modificaciones, sobrecostos, reclamaciones o retrasos durante la ejecución.

### ***5.1.2 Falencias en la Cuantificación de Obra vs Soluciones que Ofrece la Metodología BIM***

La metodología BIM no solo introduce una transformación digital en la gestión de la construcción, sino que también aporta una solución concreta a cada una de las falencias críticas detectadas en la cuantificación de obra. Mediante la integración de visualización tridimensional, automatización de cálculos, coordinación interdisciplinaria y trazabilidad documental, BIM se posiciona como una herramienta fundamental para alcanzar presupuestos precisos y planificación confiable en proyectos de construcción (Forero-Almeciga, y Rojas-Pulido, 2020).

Incorporar la metodología BIM en el proceso de interventoría no solo mejora el control técnico y financiero de la obra, sino que también permite al interventor adoptar un rol más analítico, preventivo y eficiente, con herramientas digitales que aseguran mayor exactitud en la supervisión de cantidades, especificaciones y cumplimiento del contrato. (Azhar, 2011, p. 245).

En este sentido, BIM no solo corrige falencias en el proceso de cuantificación, sino que también transforma la interventoría en una función más precisa, transparente y proactiva.

**Tabla 12.** *Solución BIM para disminuir las falencias en la cuantificación de obra*

| <i>Falencia</i>                                     | <i>Consecuencia en la Interventoría de Obra</i>                                                                                          | <i>Solución que ofrece BIM para la Interventoría</i>                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mala interpretación de planos                       | Dificultades para verificar si lo ejecutado coincide con lo diseñado. Se aceptan obras con errores por falta de claridad gráfica.        | BIM permite una revisión tridimensional del modelo, lo que facilita la validación visual precisa y comprensible para el interventor, incluso en campo.                          |
| Inconsistencias en unidades y criterios de medición | Imposibilidad de confirmar si los metrados reportados por el contratista están medidos bajo criterios técnicos correctos.                | BIM estandariza los criterios de medición al generar cantidades directamente desde objetos modelados con parámetros técnicos definidos.                                         |
| Omisión de partidas por falta de detalle técnico    | Dificultad para detectar elementos no cuantificados que pueden aparecer como “adicionales” injustificados.                               | El modelo BIM detalla todos los elementos incluidos en el diseño. La interventoría puede revisar si alguna solicitud de adicional ya estaba representada en el modelo original. |
| Errores aritméticos o manuales                      | La interventoría debe revisar grandes volúmenes de cálculos a mano para confirmar cantidades, con alto riesgo de pasar por alto errores. | BIM automatiza los cálculos de cantidades, permitiendo que la interventoría valide directamente en el modelo, reduciendo tiempos y errores.                                     |
| Falta de coordinación entre especialidades          | Dificultad para detectar interferencias (estructuras vs instalaciones) hasta etapas avanzadas de obra.                                   | BIM permite detectar interferencias desde el diseño. La interventoría puede exigir modelos coordinados antes del inicio de obra, reduciendo reprocesos.                         |
| Ausencia de revisión técnica o trazabilidad         | No existe respaldo verificable de cómo se calcularon las cantidades ni de los cambios aprobados.                                         | BIM permite trazabilidad completa: cada cambio queda registrado y puede ser auditado por la interventoría en el modelo digital.                                                 |

Adaptada a partir de las distintas fuentes de información de la guía 11 Plan de ejecución BIM (CAMACOL).

De acuerdo con lo anterior, la elaboración de presupuesto de obra implica un alto grado de precisión en el parámetro de los elementos constructivos, cualquier error en los cálculos puede ocasionar problemas financieros, contractuales y de cronograma que ya dicho en muchas ocasiones también deriva en tener un excelente equipo de interventoría para un arduo seguimiento.

La interventoría de obra tiene como objetivo principal realizar el seguimiento y control de la ejecución del proyecto, verificando el cumplimiento de las condiciones técnicas, contractuales, financieras y de plazo establecidas. En este contexto, la metodología BIM proporciona herramientas que fortalecen los procesos de supervisión y control, debido a que permite representar digitalmente el proyecto, integrar información de sus diferentes componentes e identificar posibles problemas de diseño y construcción. Asimismo, BIM puede facilitar la estimación de costos mediante la extracción y actualización de cantidades de materiales a partir del modelo, así como la coordinación de actividades y la detección de interferencias (Azhar, 2011). En este marco, herramientas como Arquímedes BIM pueden ser empleadas desde la interventoría para apoyar la revisión de cantidades de obra, costos, avances y modificaciones del proyecto

. Arquímedes es un software desarrollado por CYPE Ingenieros para la gestión de presupuestos, mediciones, certificaciones, planificación y control de costes de obra. Su integración con modelos BIM permite relacionar los elementos del modelo con las partidas presupuestales y obtener información que puede ser utilizada para verificar las cantidades, controlar la ejecución y analizar las diferencias entre lo previsto y lo ejecutado. En el contexto de la interventoría, su importancia no radica únicamente en automatizar cálculos, sino en proporcionar información verificable que permita realizar controles sobre el presupuesto, las cantidades certificadas, el avance de las actividades y las modificaciones que puedan presentarse durante la ejecución.

#### ***5.1.2.1 Vinculación directa entre objetos del modelo y partidas del presupuesto***

Una de las principales funcionalidades de Arquímedes consiste en establecer una relación entre los objetos del modelo BIM y las partidas que conforman el presupuesto. Al vincular un presupuesto con un modelo de Revit, es posible extraer las mediciones de los elementos modelados y detectar situaciones en las que una partida no tenga un objeto asociado o presente una cantidad

igual a cero. Esta funcionalidad permite identificar inconsistencias que pueden originarse en el modelo o en la asignación de los elementos a las partidas presupuestales.

Desde la función de interventoría, esta herramienta debe utilizarse como mecanismo de verificación de la correspondencia entre el diseño y el presupuesto. El interventor debe revisar que los elementos representados en el modelo se encuentren asociados a las partidas correspondientes y que las actividades incluidas en el presupuesto tengan un respaldo en los diseños. Cuando Arquímedes identifique elementos no asignados o partidas con cantidades iguales a cero, estos resultados deben ser considerados como alertas para realizar una revisión técnica antes de aprobar las cantidades. Como evidencia del control pueden conservarse el reporte de vínculos, el informe de mediciones, el modelo utilizado, el presupuesto y el registro de la observación realizada.

Cuando se encuentre una inconsistencia, la interventoría debe solicitar al contratista o diseñador la aclaración correspondiente y determinar si se trata de un error de modelado, una omisión en el presupuesto o una diferencia propia del alcance del proyecto. Esta decisión debe quedar documentada para mantener la trazabilidad del proceso. El control resulta relevante para el contrato porque evita que se aprueben cantidades que no puedan relacionarse con los elementos diseñados y permite prevenir diferencias posteriores entre el presupuesto, las cantidades ejecutadas y los pagos.

#### **5.1.2.2 Medición automática de cantidades directamente desde el modelo**

Arquímedes permite extraer automáticamente áreas, volúmenes, longitudes y cantidades a partir de los objetos contenidos en el modelo BIM. Esta funcionalidad disminuye la necesidad de realizar mediciones manuales; sin embargo, la precisión del resultado depende de que los

elementos hayan sido correctamente modelados, ya que errores en parámetros como espesores o alturas pueden producir mediciones incorrectas o nulas.

**Figura 1.** Opcion de medicion automatica en arquimedes

The screenshot displays the CYPE Ingenieros software interface for automatic measurement. The main window is titled 'Vivienda completa sin medicion' and shows a project tree on the left with categories like 'Al - Drenajes', 'C - Cimentaciones', 'E - Estructuras', 'F - Fachadas y patios', and 'FF - Fábrica no estructural'. The central workspace shows a table of measurements for 'Muro básico - LH7 ENL' with columns for 'Entidad', 'Igualar', 'Grupo', 'Ud', 'Combinación utilizada', and 'Observaciones'. The right-hand panel shows 'Tipos de Muro básico (16)' with columns for 'Nombre de tipo', 'Marca de tipo', 'Anchura', 'Nota clave', and 'Cype\_CodMed'. Below this, there is a table of measurements for 'FFQ010' with columns for 'Id', 'A', 'B', 'Parcial', and 'Subtotal'. The bottom of the interface has buttons for 'Aceptar', 'Aplicar', 'Extracción de mediciones', 'Medición de presupuesto', and 'Cancelar'.

| Id             | A            | B         | Parcial | Subtotal |
|----------------|--------------|-----------|---------|----------|
| 127250         | 1.000000000  | 3.663     | 3.663   |          |
| 125953         | 1.000000000  | 2.619     | 2.619   |          |
| 121895         | 1.000000000  | 13.298    | 13.298  |          |
| 124653         | 1.000000000  | 15.854    | 15.854  |          |
| 155702         | 1.000000000  | 9.383     | 9.383   |          |
| 124171         | 1.000000000  | 5.064     | 5.064   |          |
| 124996         | 1.000000000  | 1.444     | 1.444   |          |
| 125565         | 1.000000000  | 8.030     | 8.030   |          |
| 124316         | 1.000000000  | 2.338     | 2.338   |          |
| 128354         | 1.000000000  | 4.288     | 4.288   |          |
|                |              | Área neta |         |          |
| 124653; 158042 | -1.000000000 | 8.800     | -8.800  |          |
| 124653; 158041 | -1.000000000 | 4.400     | -4.400  |          |
|                |              |           | 52.781  | 52.781   |

Tomada del programa CYPE ingenieros.

La interventoría debe utilizar la medición automática como un mecanismo de contraste y no como una aprobación automática de las cantidades. El interventor debe revisar que los elementos utilizados para generar las mediciones correspondan con los diseños aprobados y que sus parámetros geométricos y de información sean coherentes con las especificaciones técnicas. Cuando exista una diferencia entre la medición obtenida del modelo y la cantidad presentada por el contratista, deberá verificarse si el origen se encuentra en el modelo, en el procedimiento de medición o en la ejecución real.

La evidencia de esta revisión puede estar constituida por los reportes de medición generados por Arquímedes, las memorias de cantidades, los planos y el modelo BIM utilizado. Si se identifica una inconsistencia, la interventoría puede solicitar la corrección del modelo o de las cantidades antes de su aprobación. De esta manera, la herramienta contribuye al control del presupuesto y permite establecer una relación más directa entre el diseño, la cantidad contratada y la cantidad que posteriormente será objeto de certificación.

#### **5.1.2.3 *Diferencias entre cantidades previstas y ejecutadas***

Durante la ejecución pueden presentarse diferencias entre las cantidades inicialmente previstas y las cantidades realmente ejecutadas debido a cambios de diseño, condiciones no previstas o errores en la estimación inicial. Arquímedes permite registrar las cantidades ejecutadas por partida y generar comparaciones entre las mediciones presupuestadas y las certificadas. Por ejemplo, una actividad prevista en 100 m<sup>3</sup> y ejecutada en 120 m<sup>3</sup> puede evidenciar una desviación del 20 %.

**Figura 2.** Opcion de comparacion de mediciones previstas vs ejecutadas

Arquimedes y Control de Obra - [COMPARA1:Árbol de descomposición]

Archivo Datos Procesos Mostrar Árbol Control de obra Ventana Ayuda

COMPARA1

Presupuestos Comparativos

Importe de Referencia

☒ Presupuesto Base

☐ Comparativo Compara2

☐ Importe máximo

☐ Importe medio ☐ Incluso importe del presupuesto base

☐ Importe mínimo

Datos para descartes

☒ Banda de descarte superior 10,00 % Importe de Referencia

☒ Banda de descarte inferior 10,00 % Importe de Referencia

☐ Descartar más caros que 100,00 % Importe Base

☐ Descartar más baratos que 100,00 % Importe Base

Datos de presentación de comparativos

Nombre del comparativo Comentario % C.I.

K:\OBRAS\OBRAS DOCUMENTACION Y AYUDAS 2004.1\Arquímede... 3,00

K:\OBRAS\OBRAS DOCUMENTACION Y AYUDAS 2004.1\Arquímede... 3,00

Presupuesto base ☒ 15.000,00 1,30 19.500,00

Importe máximo ☐ 20.400,00

Importe medio ☐ 18.675,00

Importe mínimo ☐ 16.950,00

01 Compara2 ☐ 15.000,00 1,36 20.400,00

02 Compara3 ☐ 15.000,00 1,13 16.950,00

medios mecánicos. 335.077,63

| Compara2   | Compara2   | Compara2   | Compara3   | Compara3   | Compara3   |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Cant. 1    | Coste 1    | Importe 1  | Cant. 2    | Coste 2    | Importe 2  |
| 1,000      | 19.500,00  | 19.500,00  | 1,000      | 16.000,00  | 16.000,00  |
| 1,000      | 19.500,00  | 19.500,00  | 1,000      | 16.000,00  | 16.000,00  |
| 1,000      | 320.768,74 | 320.768,74 | 1,000      | 300.034,22 | 300.034,22 |
| 1,000      | 320.091,00 | 320.091,00 | 1,000      | 299.391,00 | 299.391,00 |
| 1,000      | 20.400,00  | 20.400,00  | 1,000      | 16.950,00  | 16.950,00  |
| 15.000,000 | 1,36       | 20.400,00  | 15.000,000 | 1,13       | 16.950,00  |
| 1,000      | 149.100,00 | 149.100,00 | 1,000      | 131.850,00 | 131.850,00 |
| 9.000,000  | 15,64      | 140.760,00 | 9.000,000  | 13,75      | 123.750,00 |
| 6.000,000  | 1,39       | 8.340,00   | 6.000,000  | 1,35       | 8.100,00   |
| 1,000      | 150.591,00 | 150.591,00 | 1,000      | 150.591,00 | 150.591,00 |
| 21.300,000 | 7,07       | 150.591,00 | 21.300,000 | 7,07       | 150.591,00 |

Porcentaje

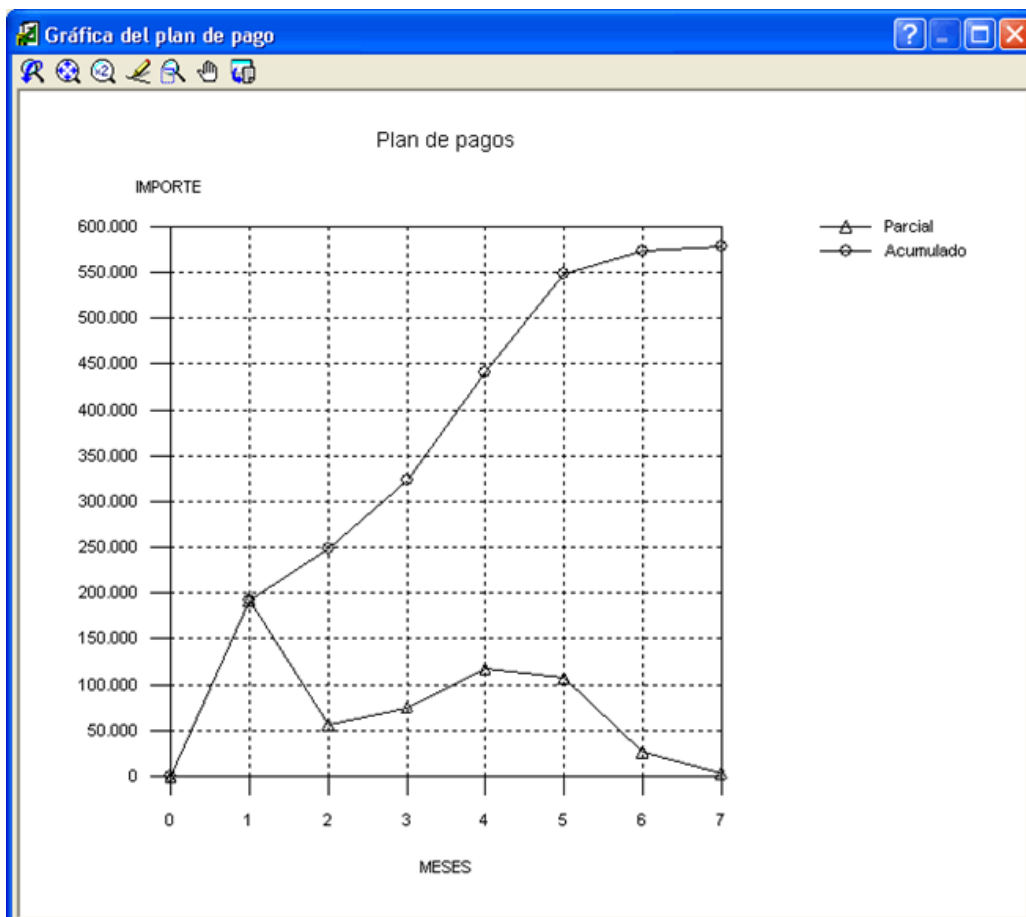
Presupuesto base ☒ 100,00 %

01 Compara2 ☐ 104,62 %

02 Compara3 ☐ 86,92 %

Aceptar Eliminar todos Cancelar

Tomada del programa CYPE ingenieros.

**Figura 3.** Grafico plan de pago parcial vs acumulado

Tomada del programa CYPE ingenieros.

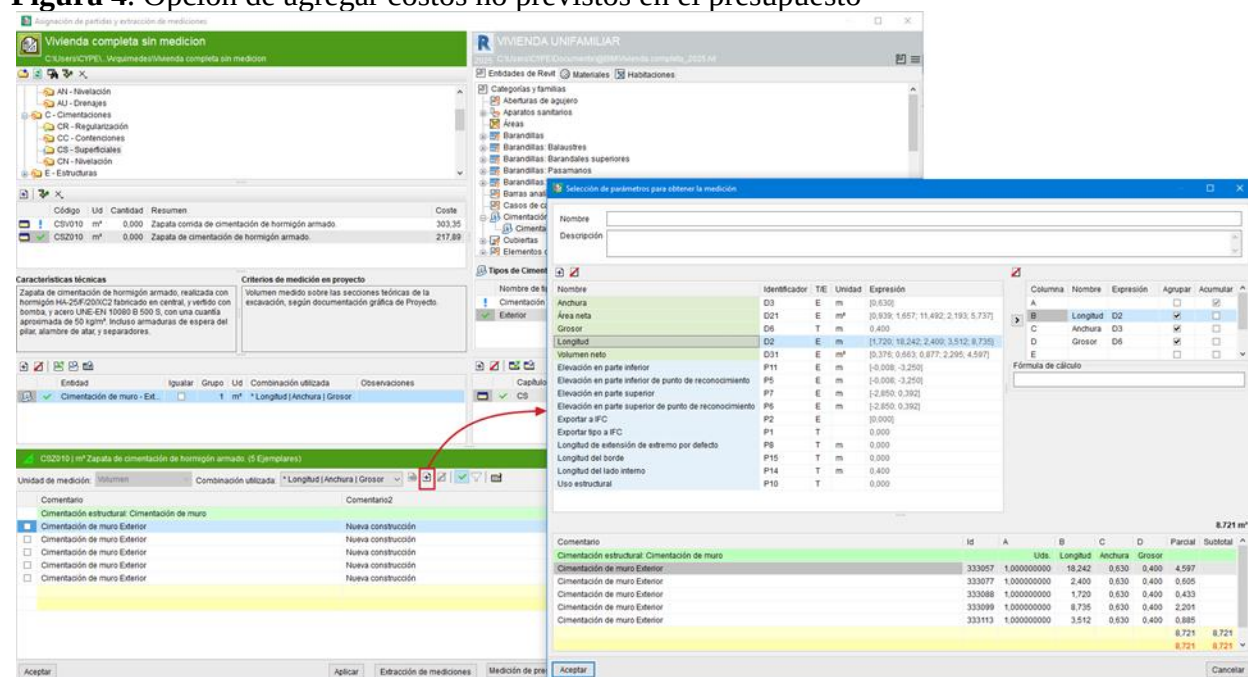
En este caso, el interventor debe analizar las diferencias identificadas por el software y determinar su causa antes de aprobar las cantidades ejecutadas. Una diferencia no debe interpretarse automáticamente como un sobre costo procedente, debido a que puede estar relacionada con una modificación de diseño, una condición de obra, un error de cuantificación o una medición incorrecta. Por esta razón, la interventoría debe contrastar la información de Arquímedes con las actas de obra, mediciones de campo, planos aprobados, órdenes de cambio y demás soportes contractuales.

El hallazgo debe quedar registrado indicando la partida afectada, cantidad prevista, cantidad ejecutada, diferencia identificada, causa de la variación y decisión adoptada. Si la diferencia está técnicamente justificada, la interventoría podrá continuar con el trámite correspondiente; si no existe soporte suficiente, deberá solicitar la aclaración o corrección antes de aprobar la cantidad para pago. De esta manera, Arquímedes permite fortalecer el control de las actas y establecer una trazabilidad entre la cantidad contratada, la cantidad ejecutada y el valor reconocido.

#### 5.1.2.4 Costos no previstos (partidas nuevas en ejecución)

Durante la ejecución pueden surgir actividades que no fueron contempladas inicialmente debido a cambios en los diseños o a necesidades técnicas. Arquímedes permite identificar las partidas nuevas que no forman parte del presupuesto base y diferenciarlas de las actividades inicialmente contratadas. Estas partidas pueden ser incorporadas como adiciones o modificaciones cuando corresponda

**Figura 4.** Opcion de agregar costos no previstos en el presupuesto



Tomada del programa CYPE ingenieros

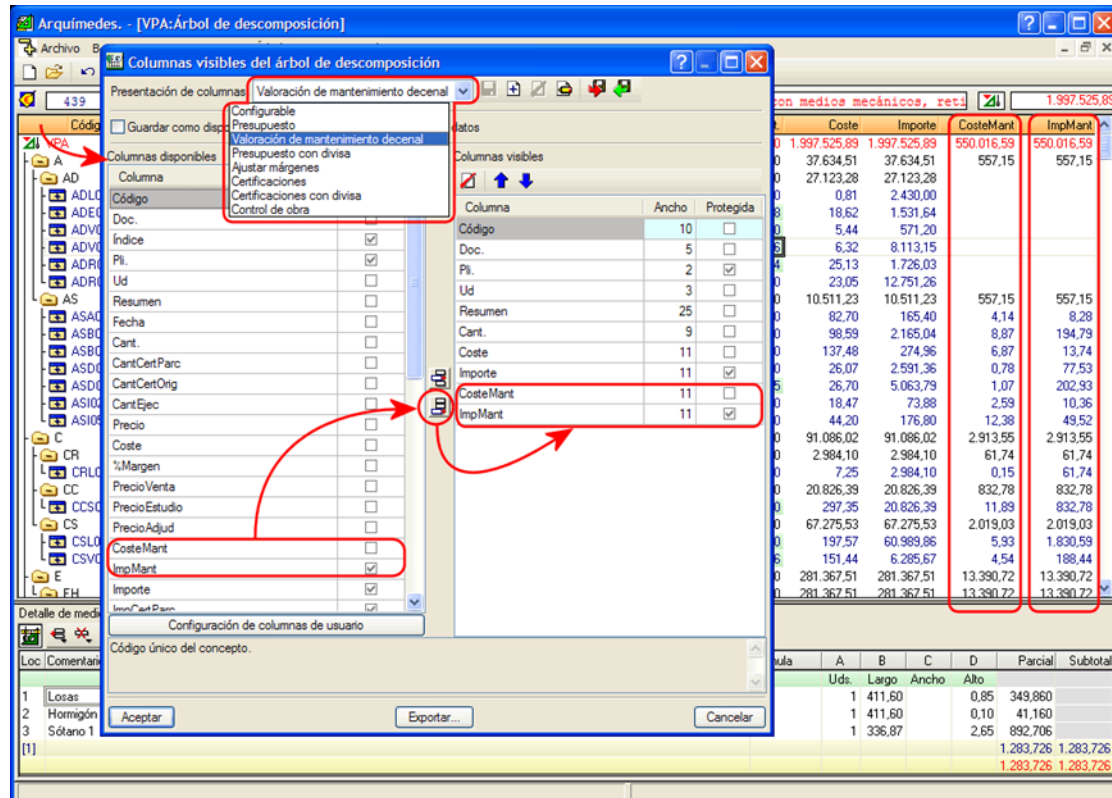
Esta funcionalidad tiene especial importancia para el control contractual, debido a que la aparición de una nueva partida no significa por sí misma que deba ser aprobada como un costo adicional. La interventoría debe verificar el origen de la actividad, su necesidad técnica, su relación con los diseños y su inclusión o no dentro del alcance contractual inicial. Para ello, debe revisar el presupuesto base, los planos, las especificaciones, las memorias de cantidades, el modelo BIM y la documentación que sustente la modificación.

Cuando se determine que la actividad no estaba contemplada y que su ejecución es necesaria, la interventoría debe documentar la justificación técnica y económica correspondiente antes de emitir su concepto. Por el contrario, si se establece que el elemento ya estaba incluido en el alcance o podía ser identificado desde el diseño inicial, deberá solicitarse la aclaración respectiva antes de reconocerlo como adicional. Este procedimiento permite utilizar Arquímedes no solamente para identificar nuevos costos, sino también como herramienta de apoyo para determinar la procedencia de modificaciones contractuales y controlar su impacto sobre el presupuesto.

#### ***5.1.2.5 Avance físico desalineado con el avance financiero***

Otra funcionalidad relevante corresponde a la comparación entre el avance físico y el avance financiero. Arquímedes permite analizar la ejecución por partidas y comparar las cantidades ejecutadas con los valores certificados. De acuerdo con el desarrollo de tu documento, esta herramienta puede alertar sobre situaciones en las que existe una diferencia entre el porcentaje certificado y el avance físico registrado, lo que puede indicar problemas de medición, ejecución o programación.

Figura 5. Opcion de descomposicion de actividades ejecutadas con los pagos



Tomada del programa CYPE ingenieros

**Figura 6.** Opción de descomposición de actividades ejecutadas con los pagos

|               | Cant      | Coste      | Importe    | CosteMant | ImpMant   |
|---------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| es            | 1,000     | 67.419,53  | 67.419,53  | 2.022,95  | 2.022,95  |
| armado        | 1,000     | 282.154,09 | 282.154,09 | 13.426,14 | 13.426,14 |
| exterior      | 1,000     | 282.154,09 | 282.154,09 | 13.426,14 | 13.426,14 |
| de exteriores | 1,000     | 119.347,60 | 119.347,60 | 16.572,44 | 16.572,44 |
| de exteriores | 1,000     | 42.514,45  | 42.514,45  | 2.644,58  | 2.644,58  |
|               | 1,000     | 34.937,86  | 34.937,86  | 7.056,06  | 7.056,06  |
|               | 1,000     | 26.665,49  | 26.665,49  | 4.468,24  | 4.468,24  |
|               | 1,000     | 7.012,17   | 7.012,17   | 723,64    | 723,64    |
|               | 1,000     | 8.217,63   | 8.217,63   | 1.679,92  | 1.679,92  |
|               | 1,000     | 176.659,05 | 176.659,05 | 11.786,76 | 11.786,76 |
|               | 1,000     | 20.521,00  | 20.521,00  | 2.257,48  | 2.257,48  |
| lomerado di   | 28,000    | 153,52     | 4.298,56   | 16,89     | 472,92    |
| glomerado c   | 28,000    | 277,19     | 7.761,32   | 30,49     | 853,72    |
| peca, perfil  | 4,000     | 144,08     | 576,32     | 15,85     | 63,40     |
| na hoja, 700  | 28,000    | 281,60     | 7.884,80   | 30,98     | 867,44    |
|               | 1,000     | 10.726,72  | 10.726,72  | 536,34    | 536,34    |
|               | 1,000     | 103,740    | 103,740    | 5,17      | 536,34    |
|               | 1,000     | 6.535,76   | 6.535,76   | 719,04    | 719,04    |
|               | 28,000    | 233,42     | 6.535,76   | 25,68     | 719,04    |
|               | 1,000     | 39.386,27  | 39.386,27  | 4.332,33  | 4.332,33  |
|               | 15,000    | 88,61      | 1.329,15   | 9,75      | 146,25    |
|               | 28,000    | 153,53     | 4.298,84   | 16,89     | 472,92    |
|               | 28,000    | 185,95     | 5.206,60   | 20,45     | 572,60    |
|               | 112,000   | 191,19     | 21.413,28  | 21,03     | 2.355,36  |
|               | 20,000    | 356,92     | 7.138,40   | 39,26     | 785,20    |
|               | 1,000     | 76.684,30  | 76.684,30  | 3.838,67  | 3.838,67  |
|               | 2,086,305 | 17,14      | 35.759,27  | 0,86      | 1.794,22  |
|               | 259,343   | 63,28      | 16.411,23  | 3,16      | 819,52    |
|               | 504,088   | 48,63      | 24.513,80  | 2,43      | 1.224,93  |
|               | 1,000     | 1.143,66   | 1.143,66   | 102,90    | 102,90    |
|               | 14,000    | 36,60      | 512,40     | 3,29      | 46,06     |
|               | 14,000    | 45,09      | 631,26     | 4,06      | 56,84     |

Partición de tres hojas, la interior de 1/2 pie de espesor de fábrica, de ladrillo cerámico perforado (panel), para revestir, 24x12x9 cm, recibida con mortero de cemento M-5, con enfoscado en una de sus caras, con aislamiento acústico en una de sus caras formado por un panel rígido de lana de roca volcánica, según UNE-EN 13162, no revestido, de 40 mm de espesor y las exteriores de 4 cm de espesor de fábrica, de ladrillo cerámico hueco sencillo, para revestir, 24x11,5x4 cm, recibida con mortero de cemento M-5.

Términos clave ☐ Asignar propuestas

Tomada del programa CYPE ingenieros

La interventoría debe utilizar esta información para contrastar el avance reportado por el contratista con el avance físico realmente verificado en obra. Por ejemplo, si el avance financiero supera significativamente el avance físico, el interventor debe revisar las cantidades certificadas, los soportes de las actas y el estado real de las actividades antes de aprobar nuevos pagos. En sentido contrario, un avance físico superior al financiero puede requerir la revisión de cantidades ejecutadas que aún no hayan sido certificadas.

Los resultados de esta revisión deben quedar respaldados mediante actas, informes de avance, registros de medición y reportes obtenidos del software. Cuando se detecte una desviación, la interventoría debe determinar su causa y establecer si requiere corrección de cantidades, ajuste

de la programación o una medida de control contractual. Así, la herramienta permite relacionar directamente cantidad ejecutada, avance físico, avance financiero y programación, fortaleciendo el seguimiento integral del proyecto.

#### 5.1.2.6 Costos unitarios incorrectos o desactualizados

Los costos unitarios pueden presentar variaciones debido a cambios en las condiciones del mercado, inflación o modificaciones en los plazos de ejecución. El documento señala que Arquímedes dispone de un banco de precios y herramientas de actualización que permiten identificar diferencias entre valores y analizar posibles reajustes del presupuesto, siempre que estos sean procedentes de acuerdo con las condiciones contractuales.

**Figura 7.** Generador de pecios en constante actualización.

**Generador de precios.**

**Emplazamiento**

**Normativa**

**Manual de Uso y Mantenimiento**

**Precios descompuestos**

**D Demoliciones**

**A Acondicionamiento del terreno**

**AD Movimiento de tierras**

**AS Red de saneamiento horizontal**

**ASA Arquetas**

**Ud Arqueta.**

**ASB Acometidas**

**ASC Colectores**

**ASD Drenajes**

**ASI Sistemas de evacuación de suelos**

**AN Nivelación**

**C Cimentaciones**

**E Estructuras**

**F Fachadas**

**P Particiones**

**I Instalaciones**

**N Aislamientos e impermeabilizaciones**

**Q Cubiertas**

**R Revestimientos**

**S Señalización y equipamiento**

**U Urbanización interior de la parcela**

**X Control de calidad y ensayos**

**Y Seguridad y salud**

**De paso**

☐ A pie de bajante

☐ Con sumidero sifónico y desagüe directo lateral

☒ Sifónica

☒ De obra de fábrica, registrable

☐ De hormigón en masa "in situ", registrable

☐ Prefabricada de hormigón, registrable

☐ Prefabricada de polipropileno, registrable

☐ Prefabricada de PVC, registrable

**Dimensiones interiores (cm)**

☐ 38x38x50 ☐ 51x51x65 ☒ 63x63x80

☒ Sin incluir la excavación y relleno del trasdós

☐ Incluyendo la excavación manual y el relleno del trasdós

☐ Incluyendo la excavación mecánica y el relleno del trasdós

**Precio descompuesto** **Pliego de condiciones**

**Vista preliminar** **Configuración** **Imprimir** **Buscar** **Exportar** **Ampliar ventana**

**ASA010 Ud Arqueta.** 117,42

**Arqueta sifónica, de obra de fábrica, registrable, de dimensiones interiores 63x63x80 cm, con tapa prefabricada de hormigón armado.**

| Descompuesto     | Ud | Descomposición                                                                                                                             | Rend   | p.s.  | Precio partida |
|------------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|----------------|
| mt10hm010abebbbb | m³ | Hormigón HM-30/B/20/I+Qb, fabricado en central SR, vertido con cubilote.                                                                   | 0,205  | 65,65 | 13,46          |
| mt04lpv010a      | Ud | Ladrillo cerámico perforado (panel), para revestir, 24x12x9 cm.                                                                            | 96,000 | 0,17  | 16,32          |
| mt09mor010c      | m² | Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N tipo M-5, confeccionado en obra, con resistencia a compresión a 28 días de 5 N/mm², según UNE-EN 996. | 0,039  | 68,43 | 2,67           |

**Aceptar** **Cancelar**

Tomada del programa CYPE ingenieros.

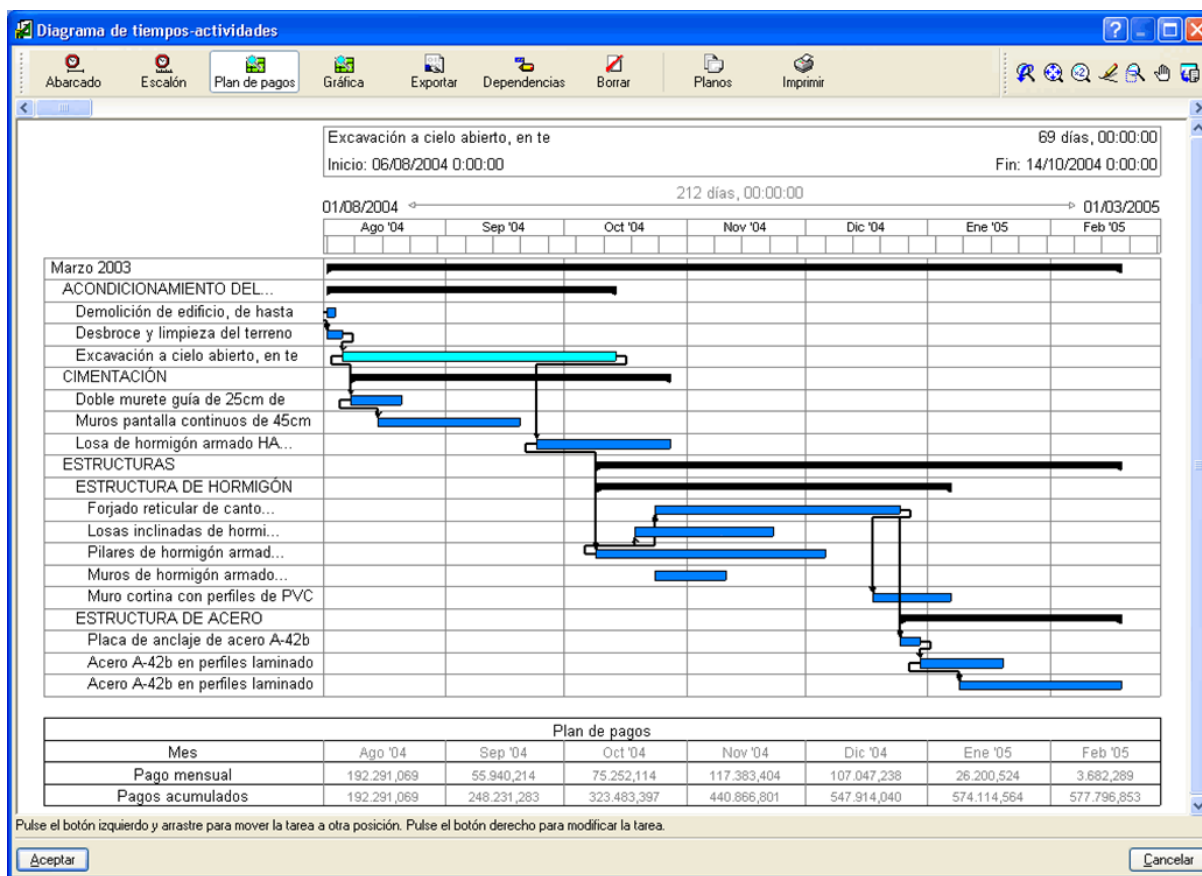
La función de la interventoría no debe limitarse a aceptar automáticamente el valor actualizado generado por el software. El interventor debe verificar la fecha de referencia de los precios, las condiciones establecidas en el contrato, las fórmulas de reajuste aplicables y los soportes que demuestren la variación del costo. El banco de precios puede utilizarse como referencia para el análisis, pero la procedencia de un reajuste debe determinarse de acuerdo con las condiciones contractuales y la documentación que respalde la modificación.

Como evidencia pueden utilizarse los análisis de precios unitarios, cotizaciones, bases de precios, condiciones contractuales y reportes generados por Arquímedes. Cuando se identifique una variación, la interventoría debe documentar su origen y determinar si corresponde a una actualización permitida, una modificación contractual o una situación que deba ser asumida por alguna de las partes. Este control permite prevenir incrementos injustificados y mantener actualizada la proyección económica del proyecto.

#### **5.1.2.7 Partidas sin avance o detenidas**

Arquímedes también permite realizar seguimiento a las actividades que presentan retrasos o permanecen sin ejecución. Cuando una actividad mantiene un porcentaje de avance de 0 % durante varias certificaciones, el software puede identificarla como una actividad estancada o crítica sin ejecución.

**Figura 8** *Diagrama de Gantt de tiempo actividades*



Tomada del programa CYPE ingenieros

En este caso, la herramienta puede utilizarse como apoyo para el seguimiento del cronograma. El interventor debe revisar las actividades identificadas como detenidas y contrastar la información del software con el cronograma contractual, el avance físico observado en obra y las causas reportadas por el contratista. No basta con identificar que una actividad presenta 0 % de avance; es necesario determinar por qué no ha iniciado o por qué permanece detenida y establecer si dicha situación afecta actividades posteriores.

La evidencia debe quedar registrada mediante informes de seguimiento, cronogramas actualizados, actas de comité, registros de obra y reportes del software. Dependiendo de la causa, la interventoría puede solicitar un plan de acción, requerir una reprogramación, realizar seguimiento especial o formular una observación contractual. De esta manera, Arquímedes permite

que la información de cantidades y certificaciones se relacione con la programación y facilite la identificación temprana de posibles retrasos.

A partir de las funcionalidades analizadas, se establece que el valor de Arquímedes para la interventoría no se encuentra únicamente en la automatización de las mediciones, sino en la posibilidad de relacionar información de diseño, cantidades, presupuesto, certificaciones y ejecución para generar controles verificables. El software permite identificar elementos sin vincular, comparar cantidades previstas y ejecutadas, detectar partidas no contempladas, analizar diferencias entre avance físico y financiero, revisar variaciones de costos y reconocer actividades sin avance.

En consecuencia, para que su utilización tenga un verdadero aporte dentro de la interventoría, cada resultado obtenido mediante Arquímedes debe ser objeto de revisión, documentación y decisión. El interventor debe interpretar las alertas generadas por la herramienta, verificar su origen mediante los soportes técnicos y contractuales correspondientes, registrar los hallazgos y determinar la acción requerida. Esto permite que la información generada por el software trascienda de un resultado meramente informático y se convierta en evidencia para la toma de decisiones sobre cantidades, pagos, modificaciones, costos y programación.

## **5.2 Identificación de Interferencias en los Diseños para la Prevención de Sobre costos y**

### **Atrasos**

En los proyectos de construcción, uno de los principales factores que inciden negativamente en los costos y los tiempos de ejecución es la presencia de interferencias entre especialidades (arquitectura, estructura, instalaciones, etc.) que no han sido detectadas en las

etapas de diseño. Estas interferencias generan retrabajos, modificaciones en sitio, y demoras que afectan directamente el presupuesto y el cronograma del proyecto (Kymmell, 2008, p. 144).

La metodología Building Information Modeling (BIM), al permitir la modelación tridimensional e integrada de los sistemas constructivos, ha demostrado ser una herramienta eficaz para la detección anticipada de interferencias (Succar, 2009, p. 361).

### **5.2.1 Importancia de la coordinacion de especialidades**

a coordinación interdisciplinaria constituye un componente fundamental para garantizar la correcta ejecución de un proyecto de construcción, debido a que permite integrar y verificar la relación existente entre las diferentes especialidades que intervienen en el diseño y ejecución de la obra. En un proyecto pueden participar, entre otras, las disciplinas de arquitectura, estructura, hidráulica, sanitaria, eléctrica y mecánica, cuyas decisiones tienen una relación directa con los espacios, elementos constructivos, cantidades de obra, costos y actividades programadas.

La arquitectura establece la configuración espacial y funcional del proyecto, definiendo elementos como muros, puertas, ventanas, cielos rasos, pisos, acabados y distribución de los espacios. A partir de esta información se desarrollan y coordinan las demás especialidades. Por su parte, la estructura determina la ubicación y características de elementos como columnas, vigas, placas, muros estructurales y cimentaciones, los cuales deben ser compatibles con la distribución arquitectónica y con el paso de las diferentes instalaciones.

Las especialidades hidráulica y sanitaria requieren una coordinación permanente con arquitectura y estructura, principalmente por la ubicación de tuberías, bajantes, aparatos sanitarios, registros, puntos de conexión y pasos a través de elementos constructivos. Una incompatibilidad en estas instalaciones puede generar modificaciones en muros, placas o cielos rasos, además de afectar los acabados previamente ejecutados.

De manera similar, la especialidad eléctrica debe coordinarse con arquitectura, estructura y las demás instalaciones para establecer correctamente la ubicación de tableros, tomacorrientes, luminarias, canalizaciones, bandejas y demás elementos eléctricos. La falta de coordinación puede ocasionar que una instalación interfiera con elementos estructurales, redes hidráulicas o sanitarias, o que los puntos eléctricos definidos en el diseño no coincidan con la distribución final de los espacios.

En los proyectos que lo requieran, la especialidad mecánica también debe incorporarse al proceso de coordinación. Esta puede incluir sistemas de climatización, ventilación, extracción, equipos mecánicos y sus respectivas redes. Debido al espacio que requieren ductos, equipos y soportes, su coordinación resulta especialmente importante en zonas donde convergen varias instalaciones.

Por lo anterior, la coordinación interdisciplinaria no debe entenderse únicamente como la identificación de elementos que ocupan el mismo espacio. Una interferencia puede generar una cadena de consecuencias técnicas, económicas y administrativas cuando no es detectada durante la etapa de diseño.

Por ejemplo, si durante la ejecución se identifica que una tubería sanitaria atraviesa una viga estructural, la solución puede requerir modificar el recorrido de la instalación, realizar ajustes en los diseños, demoler elementos ya contruidos o intervenir acabados ejecutados. Cada una de estas acciones puede generar costos adicionales por mano de obra, materiales, transporte y disposición de residuos, además de afectar las actividades programadas. Desde la perspectiva de la interventoría, la coordinación interdisciplinaria adquiere especial importancia porque permite ejercer un control preventivo sobre las condiciones que pueden afectar el alcance, costo, calidad y plazo del proyecto. La revisión de modelos federados y la aplicación de herramientas de detección

de interferencias permiten identificar estos conflictos antes de que lleguen a la etapa constructiva, facilitando la toma de decisiones y reduciendo la probabilidad de modificaciones durante la ejecución.

En este sentido, la coordinación interdisciplinaria mediante metodología BIM permite pasar de un esquema de detección y corrección durante la construcción a un modelo de identificación y prevención durante la planificación y diseño. Esto contribuye a mejorar la confiabilidad de las cantidades de obra, reducir reprocesos, controlar posibles sobrecostos y mantener una mayor correspondencia entre el diseño, el presupuesto y el cronograma de ejecución.

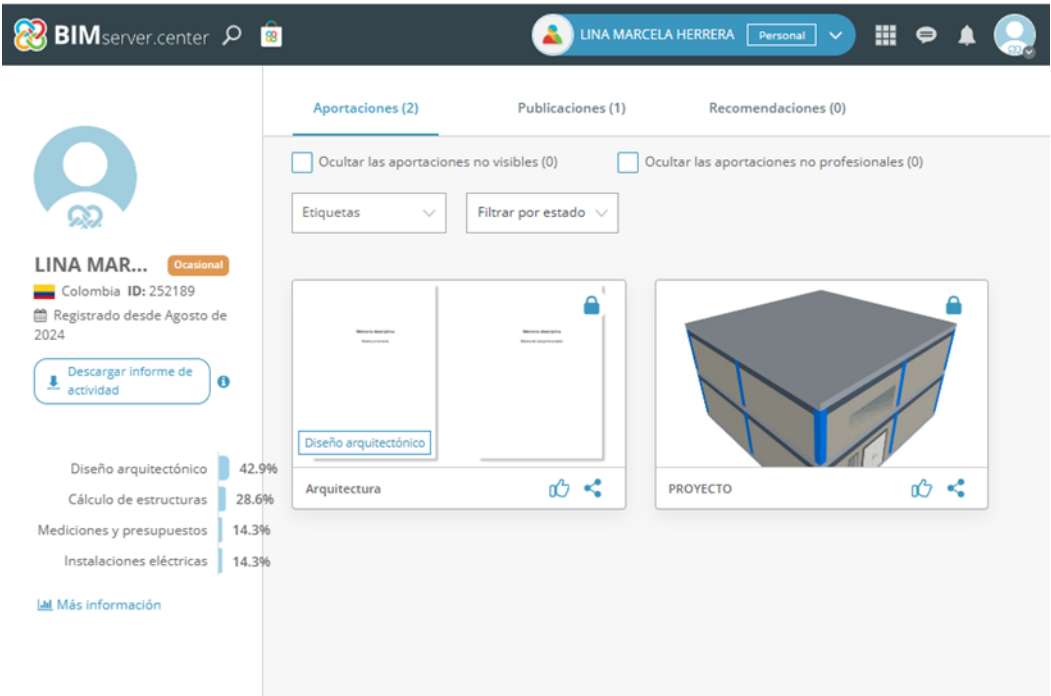
### **5.2.2 Como identificar interferencias como BIM SERVER y demás softwares colaborativos**

#### **5.2.2.1 Centralización de modelos IFC en BIM SERVER**

BIM server funciona como un repositorio centralizado de modelos IFC de diferentes disciplinas, arquitectura, estructural, instalaciones, etc. Permitiendo gestionar versiones, compartir información y asegurar que todos los participantes trabajen con los datos mas recientes. (BIMserver.center, 2022).

Cada especialidad sube su modelo al servidor BIM (BIMSERVER.CENTER y nube colaborativa de CYPE), se centraliza la información y se actualiza automáticamente en tiempo real.

**Figura 9. Plataforma BIM SERVER CENTER**



Tomada del Usuario de BIM SERVER.

Figura 10. programas actualizados

| Perfil de usuario                                                                 |         |                      |                          |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------|--------------------------|------------|
| Configuración de la cuenta    Aplicaciones descargadas    Mis insignias digitales |         |                      |                          |            |
| Nombre                                                                            | Versión | Fecha de la descarga | Actualizaciones          |            |
| Arquimedes. Versión estudiantes.                                                  | 2025.b  | 15/10/2024           | Nueva versión disponible | Actualizar |
| CYPE Architecture                                                                 | 2025.c  | 17/02/2025           | Nueva versión disponible | Actualizar |
| CYPECAD                                                                           | 2025.c  | 08/11/2024           | Nueva versión disponible | Actualizar |
| CYPELEC Electrical Mechanisms                                                     | 2025.b  | 15/10/2024           | Nueva versión disponible | Actualizar |
| IFC Builder                                                                       | 2025.c  | 17/02/2025           | Nueva versión disponible | Actualizar |
| IFC Uploader                                                                      | 2025.b  | 26/10/2024           | Nueva versión disponible | Actualizar |
| StruBIM Uploader                                                                  | 2025.b  | 26/10/2024           | Nueva versión disponible | Actualizar |

Tomada del Usuario de BIM SERVER

### 5.2.2.2 *Detección de interferencias automáticas.*

Con herramientas como OPEN BIM MODEL CHECKER, se realiza un análisis de colisiones entre disciplinas. Estas interferencias se marcan y comparten con todos los participantes mediante comentarios asociados a los elementos.

El OPEN BIM MODEL CHECKER es un programa diseñado para ayudar a los usuarios a gestionar y verificar el modelo virtual para evitar futuros errores en el proyecto construido. Cuenta con tres funciones principales; generación de incidencias, detección de conflictos y verificación de documentos. (CYPE Ingenieros, 2023).

La función principal de OPEN BIM MODEL CHECKER es detectar automáticamente discrepancias entre modelos de las diferentes disciplinas. Por ejemplo, el programa permite detectar discrepancias entre el sistema de instalaciones y la estructura, identificando posibles errores de diseño en elementos entre disciplinas, como la intersección de una tubería con una columna. (CYPE Ingenieros, 2023).

Desde la pestaña de detección de conflictos, se puede generar diferentes combinaciones de archivos para su análisis como crear una combinación de archivos para generar un choque.

**Figura 11.** *Opción de detectar problemas*

| File combinations                   | Status             |
|-------------------------------------|--------------------|
| Wall - Stairs                       | With clashes (18)  |
| Plumbing - FloorSlabs               | With clashes (54)  |
| HVAC Daikin Installation - Plumbing | Without clashes    |
| Walls - HVAC Daikin Pipes           | With clashes (107) |

Tomada del Usuario de BIM SERVER.

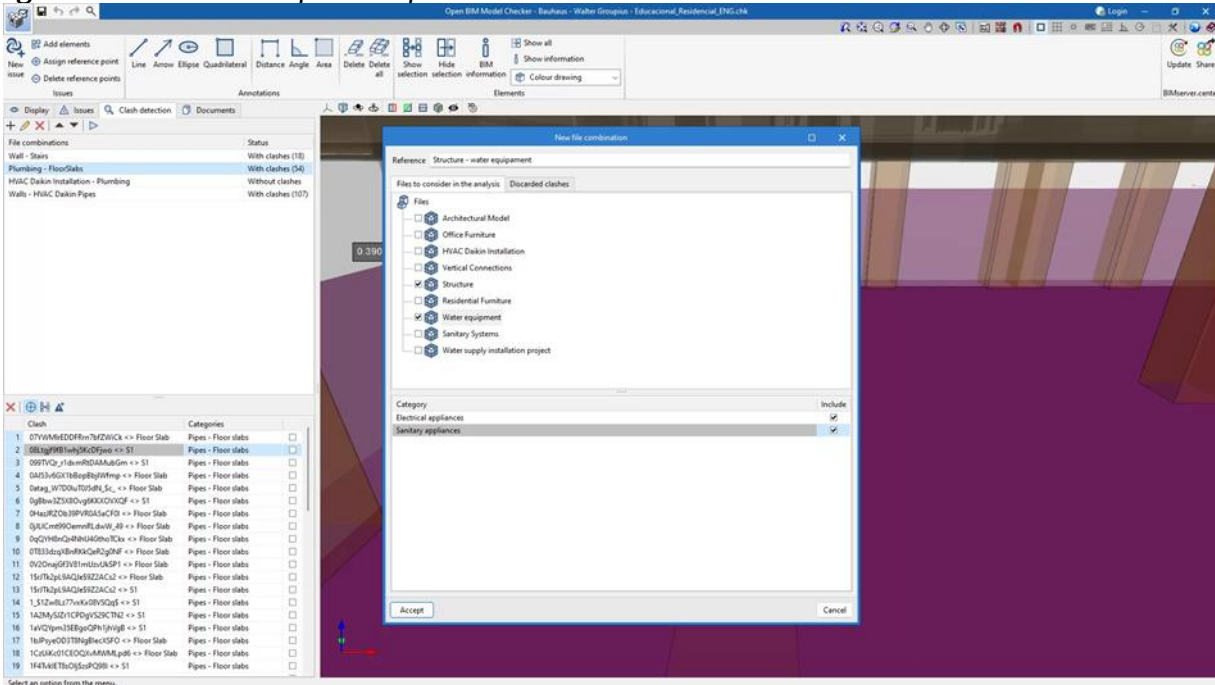
Una vez analizados los choques se realiza un examen 3d y se utilizan las siguientes herramientas para trabajar los choques.

- Eliminar choque de la lista
- Centrar vista en los elementos implicados
- Mostrar solo los elementos involucrados
- Generar múltiples problemas

Desde esta pestaña también podemos generar conflicto, esto quiere decir que podemos elegir que disciplinas y mostrar si existe algún error entre ellas por ejemplo interferencias entre

estructural y MEP, podemos elegir los elementos que se pueden analizar para así tener más control de lo que podemos analizar. (CYPE Ingenieros, 2023).

**Figura 12.** Generar conflictos a partir de una combinación de archivos



Tomada del Usuario de BIM SERVER.

Una vez finalizado el proceso de detección de conflictos, todos los conflictos resultantes de la combinación de archivos mostraran en una lista. Cada uno puede inspeccionarse desplazándose por la lista y seleccionando solo los que interesen y dando lo estado ya sea nueva interferencia, interferencia aprobada, interferencia revisada. (CYPE Ingenieros, 2023).

**Figura 13.** Categoría de manejo de conflictos

Clash Detective

Test 1

Última ejecución: martes, 4 de julio de 2023 7:06:51 a. m.  
Conflictos: Total: 75 (abiertos: 75 cerrados: 0)

| Nombre | Estado    | Confli... | Nuevo | Activo | Revisado | Aproba... | Resuelto |
|--------|-----------|-----------|-------|--------|----------|-----------|----------|
| Test 1 | Terminado | 75        | 75    | 0      | 0        | 0         | 0        |

Reglas | Seleccionar | Resultados | Informe

| Nombre     | Estado   | Nivel                | Interse... | Encontrado          | Aprobado por | Aprobado | Descripci... |
|------------|----------|----------------------|------------|---------------------|--------------|----------|--------------|
| Conflicto1 | Nuevo    | 2do piso (arqu.) (2) | D-3        | 07:06:51 04-07-2023 |              |          | Estático     |
| Conflicto2 | Nuevo    | 3er piso (estruc.)   | D-3(1)     | 07:06:51 04-07-2023 |              |          | Estático     |
| Conflicto3 | Activo   | 3er piso (estruc.)   | D-3        | 07:06:51 04-07-2023 |              |          | Estático     |
| Conflicto4 | Revisado | 2do piso (estruc.)   | D-6(1)     | 07:06:51 04-07-2023 |              |          | Estático     |
| Conflicto5 | Aprobado | 4to piso (estruc.)   | D-3        | 07:06:51 04-07-2023 |              |          | Estático     |
| Conflicto6 | Resuelto | 4to piso (arqu.) (2) | D-3        | 07:06:51 04-07-2023 |              |          | Estático     |

Resultado: Elemento 1 (rojo) Elemento 2 (verde)  
☐ Utilizar colores de elemento  
☐ Resaltar todos los conflictos  
 Aislamiento:    
☒ Atenuación con transparencia

### Tomada del Usuario de BIM SERVER

En Open BIM Model Checker, los estados de las incidencias (también llamadas conflictos o interferencias) son fundamentales para realizar un seguimiento ordenado y colaborativo del proceso de revisión y resolución de errores dentro del modelo BIM. Estos estados permiten clasificar cada incidencia según su avance, lo que mejora la comunicación entre los agentes del proyecto y la trazabilidad de decisiones.

- *No revisada (estado inicial).* Incidencia creada automáticamente tras la detección de una colisión, pero aún sin valoración. Aparece en la lista como pendiente de asignación o revisión
- *Asignada / En revisión.* El conflicto ha sido enviado a revisión o asignado a un responsable. El revisor está evaluando la incidencia y tomando acciones de corrección
- *Resuelta.* Se confirma que la colisión ha sido corregida en el modelo y la incidencia queda cerrada. Refleja que se ha verificado el cambio y ya no existe el conflicto.

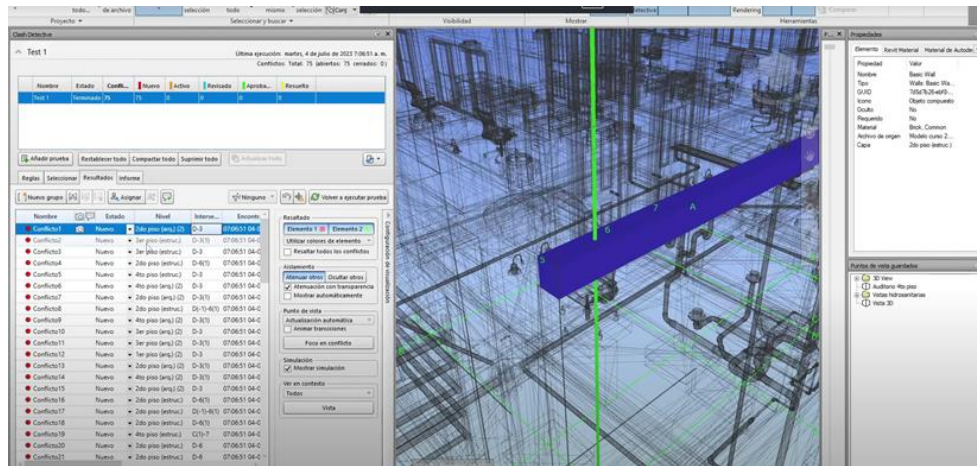
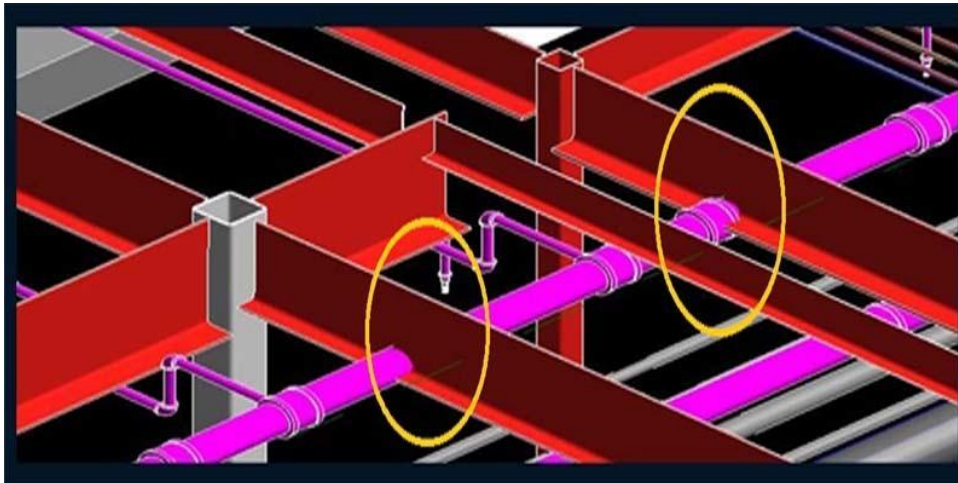
- *Rechazada / Eliminada.* La incidencia se marca como no válida o no relevante tras revisión. Puede descartarse manualmente desde la lista, y se registra en las colisiones descartadas

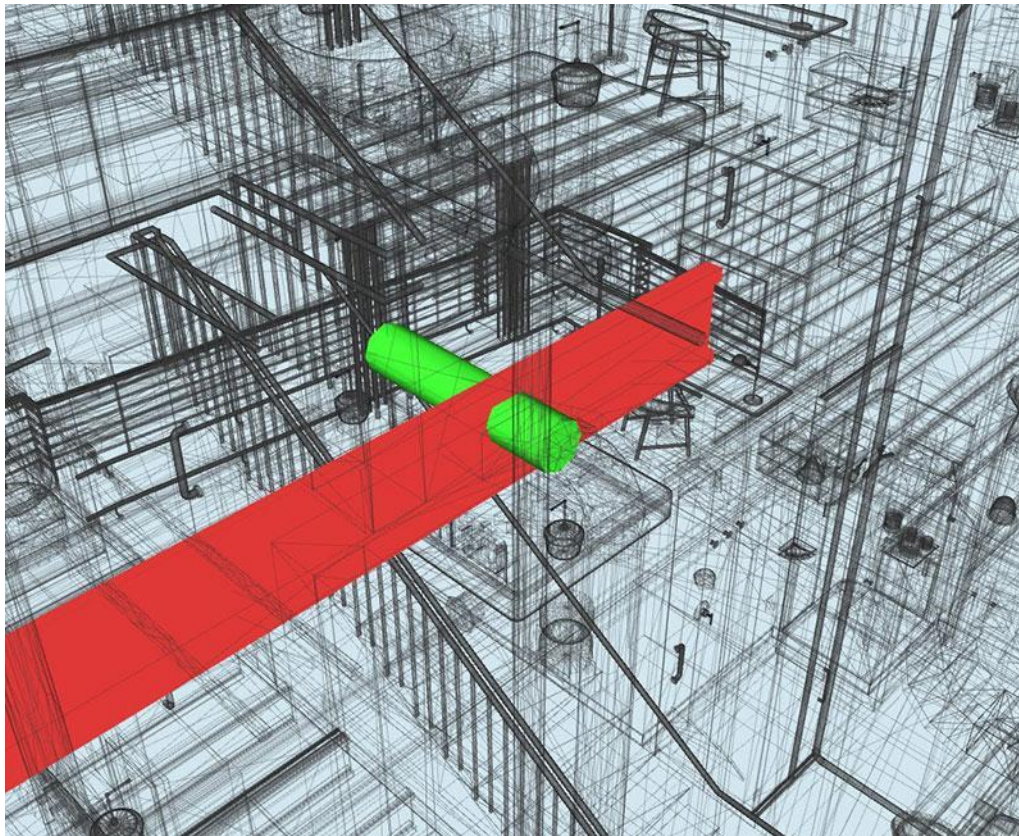
A continuación, te explico los principales estados de incidencias que puedes gestionar dentro del software, las interferencias más típicas que se detectan en proyectos multidisciplinarios son los siguientes:

### **Interferencia entre viga y tubería**

Este tipo de interferencia ocurre cuando una tubería hidráulica, sanitaria, eléctrica, de protección contra incendios u otra instalación atraviesa o ocupa el mismo espacio destinado a una viga estructural. Es uno de los ejemplos más representativos de una interferencia entre estructura e instalaciones. En el modelo tridimensional central se evidencia una colisión entre un muro estructural y una instalación vertical (tubería). Esta es una interferencia geométrica directa, típica en la coordinación entre estructura y MEP (instalaciones hidráulicas o sanitarias).

Esta captura corresponde a una situación inicial del proceso de coordinación BIM, donde se ha ejecutado la detección automática de colisiones en el proyecto mediante Open BIM Model Checker, pero todos los conflictos permanecen sin revisar. A partir de aquí, el equipo BIM debe iniciar la clasificación, asignación y resolución.

**Figura 14.** Una tubería atraviesa una viga estructural**Figura 15.** Tubería atraviesa una viga metálica

**Figura 16.** Tubería atraviesa viga

Desde la perspectiva de la interventoría, esta interferencia tiene especial importancia porque la solución no debe consistir simplemente en modificar el recorrido de la tubería en obra. Es necesario verificar previamente si existe una solución técnicamente viable, por ejemplo:

- modificar el recorrido de la tubería;
- incorporar una reserva o pasamuros previamente diseñada;
- modificar la elevación de la instalación;
- revisar la sección o ubicación de elementos no estructurales;
- solicitar la revisión del diseñador estructural cuando sea necesario.

No debería permitirse realizar perforaciones, cortes o modificaciones sobre una viga en obra sin la correspondiente revisión y aprobación del responsable del diseño estructural. La

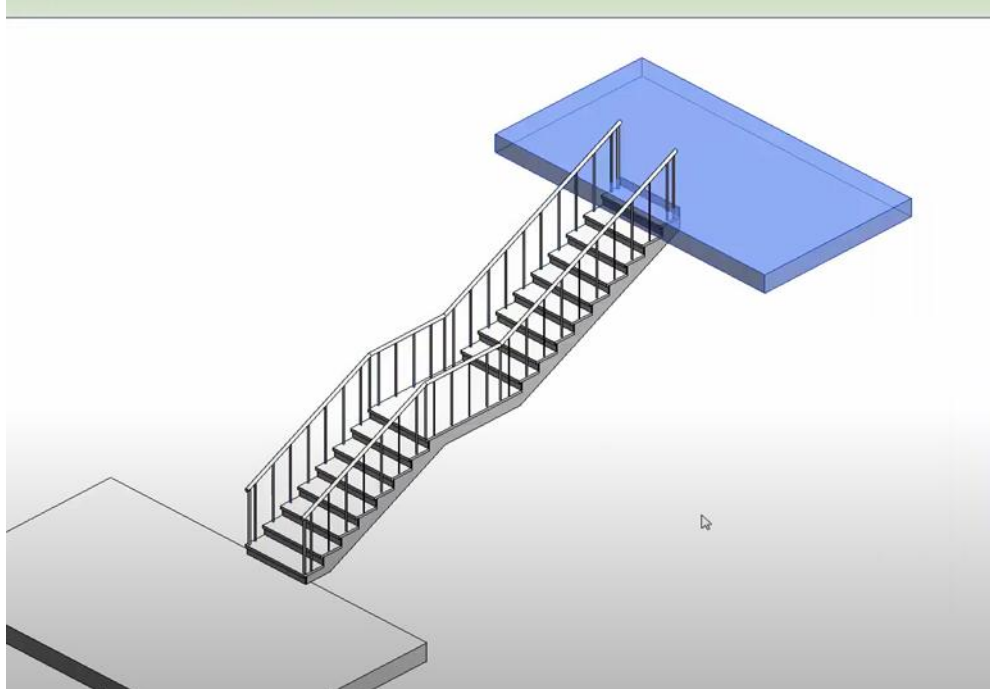
importancia de detectarla durante la etapa de coordinación radica en que una modificación realizada después de ejecutar la estructura puede generar retrabajo, demolición localizada, materiales adicionales, mano de obra adicional y retrasos en las actividades posteriores.

### **Interferencia de escalera y muro o losa**

Este conflicto se presenta cuando la geometría o ubicación de una escalera resulta incompatible con elementos arquitectónicos o estructurales, como losas, vigas, muros o espacios de circulación.

Un ejemplo puede presentarse cuando el desarrollo de una escalera invade una losa, no dispone del espacio necesario para su recorrido o genera una condición incompatible con el muro que delimita el núcleo de circulación.

**Figura 17.** *La ubicación de un muro obstaculiza el paso de una escalera o rampa*



Tomada del Usuario de BIM SERVER.

La imagen corresponde a una revisión de colisiones en un modelo BIM en la que se resaltan elementos de escaleras en relación con las losas y elementos circundantes. Este tipo de representación facilita visualizar el conflicto espacial antes de la construcción.

La interferencia puede afectar aspectos como:

- altura libre de circulación;
- desarrollo y geometría de la escalera;
- ubicación de descansos;
- relación con losas y vigas;
- continuidad de muros;
- accesibilidad y circulación;
- acabados y elementos arquitectónicos.

Para la interventoría, su revisión es importante porque una modificación posterior de la escalera puede afectar simultáneamente estructura, arquitectura, cantidades de obra y actividades programadas.

Por ejemplo, si durante la ejecución se descubre que el descanso de una escalera invade una losa estructural, puede ser necesario modificar planos, solicitar una revisión estructural, cambiar dimensiones y posteriormente ajustar cantidades y actividades del presupuesto

### **5.2.3 Papel de la interventoria frente a una interferencia**

Desde la perspectiva de la interventoría, la identificación de una interferencia debe ir acompañada de un análisis sobre su origen, responsabilidad, solución e impacto contractual. No es suficiente registrar que dos elementos presentan un conflicto; es necesario establecer por qué se produjo y qué consecuencias puede generar su solución.

Ante una interferencia detectada, el interventor debe determinar si esta corresponde a una inconsistencia del diseño, una modificación aprobada o una condición no prevista, debido a que su origen puede tener implicaciones diferentes sobre el presupuesto, el plazo y las obligaciones contractuales.

En este proceso, la interventoría puede realizar las siguientes acciones:

- Registrar la interferencia, indicando ubicación, disciplinas involucradas, elementos afectados y descripción del conflicto.
- Determinar su origen, verificando planos, especificaciones, modelo BIM, contrato y demás documentos aplicables.
- Evaluar su criticidad, considerando impacto técnico, económico, funcional y sobre el cronograma.
- Solicitar y evaluar la solución técnica propuesta por los responsables del diseño o por el contratista, según corresponda.
- Determinar el impacto en cantidades y costos, identificando si existen actividades adicionales, mayores cantidades o reprocesos.
- Analizar el impacto sobre el plazo, verificando las actividades afectadas y su relación con la programación contractual.
- Registrar la decisión y aprobación correspondiente, garantizando la trazabilidad de la modificación.
- Verificar el cierre de la interferencia, tanto en el modelo actualizado como en la ejecución física de la solución.

Este procedimiento permite diferenciar entre una simple corrección de coordinación y una situación que puede generar modificaciones de alcance, mayores cantidades, costos adicionales o ampliaciones de plazo. Esta diferenciación es fundamental para la interventoría, ya que permite sustentar técnicamente las decisiones adoptadas y mantener la trazabilidad de los cambios realizados durante el proyecto.

### 5.3 Lineamientos para la implemetacion de la metodologia BIM en la interventoria

#### 5.3.1 Diagnóstico como punto de partida para la implementación BIM

A partir del análisis desarrollado en los objetivos anteriores se identificaron dos grupos principales de problemáticas que afectan el control de los proyectos de construcción. El primero corresponde a las falencias asociadas con la cuantificación de obra, entre ellas errores de interpretación, inconsistencias en las unidades de medición, omisión de partidas, errores manuales y ausencia de validación técnica. El segundo corresponde a las deficiencias de coordinación entre disciplinas, que pueden generar interferencias, modificaciones, retrabajos y afectaciones al presupuesto y al cronograma.

Estos resultados permiten establecer que la implementación de BIM en la interventoría no debe limitarse al uso de herramientas de modelado, sino que debe estructurarse mediante procedimientos, responsabilidades, flujos de información y mecanismos de control que respondan directamente a las necesidades identificadas.

#### 5.3.2 Construcción de los lineamientos BIM a partir del diagnóstico

| Problema identificado | Necesidad de control | Uso BIM       | Componente del PEB        |
|-----------------------|----------------------|---------------|---------------------------|
| Errores en cantidades | Validar cantidades   | BIM 5D        | Requisitos de información |
| Omisión de partidas   | Verificar alcance    | Modelado + 5D | Entregables               |

|                                   |                       |                 |                        |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------------|
| <b>Interferencias</b>             | Coordinar disciplinas | Clash Detection | Flujos de coordinación |
| <b>Retrasos</b>                   | Mejorar programación  | BIM 4D          | Programación           |
| <b>Cambios sin trazabilidad</b>   | Controlar versiones   | CDE             | Gestión documental     |
| <b>Falta de responsabilidades</b> | Definir responsables  | Roles BIM       | Organización           |
| <b>Modelos inconsistentes</b>     | Controlar calidad     | Model Checking  | Protocolos de calidad  |

A partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico y de la revisión de los referentes normativos y metodológicos, se proponen los siguientes lineamientos para la estructuración de un Plan de Ejecución BIM (PEB) adaptado a las necesidades de la interventoría. Estos lineamientos no pretenden establecer un documento independiente de los procesos de control del proyecto, sino definir una estructura que permita utilizar la información BIM como soporte para la coordinación, verificación, seguimiento y toma de decisiones durante la ejecución.

La propuesta parte de la necesidad de integrar la información proveniente de las diferentes disciplinas y relacionarla con los componentes técnicos, económicos y temporales del proyecto. Por esta razón, los lineamientos se organizan en diez componentes: objetivos y usos BIM; roles y responsabilidades; flujos de trabajo; entregables BIM; entorno común de datos; niveles de desarrollo; control de calidad del modelo; gestión de interferencias; BIM 4D y BIM 5D.

La estructura propuesta se representa de la siguiente manera:

**Figura 18.** Lineamientos propuestos para el PEB.

### 5.3.2.1 Objetivos y usos BIM

El primer componente del PEB debe establecer los objetivos que se pretenden alcanzar mediante la implementación de BIM y los usos que tendrán los modelos durante el proyecto. En el contexto de esta investigación, los usos BIM deben seleccionarse de acuerdo con las necesidades identificadas en el diagnóstico y con las actividades de control desarrolladas por la interventoría.

Se proponen como usos prioritarios:

- Coordinación interdisciplinaria, para integrar los modelos de arquitectura, estructura e instalaciones.
- Detección y gestión de interferencias, para identificar conflictos antes de su materialización en obra.
- Extracción y validación de cantidades, para contrastar la información del modelo con planos, presupuesto y ejecución.

- Control de costos, mediante la relación entre elementos modelados, cantidades y presupuesto.
- Programación 4D, para relacionar elementos del modelo con actividades del cronograma.
- Seguimiento de avances, mediante la comparación entre lo programado, modelado y ejecutado.
- Gestión documental, para organizar y controlar la información producida durante el proyecto.

#### **5.3.2.2 Roles y responsabilidades**

El PEB debe establecer claramente las responsabilidades de cada participante en la producción, revisión, coordinación, aprobación y actualización de la información. La definición de responsabilidades permite evitar duplicidad de funciones y establecer responsables frente a las incidencias identificadas.

Como mínimo, se deberán establecer responsabilidades relacionadas con:

- producción y actualización de modelos;
- revisión técnica de la información;
- coordinación interdisciplinaria;
- detección y gestión de interferencias;
- validación de cantidades;
- actualización de información;
- revisión y aprobación de entregables;
- gestión documental;
- seguimiento de incidencias.

Para la interventoría, es especialmente importante diferenciar entre quien produce la información, quien la revisa, quien propone una solución y quien la aprueba, evitando que la misma persona concentre funciones que requieren verificación independiente.

### **5.3.2.3 Flujos de trabajo**

El PEB debe definir los procedimientos mediante los cuales la información pasa de una etapa a otra y establece las condiciones necesarias para su revisión y aprobación.

Para la gestión de interferencias, por ejemplo, se propone el siguiente flujo:

**Modelo disciplinar → modelo federado → revisión → detección de interferencia → registro de incidencia → clasificación y priorización → asignación de responsable → propuesta de solución → corrección → nueva revisión → validación → aprobación → cierre.**

Este procedimiento permite que una interferencia no se limite a ser identificada por el software, sino que tenga un proceso documentado hasta su solución.

De manera similar, para la validación de cantidades se propone:

**Modelo actualizado → extracción de cantidades → revisión de parámetros → comparación con presupuesto → identificación de diferencias → validación → actualización de información.**

La definición de estos flujos permite establecer una metodología uniforme y facilita la trazabilidad de las decisiones tomadas durante el proyecto.

### **5.3.2.4 Entregables BIM**

El PEB debe establecer qué información debe ser entregada a la interventoría, en qué formato, con qué periodicidad, quién es responsable de producirla y cuáles son los criterios para su aceptación.

Entre los principales entregables se proponen:

- Modelos disciplinares
- Modelo federado
- Archivos en formato ifc cuando corresponda
- Reportes de interferencias
- Matriz de incidencia
- Cantidades de obra
- Información asociada al avance
- Modelos actualizados
- Cronogramas vinculados al modelo
- Información relacionada con costos
- Registros de cambios
- Actas y evidencias de revisión
- Documentación técnica asociada a los modelos

Los entregables deben estar asociados a hitos definidos del proyecto y contar con criterios de revisión previamente establecidos. De esta forma, la interventoría podrá verificar no solamente si la información fue entregada, sino también si cumple las condiciones requeridas.

#### **5.3.2.5 Entorno comun de datos**

El Entorno Común de Datos (CDE) constituye el espacio destinado a organizar, almacenar, compartir, revisar y controlar la información del proyecto. Su implementación debe permitir que los participantes trabajen sobre información controlada y que la interventoría pueda consultar el historial de documentos y modelos utilizados durante la ejecución.

El PEB debe establecer:

- Estructura de carpetas
- Convenciones de nomenclatura
- Permisos de acceso
- Responsables de publicación
- Estados de la información
- Procedimientos de revisión y aprobación
- Control de versiones
- Fechas de publicación
- Procedimientos de actualización
- Mecanismos de trazabilidad

La aplicación de estos criterios permite disminuir el riesgo de que la interventoría utilice planos o modelos desactualizados para realizar procesos de revisión, medición o seguimiento.

#### **5.3.2.6 LOD y nivel de desarrollo de la actividad**

El PEB debe definir el nivel de desarrollo requerido para los elementos del modelo de acuerdo con la etapa del proyecto y el uso BIM previsto. El nivel de desarrollo no debe establecerse de manera uniforme para todos los elementos, debido a que las necesidades de información varían según el objetivo de cada uso BIM.

Por ejemplo, para la coordinación interdisciplinaria será necesario contar con un nivel geométrico suficiente para identificar interferencias, mientras que para la extracción de cantidades se requerirá adicionalmente información asociada a las características y parámetros de los elementos.

Por ello, el PEB deberá establecer para cada etapa:

- Nivel de desarrollo requerido
- Elementos que deben estar modelados
- Información mínima asociada
- Parámetros obligatorios
- Usos bim que podrán ejecutarse
- Responsable de actualización
- Criterios de aceptación

De esta manera, el nivel de desarrollo se relaciona directamente con la utilidad que tendrá el modelo para la interventoría.

#### **5.3.2.7 Control de calidad**

Antes de utilizar un modelo para realizar procesos de coordinación, extracción de cantidades o seguimiento, debe verificarse la calidad de la información que contiene.

El control de calidad propuesto deberá considerar como mínimo:

- Revisión geométrica
- Consistencia entre disciplinas
- Nomenclatura de elemento
- Parámetros requeridos
- Unidades de medida
- Versiones del modelo
- Elementos duplicados
- Elementos sin información

- Elementos ubicados incorrectamente
- Coherencia entre geometría e información
- Consistencia entre modelo, planos y documentación

Esta revisión resulta fundamental porque una detección de interferencias o una extracción de cantidades realizada sobre un modelo incorrecto puede producir resultados igualmente incorrectos. Por tanto, la confiabilidad de los resultados BIM depende de la calidad de la información utilizada.

#### **5.3.2.8 *Gestion de interferencias***

La gestión de interferencias constituye uno de los componentes principales de la propuesta debido a su relación directa con los problemas identificados en el diagnóstico.

El PEB deberá establecer un procedimiento para:

- Definir la frecuencia de revisión de los modelos
- Determinar las disciplinas que serán confrontadas
- Establecer los responsables de la revisión
- Detectar y registrar las interferencias.
- Clasificarlas según su naturaleza
- Determinar su nivel de prioridad.
- Asignar un responsable para su solución.
- Establecer una fecha límite de respuesta.
- Verificar la solución propuesta.
- Actualizar los modelos.

- Registrar la evidencia del cierre.

La clasificación deberá considerar, entre otras, las interferencias entre estructura e instalaciones, instalaciones entre sí, arquitectura y estructura e interferencias funcionales.

#### **5.3.2.9 BIM 4D-Programacion y seguimiento**

El componente BIM 4D debe relacionar los elementos del modelo con las actividades del cronograma, permitiendo visualizar la secuencia constructiva y analizar el avance del proyecto.

Para efectos de la interventoría, se propone utilizar BIM 4D para:

- Relacionar elementos del modelo con actividades
- Visualizar la secuencia constructiva
- Comparar avance programado y ejecutado
- Identificar actividades críticas
- Analizar desviaciones
- Evaluar el impacto de modificaciones
- Anticipar posibles retrasos derivados de interferencias
- Apoyar el seguimiento de hitos contractuales

La utilidad del BIM 4D no debe limitarse a generar una animación de la construcción. Su propósito dentro de esta propuesta es proporcionar información que facilite la comparación entre lo programado, lo ejecutado y lo previsto, permitiendo identificar oportunamente desviaciones.

Por ejemplo, si una interferencia impide ejecutar una actividad que forma parte de una secuencia crítica, la interventoría podrá identificar el posible impacto sobre las actividades sucesoras y solicitar oportunamente una solución o reprogramación.

**5.3.2.10 BIM 5D- Presupuesto y control de costos**

El BIM 5D constituye un componente prioritario para esta investigación debido a la relación existente entre las cantidades de obra, el presupuesto y el control de los costos.

El PEB deberá establecer procedimientos para relacionar la información del modelo con:

- Cantidades de obra
- Presupuesto
- Análisis de precios
- Costos directos
- Certificaciones
- Avances de obra
- Mayores cantidades
- Actividades no previstas
- Modificaciones
- Posibles adicionales
- Avance financiero

La extracción de cantidades mediante BIM deberá estar acompañada de procesos de validación. Las cantidades obtenidas del modelo no deben considerarse automáticamente como valores contractuales, sino como información que debe ser revisada, contrastada y validada frente a los documentos contractuales y a las condiciones realmente ejecutadas.

**Tabla 13.** Lineamientos para la formulacion del PEB

| <b>Componente</b>           | <b>Problema del diagnóstico</b>         | <b>Lineamiento propuesto</b>                | <b>Herramienta/uso BIM</b> | <b>Responsable</b>            | <b>Entregable</b>     | <b>Beneficio para interventoría</b> |
|-----------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| <b>Objetivos y usos BIM</b> | Uso de BIM sin objetivos definidos      | Definir usos según necesidades del proyecto | Coordinación 3D, 4D, 5D    | Coordinador BIM               | Matriz de usos BIM    | Enfoque de implementación           |
| <b>Roles</b>                | Falta de claridad en responsabilidades  | Matriz de roles y responsabilidades         | CDE / BIM                  | Todos los actores             | Matriz RACI           | Trazabilidad                        |
| <b>Flujos</b>               | Revisiones sin procedimiento uniforme   | Establecer flujo de revisión y aprobación   | CDE / coordinación         | Coordinador BIM               | Diagrama de flujo     | Control del proceso                 |
| <b>Entregables</b>          | Información incompleta o desactualizada | Definir formatos y periodicidad             | IFC / modelos / reportes   | Modeladores                   | Matriz de entregables | Control documental                  |
| <b>CDE</b>                  | Versiones dispersas                     | Centralizar información                     | CDE                        | Gestor documental             | Registro documental   | Trazabilidad                        |
| <b>LOD</b>                  | Modelos insuficientes para ciertos usos | Definir nivel según etapa y uso             | Modelado BIM               | Modeladores                   | Matriz LOD            | Confiability                        |
| <b>Calidad</b>              | Errores en modelos                      | Implementar revisión previa                 | Model Checker              | Coordinador BIM               | Informe de calidad    | Información confiable               |
| <b>Interferencias</b>       | Conflictos detectados en obra           | Detectar, clasificar, asignar y cerrar      | Clash Detection            | Coordinador BIM / disciplinas | Matriz de incidencias | Menos retrabajos                    |
| <b>BIM 4D</b>               | Desviaciones de programación            | Vincular modelo y cronograma                | 4D                         | Planeación                    | Modelo 4D             | Control del plazo                   |

---

|               |                                  |                                  |    |                        |                                |                         |
|---------------|----------------------------------|----------------------------------|----|------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| <b>BIM 5D</b> | Diferencias en cantidades/costos | Validar cantidades y presupuesto | 5D | Costos / interventoría | Reporte de cantidades y costos | Control de sobre costos |
|---------------|----------------------------------|----------------------------------|----|------------------------|--------------------------------|-------------------------|

---

## 6 Conclusiones

La evaluación e integración de la metodología *Building Information Modeling* (BIM) en los procesos de interventoría técnica y administrativa demuestra que el control de proyectos de edificación logra transitar de un modelo tradicional reactivo a un esquema digitalizado, transparente y proactivo. La implementación de un flujo de trabajo centralizado permite a la interventoría supervisar de forma integral el ciclo de vida del proyecto, garantizando el cumplimiento normativo (Ley 80 de 1993, Ley 1474 de 2011, Ley 1796 de 2016), asegurando la trazabilidad de la información técnica y administrativa, y mitigando sustancialmente las variaciones presupuestales y los retrasos en las entregas de obra.

El diagnóstico de las metodologías tradicionales de control evidencia que la dependencia de documentación bidimensional (2D) y la revisión manual de memorias de cálculo constituyen el principal foco de error en la estimación de cantidades de obra y presupuestos. La falta de articulación preliminar entre las disciplinas (arquitectura, estructura e instalaciones hidrosanitarias y eléctricas) deriva en sobre costos que suelen superar el 30% del valor inicial y en extensiones de plazo considerables. La interventoría tradicional se ve limitada al actuar de forma posterior a la ocurrencia de los errores; por ello, la adopción de modelos paramétricos permite automatizar la extracción de listas de materiales precisas y vinculadas dinámicamente a los diseños, eliminando la duplicidad de cómputos métricos y optimizando la precisión en las actas de cobro.

La integración de herramientas de coordinación tridimensional y la detección automatizada de colisiones (clash detection) en fases de diseño y preconstrucción transforman la función técnica de la interventoría, permitiendo identificar incompatibilidades espaciales y constructivas antes de la ejecución en campo. Mediante la adopción de estándares de interoperabilidad (OpenBIM, formatos IFC y BCF), la interventoría puede señalar, auditar y gestionar los hallazgos técnicos en un entorno colaborativo. Esta revisión anticipada elimina las improvisaciones en obra, reduce drásticamente las solicitudes de información en sitio y previene los reprocesos que habitualmente generan incrementos imprevistos en el cronograma y sobrecostos financieros.

La evaluación de las competencias del talento humano en la industria de la construcción revela una brecha entre la disponibilidad de tecnologías colaborativas y la capacitación técnica de los profesionales en el área de interventoría y supervisión. Para maximizar los beneficios de la metodología BIM, se requiere estructurar planes de formación continua enfocados no solo en el manejo de software, sino en la comprensión de los protocolos de gestión de información (ISO 19650), la definición de roles (BIM Manager, Coordinador BIM, Auditor BIM) y la interpretación de planes de ejecución BIM (PEB). La capacitación estratégica del equipo de interventoría garantiza una fiscalización efectiva de los entregables digitales y promueve una cultura organizacional orientada a la gestión basada en datos.

La implementación de las dimensiones 4D (planificación temporal) y 5D (control de costos) respaldada por un Entorno Común de Datos (CDE) dota a la interventoría administrativa de un canal centralizado de trazabilidad en tiempo real. La simulación del proceso constructivo permite contrastar el avance físico simulado contra el ejecutado en sitio, facilitando la validación transparente de parciales de obra, el control presupuestal estricto y la trazabilidad de los flujos de aprobación, garantizando el cumplimiento contractual y la protección de los recursos del proyecto.

+

### Referencias

American Institute of Architects. (2014). *Integrated Project Delivery: An updated working definition*. AIA California Council.

Barreto, J. (2020). *Análisis del impacto de la falta de coordinación en los diseños sobre los procesos de interventoría en Colombia* [Informe de investigación].

BIMForum Colombia. (2020). *Guía nacional BIM: Lineamientos para la implementación en proyectos de edificación*. Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL).

BSI Standards Publication. (2013). *Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling* (PAS 1192-2:2013). The British Standards Institution.

BSI Standards Publication. (2014). *Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling* (PAS 1192-3:2014). The British Standards Institution.

Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL). (2020). *Encuesta BIM LATAM 2020: Estado de la adopción BIM en el sector construcción*. CAMACOL.

Computer Integrated Construction Research Program (CIC). (2011). *BIM project execution planning guide* (Version 2.1). The Pennsylvania State University.

Congreso de la República de Colombia. (1993, 28 de octubre). *Ley 80 de 1993: Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública*. Diario Oficial No. 41.094.

Congreso de la República de Colombia. (2011, 12 de julio). *Ley 1474 de 2011: Por la cual se dictan normas orientadas a fortalecer los mecanismos de prevención, investigación y sanción de actos de corrupción y la efectividad del control de la gestión pública*. Diario Oficial No. 48.128.

Congreso de la República de Colombia. (2016, 13 de julio). *Ley 1796 de 2016: Por la cual se establecen medidas enfocadas a la protección del comprador de vivienda, el incremento de la seguridad de las edificaciones y el fortalecimiento de la función pública que ejercen los curadores urbanos*. Diario Oficial No. 49.933.

Congreso de la República de Colombia. (2018, 15 de enero). *Ley 1882 de 2018: Por la cual se adicionan, modifican y dictan disposiciones orientadas a fortalecer la contratación pública en Colombia*. Diario Oficial No. 50.477.

Consejo Privado de Competitividad. (2022). *Informe Nacional de Competitividad 2022-2023*. CPC.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers* (3rd ed.). John Wiley & Sons.

International Organization for Standardization. (2018a). *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles* (ISO Standard No. 19650-1:2018).  
<https://www.iso.org/standard/68078.html>

International Organization for Standardization. (2018b). *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets* (ISO Standard No. 19650-2:2018).  
<https://www.iso.org/standard/68080.html>

Lidelöw, S., Olofsson, T., & Stehn, L. (2023). Lifecycle information management using Building Information Modeling in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(4), 04023012.

McKinsey & Company. (2022). *Navigating the capital projects budget overruns: Strategic perspectives for the construction industry*. McKinsey.

Mojica, A., & Valencia, M. (2016). Incompatibilidades en diseños de edificación y su impacto en la fase de ejecución. *Revista de Ingeniería y Construcción*, 31(2), 115-128.

Morales, R., Gómez, J., & Vargas, L. (2019). Impacto de las metodologías digitales en la productividad de obras de edificación. *Ingeniería y Desarrollo*, 37(1), 45-62.

Muñoz, E., & Martínez, P. (2019). La interventoría como garante de calidad en las obras públicas colombianas. *Revista de Derecho Público y Gestión*, 12, 88-104.

National Institute of Building Sciences (NIBS). (2015). *National Building Information Modeling Standard (NBIMS-US) - Version 3*. NIBS.

Pastrán Beltrán, J. (2017). Control presupuestal y de cantidades de obra mediante plataformas de modelado parametrizado. *Gestión y Edificación*, 8(1), 22-35.

Pérez, C., Gómez, E., & Torres, A. (2024). Análisis de atrasos y sobrecostos en la ejecución de proyectos de construcción en Colombia. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 28(1), 101-118.

Project Management Institute. (2017). *A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK guide)* (6th ed.). Project Management Institute.

Rivas, K., & Rada, J. (2020). Detección de colisiones e interoperabilidad mediante entornos colaborativos BIM. *Boletín Técnico de la Construcción*, 15(3), 50-67.

Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.

Sampaio, A. Z., Augusto, A. M., & Gomes, A. M. (2023). Information management supported in BIM methodology throughout the building lifecycle. *Applied Sciences*, 13(2), 890.

Sánchez, M., & Calderón, L. (2021). Problemática de la gestión tradicional de proyectos de infraestructura frente a la transformación digital. *Cuadernos de Ingeniería Civil*, 19, 77-93.

## **Apéndice A. Plan de ejecución de proyecto BIM**

### **PLAN DE EJECUCION DE PROYECTO BIM**

#### **[NOMBRE DEL PROYECTO]**

#### **7 Contenido**

|                                                                     |                                      |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1.Descripción general de PEB                                        | 142                                  |
| 1.1.Descripción general del plan de ejecución del proyecto BIM..... | 142                                  |
| 2.Informacion del proyecto                                          | 143                                  |
| 2.1.Informacion básica del proyecto .....                           | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| 2.2.Estructura del equipo de desarrollo de proyecto .....           | 143                                  |
| 2.3.Hitos del contrato .....                                        | 144                                  |
| 2.4.Calendario reuniones.....                                       | 145                                  |
| 3.Objetivos/ usos BIM                                               | 145                                  |
| 3.1.Objetivo BIM del cliente.....                                   | 145                                  |

|                                                                 |                                      |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| INTERVENTORÍA PARA LA PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE CONSTRUCCIÓN    | 138                                  |
| 3.2.Usos BIM aplicados al proyecto .....                        | 146                                  |
| 3.3.Estrategia de respuesta de cada uso (flujo de trabajo)..... | 147                                  |
| 3.3.1.Estimación de costos .....                                | 148                                  |
| 3.3.2.Planeación de fases.....                                  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| 3.3.3.Análisis de condiciones existentes .....                  | 155                                  |
| 3.3.4.Autoría de diseños .....                                  | 159                                  |
| 3.3.5.Revisión de diseños .....                                 | 162                                  |
| 3.3.6.Coordinación 3D .....                                     | 166                                  |
| 3.3.7.Análisis estructural .....                                | 170                                  |
| 3.3.8.Análisis MEP .....                                        | 173                                  |
| 4.Procedimientos de comunicación                                | 177                                  |
| 4.1.Estrategias de colaboración .....                           | 177                                  |
| 4.1.1.Nomenclatura de archivos .....                            | 177                                  |
| 4.1.2.CDE: entorno común de datos.....                          | 179                                  |
| 4.2.Estrategias de entregas .....                               | 181                                  |
| 4.3.Entregables BIM .....                                       | 182                                  |
| 5.Necesidades de infraestructura tecnológica                    | 182                                  |
| 5.1.Software .....                                              | 182                                  |
| 5.1.1.Plataforma entorno común de datos (CDE).....              | 182                                  |
| 5.1.2.Software de levantamiento de condiciones existentes.....  | 183                                  |
| 5.1.3.Software de análisis situación actual .....               | 183                                  |
| 5.1.4.Software de control y coordinación de modelos .....       | 183                                  |
| 5.1.5.Software de auditoría de modelado .....                   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| INTERVENTORÍA PARA LA PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE CONSTRUCCIÓN  | 139 |
| 5.1.6. Software específico de presupuesto.....                | 184 |
| 5.1.7. Software específico de planificación de fases .....    | 184 |
| 6. Control de calidad                                         | 184 |
| 6.1. Revisión de modelos .....                                | 184 |
| 6.2. Control de cambios.....                                  | 185 |
| 6.3. Matriz de interferencias.....                            | 186 |
| 6.3.1. Esquema de coordinación y detección de colisiones..... | 186 |

### Lista de tablas

|                                                                      |                                      |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Tabla 1. información general del proyecto .....</b>               | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>Tabla 2. Datos identificativos de los profesionales.....</b>      | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>Tabla 3. Principales fases y etapas del proyecto .....</b>        | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>Tabla 4. Organización de reuniones .....</b>                      | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>Tabla 5. Objetivos BIM .....</b>                                  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>Tabla 6. Usos BIM .....</b>                                       | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>Tabla 7. Nomenclatura del proyecto.....</b>                       | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>Tabla 8. Tipo de documentación y códigos.....</b>                 | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>Tabla 9. Estructura de carpetas dentro del CDE.....</b>           | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>Tabla 10. Carpetas conforme a los estados de información.....</b> | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>Tabla 11. Entregas de estado de avance .....</b>                  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>Tabla 12. Listado de entregables .....</b>                        | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>Tabla 13. Software.....</b>                                       | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |

**Tabla 14.** *Software implementar* ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Tabla 15.** *Software implementar* ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Tabla 16.** *Software implementar* ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Tabla 17.** *Software implementar* ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Tabla 18.** *Software implementar* ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Tabla 19.** *Software implementar* ..... ¡Error! Marcador no definido.

### Lista de figuras

**Figura 1.** *Flujo de trabajo estimación de costos*..... 149

**Figura 2.** *Flujo de trabajo planificación de fases*..... ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 3.** *Flujo de trabajo análisis de condiciones existentes* ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 4.** *Flujo de trabajo de autoría de diseño* ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 5.** *Flujo de trabajo de revisión de diseño* ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 6.** *Flujo de trabajo de coordinación 3D*..... ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 7.** *Flujo de trabajo análisis estructural* ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 8.** *Flujo de trabajo análisis del MEP* ..... ¡Error! Marcador no definido.

### **Introducción**

La metodología BIM está en la cima de la transformación digital en el sector de la construcción y de gestión de activos construidos, donde pretende minimizar algunos de los problemas emblemáticos relacionados con la ejecución de proyectos en las durante los últimos años, como los retrasos en el cronograma, el sobrecoste, los reprocesos y cambios en el presupuesto contractual.

El plan de ejecución (PEB), es un documento elaborado por la empresa consultora, en el que se recoge las estrategias, procesos, técnicas, herramientas, sistemas que son aplicados para asegurar el cumplimiento de los requisitos BIM solicitados en el pliego de condiciones. El contenido del PEB varía según la fase del ciclo de vida del activo objeto de la licitación. Es por que en su redacción se requiere un trabajo colaborativo de todos los implicados en la fase o fases en las que se va aplicar dicho plan.

Dicho esto, el objetivo del PEB es establecer un marco de funcionamiento para los diferentes procesos a desarrollar por las personas implicados, es una guía que establece las mejores prácticas que garantizan que los procedimientos se produzcan de la manera más eficiente y estandarizada.

#### Descripción general de PEB

El propósito de este plan de ejecución BIM es definir un proceso de trabajo documentado y comprensible utilizando BIM, para orientar a los diferentes actores del proceso buscando optimizar el uso de tecnología y procesos para el mejor diseño de los espacios e instalaciones requeridas.

El alcance de este documento comprenderá las condiciones necesarias para la elaboración del expediente técnico, tocando temas importantes para la interacción de los actores, el uso del entorno de datos comunes, la colaboración de los involucrados, así como las prácticas y requerimientos mínimos esperados para los modelos a entregar según la etapa y especialidad.

#### Descripción general del plan de ejecución del proyecto BIM

El objetivo general de este documento es establecer como, cuando, quien, a que nivel y para que usos se utilizará BIM dentro del proyecto (nombre del proyecto). Se busca establecer los roles y las responsabilidades de cada una de las partes que participan en el proyecto en lo referente a BIM y definir como funcionara el proceso general y cada uno de los subprocesos de forma detallada, identificando de manera eficaz como se realizara los intercambios de información necesarios para el cierre exitoso del proyecto.

## Información del proyecto

**Tabla 6.** Información del proyecto

|                                        |
|----------------------------------------|
| <i>Información de proyecto</i>         |
| <i>Promotor</i>                        |
| <i>Tipo de contrato</i>                |
| <i>Numero de contrato</i>              |
| <i>Nombre del proyecto</i>             |
| <i>Ubicación del proyecto</i>          |
| <i>Fecha de inicio de construcción</i> |
| <i>Plazo de ejecución</i>              |
| <i>Presupuesto contractual</i>         |
| <i>Descripción del proyecto</i>        |

*Nota:* La tabla fue elaborada teniendo como referencia la guía 11 Plan de ejecución BIM (CAMACOL).

## Estructura del equipo de desarrollo de proyecto

Esta sección permite conocer la estructura jerárquica del equipo de trabajo; la cual debe estar alineada con los roles y perfiles solicitados en los Requerimientos de intercambio de información (EIR).

**Tabla 7.** Datos identificativos de los profesionales

| No<br>mbre<br>responsable | Empresa/e<br>ntidad | C<br>argo | Perfil/dis<br>ciplina | R<br>ol BIM | Telé<br>fono | e<br>mail |
|---------------------------|---------------------|-----------|-----------------------|-------------|--------------|-----------|
|---------------------------|---------------------|-----------|-----------------------|-------------|--------------|-----------|

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

### Hitos del contrato

Para el adecuado seguimiento y coordinación requerida en un proyecto utilizando BIM, se necesita que el coordinador del proyecto junto con el coordinador BIM, cumpla con precisión el cronograma con los trabajos a realizar cumpliendo con las fechas de inicio y avance de cada actividad.

**Tabla 8.** Principales fases y etapas del proyecto

| <i>F</i><br>ASES | <i>o.</i> | <i>Descripción</i>                             | <i>F</i><br><i>echa de</i><br><i>inicio</i> | <i>Fecha</i><br><i>fin</i> | <i>Responsables</i>               |
|------------------|-----------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| <b>1</b>         | .1        | Entrega de información y revisión del contrato |                                             |                            | Contratista-interventoría         |
|                  | .1        | Elaboración Plan de ejecución BIM              |                                             |                            | Interventoría                     |
| <b>2</b>         | .2        | Aprobación Plan de ejecución BIM               |                                             |                            | Cliente-contratista-interventoría |
|                  | .3        | Estructuración CDE                             |                                             |                            | Contratista-interventor           |
|                  | .1        | Informes 1 y presentación BIM                  |                                             |                            |                                   |
|                  | .2        | Informes 2 y presentación BIM                  |                                             |                            |                                   |
|                  | .3        | Informes 3 y presentación BIM                  |                                             |                            |                                   |
| <b>3</b>         | .4        | Informes 4 y presentación BIM                  |                                             |                            | Interventoría                     |
|                  | .5        | Informes 5 y presentación BIM                  |                                             |                            |                                   |
|                  | .6        | Informes 6 y presentación BIM                  |                                             |                            |                                   |
|                  | .7        | Informes final y presentación BIM              |                                             |                            |                                   |

|          |    |                                                          |               |
|----------|----|----------------------------------------------------------|---------------|
|          | .8 | Aprobación del<br>modelo BIM                             |               |
|          | .9 | Entrega y revisión<br>del producto de la<br>especialidad |               |
| <b>4</b> | .1 | Entrega final del<br>modelo BIM                          | Interventoría |

*Nota:* La tabla fue elaborada teniendo como referencia la guía 11 Plan de ejecución BIM (CAMACOL).

### Calendario reuniones

Se indica la periodicidad mínima de reuniones técnicas BIM que se esperan celebrar a lo largo del contrato. La cantidad y frecuencia de las reuniones puede cambiar por motivos de avance del proyecto.

**Tabla 9.** Organización de reuniones

| Tipo de reunión                                                                        | Etapas       | Frecuencia | Participantes                   | Localización       |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|---------------------------------|--------------------|
| Inicio de requerimientos BIM                                                           | factibilidad | Únicas     | Contratista-interventor         | Presencial         |
| Presentación del PEB                                                                   | Factibilidad | únicas     | Cliente-contratista-interventor | presencial         |
| Seguimiento BIM                                                                        | Ejecución    | Quincenal  | Cliente-contratista-interventor | Virtual/presencial |
| Cualquier otra reunión BIM con múltiples partes para aclaraciones, cambios y reclamos. | Ejecución    | únicas     | Cliente-contratista-interventor | Presencial         |

*Nota:* La tabla fue elaborada teniendo como referencia la guía 11 Plan de ejecución BIM (CAMACOL).

### Objetivos/ usos BIM

#### Objetivo BIM del cliente

Basado en la metodología BIM y al ciclo de vida de un proyecto, se establecen de acuerdo al alcance los objetivos generales establecidos por la entidad, los cuales servirán de base para los objetivos del proyecto y sus respectivos usos BIM.

**Tabla 10. Objetivos BIM**

| <i>Prioridad</i> | <i>Objetivo específico</i>                                                                                                                                     | <i>Uso BIM asociado</i>                   |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Media            | Extraer cantidades de componentes y material del proyecto.                                                                                                     | Estimación d cantidades y costos 5D       |
| Alta             | Planear la secuencia constructiva del proyecto.                                                                                                                | Planificación de fases modelación 3D Y 4D |
| Alta             | Calcular volúmenes detalladas del proyecto como plantas, secciones, etc.                                                                                       | Diseño de especialidades                  |
| Alta             | Visualizar todos los diseños que hagan parte del alcance.                                                                                                      | Diseño de especialidades                  |
| Alta             | Identificar en el proceso de diseños todos los conflictos o interferencias o colisiones que se puedan presentar con el diseño que se elabora y con su entorno. | Coordinación 3D                           |
| Media            | Optimizar la gestión de recursos utilizados                                                                                                                    | Estimación de cantidades y costos 5D      |
| Alta             | Reducir retrasos, reprocesos y controversias que puedan afectar la calidad del proyecto o su fecha de entrega                                                  | Planificación de fases modelación 3D Y 4D |

*Nota:* La tabla fue elaborada teniendo como referencia la guía 11 Plan de ejecución BIM (CAMACOL).

### Usos BIM aplicados al proyecto

**Tabla 11. Usos BIM**

| <i>Nombre del uso</i>                | <i>responsables</i>                       | <i>entregables</i>                                                      | <i>Objetivo</i>                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Estimación de cantidades y costos 5D | Especialistas BIM de presupuestos         | Reporte de cuantificación de Presupuesto Meta data de interoperabilidad | Es un proceso en el que BIM se utiliza para la generación de cuantificaciones precisas y estimaciones de costos a lo largo del ciclo de vida de un proyecto proporcionando la variación de costos de adiciones y modificaciones, con el potencial de ahorrar tiempo y dinero |
| Planificación de fases modelación 4D | Contratista-interventoría-coordinador BIM | Modelo estructurado 4D videos y vistas 4D                               | Un proceso en que se utiliza un modelo 4D (modelo 3D con la dimensión añadida de tiempo) para planificar de manera efectiva                                                                                                                                                  |

|                          |                          |                        |                         |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          |                          |                        |                         |                           | la ocupación por etapas. Modelado 4D es una potente herramienta de visualización y comunicación que puede dar un equipo de proyecto, una mejor comprensión de los hitos del proyecto y los planos de construcción.                                                                                                                          |
| Coordinación 3D          | Todas las disciplinas    | Modelo de coordinación | Informe de coordinación | Reporte de interferencias | Un proceso en el que se utiliza un software de coordinación 3D para determinar la identificación de conflictos geométricos mediante la comparación de modelos de sistemas de construcción. El objetivo de la coordinación 3D es eliminar reprocesos de diseño, conflictos de campo y los problemas de coordinación antes de la instalación. |
| Diseño de especialidades | Todas las especialidades | Modelos de información | BIM de especialidad.    | de por                    | Un proceso en el cual se busca la generación y entrega de información de calidad facilitando la interpretación de las soluciones previstas en el proceso constructivo, mejorando la productividad y ahorro de tiempo de producción de planos comparado con el tema tradicional de generación de planos.                                     |

*Nota:* La tabla fue elaborada teniendo como referencia la guía 11 Plan de ejecución BIM (CAMACOL).

#### Estrategia de respuesta de cada uso (flujo de trabajo)

El Modelado de Información de Construcción (BIM) es un enfoque integral para la planificación, diseño, construcción y gestión de edificios y otras infraestructuras. A diferencia de los métodos tradicionales, BIM permite la creación de modelos digitales en 3D que contienen no solo geometría, sino también información detallada sobre los elementos del proyecto, como materiales, costos y cronogramas. Este enfoque colabora en mejorar la eficiencia, la comunicación y la toma de decisiones a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

Los flujos de trabajo son fundamentales ya que permiten una integración efectiva de los diferentes equipos y profesionales involucrados en un proyecto de construcción. Los flujos de trabajo en BIM se refieren a la secuencia de tareas y

procesos que se deben seguir para crear, gestionar y utilizar los modelos BIM en un proyecto de construcción.

La importancia de los flujos de trabajo en una metodología BIM radica en que permite la coordinación y colaboración efectiva, los flujos bien definidos y coordinados permite una colaboración efectiva entre los diferentes equipos y profesionales involucrados en el proyecto, una de las ventajas más importantes es la reducción de errores y retrabajos, los flujos de trabajo permiten identificar los posibles errores y conflictos en el diseño antes de que se inicien la construcción, reduciendo las probabilidades de errores y retrabajos costosos mejorando la calidad del proyecto, así mismo permite una gestión más eficiente del tiempo y los recursos del proyecto mediante una adecuada asignación de recursos y definición clara de los plazos de entrega.

El flujo de trabajo en BIM transforma la manera en que se diseñan, construyen y gestionan los proyectos de construcción. Al integrar tecnología y colaboración, se optimizan recursos, se minimizan errores y mejoran los resultados generales, beneficiando a todos los participantes en el ciclo de vida del proyecto.

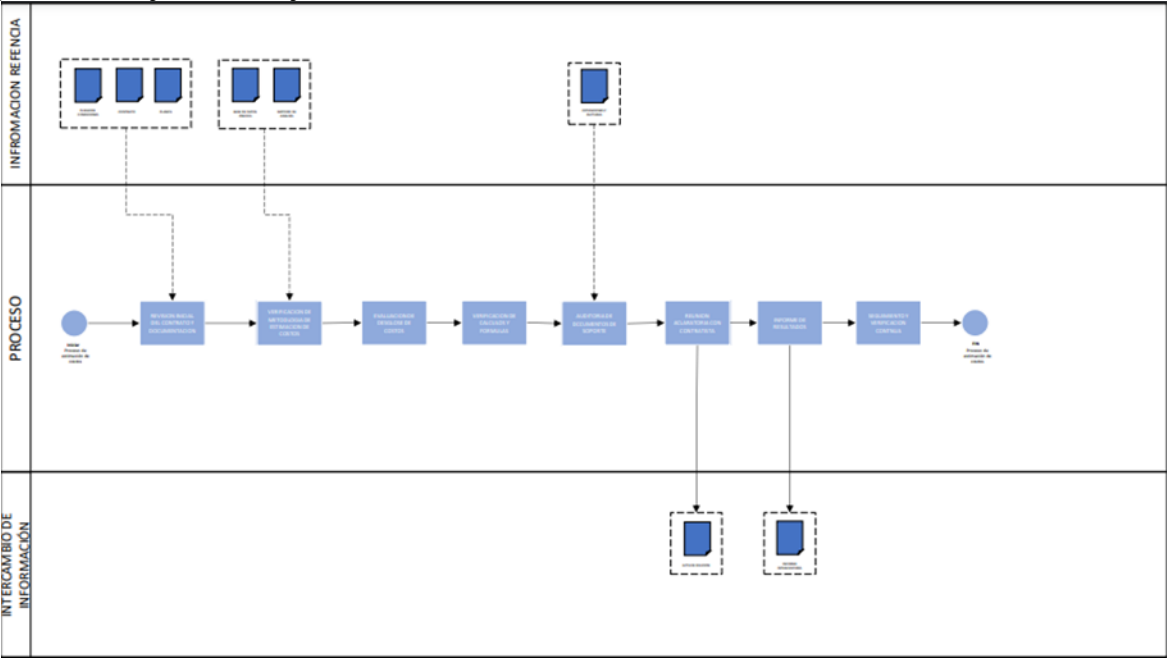
#### Estimación de costos

El flujo de trabajo BIM para la estimación de costos se integra en el proceso de construcción y se basa en la creación de un modelo tridimensional que contiene información detallada sobre los elementos del proyecto.

Los beneficios del flujo de trabajo para la estimación de costos es la minimización de errores en las estimaciones gracias a datos integrados y actualizados, acelera el proceso de estimación al automatizar la extracción de

cantidades y cálculo de costos, también fomenta una mejor comunicación entre equipos de diseño y construcción asegurando que todos estén alineados. Por último, ofrece una visión clara de cómo los cambios afectan los costos, facilitando la toma de decisiones informadas, Este flujo no solo mejora la precisión en la estimación de costos sino también contribuye a una gestión más eficaz del proyecto.

Figura 18. Flujo de trabajo estimación de costos



Para realizar un control efectivo en la estimación de costos del contratista implica un proceso sistemático para asegurarse de que los costos sean justos, precisos y estén alineados con el alcance del proyecto.

*Revisión de Documentación Inicial* verificar que el contratista haya presentado todos los documentos necesarios para la estimación de costos, incluidos los planos, especificaciones y la metodología de cálculo.

*Análisis del Modelo BIM* revisar el modelo BIM para garantizar que contenga información precisa y actualizada sobre todos los elementos del proyecto, incluidos materiales, cantidades y sistemas constructivos.

*Validación de Costos Unitarios* comparar los costos unitarios propuestos por el contratista con los costos de mercado y referencias anteriores, asegurándose de que sean razonables y justificados.

*Estimación de Cantidades* confirmar que las cantidades derivadas del modelo BIM sean correctas y completas, utilizando herramientas de medición integradas en el software BIM.

*Revisión de Metodología de Construcción* evaluar la metodología de construcción propuesta por el contratista y su impacto en los costos estimados. Asegurarse de que la secuencia de trabajo sea lógica y eficiente.

*Control de Cambios y Variaciones:* establecer un procedimiento para la gestión de cambios en el diseño que puedan afectar la estimación de costos. Documentar y evaluar cada cambio en términos de impacto financiero.

*Análisis de Riesgos* realizar un análisis de riesgos relacionado con la estimación de costos, identificando posibles contingencias y su efecto en el presupuesto general.

*Reuniones de Coordinación* organizar reuniones con el equipo del contratista para discutir la estimación de costos, resolver dudas y realizar ajustes si es necesario.

*Validación de Costos Totales* asegurarse de que la estimación de costos total sea coherente con el alcance del proyecto y con los objetivos financieros establecidos.

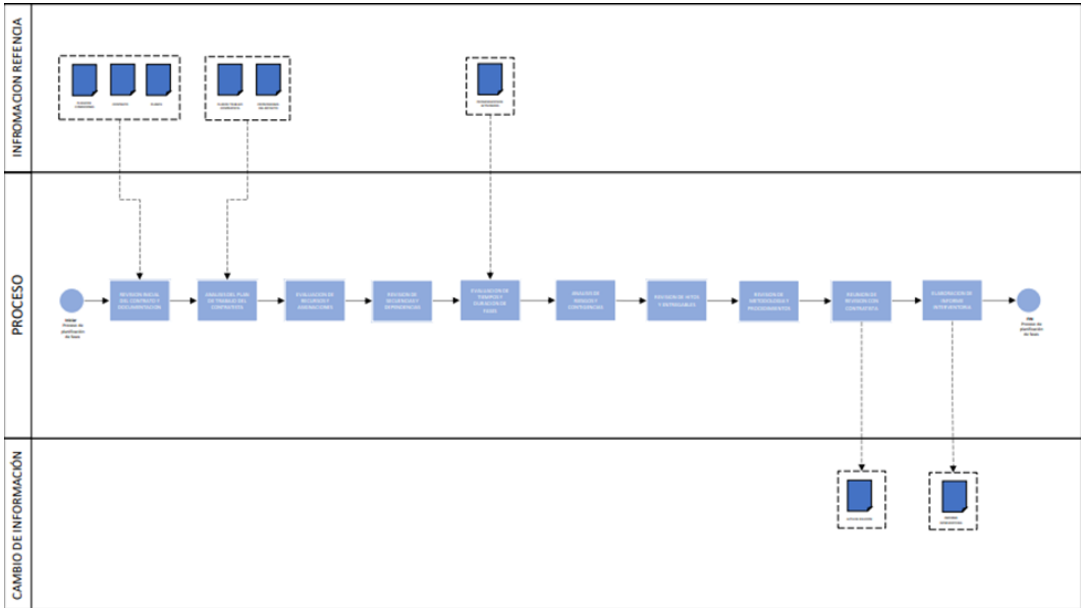
*Documentación y Reporte* mantener un registro detallado de todas las revisiones y decisiones relacionadas con la estimación de costos.

Elaborar informes periódicos que resuman el estado de la estimación y cualquier desviación identificada.

*Aprobación de Estimaciones* dar la aprobación final a la estimación de costos del contratista antes de proceder a la ejecución, asegurándose de que cumpla con los requisitos del proyecto.

*Revisión Post-Ejecución* al finalizar la obra, realizar una revisión de los costos finales en comparación con la estimación inicial, identificando lecciones aprendidas y áreas de mejora para futuros proyectos

**Figura 19.** *Flujo de trabajo planificación de fases*



Nota: La tabla fue elaborada teniendo como referencia al trabajo del IDU

Planeación de fases El flujo de trabajo BIM para la planificación de fases se centra en la organización y gestión de un proyecto de construcción a lo largo de sus diferentes etapas. Este enfoque permite una mejor coordinación, comunicación y eficiencia.

Los beneficios de un trabajo de flujo en la planificación de fases permiten mejorar la coordinación y reduce los conflictos durante la construcción, proporciona una representación visual clara del proceso de construcción facilitando la toma de decisiones permitiendo la adaptación rápida en el cronograma y la asignación de recursos si se presentan cambios o imprevistos, así mismo se fomenta una comunicación fluida entre todos los involucrados en el proyecto.

El control en la planificación de fases de una obra es crucial para asegurar que el proyecto se ejecute de manera eficiente y en conformidad con el contrato.

- *Revisión de Documentación y Contrato*

*Revisa el contrato* Asegurarse de entender los requisitos contractuales relacionados con la planificación y ejecución de las fases de la obra.

*Documentación del proyecto* Familiarízate con los planos, especificaciones, cronogramas previos, y cualquier otro documento relevante que defina el alcance y las fases del proyecto.

- *Análisis del Plan de Trabajo del Contratista*

*Revisa el cronograma* Evaluar el cronograma del contratista, asegurándose de que esté detallado y cubra todas las fases del proyecto.

*Fases del proyecto* Verificar que el plan de trabajo divida el proyecto en fases lógicas y manejables, y que cada fase tenga una duración razonable y objetivos claros.

- *Evaluación de Recursos y Asignación*

*Recursos asignados* Asegurarse de que el contratista haya asignado los recursos necesarios (mano de obra, materiales, equipos) para cada fase del proyecto.

*Capacidad de recursos* Verificar que los recursos asignados sean adecuados para cumplir con el cronograma y los requisitos de cada fase.

*Revisión de Secuenciación y Dependencias*

*Secuenciación* Asegúrate de que las fases del proyecto estén secuenciadas de manera lógica y que las actividades estén organizadas para minimizar conflictos y retrasos.

*Dependencias* Verificar que las dependencias entre las distintas fases y actividades estén claramente identificadas y que se hayan considerado en la planificación

- *Evaluación de Tiempos y Duración de Fases*

*Duración de fases* Revisar la duración de cada fase para asegurar que sea realista y esté basada en estimaciones precisas.

*Márgenes de tiempo* Asegurarse de que se hayan incluido márgenes de tiempo adecuados para imprevistos y retrasos potenciales

- *Análisis de Riesgos y Contingencias*

*Identificación de riesgos* Revisar cómo el contratista ha identificado y planificado para riesgos y contingencias en cada fase del proyecto.

*Planes de contingencia* Verifica la existencia de planes de contingencia para abordar posibles problemas que puedan surgir durante la ejecución de las fases.

- *Revisión de Hitos y Entregables*

*Hitos:* Asegurarse de que el plan incluya hitos claros y específicos para cada fase del proyecto.

*Entregables:* Verificar que los entregables para cada fase estén bien definidos y que existan criterios claros para la aceptación y validación.

- *Revisión de Metodología y Procedimientos*

*Metodología:* Evaluar la metodología de ejecución propuesta por el contratista para cada fase, asegurando de que sea adecuada para alcanzar los objetivos del proyecto.

*Procedimientos:* Revisar los procedimientos y protocolos que el contratista seguirá durante cada fase, asegurándose de que cumplan con los estándares y regulaciones aplicables.

- *Reuniones con el Contratista*

*Reuniones de revisión:* Organizar reuniones con el contratista para discutir el plan de trabajo y resolver cualquier duda o discrepancia.

*Aclaraciones:* Solicitar aclaraciones sobre cualquier aspecto del plan de fases que no esté claro o que requiera más detalle.

- *Elaboración de Informe y Recomendaciones*

*Informe de revisión:* Documentar hallazgos y cualquier discrepancia o área de preocupación en un informe detallado.

*Recomendaciones:* Incluir recomendaciones para ajustar el plan de fases si es necesario para mejorar la viabilidad y efectividad del cronograma.

- *Seguimiento y Monitoreo Continuo*

*Monitoreo de avance:* Realizar un seguimiento continuo del avance del proyecto en relación con el plan de fases y el cronograma.

*Ajustes y actualizaciones:* Revisar y actualiza el plan de fases según sea necesario para abordar cualquier cambio en el proyecto o imprevistos.

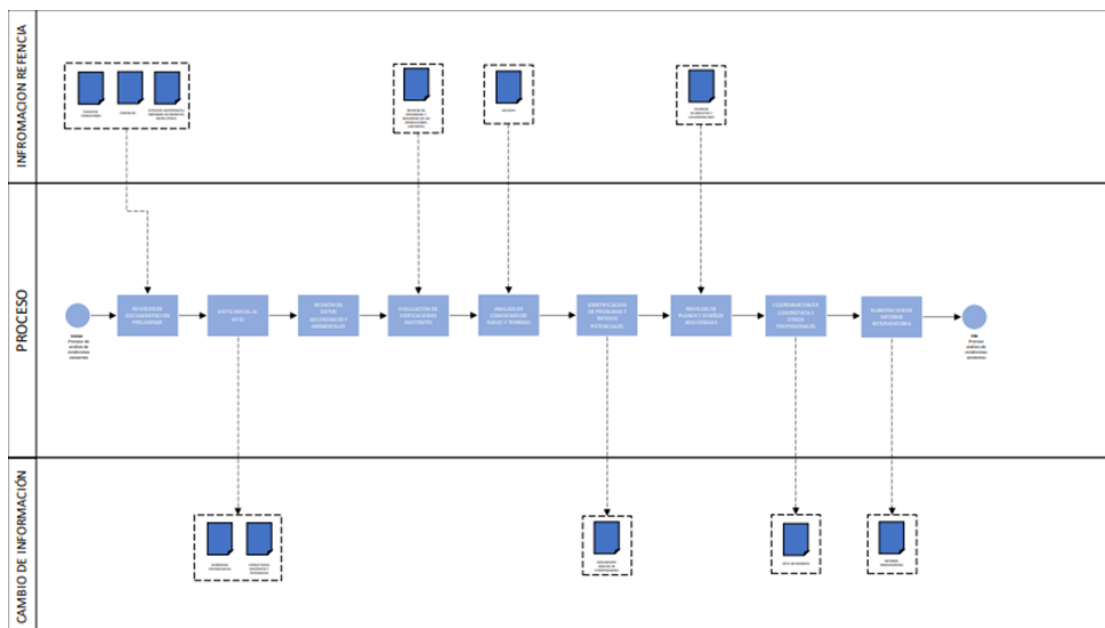
Este enfoque te permitirá asegurar que la planificación de fases del contratista sea adecuada y efectiva, facilitando una ejecución exitosa del proyecto y minimizando el riesgo de retrasos y problemas.

Análisis de condiciones existentes

El flujo de trabajo BIM para el análisis de condiciones existentes es fundamental para proyectos de rehabilitación, renovación o ampliación. Este enfoque ayuda a capturar, modelar y analizar las condiciones actuales de un sitio o edificio.

Los beneficios de un flujo de trabajo para el análisis de condiciones existentes es la mejora de la precisión en la representación de las condiciones actuales reduciendo riesgos en fases posteriores del proyecto, acelera el proceso de análisis al utilizar tecnología avanzada para la captura de datos. También proporciona representaciones visuales claras que facilitan la comprensión de las condiciones existentes para todos los involucrados fomentando una mejor comunicación entre equipos y partes asignadas, asegurando que todos estén alineados en el proceso. Este flujo de trabajo es esencial para asegurar las intervenciones en un proyecto sean efectivas, seguras y sostenibles.

**Figura 20.** *Flujo de trabajo análisis de condiciones existentes*



*Nota:* La tabla fue elaborada teniendo como referencia al trabajo del IDU

Realizar un control exhaustivo del análisis de las condiciones existentes en una obra es esencial para garantizar que el proyecto se ejecute sin problemas y conforme a lo planeado.

#### Procedimiento para el Control del Análisis de Condiciones Existentes en una Obra

- *Revisión de Documentación Preliminar*

*Revisa el contrato y planos:* Examinar los documentos del contrato y los planos de la obra para entender el alcance del trabajo y las condiciones que se deben considerar.

*Estudia informes anteriores:* Consultar cualquier informe previo sobre las condiciones existentes, como estudios geotécnicos, informes de inspección y otros análisis relevantes.

- *Visita Inicial al Sitio*

*Inspección preliminar:* Realizar una visita al sitio para familiarizarte con el área y observar las condiciones actuales.

*Documentación visual:* Tomar fotografías y notas sobre el estado actual del sitio, las estructuras existentes, y cualquier elemento relevante que pueda impactar el proyecto.

- *Revisión de Datos Geotécnicos y Ambientales*

*Estudios geotécnicos:* Verificar que los estudios geotécnicos (si aplican) estén completos y actualizados, y que se hayan considerado en el análisis de condiciones.

*Condiciones ambientales:* Revisa los informes sobre las condiciones ambientales, como el clima, el nivel freático, y la posible presencia de contaminantes.

- *Evaluación de Estructuras y Elementos Existentes*

*Condiciones de estructuras:* Evaluar el estado de las estructuras existentes en el sitio, como edificios, cimientos y otras construcciones.

*Integridad y seguridad:* Verificar la integridad y seguridad de las estructuras existentes para determinar si se necesitan reparaciones o refuerzos.

- *Análisis de Condiciones del Suelo y Terreno*

*Condiciones del suelo:* Evaluar las condiciones del suelo, incluyendo su tipo, compactación y posibles problemas de estabilidad.

*Topografía y drenaje:* Revisa la topografía del terreno y los sistemas de drenaje para identificar posibles problemas que puedan afectar la construcción.

- *Identificación de Problemas y Riesgos Potenciales*

*Problemas existentes:* Identificar cualquier problema o riesgo potencial en las condiciones existentes que pueda afectar la ejecución del proyecto.

*Mitigación de riesgos:* Evaluar las medidas de mitigación necesarias para abordar los problemas identificados y garantizar el progreso sin contratiempos.

- *Revisión de Planos y Diseños Adicionales*

*Actualización de planos:* Asegurarse de que cualquier modificación o ajuste en el diseño del proyecto esté reflejado en los planos actualizados.

*Ajuste de diseño:* Verificar que los diseños se ajusten a las condiciones existentes y que se hayan realizado los ajustes necesarios.

- *Coordinación con el Contratista y Otros Profesionales*

*Reuniones de coordinación:* Organizar reuniones con el contratista y otros profesionales (ingenieros, arquitectos, etc.) para discutir las condiciones existentes y su impacto en el proyecto.

*Revisión de informes:* Discutir los informes de condiciones existentes con el contratista para asegurar de que se comprenda y se planifique adecuadamente.

- *Elaboración de Informe de Revisión*

*Documentación de hallazgos:* Elaborar un informe detallado que documente tus hallazgos sobre las condiciones existentes, incluyendo problemas identificados y riesgos potenciales.

*Recomendaciones:* Incluir recomendaciones para abordar los problemas identificados y asegurar que el proyecto avance sin contratiempos.

Este enfoque te permitirá tener un control exhaustivo sobre el análisis de condiciones existentes, asegurando que todos los factores relevantes se consideren y se gestionen adecuadamente para el éxito del proyecto.

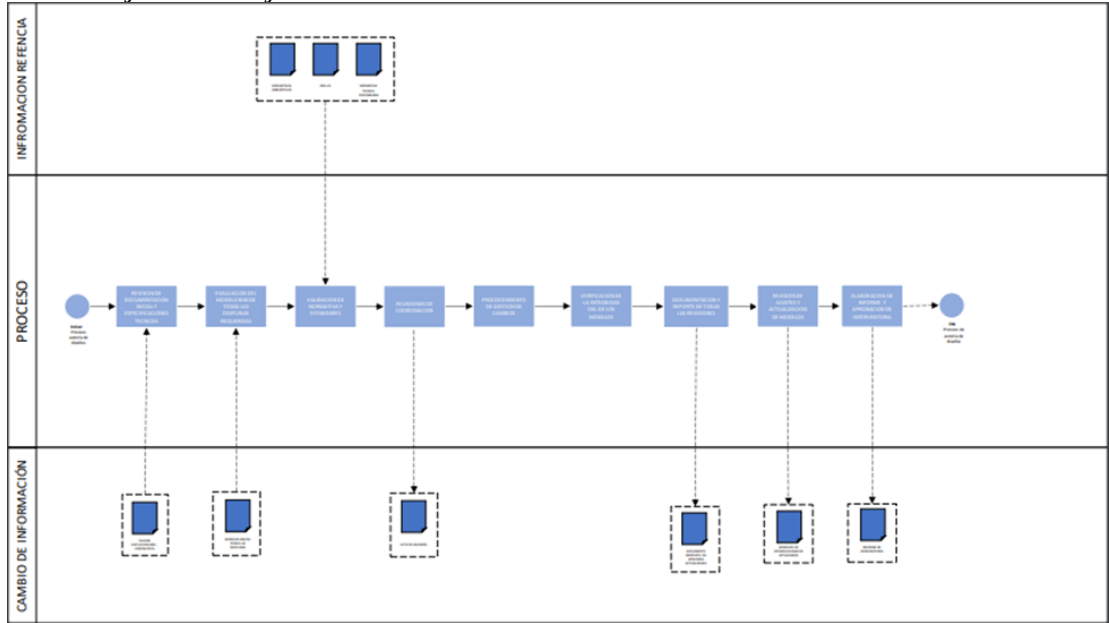
Autoría de diseños

El flujo de trabajo BIM para la autoría de diseño se centra en la creación, desarrollo y documentación del diseño arquitectónico y de ingeniería mediante un modelo digital. Este enfoque permite una colaboración más eficiente y una mejor calidad en los resultados.

Los beneficios de un flujo de trabajo en autoría de diseño facilitan la comunicación y el trabajo en equipo entre arquitectos, ingenieros y otros interesados, mejorando la precisión del diseño la documentación rediciendo errores y retrabajo. Asi mismo proporciona representaciones visuales claras en el diseño que ayudan en la toma de decisiones permitiendo realizar ajustes rápidos en respuesta a comentarios y cambios en los requisitos.

Este flujo de trabajo en esencial para garantizar que el diseño sea integral, coordinado y cumplir con las expectativas de todas las partes involucradas.

Figura 21. Flujo de trabajo de autoría de diseño



Nota: La tabla fue elaborada teniendo como referencia al trabajo del IDU

Realizar una auditoría de diseños en una obra es esencial para garantizar que los planos y diseños del contratista cumplan con los requisitos del proyecto, las normativas y los estándares de calidad.

#### *Revisión de Documentación Inicial*

Verificar que el contratista haya entregado todos los documentos necesarios, como los planes de trabajo y la propuesta de diseño BIM.

Asegurarse de que el contrato y los requisitos del proyecto estén claros y definidos.

#### *Evaluación de Modelos BIM*

- Realizar una revisión inicial del modelo BIM presentado por el contratista, evaluando su alineación con los estándares y requerimientos del proyecto.
- Comprobar que el modelo esté completo y que incluya todos los elementos requeridos.

#### *Validación de Normativas y Estándares*

Confirmar que el diseño cumple con las normativas locales y nacionales, así como con los estándares específicos de BIM que se estén utilizando en el proyecto.

#### *Reuniones de Coordinación*

- Organizar reuniones periódicas con el equipo del contratista para discutir avances, resolver dudas y abordar posibles problemas relacionados con el diseño.
- Promover la colaboración entre disciplinas para asegurar que todas las partes estén *alineadas*.

*Control de Cambios*

- Establecer un procedimiento para la gestión de cambios en el diseño, asegurándose de que todos los cambios sean documentados y justificados.
- Evaluar el impacto de los cambios en el modelo general y en la planificación del proyecto.

*Verificación de Integridad del Modelo*

- Realizar revisiones regulares del modelo para verificar la integridad y precisión de los datos, así como la interoperabilidad entre diferentes disciplinas.
- Utilizar herramientas de análisis para detectar conflictos y problemas en el diseño.

*Documentación y Reporte*

- Mantener un registro detallado de todas las revisiones, comentarios y decisiones tomadas durante el proceso de supervisión.
- Preparar informes periódicos que resuman el estado del diseño y cualquier problema identificado, así como las acciones tomadas.

*Aprobación Final:*

Dar la aprobación final del modelo BIM antes de que se inicie la construcción, asegurándose de que todos los requisitos hayan sido cumplidos y que el modelo esté listo para su uso en la fase de ejecución.

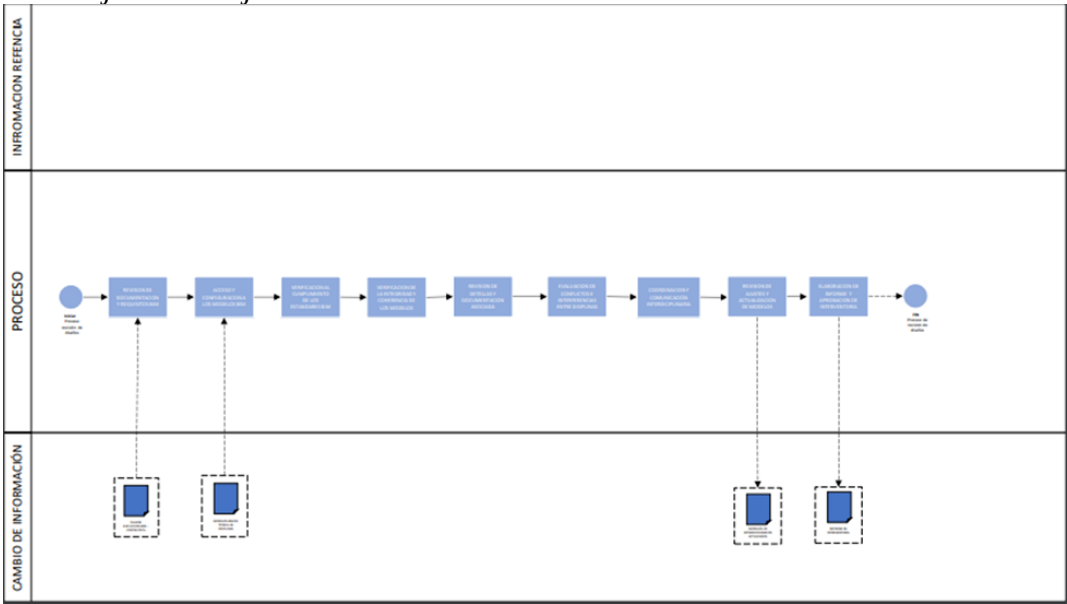
*Revisión de diseños*

El flujo de trabajo BIM para la revisión de diseño es crucial para asegurar que el proyecto cumpla con los estándares de calidad, funcionalidad y normativa. Este proceso involucra la

colaboración entre diferentes disciplinas y la verificación continua del diseño a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Los beneficios de un flujo de trabajo en la revisión de diseño facilitan la comunicación y el trabajo en equipo entre las disciplinas involucradas, permitiendo identificar conflictos y problemas en etapas tempranas. También proporciona transparencia teniendo un registro claro de las decisiones tomadas y cambios realizados durante el proceso de revisión mejorando la calidad general del diseño al someterlo a un proceso riguroso de revisión y evaluación.

Figura 22. Flujo de trabajo de revisión de diseño



Nota: La tabla fue elaborada teniendo como referencia al trabajo del IDU

La revisión de diseños en Building Information Modeling (BIM) para una obra del contratista requiere una serie de pasos específicos para garantizar que los modelos digitales cumplan con los requisitos del proyecto, las normativas y los estándares de calidad

## **Procedimiento para la Revisión de Diseños en BIM**

### ***Preparación Inicial***

*Revisión del contrato y requisitos:* Examinar el contrato del proyecto y los requisitos BIM para entender las expectativas y los criterios específicos para la revisión de los modelos.

*Revisión de documentación BIM previa:* Reunir y revisar cualquier documentación previa relacionada con el modelo BIM, incluyendo el plan de ejecución y los estándares establecidos.

### ***Acceso y Configuración a los BIM***

*Acceso a los modelos BIM:* Asegurarse de tener acceso al software BIM y a los modelos proporcionados por el contratista.

*Configuración del entorno:* Configurar el entorno de visualización y análisis en el software BIM para facilitar la revisión (ajuste de vistas, capas, secciones, etc.).

### ***Verificación de la Conformidad con los Requisitos del Proyecto***

*Comparación con el contrato:* Verificar que los modelos BIM cumplan con los requisitos del contrato, incluyendo los elementos de diseño, dimensiones y especificaciones técnicas.

*Cumplimiento de estándares BIM:* Asegurarse de que los modelos estén alineados con los estándares BIM establecidos para el proyecto (e.g., BIM Level of Development, codificación de elementos).

### ***Revisión de la Integridad y Coherencia del Modelo***

*Integridad del modelo:* Verificar que todos los componentes del modelo estén presentes y correctamente representados (estructuras, instalaciones, acabados, etc.).

*Coherencia entre disciplinas:* Asegurarse de que los modelos de diferentes disciplinas (arquitectura, estructura, MEP) estén bien coordinados y no presenten conflictos.

*Revisión de Detalles y Documentación*

*Detalles constructivos:* Revisar los detalles constructivos en el modelo BIM para asegurarte de que estén correctamente representados y sean adecuados para la construcción.

*Documentación asociada:* Verificar que la documentación asociada al modelo (hojas de datos, especificaciones, informes) esté completa y sea accesible.

*Evaluación de Coordinación y Conflictos*

*Detección de interferencias:* Utilizar herramientas de detección de interferencias en el software BIM para identificar y resolver conflictos entre elementos de diferentes disciplinas.

*Resolución de conflictos:* Asegurarse de que se aborden y resuelvan los conflictos identificados en el modelo.

*Revisión de Gestión de Riesgos*

*Identificación de riesgos:* Verificar que el contratista haya identificado los riesgos asociados con el diseño y haya incluido medidas para mitigarlos en el modelo BIM.

*Planes de contingencia:* Asegurarse de que existan planes de contingencia para abordar posibles problemas durante la construcción.

*Coordinación y Comunicación*

*Reuniones de revisión:* Organizar reuniones con el contratista, el equipo de diseño y otros profesionales para discutir los hallazgos de la revisión del modelo BIM.

*Solicitudes de ajuste:* Solicitar ajustes y correcciones a los modelos según sea necesario para resolver problemas o discrepancias.

*Elaboración de Informe de Revisión*

*Documentación de hallazgos:* Redactar un informe detallado que documente todos los hallazgos de la revisión del modelo BIM, incluyendo problemas, conflictos y áreas de mejora.

*Recomendaciones:* Incluir recomendaciones para ajustar el modelo y garantizar que cumpla con los requisitos del proyecto y las normativas.

#### *Seguimiento y Verificación de Ajustes*

*Revisión de correcciones:* Asegurarse de que el contratista implemente las correcciones y ajustes recomendados en el modelo BIM.

*Monitoreo continuo:* Realizar un seguimiento para verificar que el modelo BIM revisado se mantenga conforme a los requisitos durante la ejecución del proyecto.

Este proceso te permitirá llevar a cabo una revisión exhaustiva de los diseños en BIM, garantizando que el modelo digital sea preciso, completo y conforme a los requisitos del proyecto, lo que facilitará una ejecución efectiva y sin contratiempos de la obra.

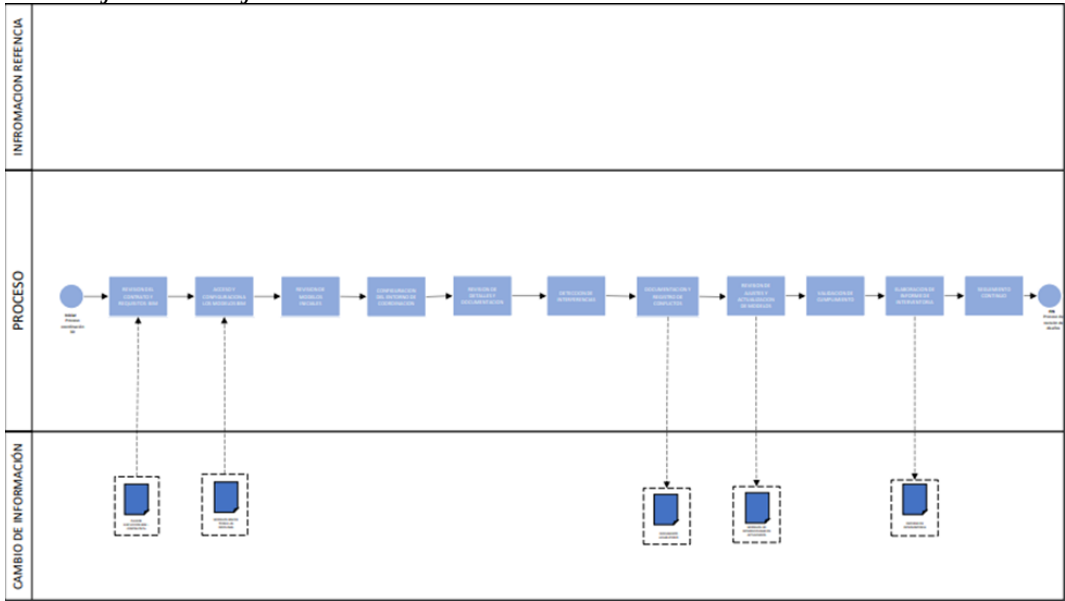
#### *Coordinación 3D*

El flujo de trabajo BIM para la coordinación 3D es un proceso clave que permite a los equipos de diferentes disciplinas trabajar juntos de manera eficiente, identificando y resolviendo conflictos en el diseño antes de la construcción.

Los beneficios de un flujo de trabajo para coordinación 3D es que reduce el tiempo de coordinación y evita errores costosos durante la construcción, facilitando la comunicación entre equipos y disciplinas promoviendo un enfoque de trabajo colaborativo. Así mismo permite identificar y resolver conflictos antes de que se

conviertan en problemas en el sitio de construcción, asegurando que el diseño final esté libre de interferencia y cumpla con los requisitos de todas las disciplinas.

Figura 23. Flujo de trabajo de coordinación 3D



Nota: La tabla fue elaborada teniendo como referencia al trabajo del IDU

La coordinación 3D BIM (Building Information Modeling) es un proceso esencial para identificar y resolver conflictos entre diferentes disciplinas (arquitectura, estructura, ingeniería, etc.) en un modelo digital antes de la construcción.

Preparación Inicial

*Revisión del contrato y requisitos BIM:* Examinar el contrato del proyecto y los requisitos específicos para la coordinación BIM, incluyendo el Plan de Ejecución BIM (BEP) y las normas de colaboración.

*Acceso a modelos BIM:* Asegurarse de tener acceso a los modelos 3D proporcionados por el contratista y a las herramientas de software necesarias para la revisión (e.g., Autodesk Navisworks, Bentley, etc.).

### *Revisión de Modelos Iniciales*

*Integración de modelos:* Importar y visualiza los modelos de diferentes disciplinas (arquitectura, estructura, MEP) en un entorno de coordinación BIM.

*Verificación de versiones:* Asegurarse de que los modelos utilizados sean las versiones más recientes y estén actualizados.

### *Configuración del Entorno de Coordinación*

*Configuración de vistas:* Configurar vistas y secciones en el software BIM para facilitar la revisión de los modelos y la identificación de conflictos.

*Definición de reglas de coordinación:* Establecer las reglas de coordinación y las tolerancias para detectar interferencias y problemas entre los modelos.

### *Detección de Interferencias y Conflictos*

*Análisis de interferencias:* Utilizar herramientas de detección de interferencias en el software BIM para identificar conflictos entre elementos de diferentes disciplinas (e.g., ductos que atraviesan vigas, tuberías en zonas ocupadas por estructuras).

*Revisión manual:* Realizar una revisión manual para verificar las interferencias detectadas y asegurarte de que se identifiquen todos los problemas potenciales.

### *Evaluación de Impacto y Resolución de Conflictos*

*Impacto en el diseño:* Evaluar el impacto de los conflictos identificados en el diseño y la construcción, considerando la viabilidad de soluciones y las implicaciones para el proyecto.

*Colaboración para resolver conflictos:* Trabajar con el equipo de diseño y el contratista para desarrollar soluciones para los conflictos detectados. Esto puede incluir ajustes en los diseños, reubicación de elementos o cambios en los métodos constructivos.

*Documentación y Comunicación*

*Registro de conflictos:* Documentar todos los conflictos identificados, las soluciones propuestas y las decisiones tomadas. Incluye capturas de pantalla y notas en el informe de coordinación.

*Reuniones de coordinación:* Organiza y dirigir reuniones de coordinación con el contratista y los equipos de diseño para discutir los conflictos, soluciones y próximos pasos.

*Revisión de Ajustes y Actualización de Modelos*

*Revisión de correcciones:* Asegurarse de que el contratista y el equipo de diseño implementen las correcciones y ajustes necesarios en los modelos.

*Actualización de modelos:* Revisar los modelos actualizados para verificar que los conflictos hayan sido resueltos y que los cambios no hayan introducido nuevos problemas.

*Validación de Cumplimiento*

*Verificación de cumplimiento:* Asegurarse de que los modelos actualizados cumplan con los requisitos del proyecto, los estándares BIM y las normativas aplicables.

*Validación final:* Realizar una validación final para confirmar que todos los problemas de coordinación hayan sido abordados y que los modelos sean precisos y completos.

*Elaboración de Informe Final*

*Documentación detallada:* Redactar un informe final que documente todos los hallazgos, soluciones implementadas y el estado final de los modelos BIM.

*Recomendaciones:* Incluir recomendaciones para mejorar el proceso de coordinación BIM y para futuras revisiones si es necesario.

*Seguimiento Continuo*

*Monitoreo durante la construcción:* Realizar un seguimiento continuo durante la fase de construcción para asegurar que se mantenga la coordinación entre los modelos BIM y la ejecución real.

*Actualización del modelo as-built:* Asegurarse de que el modelo BIM se actualice regularmente para reflejar cualquier cambio o ajuste realizado durante la construcción.

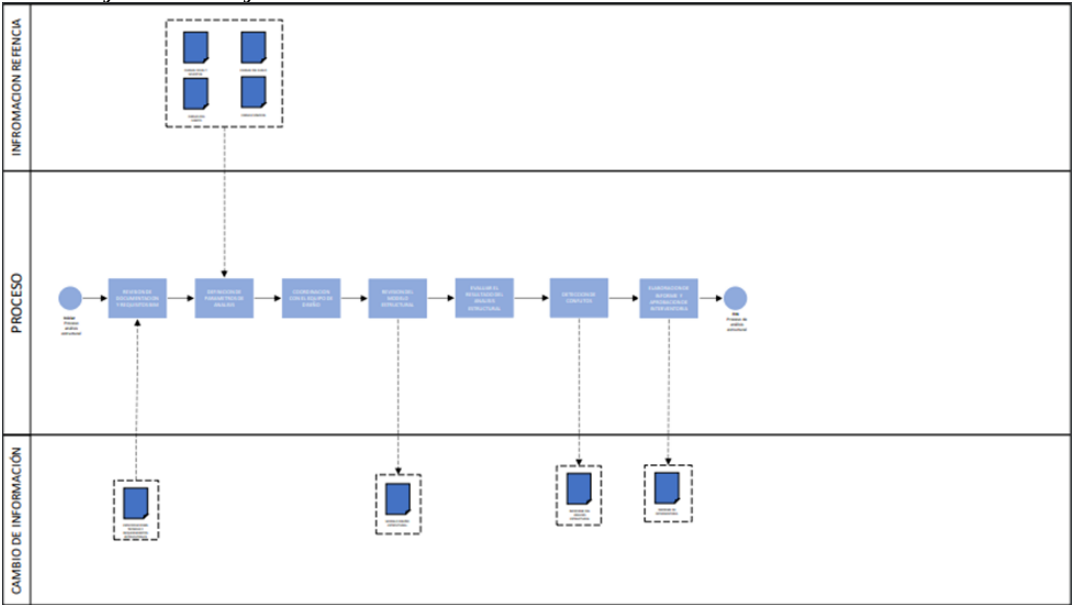
Este enfoque te permitirá llevar a cabo un control efectivo en la coordinación 3D BIM, asegurando que todos los elementos del proyecto estén correctamente integrados y que se resuelvan los conflictos antes de que puedan afectar la construcción.

#### Análisis estructural

El flujo de trabajo BIM para el análisis estructural es fundamental para asegurar la integridad y seguridad de las estructuras en un proyecto de construcción. Este proceso implica la colaboración entre arquitectos, ingenieros estructurales y otros especialistas para evaluar el comportamiento estructural a través de modelos digitales.

Los beneficios del flujo de trabajo para el análisis de estructural facilitan la integración de diseños arquitectónicos y estructurales mejorando la colaboración entre disciplinas, aumentando la precisión del análisis estructura al utilizar modelos digitales actualizados y completos. Al igual permite identificar y resolver problemas en etapas tempranas de diseño mejorando la eficiencia en el uso de materiales y recursos, optimizando el costo y el tiempo del proyecto.

Figura 24. Flujo de trabajo análisis estructural



Nota:La tabla fue elaborada teniendo como referencia al trabajo del IDU

Revisión de Documentación Inicial

*Analizar el Proyecto:* conocer los documentos del proyecto, especificaciones y requerimientos estructurales.

*Verificar Normativas:* Asegurarse de que se tenga en cuenta el Código Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR) y otras normativas locales.

Definición de Parámetros de Análisis

*Establecer Criterios de Diseño:* Definir los criterios de carga, factores de seguridad y materiales a utilizar en el análisis.

*Revisar Modelos de Carga:* Asegurarse de que se han considerado cargas muertas, vivas, de viento y sísmicas adecuadamente.

Coordinación con el Equipo de Diseño

*Reuniones Iniciales:* Coordinar con arquitectos e ingenieros estructurales para discutir el enfoque del análisis.

*Definir Herramientas:* Determinar qué software y herramientas se utilizarán para el análisis estructural.

#### *Revisión del Modelo Estructural*

*Verificar el Modelo BIM:* Revisar el modelo 3D estructural para garantizar que todos los elementos estén correctamente modelados.

*Comprobar Detalles:* Asegurarse de que los detalles constructivos sean claros y estén en conformidad con los planos.

#### *Realización del Análisis Estructural*

*Ejecutar Análisis:* Utilizar software especializado para llevar a cabo el análisis estructural (p.ej., SAP2000, ETABS).

*Evaluar Resultados:* Revisar los resultados del análisis para determinar si cumplen con los requisitos de diseño.

#### *Detección de Conflictos*

*Identificar Inconsistencias:* Utilizar herramientas de detección de interferencias para identificar conflictos entre elementos estructurales y arquitectónicos.

*Documentar Problemas:* Registrar cualquier conflicto encontrado y coordinar su resolución con el equipo de diseño.

#### *Generación de Informes*

*Elaborar Informes de Análisis:* Crear informes detallados que incluyan resultados del análisis, gráficos y conclusiones.

*Incluir Recomendaciones:* Proporcionar recomendaciones para optimizar el diseño estructural si es necesario.

*Reunión de Retroalimentación*

*Presentar Resultados:* Coordinar reuniones con el equipo de diseño para presentar los resultados del análisis estructural.

*Discutir Modificaciones:* Hablar sobre posibles ajustes al diseño basados en los resultados obtenidos.

***Aprobación de Diseños***

*Revisión Final:* Asegurarse de que todos los cambios propuestos se documenten y se integren en el modelo final.

*Confirmar Aprobación:* Obtener la aprobación formal del análisis estructural por parte del contratista y otros interesados.

Este proceso asegura que el interventor BIM lleve a cabo un análisis estructural riguroso y coordinado, facilitando la comunicación entre todas las partes involucradas en el proyecto.

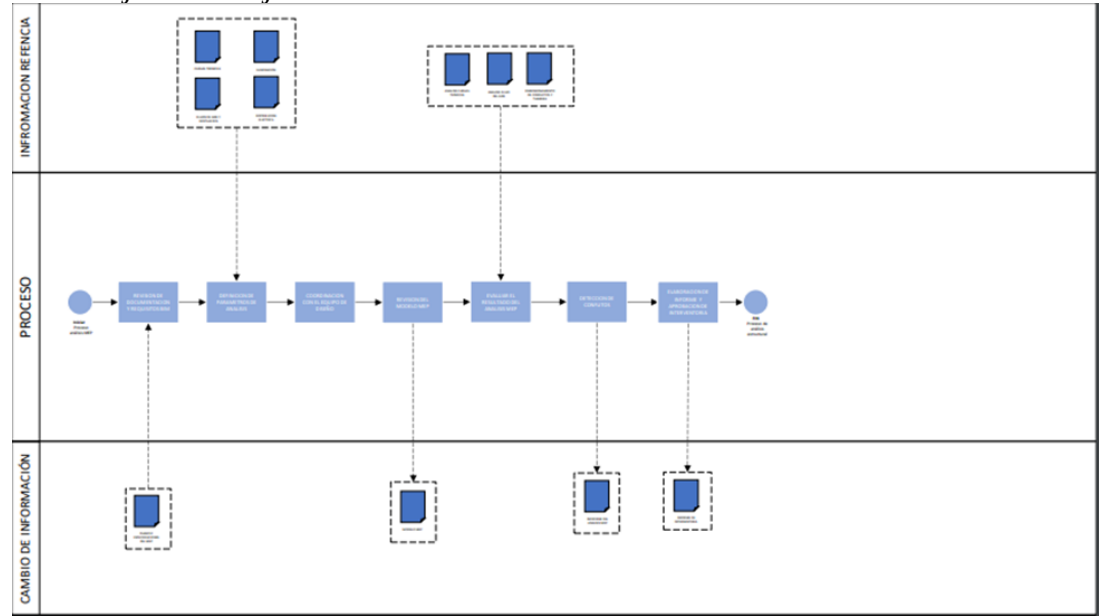
**Análisis MEP**

El flujo de trabajo BIM para el análisis MEP (Mecánica, Electricidad y Plomería) es fundamental para garantizar que los sistemas de construcción sean eficientes, funcionales y estén bien integrados en el diseño general del proyecto.

Los beneficios de un flujo de trabajo en el análisis MEP es que facilita la coordinación de sistemas MEO con otros elementos del diseño, mejorando la funcionalidad del edificio, permitiendo identificar y resolver conflictos en etapas

tempranas. Asi mismo aumenta la eficiencia en el uso de recursos y materiales, lo que puede resultar en ahorro de costos y tiempo.

Figura 25. Flujo de trabajo análisis del MEP



Nota: La tabla fue elaborada teniendo como referencia al trabajo del IDU

Preparación y Revisión Inicial

*Recopilación de Documentación:* Obtener todos los planos y especificaciones de sistemas MEP.

*Estudio de Normativas:* Revisar las normativas y estándares locales que aplican a los sistemas MEP (p.ej., NTC, códigos eléctricos y de fontanería).

Definición de Parámetros

*Establecimiento de Criterios de Diseño:*

- Cargas térmicas (HVAC).
- Flujo de aire y ventilación.
- Iluminación y distribución eléctrica.

*Identificación de Sistemas MEP a Analizar:* Determinar cuáles sistemas requieren un análisis específico.

*Coordinación con el Equipo de Diseño*

*Reuniones Iniciales:* Organizar reuniones con ingenieros MEP y arquitectos para discutir el enfoque y los objetivos del análisis.

***Definición de Herramientas:*** Decidir qué software se utilizará para el análisis (Revit, AutoCAD MEP, etc.).

*Revisión del Modelo MEP*

*Evaluación del Modelo BIM:* Asegurarse de que todos los sistemas MEP estén correctamente representados y alineados con el diseño arquitectónico.

*Verificación de Detalles Constructivos:* Comprobar que los detalles de instalación sean claros y viables.

*Análisis MEP*

*Ejecución del Análisis:* Realizar el análisis de sistemas utilizando software especializado:

- Cálculos de carga térmica.
- Análisis de flujo de aire.
- Dimensionamiento de conductos y tuberías.

*Evaluación de Resultados:* Asegurarse de que los resultados cumplen con los criterios de diseño y normativas aplicables.

*Detección de Conflictos*

*Identificación de Interferencias:* Utilizar herramientas de detección de interferencias para identificar conflictos entre sistemas MEP y otros elementos estructurales.

*Documentación de Problemas:* Registrar los conflictos encontrados y proponer soluciones o modificaciones.

#### *Generación de Informes*

*Elaboración de Informes de Análisis:* Crear informes que incluyan

- Resultados del análisis MEP.
- Gráficos y tablas relevantes.
- Recomendaciones de diseño o ajustes necesarios.

*Recomendaciones para Optimización:* Sugerir mejoras o alternativas para optimizar el rendimiento de los sistemas.

#### *Reunión de Retroalimentación*

*Presentación de Resultados:* Coordinar reuniones con el equipo de diseño y el contratista para presentar los hallazgos.

*Discusión de Modificaciones:* Evaluar la necesidad de realizar ajustes al diseño según los resultados del análisis y el feedback recibido.

#### *Aprobación de Diseños*

*Integración de Cambios:* Asegurarse de que todos los ajustes necesarios se documenten y se integren en el modelo final.

*Confirmación de Aprobación:* Obtener la aprobación formal del diseño MEP por parte del contratista y otros interesados.

Este procedimiento asegura que el interventor BIM lleve a cabo un análisis MEP exhaustivo y coordinado, facilitando una comunicación efectiva entre todas las partes involucradas en el proyecto.

#### Procedimientos de comunicación

#### Estrategias de colaboración

Esta sección define los requerimientos técnicos y procesos de colaboración aplicables al proyecto.

#### Nomenclatura de archivos

La nomenclatura de archivos sirve para tener correctamente identificados y codificados cada uno de los entregables del proyecto en forma digital, esta codificación propuesta sirve para identificar fácilmente estos documentos sin sobrepasar los 244 caracteres que solicita el sistema operativo para trabajar con facilidad. De acuerdo con el listado de modelos BIM para sus ubicaciones técnicas se tiene la siguiente estructura.

**Tabla 12.** Nomenclatura del proyecto

| 1                     | 2          | 3                    | 4          | 5                    | 6           | 7       | 8                         |
|-----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|-------------|---------|---------------------------|
| Código                | ORIGINADOR | UBICACIÓN<br>TECNICA | DISCIPLINA | TIPO DE<br>DOCUMENTO | DESCRIPCION | VERSION | FORMATO<br>DE<br>ARCHIVOS |
| LLL-<br>NNNN-<br>NNNN | XXX        | XXX                  | LL         | XXX                  | LLN         | N       | .LLL                      |

En donde los acrónimos significan:

L: letra

N: Numero

X: letra o numero

Las categorías se separan con un guion medio (-) y cada una de las categorías se llenan con estas características:

**Código:** el código es único para todo el proyecto y ha sido designado por el cliente, por lo cual el código será:

**Originador:** la categoría del originador es que participante del proyecto esta elaborando el documento, para este proyecto es Interventoría LH, por lo que su clave será LH.

**Ubicación técnica:** es la categoría asociada a las zonas del proyecto.

**Diciplina:** es la categoría asociada a las disciplinas del proyecto la cual se alinea a la codificación que se le asigne a cada persona encargada.

**Tipo de documento:** es la categoría asociada a los documentos del proyecto, esta categoría no considera a los planos ya que estos tienen su propia nomenclatura.

**Tabla 13.** Tipo de documentación y códigos

| Tipo de documento     |        |                          |        |
|-----------------------|--------|--------------------------|--------|
| Descripción           | Código | Descripción              | Código |
| Informe               | Inf    | Matriz de interferencias | Mdi    |
| Memoria               | Mem    | Nube de puntos           | Ndp    |
| Modelo                | Mod    | Plan de trabajo          | Pdt    |
| Anexo                 | Anx    | Presupuesto              | Pre    |
| Plan de ejecución bim | Bep    | Listado de documento     | Ldo    |
| Adenda                | Adn    | Incidencia               | Inc    |

Otros  
documentos

Doc

---

*Descripción:* esta categoría es para hacer una descripción corta del documento la cual tendrá 3 caracteres para ubicarlo y 4 caracteres si son diferentes anexos del mismo documento, con el fin de poder identificar los diferentes anexos de los documentos.

*Versión:* todos los documentos tendrán como código para identificar la versión su número consecutivo de acuerdo a como se haya aprobado por parte de interventoría, y este número se irá aumentando de acuerdo a las modificaciones y aprobaciones por parte de todo el equipo, es importante recalcar que este prefijo se mantendrá en el CDE hasta que existe una modificación importante con el fin de no afectar el versionamiento que se genera automáticamente en el CDE.

*Formato de archivo:* esta categoría se genera automáticamente al exportar o generar documento.

CDE: entorno común de datos

Se utilizará un Entorno Común de Datos o Common Data Environment O CDE, para almacenar información generada del proyecto y para el intercambio de información entre las partes.

La plataforma elegida para el CDE será BIM 360 docs. Y funcionara como repositorio de información único del proyecto y como mínimo aportara lo siguiente.

- Medio para compartir e intercambiar toda la información generada del proyecto.
- Gestión y administración del contenido.
- Control de acceso a la información.
- Registro y trazabilidad de la actividad.
- Control de versiones.

Estructura de carpetas.

La estructura puede variar según el CDE utilizado, pero generalmente incluye carpetas principales para categorías amplias como Proyectos, Documentos, Modelos, etc., y subcarpetas para subdivisiones más específicas. Algunos CDE gestionan los estados de la información mediante metadatos, sin necesidad de crear carpetas. Los niveles sugeridos en la tabla siguiente son básicos y pueden adaptarse según las necesidades del proyecto.

A continuación, se presenta la estructura de carpetas del Ambiente Común de Datos (CDE) que se debe emplear para el proyecto:

**Tabla 14.** Estructura de carpetas dentro del CDE

| Nivel 1    | Nivel 2                    | Nivel 3             | Nivel 4                      | Nivel 5               | Nivel |
|------------|----------------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------|-------|
| <Proyecto> | <Estado de la información> | <Equipo de trabajo> | <Paquete de trabajo/volumen> | <Tipo de información> |       |

Registro de actividades.

Durante el desarrollo del proyecto el cliente podrá realizar un seguimiento del avance de los modelos. Esta parte se podrá realizar en el modelo federado del proyecto en el cual estará en

la carpeta asignada dentro de las carpetas para la metodología BIM de acuerdo a la fase del proyecto.

Diferentes estados de la información dentro del CDE.

De acuerdo con la ISO 19650-1:2019 los principales estados de la información dentro de un CDE son los siguientes: EN PROCESO, COMPORTADIDO, PUBLICADO Y ARCHIVADO y debido a que el CDE No permite una clasificación de estos estados directamente a los archivos, se deberán crear carpetas para cada uno de los diferentes estados de información, las cuales tendrán la siguiente clasificación acceso correspondiente.

**Tabla 15.** Carpetas conforme a los estados de información

| Estado                  | Definición                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Trabajo en equipo (wip) | Documento de trabajo por disciplina no validos ni verificados en el conjunto del proyecto, tales como esquemas, conceptos en desarrollo, pre dimensionamiento y modelos parciales. Corresponde al trabajo en progreso de cada disciplina y que se almacena en la infraestructura de cada agente que interviene. |
| Compartido              | Datos verificados por coordinador BIM y aptos para ser compartidos y validados por otros integrantes del equipo, con el propósito de habilitar la colaboración multidisciplinaria.                                                                                                                              |
| Publicado               | Información de diseño coordinada y validada con el propósito de ser entregada oficialmente para l revisión por parte de la interventoría.                                                                                                                                                                       |
| Archivado               | información de diseño aprobada y registrada. Registro histórico del proyecto.                                                                                                                                                                                                                                   |

#### Estrategias de entregas

Se muestra la siguiente tabla de entregables de modelo de acuerdo al estado de avance de la información de los modelos, esto para su nivel de progresión y de desarrollo, además de las fechas de entregas correspondiente al plan de trabajo de la consultoría.

**Tabla 16.** Entregas de estado de avance

| Estado de avance de la información en los modelos |                              |                              |                              |                     |                     |                     |                     |                   |
|---------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| Modelos bim                                       | Entrega 1                    | Entrega 2                    | Entrega 3                    | Entrega 4           | Entrega 5           | Entrega 6           | Entrega 7           | Entrega "n"       |
|                                                   | Diseño de georreferenciación | Caracterización de elementos | Caracterización de elementos | Bim 3d              | Bim 3d              | Bim 3d              | Bim 3d              | Bim 4d            |
| Sitio                                             |                              | Diseño conceptual            | Diseño conceptual            | Diseño conceptual   | Diseño anteproyecto | Diseño anteproyecto | Diseño anteproyecto | Diseño básico     |
| Diseño de infraestructura                         |                              |                              | Diseño conceptual            | Diseño anteproyecto | Diseño anteproyecto | Diseño básico       | Diseño básico       | Diseño de detalle |
| Estructural                                       |                              |                              |                              | Diseño conceptual   | Diseño anteproyecto | Diseño básico       | Diseño básico       | Diseño de detalle |
| Mecánico, eléctrico sanitario (mep)               |                              |                              |                              |                     | Diseño conceptual   | Diseño anteproyecto | Diseño básico       | Diseño de detalle |
| Coordinación                                      |                              |                              |                              |                     |                     |                     |                     | Diseño de detalle |

## Entregables BIM

**Tabla 17.** Listado de entregables

| Modelo bim | Especialidad | Autor de modelo | Responsable | Formato nativo | Formato de interoperabilidad | Gestor de calidad |
|------------|--------------|-----------------|-------------|----------------|------------------------------|-------------------|
|            |              |                 |             |                |                              |                   |
|            |              |                 |             |                |                              |                   |
|            |              |                 |             |                |                              |                   |
|            |              |                 |             |                |                              |                   |

Necesidades de infraestructura tecnológica

Software

Plataforma entorno común de datos (CDE)

**Tabla 18.** Software

| <i>Software</i>        | <i>Disciplina</i> | <i>Formato</i> | <i>Uso</i>                  | <i>Uso bim</i> | <i>Version</i> | <i>Idioma</i> |
|------------------------|-------------------|----------------|-----------------------------|----------------|----------------|---------------|
| Bim server             | Todas             | -              | Ambiente virtual de trabajo | -              | -              | Español       |
| Open BIM model checker |                   |                |                             |                |                |               |

Software de levantamiento de condiciones existentes

**Tabla 19.** Software implementar

| <i>Software</i> | <i>Disciplina</i>      | <i>Formato</i> | <i>Uso</i>                     | <i>Uso bim</i>                          | <i>Versión</i> | <i>Idioma</i> |
|-----------------|------------------------|----------------|--------------------------------|-----------------------------------------|----------------|---------------|
| OPEN BIM SITE   | Condiciones existentes | IFC            | Ubicación geográfica           | Levantamiento de condiciones existentes |                | Español       |
| Recap           | Topografía             | Rcp            | Tratamiento de nubes de puntos |                                         |                | Español       |

Software de análisis situación actual

**Tabla 20.** Software implementar

| <i>Software</i>     | <i>Disciplina</i> | <i>Formato</i> | <i>Uso</i>                      | <i>Uso bim</i>                                                   | <i>Versión</i> | <i>Idioma</i> |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|
| Autodesk Infraworks | Todas             | Sq lite        | Autoría de modelado<br>Análisis | Levantamiento de condiciones existentes<br>Análisis de ubicación | -              | Español       |

Software de control y coordinación de modelos

**Tabla 21.** Software implementar

| <i>Software</i>            | <i>Disciplina</i> | <i>Formato</i> | <i>Uso</i>   | <i>Uso bim</i>                                                | <i>Versión</i> | <i>Idioma</i> |
|----------------------------|-------------------|----------------|--------------|---------------------------------------------------------------|----------------|---------------|
| Autodesk Navisworks Manage | Todas             | Nwd<br>Nwc     | Coordinación | Coordinación 3d<br>Revisión de diseño<br>Validación normativa | 2020           | Ingles        |

Software de auditoria de modelados

**Tabla 22.** Software implementar

| Software       | Disciplina | Formato | Uso                 | Uso bim                  | Versión | Idioma  |
|----------------|------------|---------|---------------------|--------------------------|---------|---------|
| Autodesk Revit | Todas      | Rvt     | Auditoria de modelo | Diseño de especialidades | 2020    | Español |

Software especifico de presupuesto

**Tabla 23.** Software implementar

| Software   | Disciplina | Formato | Uso               | Uso bim                              | Versión | Idioma |
|------------|------------|---------|-------------------|--------------------------------------|---------|--------|
| Arquimedes |            |         | Control de costos | Estimación de cantidades y costos 5d | 2020    |        |

Software especifico de planificación de fases

**Tabla 24.** Software implementar

| Software | Disciplina | Formato | Uso | Uso bim | Versión | Idioma |
|----------|------------|---------|-----|---------|---------|--------|
|          |            |         |     |         |         |        |
|          |            |         |     |         |         |        |

Control de calidad

Revisión de modelos

La interventoría realizara un control de calidad periódico de los modelos compartidos para comprobar la correcta evolución del proyecto en cuanto a la calidad de la información y que los modelos se ajusten a los requisitos establecidos en el BEP para poder realizar los usos BIM de acuerdo al alcance contractual.

Garantizar el control de la calidad y estandarización de los procesos aseguran la correcta elaboración de los trabajos, agilizar el proceso de coordinación y revisión de los entregables.

La estrategia de cumplimiento de la calidad pasa por establecer y chequear los controles establecidos que aseguren el correcto desarrollo del proyecto, con el fin de verificar:

- Requerimientos de usos BIM aplicables
- Requerimientos generales de modelos asociados a la estructura de datos de los modelos
- Grado de detalle grafico de modelos BIM
- Estandarización y adecuación de los sets de propiedades de elementos
- Coordinación de modelos

#### Control de cambios

Para el proceso de revisión y seguimiento a los cambios se plantea el uso de los formatos abiertos BCF (BIM Collaboration Format) los cuales son archivos que se asocian a los modelos abiertos en formato IFC y que aportan, vista asociada a la posición sobre la que se ha hecho el comentario, identificación de la persona que realiza el comentario con prioridad y referencia al contexto asociado al comentario.

Por lo cual si existiera algún cambio de diseño se utilizará esta manera para comunicación dicho cambio y se entregara la totalidad de los archivos BCF generados en cada entrega cuando lo requiera el cliente. Además, se habilitará la creación de incidencias dentro del CDE, para quien solicite el cambio y para quien va asignado, para así poder informar a todos los involucrados en el proyecto los cambios que se requieran.

### Matriz de interferencias

El proceso de detección de interferencias consta en la revisión de los diferentes elementos modelados del proyecto, ya sea de su misma disciplina o entre las diferentes disciplinas que componen el proyecto. Este proceso resultara en conocer las posibilidades de interferencias de elementos modelados previo a la construcción, así como para desechar las interferencias reales de las falsas.

Este proceso se basará en agrupar los elementos modelados de acuerdo a su nivel de prioridad, por lo cual de acuerdo a la prioridad entre elementos se podrá modificar el elemento que tenga la prioridad más bajo el que de acuerdo a los especialistas involucrados pueda modificar su posición.

### Esquema de coordinación y detección de colisiones

El informe de colisiones debe mostrar cualquier problema de coordinación sobresaliente entre los miembros del equipo de tareas. Este proceso se desarrollará tato en la parte principal designada por el mismo en su proceso de coordinación técnica, como en los procesos de equipo de diseño de los equipos de tareas, en el cual será parte de control de calidad de su diseño.

el reporte mantendrá la trazabilidad del proceso y será acompañado con el modelo de coordinación definido en el BEP.

### Tipos de colisiones

#### **Colisión dura**

Cuando las geometrías de dos componentes comparten el mismo espacio.

#### **Colisión de tolerancia**

Cuando un elemento no recibe la tolerancia espacial o geométrica, se requiere o se infringe su zona de amortiguamiento.

#### **Colisión logística (4D)**

Implica colisiones entre la programación del contratista, la entrega de equipos y materiales y conflictos generales de la línea de tiempo del flujo de trabajo.

##### *Duplicados*

Cuando un elemento de repite espacialmente en la misma localización por lo tanto no es detectable visualmente.

Niveles de colisión.

##### Nivel de colisión 1 (critico)

Son colisiones reportadas que comprometen dos elementos geométricos en el mismo lugar, son consideradas criticas para el proceso de diseño y construcción. A estas colisiones se le ha asignado la máxima prioridad y deben rectificarse dentro del modelo tan pronto como sea posible.

*Nivel de colisión 2 (intermedios).* Son colisiones reportadas donde el elemento no tiene la tolerancia espacial o geométrica, se consideran importantes para el proceso de diseño y construcción. Estas colisiones se le han signado una mayor prioridad y deben rectificarse durante las reuniones del proceso durante la fase de desarrollo.

*Nivel de colisión 3 (no críticos).* Son colisiones reportadas que implican enfrentamientos entre elementos, la programación del contratista, la entrega de equipos, entre otros. Si bien se consideran importantes para la corrección del

modelo, generalmente estarán cambiado de forma regular durante todo el proceso de diseño y construcción. A estas colisiones se le han asignado un nivel de prioridad inferior y deben rectificarse antes de la presentación de los modelos en fase de construcción.

De acuerdo al desarrollo del PEB, en el cual se pudo evidenciar cada una de las fases del proyecto, se concluye que este documento se constituye como una herramienta técnica y normativa esencial para guiar una interventoría efectiva. Al establecer de forma estructurada los usos BIM, los protocolos de coordinación, los flujos de información, los roles y responsabilidades, así como los entornos colaborativos, el PEB facilita el seguimiento riguroso del diseño, la planificación, la ejecución y el control del proyecto. Su implementación garantiza una mayor trazabilidad, coherencia y control sobre los entregables, permitiendo que el interventor valide modelos, detecte interferencias, verifique el cumplimiento contractual y gestione los avances físicos y financieros de forma objetiva y estandarizada.