



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

**Trabajo de Titulación Previo a la Obtención del Título de:
MAGISTER EN GERENCIA DE PROYECTOS BIM**

Trabajo de fin de Carrera titulado:

“Análisis comparativo entre la metodología tradicional versus la metodología BIM para el proyecto residencial Aura Club, ubicado en la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo. Rol Coordinador BIM”.

Realizado por:

Ing. Nicole Isabel Arcentales Naranjo

Director del proyecto:

Arq. Manuel Del Villar Albuquerque

Quito, 08 de abril del 2025



DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Nicole Isabel Arcentales Naranjo, con cédula de identidad # 175264478-9, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual que correspondan relacionados a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

D. M. Quito, 08 de abril 2025.

Nicole Isabel Arcentales Naranjo

C.I. 1752644789

Correo electrónico: nicole.arcentales@uisek.edu.ec



DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

Manuel Alberto DelVillar Alburquerque



LOS PROFESORES INFORMANTES:

LUIS ALBERTO SORIA NUÑEZ

VIOLETA CAROLINA RANGEL RODRIGUEZ

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.

Ing. Luis Alberto Soria Núñez

Arq. Violeta Carolina Rangel Rodríguez

Quito, 08 de abril de 2025



Dedicatoria

Para mi familia

por ser el pilar que me impulsa a crecer,

por acompañarme en cada paso de mi preparación profesional,

y por guiarme para encontrar mi camino.

Al Tcn. Echeverría -socio, mentor y amigo-

por ser el catalizador de esta maestría

y por la promesa de futuros éxitos compartidos.

Y para Antonio, por estar, a la distancia, a su manera.



Agradecimiento

Agradezco a Dios, por hacer que las cosas pasen, por la sucesión de oportunidades que ha puesto en mi camino.

A nuestro tutor, Manuel Delvillar, profesional que aportó con tu experiencia y criterio para la realización de este proyecto, a Elmer Muñoz, por su guía y seguimiento permanente, siempre buscando prepararnos para ser los mejores.

A mi familia, por su comprensión durante largas jornadas de trabajo, y por ser mi motivación diaria para seguir adelante.

A mis compañeros de Oficina Gamaa, el “equipo chispita” que siempre salió adelante, siempre los más participativos, la familia feliz que duró hasta el final.

Este logro, es un esfuerzo colectivo, lleno de enseñanzas, aprendizaje y ganas de seguir trabajando por una industria tan apasionante como la Construcción.



Resumen General

La presente investigación propone una comparación entre la metodología tradicional de proyecto y la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el desarrollo del proyecto residencial "Aura Club", ubicado en la Ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador. El enfoque principal de la investigación se centra en cómo la gestión BIM optimiza los procesos de diseño, coordinación y ejecución del proyecto.

La tesis explora cómo la gestión BIM permite identificar y maximizar los beneficios del proyecto, asegurando que las distintas especialidades de proyecto cumplen con los objetivos estratégicos y de negocio del club residencial.

Se analiza cómo la metodología BIM minimiza los riesgos asociados a la construcción, mejorando la precisión y eficiencia en la planificación y ejecución.

En resumen, la tesis demuestra que la gestión BIM es fundamental para el éxito del proyecto "Aura Club". La metodología no solo mejora la coordinación y comunicación entre los diferentes equipos, sino que también garantiza la calidad y sostenibilidad de las estructuras, contribuyendo al logro de los objetivos del proyecto y a la satisfacción de los involucrados.

Palabras claves: BIM, diseño, presupuesto, construcción.



General Abstract

This research proposes a comparison between the traditional project methodology and the implementation of Building Information Modeling (BIM) in the development of the residential project "Aura Club", located in the city of Riobamba, Chimborazo province, Ecuador. The main focus of the study is on how BIM management optimizes the design, coordination, and execution processes of the project.

The thesis explores how BIM management enables the identification and maximization of project benefits, ensuring that the various project specialties align with the strategic and business objectives of the residential club.

It analyzes how the BIM methodology minimizes the risks associated with construction, improving accuracy and efficiency in both planning and execution.

In summary, the thesis demonstrates that BIM management is essential for the success of the "Aura Club" project. This methodology not only enhances coordination and communication among different teams but also ensures the quality and sustainability of the structures, contributing to the achievement of project goals and the satisfaction of all stakeholders.

Keywords: BIM, design, budget, construction.

Tabla de Contenidos

Lista de Figuras	5
Lista de Tablas.....	7
Capítulo 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.1.1. Objetivo General.....	2
1.1.2. Objetivos Específicos	3
1.2. VISIÓN DEL PROYECTO.....	4
1.3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE ENTREGA Y CONTENIDO.....	5
1.3.1. Documentos iniciales del promotor	5
1.3.2. Planos existentes 2D	5
1.3.3. Presupuesto referencial	6
1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
1.4.1. Contexto del proyecto.....	7
1.4.2. Ubicación del predio.....	8
1.4.3. Componentes arquitectónicos	9
1.4.4. Componentes estructurales	12
1.5. IMPLEMENTACIÓN BIM EN EL PROYECTO	12
1.5.1. Conjunto residencial	13
1.5.2. Vivienda tipo.....	14
Capítulo 2: MARCO TEÓRICO	17
2.1 METODOLOGÍA BIM.....	17
2.1.1 Antecedentes.....	17
2.1.2 Herramientas BIM	18

2.1.2.1	Plataforma de colaboración, Entorno Común de Datos (CDE)	19
2.1.2.2	Gestión de documentación, EIR y BEP	20
2.1.3	Dimensiones.....	21
2.1.3.1	BIM 3D	21
2.1.3.2	BIM 5D	22
2.1.3.3	6D.....	25
Capítulo 3: Empresa Oficina GAMAA		27
3.1.	RESUMEN DE LA EMPRESA OFICINA GAMAA.....	27
3.1.1	Misión.....	27
3.1.2	Visión.....	27
3.2.	CONTRATOS	27
3.3.	REQUERIMIENTO DE INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN, RESUMEN EIR	30
3.4.	PLAN DE EJECUCIÓN BIM, RESUMEN BEP.....	31
3.4.1.	Información general.....	31
3.4.2.	Objetivos del proyecto desde la perspectiva BIM	33
3.4.3.	Requerimiento del cliente	33
3.4.4.	Roles y responsabilidades.....	33
3.4.5.	Estándares y normativa.....	34
3.4.6.	Procesos de trabajo y flujos de información.....	35
3.5.	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE INCUMPLIMIENTO DE RESPONSABILIDADES POR UN MIEMBRO DEL EQUIPO OFICINA GAMAA	36
3.6.	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE QUE EL ENTORNO CDE DEJA DE FUNCIONAR	36
3.7.	PLAN DE RESPALDO DE DATOS	37

3.8.	PROCEDIMIENTOS DE COMUNICACIÓN QUE ESTÁN EN VIGOR PARA INFORMAR A LOS CLIENTES Y OTROS STAKEHOLDERS.	37
------	---	----

Capítulo 4: Desarrollo de rol, Coordinador BIM.....38

4.1.	DESCRIPCIÓN DEL ROL	38
4.2.	FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES.....	38
4.2.1.	Flujo de información.....	39
4.2.2.	Flujo de trabajo	39
4.3.	ENTORNO COMÚN DE DATOS	41
4.3.1.	Creación de carpetas	42
4.3.2.	Asignación de permisos	49
4.3.3.	Comunicación con los involucrados	49
4.4.	PARÁMETROS DE COORDINACIÓN	50
4.4.1.	Protocolo de modelado	50
4.4.2.	Manual de estilos	51
4.4.3.	Plantilla de diseño por disciplina	52
4.5.	DETECCIÓN DE INTERFERENCIAS Y CONFLICTOS	54
4.5.1.	Formulación de conjuntos.....	54
4.5.2.	Matriz de interferencia.....	55
4.5.3.	Formulación de pruebas.....	57
4.5.4.	Hitos de coordinación	57
4.6.	AUDITORIA DE MODELOS POR DISCIPLINA	59
4.6.1.	Modelo Arquitectónico	59
4.6.2.	Modelo Estructural	61
4.6.3.	Modelo MEP.....	63
4.7.	COORDINACIÓN MULTIDISCIPLINAR.....	64

4.7.1.	Informes de interferencia multidisciplinar.....	66
4.8.	MODELO FEDERADO.....	70
4.8.1.	Modelo federado BIM 01	70
4.8.2.	Modelo federado BIM 02	71
4.9.	DETERMINACIÓN DEL PRESUPUESTO	72
4.9.1.	BIM 01.....	76
4.9.2.	BIM 02.....	77
4.9.3.	Comparación de presupuesto y análisis de resultados	78
	Capítulo 5: Conclusiones	82
	Capítulo 6: Recomendaciones	83
	Capítulo 7: Referencias Bibliográficas	84
	ANEXOS	85

Lista de Figuras

Figura 1 Descripción de la ubicación y contexto del proyecto. (Elaboración propia)	7
Figura 2 Croquis de ubicación del terreno. Recuperado de: (Alcaldía de Riobamba, 2024)	8
Figura 3 Vista en planta del plan masa de la urbanización propuesta. (Elaboración propia archivo RVT).....	9
Figura 4 Vista en elevación de la urbanización propuesta. (Elaboración propia, archivo RVT).....	11
Figura 5 Captura de contrato realizado a miembro del equipo. (Elaboración propia) ...	30
Figura 6 Croquis de ubicación del terreno. Recuperado de: (Alcaldía de Riobamba, 2024)	31
Figura 7 Organigrama del equipo de trabajo. Oficina Gamaa.....	32
Figura 8 Flujo para socialización de la información, Oficina Gamaa. (Elaboración propia).	39
Figura 9 Vista general de flujograma de trabajo para coordinadora BIM. (Elaboración propia).....	40
Figura 10 Extracto de Manual de estilos; nomenclatura. Fuente: Autor	52
Figura 11 Extracto de Manual de estilos; abreviaturas. Fuente: Autor	52
Figura 12 Navegador de plantilla Arquitectónica. AURA-MEAD-B01-M3D-ARQ. Fuente: Autor.....	53
Figura 13 Navegador de plantilla Estructural. AURA-ASMV-B01-M3D-EST. Fuente: Autor.....	53
Figura 14 Conjuntos de búsqueda del modelo arquitectónico B02. Fuente: Autor.....	55
Figura 15 Matriz de interferencias modelo B01. Fuente: Autor	56
Figura 16 Matriz de interferencias modelo B02. Fuente: Autor	57

Figura 17 Informe de verificación de modelo arquitectónico B01. Fuente: Autor	60
Figura 18 Parámetros de evaluación en “Model Checker” de REVIT. Fuente: Autor...	60
Figura 19 Informe de verificación de modelo arquitectónico B02.. Fuente: Autor	61
Figura 20 Informe de verificación de modelo estructural B01. Fuente: Autor	62
Figura 21 Informe de verificación de modelo estructural B02. Fuente: Autor	62
Figura 22 Informe de verificación de modelo MEP-HS B01. Fuente: Autor	63
Figura 23 Informe de verificación de modelo MEP-HS B01. Fuente: Autor	64
Figura 24. Flujo de trabajo para coordinación multidisciplinar. (Elaboración propia) ..	65
Figura 25 Informe de interferencia ARQ-EST-BIM 01. (Elaboración propia).....	67
Figura 26 Informe de interferencia ARQ-EST-BIM 02. (Elaboración propia).....	67
Figura 27 Informe de interferencia ARQ-MEP-HS-BIM 01. (Elaboración propia)	68
Figura 28 Informe de interferencia ARQ-MEP-HS-BIM 02. (Elaboración propia)	68
Figura 29 Informe de interferencia ARQ-MEP-ELEC-BIM 01. (Elaboración propia) .	69
Figura 30 Informe de interferencia ARQ-MEP-ELEC-BIM 02. (Elaboración propia) .	69
Figura 31 Informe de interferencia EST-MEP-HS-BIM 01. (Elaboración propia).....	69
Figura 32 Informe de interferencia EST-MEP-HS-B2M 01. (Elaboración propia).....	70
Figura 33 Modelo Federado BIM 01, vista frontal. (Elaboración propia)	71
Figura 34 Modelo Federado BIM 02, vista frontal. (Elaboración propia)	72
Figura 35 Captura de Presto 2025, opción operar, en Herramientas. Fuente: el Autor..	74
Figura 36 Partida Muro interior_Empaste, costos con base de datos original 2019. Fuente: El autor.	75
Figura 37 Partida Muro interior_Empaste, costos luego de operación de actualización a 2025.	75
Figura 38 Comparativo por disciplina en actualización de presupuesto BIM 01. (Elaboración propia).....	76

Figura 39 Comparativa de presupuestos obtenidos. (Elaboración propia).....	79
Figura 40 Representación gráfica de costos, comparación de presupuesto BIM 01 y BIM 02 por disciplina.	81

Lista de Tablas

Tabla 1 Datos del predio en análisis. Recuperado de: (Alcaldía de Riobamba, 2024)	8
Tabla 2 Análisis urbano de conjunto residencial.....	10
Tabla 3 Inflación anual en los meses de enero. (INEC, 2025).....	24
Tabla 4 Cálculo de inflación para afectar costos de materiales y equipos en APUS del proyecto. (Elaboración propia).....	25
Tabla 5 Resumen de softwares y herramientas utilizadas en el trabajo de titulación. (Elaboración propia).....	32
Tabla 6 Responsabilidades derivadas de la función de cada miembro del equipo.....	34
Tabla 7 Estándares y normativa base para la ejecución del proyecto en análisis.....	34
Tabla 8 Procesos de trabajo y flujos de información para el equipo de trabajo.....	35
Tabla 9 Entorno Común de Datos (CDE) aplicado para el proyecto urbanización residencial “Aura Club”. (Elaboración propia)	44
Tabla 10 Prioridad de pruebas a ser notificadas a los líderes disciplinares. (Elaboración propia).....	56
Tabla 11 Hitos de coordinación por disciplina, y por modelo desarrollado.....	58
Tabla 12 Análisis multidisciplinar. (Elaboración propia)	66
Tabla 13 Actualización de presupuesto modelos BIM 01, por disciplina. (Elaboración propia).....	76
Tabla 14 Actualización de presupuesto modelos BIM 02, por disciplina. (Elaboración propia).....	77

Tabla 15 Comparativo de los presupuestos obtenidos, vivienda tipo “Aura Club”. (Elaboración propia).....	78
Tabla 16 Comparación de presupuestos 2025, BIM 01 y BIM 02 por disciplinas. (Elaboración propia).....	80

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de fin de carrera se enfoca en la comparación del proyecto "Conjunto Residencial Aura Club", realizando su comparativa desde dos enfoques: el desarrollo bajo la metodología tradicional y su evaluación y desarrollo con la metodología BIM (Building Information Modeling). Este último, se presenta como una alternativa innovadora y eficiente para optimizar el diseño, la planificación y la ejecución del proyecto.

La metodología BIM permite una gestión integral de la información, facilitando la coordinación entre los distintos actores involucrados y mejorando la toma de decisiones. Con esto se logra una mayor eficiencia y efectividad en todas las etapas del proyecto incluyendo a la sostenibilidad como un componente integral que guía el proceso de diseño y toma de decisiones.

El desarrollo del proyecto se estructuró en fases, diferenciando la fase de exteriores y complementarios, que comprende la urbanización, y la fase de viviendas, donde se estableció una tipología de vivienda replicada cuatro veces dentro del conjunto. En la etapa de viviendas se implementaron las dimensiones 3D (modelo), 5D (presupuesto) y 6D (sostenibilidad), mientras que en la fase de urbanización y complementarios se aplicaron las dimensiones 3D y 6D.

La aplicación de BIM en el desarrollo del proyecto no solo busca comparar ambos enfoques metodológicos, sino también proponer una solución arquitectónica adaptada a las condiciones climáticas del sitio. De este modo, se optimiza el diseño de la vivienda, haciéndola más confortable y habitable, e integrando estrategias sostenibles que mejoran su adaptación al entorno y reducen su impacto ambiental.

Inicialmente se recopiló la información relevante, incluyendo planos arquitectónicos, estructurales e hidrosanitarios, así como el presupuesto. Con estos datos,

se creó un modelo federado que abarca las disciplinas de arquitectura, estructuras y MEP (Mecánica, Eléctrica y Plomería), consolidado en un modelo federado denominado **BIM01**. A partir de este modelo, se realizó una comparación con el proyecto original desarrollado mediante el método tradicional, evaluando aspectos como presupuesto, flujos de trabajo, procesos, comunicación entre ambos enfoques. Adicionalmente, se desarrolló un segundo modelo, **BIM02**, centrado en el análisis de factores ambientales como el clima, los vientos, la incidencia solar y la orientación del proyecto. A través de simulaciones en 6D, diagramas solares de la vivienda, análisis de iluminancia de los espacios interiores de la vivienda en su estado original, así como las evaluaciones en el modelo 3D. Toda esta información que arrojan estos estudios y análisis climáticos permitieron definir estrategias de climatización pasiva y selección de materiales adecuados, con el propósito de optimizar el confort térmico y minimizar el uso de sistemas activos de climatización en las viviendas.

El desarrollo de los modelos BIM 01 y BIM 02 en esta investigación no solo permite contrastar BIM con los métodos tradicionales de construcción, sino que también establece un marco claro para diferenciar ambas metodologías. Asimismo, resalta la capacidad de BIM para integrarse de manera más eficiente en un entorno dinámico y en constante evolución, impulsado por la globalización y la innovación.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

Comparar el proyecto residencial “Aura Club” realizado con métodos tradicionales de diseño y construcción vs la metodología BIM (Building Information Modeling) mediante un modelo tridimensional (3D) federado, con énfasis en el

presupuesto (5D) y flujos de trabajo para identificar las diferencias entre ambas metodologías.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Desarrollar el modelo tridimensional (3D) de la vivienda tipo en base al proyecto original en las diferentes disciplinas: arquitectura, sostenibilidad, estructura, MEP (mecánica, eléctrica y plomería) **BIM01** del proyecto residencial “Aura Club” estableciendo criterios de diseño en un LOD entre 300 y 350 a fin de determinar cantidades de obra.
- Comparar el presupuesto original del proyecto residencial con el presupuesto (5D) generado a través del **BIM01**, analizando las diferencias en cuanto a costos y procesos constructivos del proyecto.
- Potenciar el modelo tridimensional (3D) integrando análisis y simulaciones (6D) para rediseñar la propuesta inicial en base a sistemas pasivos de climatización y materialidad de las viviendas tipo **BIM02**.
- Realizar un estudio climatológico de vientos y asoleamiento (6D) en la ubicación del proyecto residencial para establecer criterios de diseño que respondan a las necesidades climatológicas del sitio.
- Evaluar los flujos de trabajo, procesos y comunicación entre el método tradicional y la metodología BIM.
- Realizar el presupuesto (5D) para estimaciones de costos del modelo **BIM02** de las viviendas tipo para determinar con precisión el costo de inversión asociado a los cambios implementados.

- Fomentar un ejercicio académico que promueva la colaboración entre los distintos actores involucrados en el proyecto, fortaleciendo el aprendizaje y la integración de conocimientos interdisciplinarios.
- Optimizar la calidad de los documentos, entregables y modelos generados en la fase de diseño, utilizando BIM para minimizar errores y reprocesos durante la ejecución del proyecto, asegurando un flujo de trabajo más eficiente y preciso.

1.2. VISIÓN DEL PROYECTO

La implementación de la metodología BIM en el proyecto residencial “Aura Club” se enfoca en la comparación, en primera instancia entre la metodología tradicional, versus la metodología BIM, en costos, flujos y comunicación y en segunda instancia, proponer un rediseño arquitectónico de las viviendas tipo y de la urbanización al incluir estrategias pasivas de sostenibilidad y criterios de inclusión que favorezcan a las viviendas y a los usuarios. Es decir, busca convertir el proyecto en uno que contemple el confort, asoleamiento e iluminación como parte de su diseño arquitectónico, con las alteraciones en las diferentes disciplinas que correspondan, de manera que el presupuesto sea viable a ser ejecutado y aceptado en el mercado.

Al implementar la metodología BIM, se garantizará la gestión y coordinación multidisciplinar, evitando interferencias e imprevistos, esto se traduce en un presupuesto ajustado, con una estimación de cantidades de obra reales, con rubros anclados a entregables de acuerdo con lo establecido por el PMI, para el producto final esperado, todo esto se complementa con la incorporación de alternativas pasivas de prácticas sostenibles que optimizan el uso de recursos y reducen el impacto ambiental.

1.3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE ENTREGA Y CONTENIDO

La estructura desarrollada se inicia con documentos en dos dimensiones (2D) proporcionados por el PROMOTOR. Estos documentos iniciales son fundamentales, ya que brindan la información necesaria para diseñar y generar modelos tridimensionales (3D) detallados. A partir de estos modelos, se extrae información clave que permite la elaboración de presupuestos (5D) y el análisis de aspectos de sostenibilidad (6D), siguiendo los principales componentes de entrega que se detallan a continuación:

1.3.1. Documentos iniciales del promotor

Para el desarrollo del proyecto residencial “Aura Club”, el promotor entregó la documentación inicial elaborada mediante la metodología tradicional, que consiste en planos bidimensionales (2D) en formato DWG de las disciplinas arquitectónica, estructural y MEP. Además, proporcionó un presupuesto referencial, cuyas cantidades y partidas fueron calculadas manualmente, lo que puede generar errores por factores humanos, en el proceso constructivo o debido a interferencias no identificadas.

Esta información servirá como base para la representación gráfica de las viviendas y su integración en modelos computacionales tridimensionales (3D). Asimismo, permitirá la elaboración de presupuestos detallados (5D), y la implementación de criterios de diseño sostenible y soluciones pasivas (6D).

Este último aspecto implica modificaciones tanto en el diseño arquitectónico de la vivienda tipo como en el diseño urbanístico del proyecto.

1.3.2. Planos existentes 2D

Los planos 2D proporcionados por el promotor corresponden las disciplinas: arquitectónica, estructural e hidrosanitarios; estos son producto del diseño individual de las viviendas a implantar en el terreno. Estos documentos carecen de detalles constructivos apropiados, materialidad, y coordinación de posibles interferencias entre

las disciplinas; consecuentemente, es imperativo el desarrollo de un modelo tridimensional utilizando los planos base, enmarcado en la metodología BIM.

Respecto a la implantación del proyecto residencial “Aura Club” ha sido entregada por el promotor en documentos tipo render, sin dimensiones ni si esta distribución obedece a los principios de urbanismo expuestos en la ordenanza municipal vigente.

1.3.3. Presupuesto referencial

Como parte de la información facilitada por el promotor, se tiene un presupuesto inicial de la vivienda tipo, esta consiste en rubros cuyas cantidades de obra fueron calculadas a partir de los planos 2D descritos en el numeral anterior; es importante notar que, en general, el método tradicional de estimación de cantidades es rudimentario, apelando casi en su totalidad a las estimaciones y criterios del profesional a cargo, consecuentemente, está presto a errores de cálculo, afectando el proyecto al dar la imagen de ser ejecutable con un techo presupuestario que no corresponde a la realidad.

Por los casos observados, esta situación se traduce en un rango de imprevistos en la fase de ejecución del proyecto bastante alta, afectando a los inversionistas y al promotor, pues la incertidumbre que genera para el negocio, es alta.

En el presente trabajo de titulación, se corregirá este precedente, implementando la dimensión 5D al proyecto; en los capítulos siguientes, se describirá la metodología para su aplicación, así como los resultados obtenidos.

1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto residencial “Aura Club” se encuentra en la ciudad de Riobamba, en la intersección de las calles Río Cutuchi y Río Carchi. Consta de cuatro viviendas de 178.75 m² de construcción, distribuidas en dos plantas. La planta baja incluye el área de

ingreso, sala, comedor, baño social, lavandería y cocina, mientras que en la planta alta se encuentran el dormitorio máster con balcón, dos dormitorios adicionales, una sala de estar y dos baños. Según el diseño original, cada vivienda dispone de un parqueadero, zona de BBQ, patio de servicios y jardín.

1.4.1. Contexto del proyecto

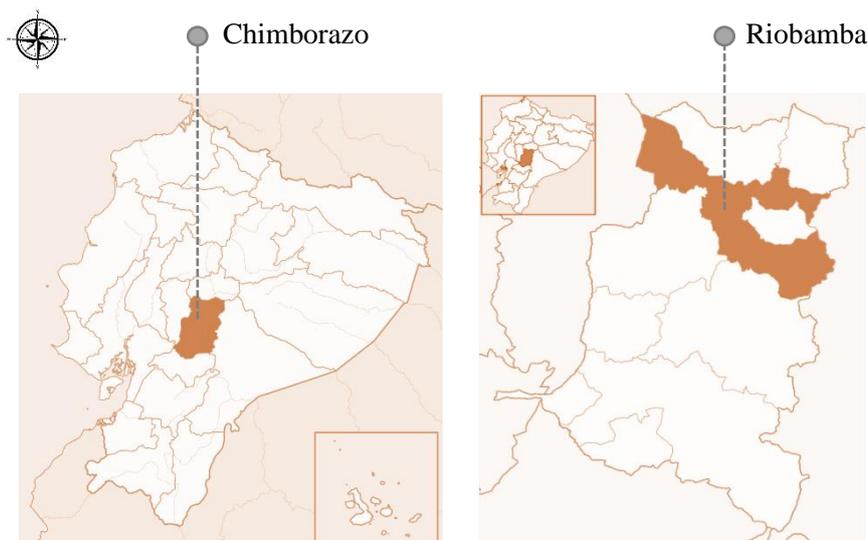


Figura 1 Descripción de la ubicación y contexto del proyecto. (Elaboración propia)

Riobamba, la capital de la provincia de Chimborazo, se encuentra a 2.754 metros sobre el nivel del mar, con las coordenadas $1^{\circ} 41' 46''$ de latitud sur y $0^{\circ} 3' 36''$ de longitud occidental con respecto al meridiano de Quito. Está situada en la región Sierra Central, a 175 km al sur de Quito. Limita al norte con los cantones de Guano y Penipe; al sur con los cantones de Colta y Guamote; al este con el cantón Chambo; y al oeste con la provincia de Bolívar.

Velasco, una de las parroquias urbanas más comerciales, presenta un uso de suelo variado que abarca comercio, vivienda, centros médicos y de seguridad, entre otros.

El proyecto residencial "Aura Club", ubicado en la parroquia Velasco de Riobamba, tiene un notable potencial gracias a su ubicación estratégica en un terreno esquinero en una zona comercial. Por este motivo, es crucial desarrollar el proyecto

utilizando la metodología BIM, que ofrece diversos beneficios, como la optimización del diseño y la construcción, la mejora de la eficiencia, la reducción de costos y la adaptación del diseño a las condiciones del terreno en una zona comercial como Velasco.

1.4.2. Ubicación del predio

El terreno donde se desarrolla el proyecto se encuentra ubicado en la Ciudad de Riobamba, parroquia Velasco, provincia de Chimborazo. Es un espacio de 1508.38 m², regular y plano, lo cual facilita la implantación del plan masa considerado para el proyecto, reduciendo el movimiento de tierra necesario para la conformación de terraplenes.

Tabla 1 Datos del predio en análisis. Recuperado de: (Alcaldía de Riobamba, 2024)

Descripción	Dato
Área de lote	1508.35 m ²
Uso del suelo	Lotes vacantes
Valor base m ²	USD. 130.00

En cuanto al lote de terreno, tiene un área total de 1508.38m², es un terreno plano, con un perímetro de 172 m con servicios básicos disponibles.

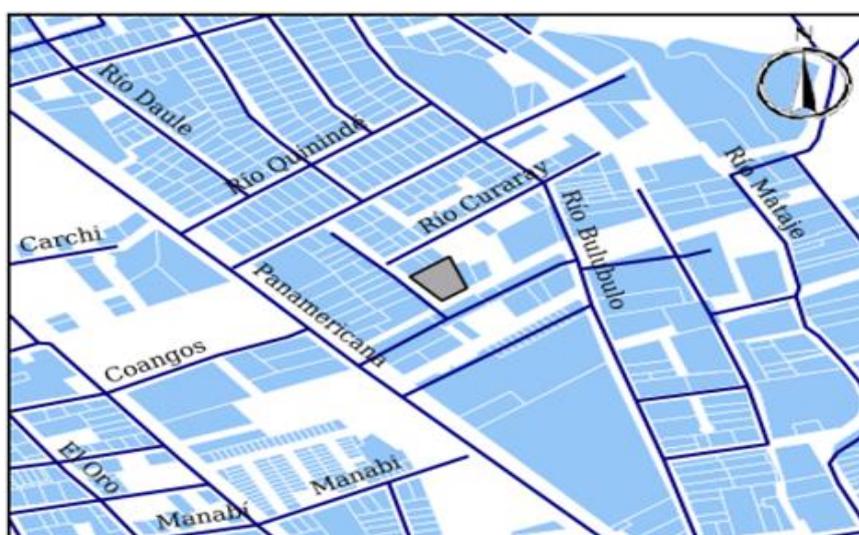


Figura 2 Croquis de ubicación del terreno. Recuperado de: (Alcaldía de Riobamba, 2024)

La documentación inicial proporcionada por el promotor pertenece al diseño y concepción del proyecto original con la metodología tradicional.

1.4.3. Componentes arquitectónicos

1.4.3.1. Conjunto residencial

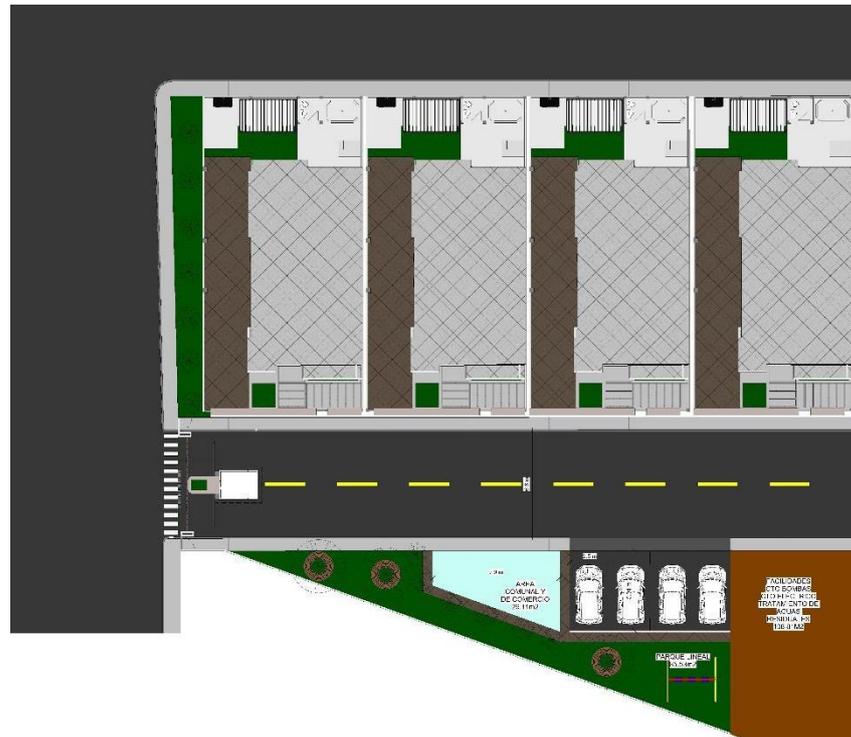


Figura 3 Vista en planta del plan masa de la urbanización propuesta. (Elaboración propia archivo RVT).

El diseño urbano es un punto clave en una urbanización ya que responde a las necesidades del conjunto de personas con diferentes culturas y tradiciones cumpliendo con criterios físicos, estéticos y funcionales dentro de una consideración en beneficio colectivo del área intervenida. A continuación, se representará una tabla en donde se analiza los criterios urbanos y se describe su aplicación correspondiente en el proyecto residencial “Aura Club”.

Tabla 2 Análisis urbano de conjunto residencial

Análisis urbano en el Proyecto residencial “Aura Club”		
Criterio	Cumple	Análisis
Trazado Urbano	Si	La trama aplicada en la urbanización es lineal y corresponde a la morfología del terreno.
Urbanización	Si	Las viviendas están ubicadas en sentido sureste en una misma manzana están contempladas las 4 viviendas todas en la misma línea de fábrica y mirando a la misma dirección.
Accesibilidad	No	Cuenta con accesos directos hacia la vía principal aledaña para vehículo, pero dejan de lado al peatón y al ciclista, sin contemplar en el diseño un tamaño de acera adecuado y ciclo vía.
Accesibilidad Universal	No	Según la INEN (NEC-HS-AU) Todo proyecto independientemente del tamaño deberá contemplar dentro de su diseño accesos para personas discapacitadas a través de rampas, aceras y camineras con el tamaño ideal para suplir las necesidades de todas las personas. Este proyecto original no consta con rampas para accesos de personas discapacitadas ni cumple con el tamaño de acera que pide la normativa.
Continuidad	No	El diseño inicial urbanístico no obedece a la continuidad de la trama urbana del sitio ya que no se acoge a la continuidad de la acera hacia el ingreso de la urbanización.
Integración	No	En la zonificación del conjunto residencial no se contemplan áreas sociales que generen el sentido de colectividad dentro de los habitantes. Es más, se ha pensado bastante en el vehículo ya que se contempla un parqueadero de 6 vehículos para visitantes disminuyendo el área de la urbanización para implementar áreas de recreación.

Espacios verdes	No	Dentro del diseño inicial se ha contemplado un área de 35m ² de áreas verde mismo que no corresponde al área solicitada por el GAD Riobamba.
-----------------	----	---



Figura 4 Vista en elevación de la urbanización propuesta. (Elaboración propia, archivo RVT)

1.4.3.2. Vivienda Tipo

El concepto de diseño de las viviendas responde a un estilo contemporáneo, en donde priman los ventanales y la doble altura, este último dando una sensación de amplitud. Con una forma lineal que responde a sus aristas de 90° en sus diseños de fachadas y colores claros con un toque de color con los enchapes de madera es un estilo arquitectónico que se basa en el orden y la funcionalidad.

La vivienda tipo comprende dos plantas con un área total construida de 178.75 m², en la planta baja son 87.87 m², mientras que en la planta alta son 90.88 m² de construcción; destacan sus espacios exteriores de lavandería, BBQ, y dos parqueaderos, mientras que en el interior cuenta con un dormitorio master con walk-in closet y baño privado, más dos dormitorios adicionales con baño compartido y sala de estar.

Respecto a la materialidad, la mampostería es de ladrillo de 0.10m de espesor con acabado con colores tenues en algunos y en otros con enchapes de madera; los pisos son de porcelanato en la mayoría de áreas comunes, mientras que los dormitorios tienen piso flotante con barrederas de madera.

1.4.4. Componentes estructurales

El diseño estructural de las viviendas corresponde a una estructura tipo pórtico de hormigón armado, con losas alivianadas bidireccionales; cuenta con una cimentación con plintos aislados y cadenas de 0.20 x 0.25 m.

El sistema constructivo obedece a la técnica constructiva tradicional en el entorno ecuatoriano y a la localización del proyecto, al encontrarse en el centro del país, el material pétreo es económico frente respecto a otros materiales, la misma situación ocurre con el acero de refuerzo, mismo que es más comercial y económico frente a perfiles estructurales.

Se han considerado criterios técnicos de sismo resistencia para el diseño estructural, tomando en cuenta que el proyecto se encuentra en una zona de riesgo sísmico y de amenazas naturales propias del territorio ecuatoriano.

1.5. IMPLEMENTACIÓN BIM EN EL PROYECTO

En el desarrollo del conjunto residencial “Aura Club”, se implementará la metodología BIM para optimizar el flujo de trabajo, mejorar la coordinación entre disciplinas y garantizar una mayor precisión en la planificación y ejecución del proyecto.

El uso de BIM abarcará todo el flujo de trabajo, los procesos y la comunicación entre las distintas partes involucradas, permitiendo una coordinación eficiente, una gestión optimizada de la información, la reducción de errores, así como una mejor planificación, control de costos y enfoque en la sostenibilidad.

1.5.1. Conjunto residencial

A nivel de urbanización, se trabajará con las dimensiones 3D y 6D en el modelo BIM2, permitiendo la modelación tridimensional del entorno y la integración de criterios de sostenibilidad. El enfoque estará dirigido al bienestar social mediante el rediseño de los espacios públicos, garantizando la inclusión mediante áreas accesibles y de diseño universal.

1.5.1.1. Modelado 3D

El uso de BIM permite crear un modelo tridimensional del conjunto residencial “Aura Club” que incluye los elementos arquitectónicos permitiendo la visualización precisa del proyecto antes de la construcción, facilitando la identificación y resolución de conflictos potenciales.

1.5.1.2. Sostenibilidad 6D

En el desarrollo del proyecto urbanístico, se implementaron estrategias de sostenibilidad mediante el rediseño de aceras, vías y espacios accesibles, garantizando una infraestructura más inclusiva y funcional. Se llevó a cabo una redistribución del espacio público, asignando áreas específicas para personas con discapacidad y mejorando la movilidad urbana con criterios de accesibilidad universal.

Además, se amplió el tamaño del parque, promoviendo espacios verdes que contribuyen al bienestar social y al equilibrio ambiental. Como parte del enfoque sostenible, se eliminaron los cerramientos en las viviendas, permitiendo un mayor ingreso de luz solar, posibilitando que funcionen los sistemas pasivos de climatización propuestos en las viviendas tipo.

Estas acciones refuerzan el compromiso con un diseño urbano sostenible, accesible y eficiente, garantizan un desarrollo urbano más justo, inclusivo y sostenible, promoviendo ciudades más habitables y resilientes.

Accesibilidad Universal: Diseño de espacios públicos inclusivos para todas las personas, incluyendo aquellas con discapacidad. Infraestructura adecuada, como rampas, medidas ergonómicas de aceras y espacios para discapacitados.

Movilidad Sostenible y Segura: Rediseño de aceras y vías para garantizar la seguridad peatonal. Fomento del transporte público eficiente y de medios no motorizados como bicicletas.

Espacios públicos y áreas verdes: Creación y ampliación de parques y zonas recreativas. Incorporación de vegetación urbana para mejorar la calidad del aire y promover la integración social.

1.5.2. Vivienda tipo

En la vivienda tipo, se gestionan las dimensiones 3D, 4D, 5D y 6D. en el modelo BIM2. La dimensión 3D facilitará la visualización del modelo arquitectónico, estructural y MEP. La dimensión 4D permitirá la vinculación del modelo con la planificación temporal de la obra, optimizando la programación y ejecución de tareas. La dimensión 5D se emplea para la estimación de costos y presupuestos en tiempo real. Finalmente, la dimensión 6D integrará estrategias de sostenibilidad y eficiencia energética en el diseño.

1.5.2.1. Modelado 3D

El modelo tridimensional (3D) facilita la representación de las viviendas tipo, integrando las disciplinas arquitectónicas, estructurales y MEP (mecánica, eléctrica y plomería).

Estos modelos permiten una colaboración efectiva entre los profesionales, favoreciendo la detección y resolución de posibles interferencias. Además, proporcionan una visualización detallada de la estructura, sus espacios y materiales.

La modelación abarca tanto la vivienda y su ubicación en el terreno real como las versiones de la vivienda con alternativas arquitectónicas desarrolladas a partir de los análisis de sostenibilidad.

1.5.2.2. Presupuesto 5D

La metodología BIM también facilita la incorporación de la estimación de costos en el modelo. Esto implica que cada componente del modelo contiene información detallada sobre los costos relacionados, lo que simplifica la creación de presupuestos exactos y el control de los costos a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. La posibilidad de realizar análisis de costos en tiempo real permite tomar decisiones más informadas y mantener el proyecto dentro del presupuesto establecido.

1.5.2.3. Sostenibilidad 6D

La dimensión de la sostenibilidad se integra en el modelo BIM2 para evaluar y mejorar una eficiencia energética a corto y largo plazo del proyecto, mediante el uso de estrategias pasivas, con el objetivo de mejorar la eficiencia energética y disminuir la dependencia de sistemas artificiales de calefacción e iluminación.

Estrategias Pasivas de Orientación: Se llevará a cabo un análisis de la orientación del proyecto para optimizar el aprovechamiento de la luz solar y reducir la pérdida de calor en los espacios habitables. La disposición estratégica de ventanas y ventanales permitirá maximizar la iluminación natural en áreas sociales como la sala, el comedor y la cocina, disminuyendo así el uso de iluminación artificial y proporcionando un mayor confort térmico en zonas de descanso.

Estrategias Pasivas frente al Viento: Dado que la ciudad de Riobamba experimenta un periodo de alta intensidad de viento entre mayo y septiembre, se considerará el uso de materiales con propiedades de aislamiento térmico, lo que contribuirá a evitar la filtración de aire frío y a mantener una temperatura interior estable.

Asimismo, la orientación y ubicación de las viviendas se determinarán en función de la dirección predominante del viento, con el fin de reducir su impacto dentro de los espacios habitables.

Estrategias Pasivas ante la Precipitación y la Humedad: Dado que la humedad relativa en Riobamba oscila entre el 81% y el 88%, se seleccionarán materiales que contribuyan a regular la humedad en los interiores, garantizando condiciones óptimas de habitabilidad. Además, el diseño arquitectónico incluirá elementos que protejan las viviendas de la lluvia durante los meses más húmedos, que abarcan de enero a junio, asegurando la durabilidad de la construcción y el bienestar de sus ocupantes.

Estrategias Pasivas de Asoleamiento: Se estudiará la incidencia solar en el terreno para determinar cómo la radiación solar puede ser aprovechada de manera eficiente en los meses más fríos. Para ello, se seleccionarán materiales con alta inercia térmica que puedan absorber, almacenar y liberar calor progresivamente, reduciendo la necesidad de calefacción artificial y mejorando la eficiencia energética de las viviendas.

Simulaciones y Evaluaciones Energéticas: Se implementarán herramientas de simulación energética, como Insight, para analizar el comportamiento del modelo tridimensional del proyecto, asegurando que cumpla con los estándares de sostenibilidad establecidos.

En conjunto, estas estrategias pasivas permitirán optimizar el diseño del proyecto, reduciendo el consumo de energía, minimizando el impacto ambiental y garantizando un mayor confort térmico en las viviendas, alineándose así con los principios de eficiencia y sustentabilidad.

Capítulo 2: MARCO TEÓRICO

2.1 METODOLOGÍA BIM

2.1.1 Antecedentes

En el ámbito de la construcción, la metodología BIM (Building Information Modeling) ha emergido como una herramienta transformadora a nivel mundial, permitiendo la gestión integral de proyectos a través de la creación y manipulación de modelos digitales que contienen información detallada y multidisciplinar. La metodología no solo facilita la visualización tridimensional de los proyectos (3D), sino que integra dimensiones adicionales como el tiempo (4D), costos (5D), sostenibilidad (6D), mantenimiento (7D); lo que la convierte en un enfoque holístico para la planificación, diseño, construcción y operación de edificaciones e infraestructura.

En el contexto nacional, la adopción de la metodología BIM ha comenzado a generar relevancia especialmente en proyectos de mediana y gran escala, cuya complejidad técnica y la necesidad de optimización de recursos son críticas. En el caso de estudio, la urbanización residencial “Aura Club”, representa un escenario ideal para aplicar esta metodología, ya que combina conceptos arquitectónicos, estructurales, de gestión de costos y de impacto ambiental; todos ellos en un contexto habitual para los profesionales de la construcción en el Ecuador, es decir, buscando afirmar la trazabilidad y beneficios de su aplicación en proyectos de complejidad media. La implementación de BIM en este tipo de proyectos no solo permite una mejor coordinación entre los actores involucrados (arquitectos, ingenieros y cliente), sino que también contribuye a la reducción de errores, retrasos y sobrecostos, todos ellos factores que históricamente han afectado al sector de la construcción en el país.

En análisis 3D, 5D y 6D del proyecto urbanización residencial “Aura Club” bajo la metodología BIM ofrece una visión integral del proyecto. El modelamiento 3D permite

la visualización detallada de los espacios y la detección temprana de interferencias entre disciplinas; en el caso de estudio se analiza la implantación de la urbanización residencial “Aura Club”, compuesta de cuatro viviendas tipo, más obras complementarias; por otro lado, considerando la naturaleza del proyecto, se focalizó la representación tridimensional de la vivienda tipo, hasta conseguir un modelo federado que coordine todas las disciplinas que intervienen en el mismo. La dimensión 5D, asociada a la gestión de costos, facilita la estimación precisa de los recursos económicos necesarios, optimizando el presupuesto y minimizando imprevistos en su ejecución, a este respecto, uno de los objetivos específicos de este trabajo de titulación es evidenciar el beneficio de la implementación de la metodología BIM en un proyecto práctico, mediante la comparación del presupuesto obtenido por la metodología tradicional, versus aquella aplicada al modelo tridimensional antes descrito, y uno adicional, producto de un modelo en el que se implemente la sostenibilidad. Por último, la dimensión 6D, enfocada en la sostenibilidad, permite evaluar el impacto ambiental del proyecto, pero sobre todo optimizar el uso de recursos energéticos, sin perjudicar la habitabilidad y confort del usuario final; propone estrategias para mejorar la eficiencia energética, y reducir la huella de carbono, aspectos cada vez más relevantes en el contexto global y local.

El presente trabajo de titulación busca demostrar, a través de un caso práctico, como la metodología BIM puede ser aplicada en el análisis 3D, 5D y 6D de una urbanización residencial, destacando su potencial para transformar el sector de la construcción en el Ecuador mediante el factor más visible, la comparación del presupuesto y eficiencia de recursos económicos y energéticos.

2.1.2 Herramientas BIM

En el contexto de la metodología BIM, las herramientas BIM son software especializados que permiten crear, gestionar, compartir y analizar modelos digitales de

construcción. Estas herramientas facilitan la colaboración multidisciplinar y cubren distintas fases del ciclo de vida de un proyecto (diseño, construcción, operación y mantenimiento). La característica principal de todas ellas, es la vinculación de datos (tiempo, costos, sostenibilidad) al modelo, garantizando la interoperabilidad, y favoreciendo el trabajo colaborativo.

Para el desarrollo del presente trabajo de titulación, se ha considerado software de la casa Autodesk, para todas las dimensiones, en coordinación con RIB, compatible entre ellos.

En esta sección se pondrá en evidencia la trazabilidad de la metodología aplicada al proyecto en análisis; sin embargo, en cuanto a las herramientas de modelado, análisis y simulación, serán descritos desde sus respectivas dimensiones en el numeral 2.1.3.

2.1.2.1 Plataforma de colaboración, Entorno Común de Datos (CDE)

Es una plataforma digital centralizada donde todos los actores del proyecto almacenan, comparten y gestionan la información técnica. El CDE garantiza que la información transmitida es actualizada, accesible, y estructurada, evitando duplicidades o inconsistencias. De acuerdo a la metodología, de manera básica la información se categorizará por: trabajo en progreso, compartido, publicado y archivado.

Para el trabajo de titulación, enmarcado en lo mencionado anteriormente, se utilizó la plataforma Autodesk Construction Cloud, misma que además brinda las facilidades descritas en el párrafo que precede, facilita la visualización de la información, la comunicación entre los actores del equipo, la revisión de la información y transferencia de la misma.

De acuerdo a lo establecido en la norma ISO 19650, en sus partes 1 y 2, establece los lineamientos para la organización y gestión de la información en proyectos BIM, incluyendo la estructura básica de las carpetas en el Entorno Común de Datos, define así,

categorías fundamentales que deben existir en un CDE para garantizar la información eficiente, y estandarizado.

En el capítulo perteneciente al Coordinador del Proyecto se detalla a profundidad las carpetas incluidas, tanto en seguimiento al estándar planteado en la norma, así como aquellas carpetas creadas por la naturaleza y particularidades del proyecto en cuestión.

2.1.2.2 Gestión de documentación, EIR y BEP

Como se denota en numerales anteriores, la gestión documental es uno de los aspectos fundamentales de la metodología; esta garantiza la consistencia, trazabilidad y calidad de los datos a lo largo del ciclo de vida del proyecto. El Exchange Information Requirements (EIR) y el BIM Execution Plan (BEP) son herramientas clase para estandarizar los flujos de información y alinear las expectativas entre los involucrados.

En el **Anexo 1** del trabajo de titulación se ha colocado el EIR, el documento que establece qué información debe ser entregada, formato y nivel de desarrollo (LOD), así como datos relevantes del proyecto en análisis, acuerdo de comunicación y gestión documental.

En el **Anexo 2** se ha adjuntado el BEP, este documento detalla cómo se implementará BIM en el proyecto, incluyendo roles, estándares, protocolos de colaboración, la estructura de carpetas CDE, los softwares a utilizar, flujos de revisión y validación entre los profesionales de las distintas disciplinas; en general toda información que garantice la interoperabilidad del proyecto en todas sus fases.

Los dos documentos, Anexo 1 y Anexo 2, fueron socializados con el equipo de trabajo de Oficina Gamaa, esperando que sean analizados por los especialistas de cada disciplina, mejorando la eficiencia, reduciendo imprevistos, y facilitando la toma de decisiones.

2.1.3 Dimensiones

A diferencia de los métodos tradicionales, basados en planos 2D, la metodología BIM integra información técnica, temporal, económica y de gestión en un entorno colaborativo. Con este contexto, se tienen dimensiones, entendiendo estas desde la 1D, hasta la 7D.

En esta sección se expone las dimensiones acotadas en el trabajo de titulación, la justificación para su uso, y la aplicabilidad en el proyecto de estudio. Los resultados del análisis serán expuestos a lo largo de los siguientes capítulos, dependiendo del rol que haya cumplido cada profesional, y sus obligaciones como tal.

2.1.3.1 BIM 3D

Se refiere a la representación digital de un proyecto de construcción mediante modelos geométricos computarizados, en el software que se decida, y con la parametrización requerida a fin de solventar las necesidades del cliente. A diferencia de los dibujos 2D, productos de la metodología tradicional (planos de planta, elevación y corte), el BIM 3D, incorpora volúmenes, relaciones espaciales, y atributos para cada uno de los elementos constructivos, de esa manera permitiendo una visualización integral, y apegada a la realidad de los procesos constructivos.

El software utilizado para el desarrollo de los modelos 3D fue Revit 2025, de la casa Autodesk, facilitando la compatibilidad, para la posterior coordinación del modelo, así como su visualización en la nube.

Para el caso de estudio, es importante separar los modelos, en primera instancia recordar que, a partir de planos 2D, se desarrolla un modelo 3D, en adelante BIM 01, el cual, basado en la información base, representa el modelo original de la vivienda tipo, implantado en el terreno ubicado en la ciudad de Riobamba. Al ser una representación de la edificación original, en primera instancia se evidencia que la disciplina arquitectura

no está coordinada con la estructural, ni con MEP; por lo que el modelo BIM 01 será, a lo largo del desarrollo, sometido a N revisiones por parte del coordinador, hasta conseguir un modelo sin conflictos de la disciplina, así como entre ellas. Es decir, el primer aporte acerca de la aplicabilidad de la metodología BIM en un caso práctico es, la diferencia en las cantidades de obra, y elementos al obtener un modelo federado BIM 01.

Posteriormente, y una vez realizado los análisis a ser descrito en el numeral 2.1.3.3, se procede a una reingeniería del modelo de la vivienda tipo, realizando alteraciones de orden arquitectónico mismas que conforman estrategias de sostenibilidad para el proyecto, que representa la implementación BIM llevada a otras dimensiones, y su impacto; el procedimiento es similar desde el punto de vista de coordinación, pues partiendo de la ejecución de los cambios en unos de los modelos, el análisis de conflictos e interferencias entre disciplinas comienza nuevamente hasta que estos sean superados, resultando en un modelo federado BIM 02.

Es importante notar que, si bien el proyecto en general es la urbanización “Aura Club”, los modelos federados BIM 01 y BIM 02 corresponden a la vivienda tipo con sus respectivos diseños antes descritos, esto debido justamente a que la casa será replicada N veces en el terreno. Ahora bien, la representación de la urbanización si fue considerada para los estudios necesario en la dimensión 6D, que serán descritos a posterior; más no para la presupuestación del proyecto.

2.1.3.2 BIM 5D

Esta dimensión incorpora el control de costos y presupuestos directamente vinculados al modelo digital, permitiendo así una estimación financiera más precisa, una mejor gestión de recursos y una reducción significativa en imprevistos que generan sobrecostos al proyecto en su etapa de construcción, consecuentemente, se traduce en

una transformación de la manera en que se planifican y ejecutan los proyectos constructivos.

Las principales características del BIM 5D son la cuantificación automática de materiales, presupuestos dinámicos y en tiempo real, seguimiento financiero durante la ejecución de la obra, y la integración de bases de datos de precios.

En relación a la cuantificación automática de materiales, esto se calcula a partir de los modelos federados BIM 01 y BIM 02 antes mencionados. Si bien existen herramientas varias para este propósito, para el trabajo de titulación se usó el programa Presto 2025, de la casa RIB Spain; misma que presenta características favorecedoras para el cálculo de presupuesto y que tiene las funciones antes mencionadas para el seguimiento de la ejecución, tanto desde el punto de vista de tiempo, como de costos.

Al plantear un presupuesto dinámico, efectivamente, si se presenta algún cambio no planeado en los modelos, el proceso de cálculo se limita a generar la cuantificación de materiales a partir del modelo en análisis, y compartir la “partida” afectada con el cambio. Estos aspectos, de manera más detallada, serán descritos en capítulos siguientes de acuerdo al rol de cada profesional.

Por otro lado, en cuanto a las bases de datos, efectivamente, se ha trabajado sobre una existentes, a partir de la base de rubros de la Cámara de la Industria de la Construcción, del año 2019; no obstante, lo valioso de esta base, es que se encuentra en un formato detectable por el software, y codificado, y que los rubros, son producto de un Análisis de Precios Unitarios real. Ahora bien, por la diferencia de años hasta la presentación de este trabajo, se tuvieron algunas alternativas para su actualización, siendo la más técnica, y luego de la consulta con el experto en la material, la de aislar las partidas que usa el proyecto en análisis, y aplicar un porcentaje (%) de inflación al costo unitario de algunos de los elementos obtenido por medio de la base de datos antes mencionada;

la viabilidad de este procedimiento se ampara en que el rendimiento de la partida no cambia, así como tampoco sus elementos de mano de obra, equipos y materiales; no así el costos de cada uno, en especial de materiales y equipos, por lo tanto, de aquellas partidas necesarias, se hará este incremento, a fin de establecer un presupuesto de la obra a la actualidad.

Entonces, consideramos el porcentaje (%) de inflación anual a partir de 2020 hasta la proyección al 2025 de acuerdo al Boletín técnico Nro. 01-2025-IPC, actualizado a enero 2025, el cual, en su contenido tiene los siguientes datos:

Tabla 3 Inflación anual en los meses de enero. (INEC, 2025)

AÑO	Inflación anual (%)
2019	0,54
2020	-0,30
2021	-1,04
2022	2,56
2023	3,12
2024	1,35
2025	0,26

Ahora bien, a partir de estos datos es necesario calcular la inflación anual acumulada, para lo cual debemos considerar la inflación a partir del 2020 hasta el año en curso, aún cuando solo se tenga la información a enero, esta hará las veces de proyección.

Para su cálculo debemos considerar la siguiente fórmula:

$$Costo_{2025} = Costo_{2019} \times \left(\prod_{\text{año}=2020}^{2025} \left(1 + \frac{Inflación_{\text{año}}}{100} \right) \right)$$

Ecuación 1 Ajuste por inflación para costos de bienes y servicios. (Consejo Mexicano de Normas de Información Financiera, 2021)

Mismas que se puede expresar como:

$$Costo_{2025} = Costo_{2019} \times \text{Factor de Inflación}$$

Ecuación 2 Ecuación simplificada para afectación de costos considerando la inflación

Consecuentemente, procedemos a hacer el cálculo pertinente hasta de terminar la inflación acumulada desde 2020 hasta 2025, misma que afectará a los materiales y equipos de todas las partidas utilizadas en el presente trabajo de titulación. A saber:

Tabla 4 Cálculo de inflación para afectar costos de materiales y equipos en APUS del proyecto. (Elaboración propia).

AÑO	Inflación anual (%)	Factor $\left(1 + \frac{\text{Inflación}_{\text{año}}}{100}\right)$
2020	-0,30	0,997
2021	-1,04	0,9896
2022	2,56	1,0256
2023	3,12	1,0312
2024	1,35	1,0135
2025	0,26	1,0026

$$\text{Factor de Inflación} = 0,997 \times 0,9896 \times 1,0256 \times 1,0312 \times 1,0135 \times 1,0026;$$

$$\text{Factor de Inflación} = 1,0587$$

Entonces,

$$\text{Costo}_{2025} = \text{Costo}_{2019} \times 1,0587$$

Por otro lado, debemos considerar la mano de obra, variable de cada una de las partidas a utilizar, los datos exactos de la variación lo tenemos gracias a la tabla de salarios mínimos por ley 2025 de la Contraloría General del Estado (Contraloría General del Estado & CAMICON, 2025), realizando un cálculo rápido respecto a la mano de obra presente en la base de datos analizada (2019), y el documento citado, la variación es de más o menos 0,18% desde 2019 a la fecha. Por lo tanto, deberemos afectar los costos de esta sección por un factor de 1,18.

La aplicación de estos factores se verá en el capítulo pertinente.

2.1.3.3 6D

El BIM 6D incorpora criterios de eficiencia energética, análisis de ciclo de vida y sostenibilidad ambiental al modelo tridimensional. El objetivo de esta dimensión es

permitir a los profesionales afines, tomar decisiones respecto a estrategias, métodos constructivos, implementación de sistemas y hasta materialidad de la obra, en función de su entorno, y reducir el impacto ambiental de los edificios durante todo su ciclo de vida.

Al ser un objetivo específico del trabajo de titulación, se analizará a más detalle esta dimensión en los capítulos siguientes; es importante, sin embargo, acotar su aplicación. Como se mencionó anteriormente, el modelo BIM 02 es producto de los varios análisis realizados como parte de esta dimensión, pues como resultado el profesional fue capaz de plantear alternativas arquitectónicas pasivas, que mejores la eficiencia energética de la vivienda tipo, sin incrementar desmesuradamente el presupuesto esperado de la misma. En el capítulo que corresponde se muestra el proceso, trazabilidad y aplicación de estas alternativas de diseño.

Capítulo 3: Empresa Oficina GAMAA

3.1. RESUMEN DE LA EMPRESA OFICINA GAMAA

Oficina GAMAA es una empresa especializada en la gestión de proyectos de construcción y arquitectura, con un enfoque innovador en la implementación de metodologías BIM. Su objetivo principal es optimizar los procesos de diseño, construcción y gestión de edificaciones mediante el uso de tecnologías digitales y colaborativas. La empresa se destaca por su compromiso con la calidad, la eficiencia y la satisfacción del cliente.

3.1.1 Misión

La misión de oficina GAMAA es liderar la transformación digital en la industria de la construcción, ofreciendo soluciones integrales basadas en metodología BIM que permitan a sus clientes alcanzar la máxima eficiencia en la gestión de proyectos, reducción de costos y mejora continua en la calidad de las edificaciones.

3.1.2 Visión

Ser reconocidos como referentes en la implementación de BIM a nivel nacional e internacional, destacando por la innovación, el profesionalismo y la capacidad de adaptación a las necesidades cambiantes del mercado de la construcción.

3.2. CONTRATOS

Oficina GAMAA establece contratos claros y detallados con sus clientes y colaboradores, asegurando que todas las partes involucradas comprendan sus obligaciones y responsabilidades. Los contratos incluyen:

- Alcance del proyecto.
- Plazos de entrega.
- Especificaciones técnicas.
- Condiciones de pago.

- Cláusulas de confidencialidad y propiedad intelectual.
- Protocolos de resolución de conflictos.

A continuación, se detalla el modelo de contrato implementado hacia el equipo de trabajo.



Quito, 11 de noviembre de 2024

CONTRATO

En la ciudad de Quito se reúnen por una parte el Srta. NICOLE ISABEL ARCENTALES NARANJO, con cédula de identidad Nro. 1752644789 de estado civil soltero, y profesión Ingeniera Civil, legalmente respaldado en las entidades de control correspondientes. Quien para este documento legal se le denominará "CONTRATISTA".

Por otra parte, el Sr. MARIO BOLIVAR GALLEGOS MUÑOZ, con cédula de identidad Nro. 0603553868, de estado civil casado y profesión Ingeniero civil, representante legal de la empresa OFICINA GAMAA, con la documentación de respaldo. Quien para este documento se le denominará "CONTRATANTE".

Ambas partes bajo su responsabilidad personal y civil declaran que sus facultades no le han sido revocadas ni limitadas y siguen vigentes en el día de la fecha.

Así, reconociéndose mutuamente la capacidad legal necesaria para el otorgamiento del presente contrato.

EXPONEN:

1. La empresa OFICINA GAMAA, con su representante legal Ing. Mario Gallegos, va a desarrollar un proyecto de diseño y presupuestación con la implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling), dicho proyecto se ubicará en la provincia de Chimborazo, parroquia Velasco, ciudad Riobamba.

El proyecto motivo del presente contrato, se determina como una urbanización compuesta, hasta el momento, de 4 viviendas de m² de área construida, cuenta con áreas verdes y de recreación, con un área total del terreno de 1508,38 m².

Dicho proyecto tomará en cuenta el ciclo de vida estimado y las etapas en las que se desarrolla y ejecuta la metodología BIM.

2. Para el correcto desarrollo del proyecto se establecen las siguientes CLÁUSULAS:

CLÁUSULA PRIMERA. - Objeto

La empresa OFICINA GAMAA, requiere los servicios del CONTRATISTA en calidad de:

Coordinador BIM, siendo su principal actividad laboral, la de coordinar, conocer, valorar y proponer procesos de mejora enfocado a los principios de coordinación para el proyecto motivo del contrato.

CLÁUSULA SEGUNDA. - Forma

Se establece un trabajo de forma semipresencial, el mismo que se realizará en su mayoría virtual, por medio de las plataformas determinadas de trabajos colaborativos y estando sujeto a la presentación personal de información por pedido de la empresa y la coordinación del proyecto.

Los flujos de trabajo, así como las plantillas que marcarán las formas y procesos de trabajo serán socializados al iniciar los trabajos, y serán compartidos por medio de las plataformas de trabajo colaborativo.

Deberá participar en la elaboración del Plan de Ejecución BIM (BEP) para garantizar la correcta implementación de los modelos, esto lo realizará en acompañamiento permanente con el Coordinador BIM, y BIM Manager.

CLÁUSULA TERCERA. - Comunicación

Se determina un sistema dual de comunicación para el proyecto, teniendo una plataforma informal dentro de un grupo de chat WhatsApp, para intercambios y mensajes breves como nivel 1 de comunicación.

El nivel 2 de comunicación es mediante correo electrónico, en el cual se adjuntará la documentación de respaldo de ser necesario; sin embargo, también conllevan notificaciones de actualización, incidencias e informes de transmisión desde la plataforma colaborativa Autodesk Construction Cloud, misma que será el principal medio de comunicación.

Como marca el párrafo anterior, el principal medio de comunicación será la plataforma colaborativa Autodesk Construction Cloud, misma que contará con las carpetas necesarias para el desarrollo del proyecto, en adelante ACC, y a su vez con la documentación base para el mismo (CDE).

De manera semanal se llevarán a cabo reuniones en la plataforma Meet de Google para coordinaciones y control de avance con el equipo, incluido el BIM Manager.

CLÁUSULA CUARTA. - Hardware

Para el uso y trabajo del contratista, la empresa no proporcionará ningún equipo informático o tecnológico de manera física, es decir, el hardware.

Por lo que el contratista debe tener el hardware necesario y adecuado para los programas o software a usarse.

CLÁUSULA QUINTA. - Software

El CONTRATISTA de manera obligatoria debe tener las licencias formales de los programas a ser usados dentro de su trabajo en el proyecto.

Para la plataforma de trabajo colaborativo ACC, se establece que la empresa será la encargada de proporcionar su acceso con sus respectivos permisos y licencias de la casa Autodesk, y el CONTRATISTA deberá desarrollar sus labores en la misma para ser revisada y gestionada.

CLÁUSULA SEXTA. - Plazos

El presente contrato es por un tiempo de seis meses calendario, a partir de la firma del presente contrato, siendo el tiempo máximo para el desarrollo del proyecto.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - Prórrogas

De ser necesaria una extensión (prórroga) del plazo, se motivará y justificará por parte del CONTRATISTA con un informe respectivo de situación, la misma ampliación no será mayor a un tercio del tiempo estimado total y servirá de base directamente proporcional para la compensación salarial respectiva; el CONTRANTE se reserva el derecho de aprobarlo, o refutarlo, decisión que será notificada por el nivel 2 de comunicación en un plazo no mayor a 3 días calendario desde el envío del informe.

CLÁUSULA OCTAVA. - Entregables

Se establecen los siguientes entregables:

1. Centro común de datos de acuerdo a normativa y a las necesidades del proyecto (CDE).
2. Informes de transmisión, manejo de incidencias y reportes de revisión de los modelos de las diferentes disciplinas.
3. Minutas de reunión o novedades del proyecto, incluidas reuniones, siendo el canal de comunicación entre los líderes de cada disciplina y el BIM Manager.
4. Análisis comparativo de presupuesto entre las variantes del proyecto, coordinación de análisis de costos de las diferentes disciplinas.
5. Revisión de interferencias multidisciplinar.
6. Reporte de plan de negocios del proyecto con conjunto con el BIM Manager.
7. Documentación relevante, y anexos de acuerdo a su rol para monografía.

CLÁUSULA NOVENA. - Incumplimiento del contrato

En caso de incumplimiento, el CONTRATANTE podrá dar por terminado el contrato si el incumplimiento persiste por más de 7 días; o si el entregable no cumple con las especificaciones planteadas y notificadas, luego de 3 incidencias no atendidas.

CLÁUSULA DÉCIMA. - Remuneración

Se determina que al ser una remuneración de USD. 1.00 (Uno con 00/100 dólares de los Estados Unidos de América), cuyo valor será cancelado al término del contrato y la entrega a satisfacción del proyecto.

CLÁUSULA DÉCIMA PRIMERA. - Controversia

En caso de controversia, los suscritos, contratante y contratista se someten al tribunal de lo civil y laboral de la ciudad de Quito.

CLÁUSULA DÉCIMA SEGUNDA. - Aceptación

Para expresar la aceptación del presente contrato, firman por triplicado las partes.

 ING. NICOLE ISABEL ARCENTALES NARANJO CONTRATISTA (COORDINADOR BIM)	 ING. MARIO BOLIVAR GALLEGOS MUÑOZ CONTRATANTE (BIM MANAGER)
---	--

Figura 5 Captura de contrato realizado a miembro del equipo. (Elaboración propia)

3.3. REQUERIMIENTO DE INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN, RESUMEN EIR

El EIR de Oficina GAMAA define los requisitos de información que el cliente espera recibir durante las diferentes etapas del proyecto. Este documento incluye:

- Formatos y estándares de entrega de información.
- Nivel de detalle (LOD) requerido en los modelos BIM.
- Especificaciones sobre la calidad y precisión de los datos.

- Protocolos de revisión y aprobación de la información.

El documento EIR desarrollado se encuentra en el **Anexo 1**.

3.4. PLAN DE EJECUCIÓN BIM, RESUMEN BEP

El BEP es un documento clave que establece cómo se implementará BIM en el proyecto. Oficina GAMAA desarrolla un BEP detallado para cada proyecto, a continuación, se detallan algunos aspectos relevantes por revisar, importante mencionar que el documento completo para revisión se encuentra en el **Anexo 2**.

3.4.1. Información general

3.4.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto residencial club Aura está ubicado en la ciudad de Riobamba, calles Río Cutuchi y Río Carchi. Está compuesto por cuatro casas de 178.75m² de construcción; son viviendas de dos plantas, en la planta baja cuenta con las áreas de ingreso, sala, comedor, cocina y baño social; mientras que en la planta alta está el dormitorio máster, dos dormitorios adicionales, sala de estar y dos baños. De acuerdo con el proyecto original, cada casa tiene un área de parqueadero, zona BBQ, patio de servicios y jardín.

En cuanto al lote de terreno, tiene un área total de 1508.38m², es un terreno plano, con un perímetro de 172 m con servicios básicos disponibles.

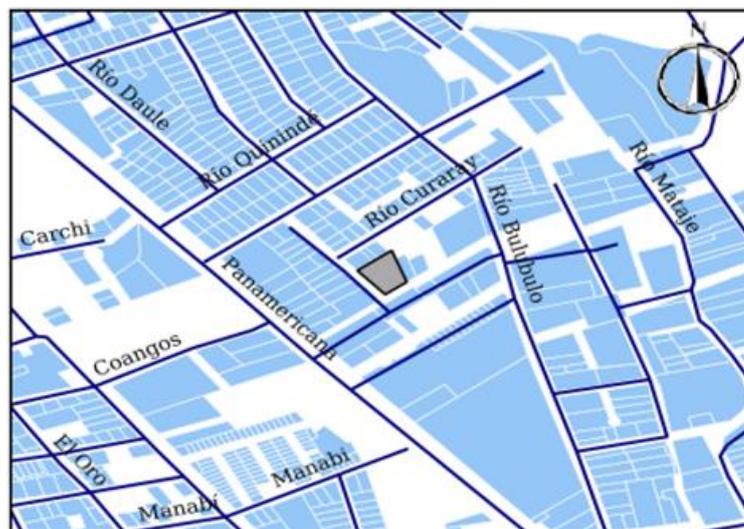


Figura 6 Croquis de ubicación del terreno. Recuperado de: (Alcaldía de Riobamba, 2024)

3.4.1.2. Equipo de trabajo

Oficina Gamaa presenta su organigrama de trabajo para el proyecto en análisis:



Figura 7 Organigrama del equipo de trabajo. Oficina Gamaa.

3.4.1.3. Software y herramientas BIM utilizadas

Como se mencionó el capítulo 2 del presente trabajo de titulación, se trabajó con software de la casa Autodesk y RIB Spain, además de herramientas básicas como Microsoft Office:

Tabla 5 Resumen de softwares y herramientas utilizadas en el trabajo de titulación. (Elaboración propia)

DISCIPLINA	USO	SOFTWARE	VERSIÓN
Arquitectura	Diseño y visualización	Autocad	2025
Todas	Diseño	Revit	2025
Ambiente habitual de datos	Concentrar archivos	Autodesk Construction Cloud	Actualizada
Todas	Descubrimiento de interferencias	Navisworks	2025
Todas	Informes, planillas, tablas de cantidades	Microsoft Office	Actualizada
Todas	Presupuesto	Presto	2025

3.4.2. Objetivos del proyecto desde la perspectiva BIM

Los objetivos descritos son producto de los requerimientos del cliente, enmarcados el alcance del proyecto, así como la información con la que se cuenta como base, en ese contexto los objetivos ahí plasmados son:

- Determinar la variación de presupuestos a partir del facilitado por el promotor, calculado a razón de la metodología tradicional.
- Entregar modelos tridimensionales federados de la vivienda tipo BIM 01 y BIM 02.
- Aplicar principios de sostenibilidad a un diseño arquitectónico base, analizando la ubicación del proyecto y la relación costo beneficio.

3.4.3. Requerimiento del cliente

Luego de reuniones de trabajo, establecimiento de la información con la cuenta el cliente, los productos y resultados que espera del proyecto, se establecen los siguientes puntos:

- Resumen de estudios de sostenibilidad para determinación de estrategias pasivas aplicables al diseño arquitectónico.
- Modelos federados BIM 01 y BIM 02.
- Presupuesto determinado entro de los parámetros BIM, de los modelos BIM 01 y BIM 02.
- Tabla comparativa de presupuestos y breve análisis de resultados.

3.4.4. Roles y responsabilidades

Los roles y responsabilidades fueron determinados a partir de las características del proyecto, y los productos entregables requeridos por el cliente, consecuentemente se formulan los perfiles de los profesionales contratados, y sus actividades:

Tabla 6 Responsabilidades derivadas de la función de cada miembro del equipo

ROL	NOMBRE	PROFESIÓN	RESPONSABILIDADES
BIM Manager	Mario Gallegos	Ingeniero Civil	Responsable de velar por todo el equipo y gestionar por el correcto funcionamiento y gestión de datos, facilitando el trabajo colaborativo, dando como resultado una satisfactoria implantación de la metodología BIM en el proyecto.
Coordinador BIM	Isabel Arcentales	Ingeniera Civil	Realizar el modelado en correcta forma siguiendo las pautas dadas en el BEP, además aplica el control de calidad y de los estándares normativos referentes al BIM y las reglas arquitectónicas e ingenierías.
Lider Arquitectura	Mishel Ayala	Arquitecta	Proporciona información fundamental para todas las disciplinas involucradas utilizando herramientas de software BIM.
Lider Estructural	Sebastián Mosquera	Arquitecto	Exportación del modelo 2D. Creación de visualizaciones 3D. Debe seguir en su trabajo los protocolos
Lider MEP	Debbie Ayala	Ingeniera Civil	Coordina con las partes externas tales como arquitectos, ingenieros, asesores, contratistas y proveedores. Conocimientos de las TIC y específicamente de estándares abiertos y bibliotecas de objetos.

3.4.5. Estándares y normativa

Se establece la normativa base para la aplicación de la metodología BIM, así como estándares que aseguren la uniformidad de la información y comunicación entre los involucrados:

Tabla 7 Estándares y normativa base para la ejecución del proyecto en análisis.

FUNCIÓN	ESTANDAR	DESCRIPCIÓN
Gestión de la información	ISO 19650 Series	Producción colaborativa de información de arquitectura,

Medios de estructuración y clasificación de la información	Uniformat	ingeniería y construcción, incluido el modelado de información deconstrucción (BIM). Clasificación utilizada para categorizar el alcance del trabajo y los entregables del modelo.
Estándar LOIN	LOIN BIM Forum 2022	Las especificaciones de nivel de desarrollo (LOD) están diseñadas para permitir que los profesionales de la industria de AECO evalúen y articulen claramente el contenido y la confiabilidad del modelo de información de construcción (BIM) en varias etapas del proceso de desarrollo, diseño y construcción. Esto incluye información geométrica, alfanumérica y de documentos.

3.4.6. Procesos de trabajo y flujos de información

A continuación, se describen brevemente los procesos de trabajo y su frecuencia a fin de garantizar los productos requeridos por el cliente, dentro de los plazos establecidos, así como con la calidad pertinente.

Es importante notar que los flujos de trabajo para cada uno de los involucrados serán descritos en los capítulos siguientes.

Tabla 8 Procesos de trabajo y flujos de información para el equipo de trabajo

CHECK	DEFINICIÓN	RESPONSABLE	SOFTWARE	FRECUENCIA
Visualización	Observación visual del modelo bajo estándares definidos.	Modelador BIM	REVIT	Cada día
Auditoría	Revisión del modelo en conjunto bajo estándares definidos.	Coordinador BIM	REVIT	Cada día
Interferencias	Reconocimiento y aviso pronto de las interferencias en el modelo.	Coordinador BIM	NAVISWORK	Cada semana

Estándares	Comprobación de protocolos en manual de estilos, BEP	de	Coordinador BIM / BIM Manager	REVIT	Cada semana
Información	Confirmar la información gráfica de los elementos	la	Coordinador BIM / BIM Manager	REVIT	Cada semana

3.5. PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE INCUMPLIMIENTO DE RESPONSABILIDADES POR UN MIEMBRO DEL EQUIPO OFICINA GAMAA

Oficina GAMAA cuenta con un plan de contingencia para gestionar situaciones en las que un miembro del equipo no cumpla con sus responsabilidades. Este plan incluye:

- Identificación de suplentes o reemplazos.
- Reasignación de tareas.
- Revisión y ajuste de plazos.
- Comunicación transparente con el cliente.

3.6. PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE QUE EL ENTORNO CDE DEJA DE FUNCIONAR

En caso de que el CDE (Common Data Environment) deje de funcionar, Oficina GAMAA implementa las siguientes medidas:

- Uso de plataformas alternativas de colaboración.
- Restauración de datos desde copias de seguridad.
- Comunicación inmediata a los stakeholders.
- Revisión y mejora de los protocolos de seguridad.

La alternativa a tomar dependerá de la gravedad del daño, la urgencia del intercambio de información, tipo de archivos y tiempo de reacción para el efecto.

3.7. PLAN DE RESPALDO DE DATOS

Oficina GAMAA garantiza la integridad y disponibilidad de los datos mediante un plan de respaldo que incluye:

- Copias de seguridad diarias en servidores locales y en la nube.
- Verificación periódica de la integridad de los datos.
- Almacenamiento seguro y cifrado de la información.

3.8. PROCEDIMIENTOS DE COMUNICACIÓN QUE ESTÁN EN VIGOR PARA INFORMAR A LOS CLIENTES Y OTROS STAKEHOLDERS.

Oficina GAMAA mantiene procedimientos de comunicación claros y efectivos, que incluyen:

- Reuniones periódicas de seguimiento.
- Informes de progreso semanales o mensuales.
- Canales de comunicación preferenciales (correo electrónico, plataformas colaborativas, etc.).
- Protocolos de escalamiento en caso de problemas o retrasos.

Capítulo 4: Desarrollo de rol, Coordinador BIM

4.1. DESCRIPCIÓN DEL ROL

La implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling) en las dimensiones analizadas en el presente trabajo de titulación, requiere de un profesional especializado que garantice la coordinación interdisciplinaria, integración de datos, y el cumplimiento de los objetivos, alcance y productos del proyecto. En este contexto el Coordinador BIM surge como el involucrado fundamental para asegurar la eficiencia en el desarrollo de la urbanización “Aura Club”.

Este capítulo analiza el rol estratégico del Coordinador BIM en la aplicación de flujos de trabajo colaborativos, donde la interoperabilidad entre disciplinas, la optimización de recursos y el control de variables técnicas, como presupuestarias para el éxito del proyecto.

4.2.FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES

En el contexto del proyecto de la urbanización residencial “Aura Club”, el profesional con las funciones de Coordinador BIM asume un rol crítico en la comunicación con los involucrados, favoreciendo el trabajo colaborativo necesario para cumplir con los objetivos del trabajo planteado, así como asegurar la correcta implementación de la metodología BIM, bajo criterios de funcionalidad.

En el caso de estudio, la Coordinadora BIM trabaja en conjunto con los demás miembros del equipo de Oficina Gamaa, estableciendo reuniones periódicas para control de avances, revisiones, y socialización de la ruta a seguir para lograr el éxito del proyecto, todo esto de manera documentada, y también, como canal de comunicación y vínculo con el BIM Manager.

4.2.1. Flujo de información

En primera instancia, se mantuvieron reuniones con el BIM Manager, así como con el promotor del proyecto, a fin de establecer las características del mismo, dimensionar el alcance, objetivos y productos esperados, todo esto con el afán de plantear un cronograma de entrega de avances, así como formulación de flujogramas que aseguren el conocimiento de estas variables con el equipo, asegurando así el trabajo colaborativo.

Para el proyecto en análisis, se aplicó el flujo de comunicación planteado a continuación:

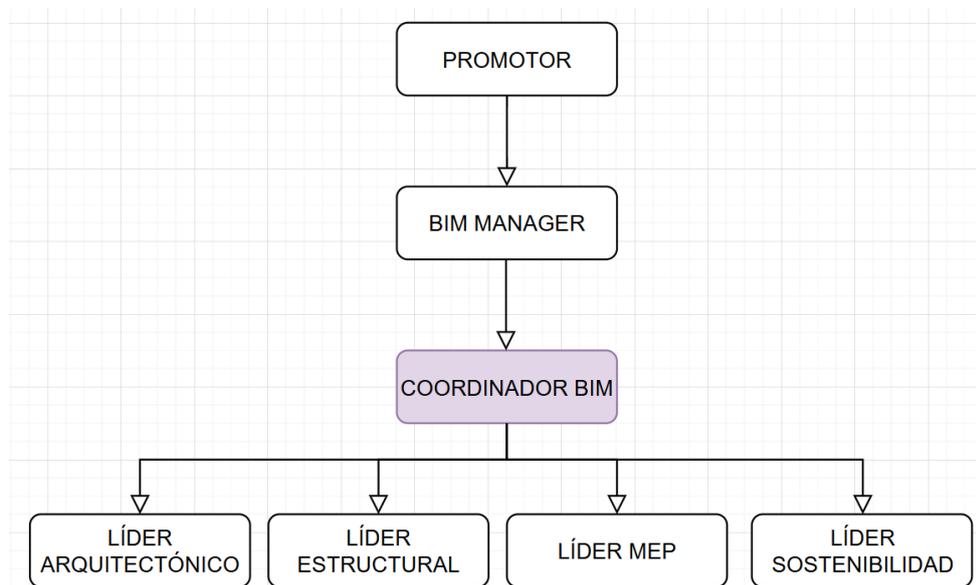


Figura 8 Flujo para socialización de la información, Ofina Gamaa. (Elaboración propia).

4.2.2. Flujo de trabajo

Con el objetivo de favorecer el trabajo colaborativo, evitar tiempos muertos, mala comunicación o retrabajos, es importante la formulación de flujogramas, los cuales son socializados con el equipo de trabajo.

El flujo mostrado en la figura 9 es el seguido a lo largo del desarrollo del proyecto en las fases de coordinación y análisis de los modelos tridimensionales BIM 01 y BIM 02 de todas las disciplinas intervinientes, se traduce en la identificación de conflictos, y

auditoria de los modelos hasta la obtención de los modelos federados, y de esta manera continuar con la determinación del presupuesto.

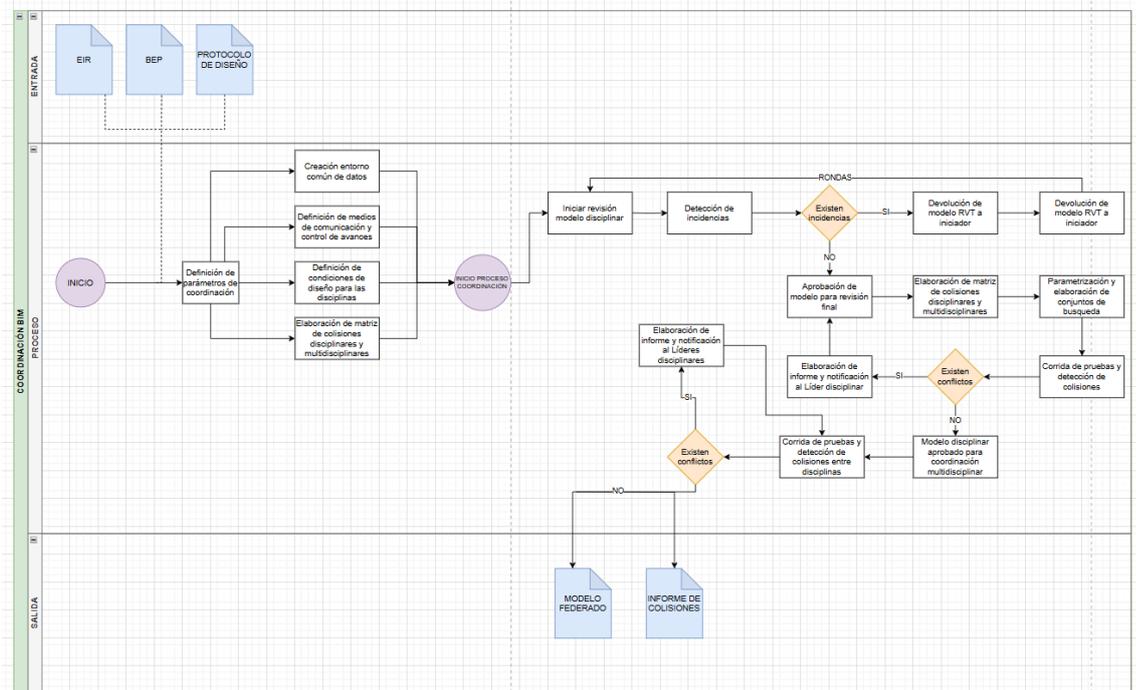


Figura 9 Vista general de flujograma de trabajo para coordinadora BIM. (Elaboración propia)

En una fase preliminar a la coordinación como tal, es la definición de los parámetros de coordinación, como se mencionó en el párrafo anterior, estos son detallados a partir de reuniones de trabajo, así como documentos como el EIR, BEP y Protocolo de diseño facilitado por el BIM Manager, o su emisión en conjunto. A consecuencia de estos es posible crear el Entorno Común de Datos, establecer los medios de comunicación y control de avances, las condiciones de diseño por disciplina y la elaboración inicial de la matriz de colisiones disciplinares, y multidisciplinares.

Una vez informado de estas variables con el resto de involucrados, se da inicio al flujo de coordinación respecto al modelamiento. El siguiente es un proceso reiterativo (bucle) que consiste en la revisión del modelo disciplinar, la detección de incidencias, en caso de detectarlas, se comunica al iniciador del bucle, colocando comentarios de corrección o instrucciones, el terminar, el iniciador volverá a enviar el modelo para

revisión; el bucle termina cuando el Coordinador certifica que ya no hay incidencias, ni de diseño, como trabajo por completar, ni ninguna otra posible.

Una vez superado todas las incidencias identificadas, y de ser aprobada la revisión final del modelo disciplinar, se verifica la matriz de colisiones disciplinares, en especial los conjuntos de búsqueda posibles, para posteriormente parametrizar con ellos, las pruebas para detección de colisiones y conflictos. A continuación, se somete a prueba el modelo en análisis, chequeando la existencia de conflictos que, en caso de existir, la novedad es informada al líder disciplinar pertinente, a fin de busca la corrección inmediata y empezar el bucle nuevamente;

En caso no detectarse más colisiones, se procede con la prueba similar, pero multidisciplinar, se importan los conjuntos de búsqueda pertinentes, se determinan las pruebas planteadas en la matriz antes mencionada, y se ejecuta, en caso de detectarse conflictos, estos son comunicados igualmente, para corrección inmediata y volver a correr el bucle; este terminará cuando ya no se detecten conflictos que se deba corregir, consecuentemente se obtendrá, una vez finalizado el bucle, un modelo federado, interconectado entre disciplinas, y listo para ser construido en la realidad; además de un informe de estas colisiones.

4.3.ENTORNO COMÚN DE DATOS

El Entorno Común de Datos, o CDE por sus siglas en inglés, estuvo a cargo del BIM Manager en conjunto con la Coordinadora, mediante reuniones de trabajo se analizó el alcance, objetivos del proyecto, y su trazabilidad a fin de establecer los parámetros a considerar para las carpetas a incorporar en la plataforma Autodesk Construction Cloud, en adelante ACC, éstas se alinearían a lo requeridos en los estándares establecidos en la ISO 19650.

El mismo análisis se realizó para la asignación de permisos a cada uno de los profesionales del equipo, a fin facilitar el intercambio de información entre los involucrados; el principio básico es limitar la información de los líderes a su disciplina particular, esto para evitar retrabajo, mala información o comunicación errónea y confusiones.

4.3.1. Creación de carpetas

La norma ISO 19650, específicamente en las secciones ISO 19650-1 y ISO 19650-2, establece lineamientos para la gestión de la información y define como organizar el CDE para un flujo de trabajo eficiente.

La norma establece que la estructura básica del CDE está compuesta de cuatro áreas principales, cada una con un propósito específico en el ciclo de vida de la información, a saber:

WORK IN PROGRESS – WIP (Trabajo en progreso): Contiene información en desarrollo, lista para ser revisada, y por aprobar; solo el equipo de trabajo de esa disciplina puede modificarlos, el coordinador revisarlos y también modificarla de ser necesario. Dentro de esta carpeta se colocan archivos de extensión RVT, RTE, PDF, etc. además de los informes de auditoría de cada disciplina. Por otro lado, se colocada dentro de esta la subcarpeta CONSUMIDO, donde la Coordinadora o responsable colocará los modelos ya revisados de las disciplinas necesarios para el desarrollo del proyecto.

SHARED – SHARED FOR COORDINATION (Compartido): Contiene información revisada y lista para coordinación con otros miembros del equipo, estos no deben modificarse sin una coordinación en consenso; el acceso es controlado, dependiendo de los intereses del cliente. Se encuentran los modelos aprobados por el Coordinador de las diferentes disciplinas, son modelos auditados, libres de interferencia o colisión.

PUBLISHED DOCUMENTATION (Publicado): Contiene la información aprobada y formalmente emitida, misma que coincidirá con los entregables marcados por contrato. En ella se almacenarán los modelos federados emitidos de cada una de las disciplinas, los cuales deben cumplir con todos los parámetros y estándares que se estableció en el BEP.

ARCHIVED (Archivado): Contiene el histórico de archivos pertenecientes al proyecto, es decir, versiones anteriores relevantes para la trazabilidad.

A continuación se muestra la estructura del CDE usado para el proyecto de titulación en cuestión, importante notar que se siguió las recomendaciones de la norma ISO19650, sin embargo, se adicionaron subcarpetas en concordancia con los objetivos específicos y únicos del caso de estudio; por ejemplo, dado que se cuenta con información base proporcionada por el promotor, misma que consta de planos 2D, así como un presupuesto base, estos necesitan ser compartidos con el equipo de trabajo, por lo que estarán dentro de una subcarpeta en WIP para un correcto intercambio de la información, esta carpeta se llama DOC INICIAL, donde además de la información descrita anteriormente, también reposan las plantillas de estilo para el modelamiento a ser usadas.

Tabla 9 Entorno Común de Datos (CDE) aplicado para el proyecto urbanización residencial “Aura Club”. (Elaboración propia)

PROYECTO	NIVEL 0	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5
GAMAA						
	00-DOCUMENTACIÓN					
		EIR				
		BEP				
		NORMAS Y ESTANDARES				
		MINUTAS				
		PRESUPUESTO				
		TRABAJO DE TITULACIÓN				
	01-WIP					
		INFORMACION				
		ARQ				
			DOC INICIAL			
				RTE		
				DWG		
				PDF		
			ENTREGABLES			
				RVT		
					BIM 01	
					BIM 02	
				DWG		
					BIM 01	
					BIM 02	
				PDF		
					BIM 01	
					BIM 02	
				PRES		

		BIM 01
		BIM 02
	CONSUMIDO	
		BIM 01
		BIM 02
	COORDINACION	
		AUDITORIAS
		BIM 01
		BIM 02
EST		
	DOC INICIAL	
		RTE
		DWG
		PDF
	ENTREGABLES	
		RVT
		BIM 01
		BIM 02
		DWG
		BIM 01
		BIM 02
		PDF
		BIM 01
		BIM 02
		PRES
		BIM 01
		BIM 02
	CONSUMIDO	

		BIM 01	
		BIM 02	
	COORDINACION		
		AUDITORIAS	
			BIM 01
			BIM 02
MEP			
	ELECTRICO		
		DOC INICIAL	
			RTE
			DWG
			PDF
		ENTREGABLES	
			RVT
			BIM 01
			BIM 02
			PRES
			BIM 01
			BIM 02
			DWG
			BIM 01
			BIM 02
			PDF
			BIM 01
			BIM 02
		CONSUMIDO	
			BIM 01
			BIM 02

	COORDINACION	
	AUDITORIAS	
		BIM 01
		BIM 02
	HIDROSANITARIO	
	DOC INICIAL	
	RTE	
	DWG	
	PDF	
	ENTREGABLES	
	RVT	
		BIM 01
		BIM 02
	PRES	
		BIM 01
		BIM 02
	DWG	
		BIM 01
		BIM 02
	PDF	
		BIM 01
		BIM 02
	CONSUMIDO	
		BIM 01
		BIM 02
	COORDINACION	
	AUDITORIAS	
		BIM 01

			BIM 02
		COORDINACION	
		AUDITORIAS	
		ARQ-EST	
			BIM 01
			BIM 02
		ARQ-MEP-HS	
			BIM 01
			BIM 02
		ARQ-MEP-ELEC	
			BIM 01
			BIM 02
		EST-MEP-HS	
			BIM 01
			BIM 02
		PRESUPUESTO	
			BIM 01
			BIM 02
02-COMPARTIDO			
	ARQ		
	EST		
	MEP		
	COORDINACIÓN		
03-PUBLICADO			
04-ARCHIVADOS			

4.3.2. Asignación de permisos

La asignación de permisos está a cargo de la Coordinadora BIM, en atención a lo acordado con el BIM Manager, toda vez que los permisos deben lograr el intercambio de información efectiva con los líderes de cada disciplina, y flujos de trabajo eficientes para el desarrollo del proyecto según las estrategias acordadas.

En el caso de estudio cada líder puede acceder solamente a las carpetas de su disciplina, entendiendo que, para asegurar la coordinación multidisciplinar, en la carpeta COMPARTIDO reposarán los modelos de las diferentes disciplinas una vez revisados por la Coordinadora, siendo estos la base para evitar los conflictos o gestionar los modelos como sea pertinente.

4.3.3. Comunicación con los involucrados

Dentro de las herramientas facilitadas en el Autodesk Construcción Cloud, consta en la pestaña Docs, las revisiones, los informes de transmisión y las incidencias; todas estas herramientas fueron utilizadas a lo largo del proceso de coordinación, acorde al flujo de trabajo citado en la figura 9. A continuación se describe brevemente la diferencia entre ellas.

REVISIONES: Tienen un flujo interno de trabajo con dos actores, el iniciador, y el aprobador, es un proceso en bucle, llamado rondas, en el que el iniciador (líder de disciplina) remite el modelo RVT y coloca un comentario a fin de que el aprobador lo revise, este último (Coordinadora) revisa la totalidad del modelo en el visor en línea de esta plataforma, y va señalando, de ser el caso, **INCIDENCIAS**, que son novedades respecto al modelo, éstas pueden tener diferentes tipos, por ejemplo: trabajo por terminar, revisar, diseño, etc.

El aprobador, dependiendo de la naturaleza de las incidencias encontradas, reporta las mismas al iniciador, revolviendo el modelo con el indicador “Aprobado con

comentarios”, “Aprobado” o “Rechazado”; si es que es aprobado con comentarios o rechazado, el iniciador debe corregir lo indicado y volver a iniciar el bucle (ronda), el proceso termina cuando el aprobador coloca el indicador de “Aprobado”, lo que quiere decir que ya no existen incidencias, por lo que el modelo puede pasar a las carpetas de CONSUMIDO de las otras disciplinas a fin de que estos puedan visualizarlas y darles el uso que sea pertinente.

INCIDENCIA: Como se menciona en la sección anterior, existen varios tipos, y son usadas para alertar de novedades que deben ser revisadas y corregidas por los líderes de la disciplina en análisis.

INFORMES DE TRANSMISIÓN: Estos son comunicados con los miembros del equipo que se considere oportuno a fin de comunicar la actualización de archivos dentro del CDE, o alguna información que sea relevante para el equipo, es un canal de comunicación no instantáneo, pero si formal a cerca de *updates* en los datos.

Finalmente, otra alternativa de comunicación emergente fue utilizada en la pestaña *Model Coordination*, en ella, la opción CORRESPONDENCIA fue utilizada a modo de actas de reunión y comunicación formal con el promotor del proyecto, así como internamente con los miembros del equipo, estas juegan una suerte de minutas.

4.4.PARÁMETROS DE COORDINACIÓN

Una vez familiarizado con los involucrados, los documentos EIR y BEP, forman parte de los parámetros establecidos para asegurar el cumplimiento de los objetivos del proyecto, adicional a estos, se socializa el protocolo de diseño.

4.4.1. Protocolo de modelado

Es un documento clave para el establecimiento de reglas, estándares y procedimientos para el desarrollo colectivo de los modelos, planos y todo documento

afín al proyecto en análisis. Si objetivo principal es la consistencia, calidad y coordinación entre los distintos actores involucrados, durante todas las fases del proyecto.

La información descrita fue plasmada en los documentos EIR y BEP, como el tipo de software a utilizar, parámetros de coordinación, flujos de trabajo, etc. sin embargo, también es importante acotar lineamientos específicos dentro de los documentos técnicos como modelos y planos, para lo cual existe el manual de estilos.

4.4.2. Manual de estilos

El manual de estilos es un documento complementario que establece las pautas específicas para la representación gráfica y gestión visual de los modelos y planos digitales. Su objetivo principal es lograr la consistencia, claridad y uniformidad en la presentación de modelos y planos de las diferentes disciplinas, siguiendo parámetros iguales, nomenclaturas equivalentes, facilitando la interpretación y colaboración entre los distintos involucrados del proyecto.

Para el caso de estudio, este está contenido en el **Anexo 3_Manual de estilo**, el mismo fue socializado con los líderes disciplinares al inicio del proyecto, en el se detalla los niveles de desarrollo por disciplina, el estilo de texto a utilizar, dimensiones, etiquetas, abreviaturas y símbolos a ser considerados.

1.4.3. Nomenclatura

La nomenclatura se utilizará para documentos, objetos y planos y estarán definidos de la siguiente manera:

Disciplina Estructural		
Objeto	Nomenclatura de elementos BIM con Revit	Ejemplo
Nomenclatura para archivos	Proyecto-Creador-Volumen/Sistema-Nivel/Localización-Tipo-Disciplina	AURA-ASMV-B01-ZZZ-M3D-EST
Nomenclatura para objetos	Marca de tipo / Número/ Ancho/ Altura/ Material	COL-2-45-30-HOR
Nomenclatura para planos	Proyecto_Code_ISO-Creador-Volumen/Sistema-Nivel-Disciplina- Número de plano	AURA202401-ASMV-B01-EST-A101

Figura 10 Extracto de Manual de estilos; nomenclatura. Fuente: Autor

1.5.4. Abreviaturas

Objeto	Abreviatura
Andrés Sebastián Mosquera Velásquez	ASMV
BIM 01	B01
BIM 02 + 6D	B02
Proyecto: "Aura Club"	AURA
Modelo tridimensional	M3D
Arquitectura	ARQ
Estructuras	EST
Mecánica, Eléctrica y Plomería	MEP
Muro	M
Plinto	PI
Zapata	Z
Columna	COL
Losa	L
Cadena	Cd
Viga	VI
Vigueta	VG
Estribo	E
Varilla	VV
Diámetro	∅
Hormigón	HOR

Figura 11 Extracto de Manual de estilos; abreviaturas. Fuente: Autor

4.4.3. Plantilla de diseño por disciplina

Las plantillas de diseño son documentos con extensión compatible con aquella a utilizar para diseñar, siendo una por cada disciplina, dentro de ella se organizó el navegador a fin de establecer las vistas, tablas y planos requeridos como productos entregables.

Estos archivos fueron compartidos en la carpeta “DOC INICIAL”, dentro de cada disciplina, esta fue coordinada de por el BIM Manager, y socializada con los líderes de cada disciplina.

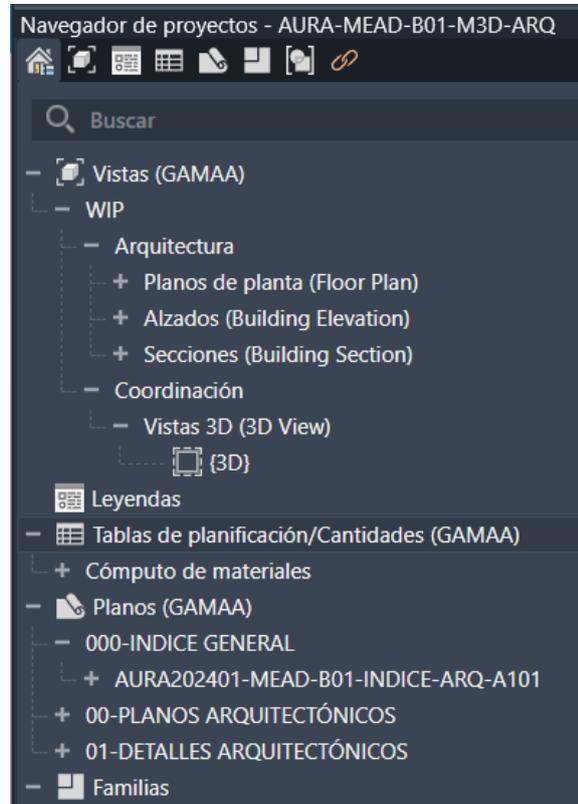


Figura 12 Navegador de plantilla Arquitectónica. AURA-MEAD-B01-M3D-ARQ. Fuente: Autor

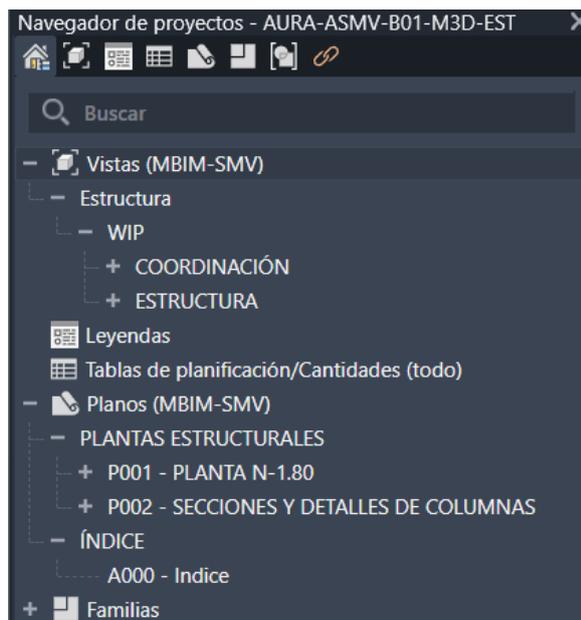


Figura 13 Navegador de plantilla Estructural. AURA-ASMV-B01-M3D-EST. Fuente: Autor

4.5.DETECCIÓN DE INTERFERENCIAS Y CONFLICTOS

La detección de interferencias en el proyecto en análisis se realizó considerando los elementos de cada uno de los modelos en las distintas disciplinas, estos serán agrupados en conjuntos de búsqueda, a fin de discriminarlos por sus características de tipo, posteriormente se estructura la matriz de interferencias, mediante la cual se medirá por niveles los conflictos que deben a fuerza ser solucionados, y aquellos que, de manera sustentada para el coordinador, no ameritan mayor intervención de los líderes disciplinares.

A continuación, se resume el procedimiento para la coordinación disciplinar y multidisciplinar en modelos pertinentes del proyecto en análisis.

4.5.1. Formulación de conjuntos

Para la generación de conjuntos y para todas las coordinaciones disciplinares, así como multidisciplinarias, se trabajó con REVIT, y NAVISWORK; en este caso en particular, NAVISWORK fue la herramienta utilizada por la Coordinación, estos fueron creados a razón de los elementos presentes en cada uno de los modelos, así como en una matriz de interferencia base con la que contaba la Oficina Gamaa.

En la figura 14 se muestra los grupos y conjuntos de búsqueda formados, los grupos pertenecen a las disciplinas analizadas, mientras que los conjuntos a las características de tipo por elementos asociados a cada uno de los modelos por disciplina.

Un método de comprobación a fin de no excluir ninguno en las pruebas, fue formar los conjuntos e ir ocultando los mismos, de esta manera, al finalizar la agrupación disciplinar, no debía que quedar a la vista ningún elemento.

Finalmente, con los conjuntos formados, se procede a la estructuración final de la matriz de interferencias.

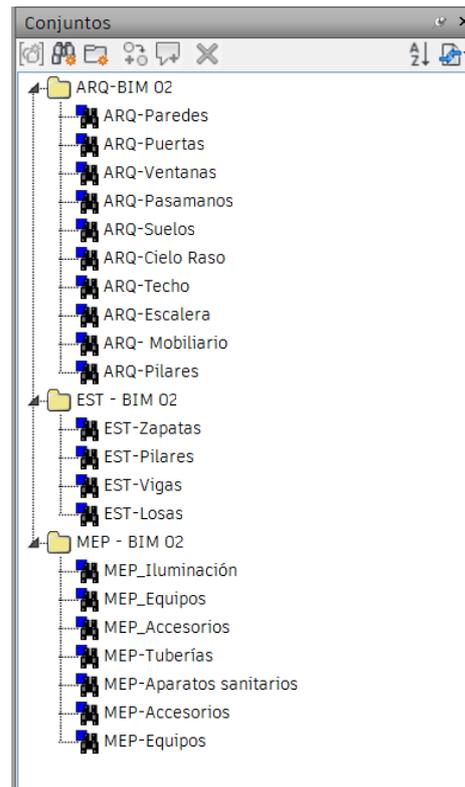


Figura 14 Conjuntos de búsqueda del modelo arquitectónico B02. Fuente: Autor

4.5.2. Matriz de interferencia

La matriz de interferencia o matriz de Clash detection es una herramienta sistemática cuya utilidad es brindar claridad al Coordinador BIM acerca de las pruebas que realizará, relacionando conjuntos de búsqueda definidos con anterioridad; esta permite organizar los conflictos según su tipo, gravedad y disciplina involucrada,

Para el proyecto de la urbanización residencial “Aura Club”, se desarrollaron dos matrices de interferencia, una por cada modelo federado necesario como producto esperado del proyecto de titulación, es decir una matriz para el modelo BIM 01, y otra para el BIM 02, la diferencia sustancial es los conjuntos de búsqueda considerados, pues en el primero se considera el cerramiento, más no cielo falso pues no está considerado en el diseño original.

A continuación, se muestran las dos matrices, en las que se detalla el nivel de prioridad de cada una de las pruebas con el siguiente criterio:

Tabla 10 Prioridad de pruebas a ser notificadas a los líderes disciplinares. (Elaboración propia)

PRIORIDAD	DEFINICIÓN DE PRIORIDAD
1	Máxima Prioridad: Corresponde a colisiones críticas que requieren resolución inmediata, dado que comprometen la viabilidad técnica y la continuidad del desarrollo del proyecto. Estas interferencias deben atenderse con carácter de urgencia durante la fase actual de diseño, previo a cualquier avance en los procesos subsiguientes.
2	Los conflictos de alta prioridad representan incidencias críticas identificadas durante el proceso de modelado, las cuales revisten fundamental importancia para el desarrollo tanto del diseño como de la ejecución constructiva. Estas discrepancias deben ser resueltas de manera obligatoria durante las etapas correspondientes al desarrollo del proyecto, preferentemente en las fases iniciales y medias del proceso de diseño.
3	Los conflictos de prioridad media constituyen incidencias reportadas que, si bien revisten importancia para la adecuación del modelo, suelen experimentar modificaciones recurrentes durante el proceso de diseño y construcción. Estos pueden categorizarse con un nivel de prioridad secundaria, no obstante, su corrección resulta imperativa antes de la entrega definitiva de los modelos al concluir la fase correspondiente. Cabe destacar que aquellos conflictos de prioridad media que requieran precisiones adicionales de diseño durante la etapa de desarrollo pormenorizado deberán ser reexaminados y reclasificados con un nivel de prioridad superior.

Considerar adicionalmente que, aquellas pruebas (colisiones) denominadas con la letra “D” se refieren a un chequeo de duplicados, mientras que aquellas con la letra “N” se descarta la colisión por la baja o nula probabilidad de falla.

		MATRIZ DE CHEQUEOS DE INTERFERENCIAS																					
		ARQUITECTÓNICO				ESTRUCTURAL				HIDROSANITARIO				ELÉCTRICO									
NIVEL DE GRAVEDAD	c	ARQ PARED	ARQ VENTANAS/PUERTAS	ARQ PISOS	ARQ TECHO	ARQ ESCALERAS	ARQ PASAMANOS	ARQ CERRAMIENTO	ARQ COLUMNAS	ARQ MOBILIARIO	EST FUNDACIONES	EST COLUMNAS	EST VIGAS	EST LOSA	MEP TUBERÍA AP	MEP TUBERÍA AS	MEP ACCESORIOS	MEP APARATOS SANITARIOS	MEP EQUIPOS	ELE ILUMINACIÓN	ELE ACC POTENCIA	ELE ACC ILUMINACIÓN	ELE EQUIPOS
		Tolerancia = 0,05 m										Tolerancia = 0,05m				Tolerancia = 0,05 m				Tolerancia = 0,05m			
ARQUITECTÓNICO		D	1	1	1	1	2	1	N	N	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	1	1	2
		D	1	3	3	3	2	N	N	N	1	1	2	3	3	3	1	1	3	3	3	3	3
		D	3	1	1	3	1	N	N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	2
		D	3	3	3	2	N	N	N	1	1	3	1	1	1	1	N	N	1	3	1	3	3
		D	1	N	N	N	N	N	2	2	2	2	2	N	N	N	N	N	2	3	2	3	3
		D	N	2	N	N	N	3	3	1	N	3	1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
		D	2	N	N	N	N	3	3	3	N	3	3	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
		D	N	N	N	N	N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
		D	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
ESTRUCTURAL											D	1	N	N	2	2	2	N	N	N	N	N	N
											D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
											D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
											D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
HIDROSANITARIO															D	1	1	1	1	N	N	N	N
															D	1	1	1	1	N	N	N	N
															D	1	1	1	1	N	N	N	N
															D	3	N	N	N	N	N	N	N
															D	N	N	N	N	N	N	N	N
ELÉCTRICO																				D	2	1	1
																				D	2	2	2
																				D	2	2	2
																				D	2	2	2

Figura 15 Matriz de interferencias modelo B01. Fuente: Autor

MATRIZ DE CHEQUEOS DE INTERFERENCIAS		SISTEMAS																				
		ARQUITECTÓNICO						ESTRUCTURAL				HIDROSANITARIO				ELÉCTRICO						
		NIVEL DE GRAVEDAD						NIVEL DE GRAVEDAD				NIVEL DE GRAVEDAD				NIVEL DE GRAVEDAD						
		Tolerancia = 0.05 m						Tolerancia = 0.05 m				Tolerancia = 0.05 m				Tolerancia = 0.05 m						
NIVEL DE GRAVEDAD																						
ARQUITECTÓNICO	ARO PARED	D	1	1	1	1	1	N	N	1	1	1	1	1	1	2	2	2	N	1	1	2
	ARO VENTANAS/PUERTAS		D	1	N	N	N	2	N	N	1	1	2	N	N	N	1	1	N	1	1	1
	ARO PISOS			D	N	N	1	1	N	N	1	1	1	1	1	1	1	1	N	N	N	1
	ARO TECHO				D	N	N	2	N	N	1	1	3	1	1	1	3	3	1	N	N	1
	ARO CIELO FALSO					D	N	N	2	N	N	1	3	1	1	1	3	3	1	N	N	N
	ARO ESCALERAS						D	1	3	N	N	2	2	2	N	N	N	N	N	N	N	N
	ARO PASAMANOS								D	2	N	N	N	1	N	N	N	N	N	N	N	N
	ARO COLUMNAS									D	N	N	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
ARO MOBILIARIO										D	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
ESTRUCTURAL	EST FUNDACIONES								D	1	N	N	2	2	2	N	N	N	N	N	N	N
	EST COLUMNAS									D	1	1	1	1	1	1	1	1	N	N	N	N
	EST VIGAS										D	1	1	1	1	1	1	1	N	N	N	N
	EST LOSA											D	1	1	1	1	1	1	N	N	N	N
HIDROSANITARIO	MEP TUBERÍA AP													D	1	1	1	1	N	N	N	N
	MEP TUBERÍA AS														D	1	1	1	N	N	N	N
	MEP ACCESORIOS															D	1	1	N	N	N	N
	MEP APARATOS SANITARIOS																D	3	N	N	N	N
	MEP EQUIPOS																	D	N	N	N	N
ELÉCTRICO	ELE ILUMINACIÓN																		D	N	1	1
	ELE ACC POTENCIA																			D	N	2
	ELE ACC ILUMINACIÓN																				D	N
	ELE EQUIPOS																					D

Figura 16 Matriz de interferencias modelo B02. Fuente: Autor

Esta será, la base para volver al software NAVISWORK para plantear las pruebas a ejecutar.

4.5.3. Formulación de pruebas

La formulación de las pruebas se desarrolló a través de las matrices destalladas en el numeral anterior, estas se ejecutaron en documentos “.nwd” de NAVISWORK, en el cual se cargaron archivos “.nwc” y se compararon dos disciplinas a la vez. Es menester notar que el nivel de prioridad de cada prueba, pues esta se traduce en notificaciones a los líderes disciplinares, o no. De igual manera, la tolerancia establecida en la matriz por disciplina fue transmitida a la configuración de las pruebas, pues esta puede ser un factor discriminante para la detección de más o menos colisiones.

4.5.4. Hitos de coordinación

Para el proyecto urbanización residencial “Aura Club” se desarrollaron hitos de coordinación por separado en razón de los dos modelos federados que se busca tener, de la mano del BIM Manager se establecieron actividades a ser cumplidas a fuera a fin de asegurar la calidad de los entregables, así como los productos esperados por el cliente.

Es importante notar que se trato los hitos comparando dos disciplinas a la vez, tal como lo sugiera la matriz de interferencias para BIM 01 y BIM 02 que fueron expuestas con anterioridad; posteriormente y cuando estos hitos hayan sido superados por el equipo, se unió los modelos finales, corregidos y limpios, a un archivo NWD, donde constarán los grupos y conjuntos de búsqueda de todas las disciplinas involucradas.

Tabla 11 Hitos de coordinación por disciplina, y por modelo desarrollado.

HITOS DE COORDINACIÓN				
HITO de Coordinación	Colocación/Coordinación/Detección	Tiempo/fecha	%AVANCE	OBSERVACIONES
Hito 1	Detección de interferencias BIM 01 ARQ EST	20/2/2025	10%	Problema con modelo reportado a la tutora
Hito 2	Detección de interferencias BIM 01 ARQ EST	22/3/2025	100%	Conflictos resueltos al 100%
Hito 3	Detección de interferencias BIM 01 ARQ MEP HS	20/2/2025	85%	Chequeo de alcance en el proyecto, involucramientos de modelos.
Hito 4	Detección de interferencias BIM 01 ARQ MEP HS	22/3/2025	100%	Conflictos resueltos al 100%
Hito 5	Detección de interferencias BIM 01 ARQ MEP ELEC	22/3/2025	100%	Conflictos resueltos al 100%
Hito 6	Detección de interferencias BIM 01 EST MEP HS	22/3/2025	100%	Conflictos resueltos al 100%
Hito 7	Unión de modelos y grupos de búsqueda, modelo federado BIM 01	22/3/2025	100%	Archivo NWD
Hito 8	Detección de interferencias BIM 02 ARQ EST	6/2/2025	60%	Problema con modelo reportado a la tutora
Hito 9	Detección de interferencias BIM 02 ARQ EST	20/2/2025	85%	Conflictos por forma de losa, espacio de escaleras y continuidad de paredes
Hito 10	Detección de interferencias BIM 02 ARQ EST	22/3/2025	100%	Conflictos resueltos al 100%, de aquellos marcados como necesarios
Hito 11	Detección de interferencias BIM 02 ARQ MEP HS	20/2/2025	85%	Conflictos con equipos y accesorios, problemas de niveles
Hito 12	Detección de interferencias BIM 02 ARQ MEP HS	22/3/2025	100%	Conflictos resueltos al 100%, de aquellos marcados como necesarios
Hito 13	Detección de interferencias BIM 02 ARQ MEP ELEC	22/3/2025	100%	Conflictos resueltos al 100%, de aquellos marcados como necesarios
Hito 13	Detección de interferencias BIM 02 EST MEP HS	22/3/2025	100%	Conflictos resueltos al 100%, de aquellos marcados como necesarios
Hito 14	Unión de modelos y grupos de búsqueda, modelo federado BIM 02	22/3/2025	100%	Archivo NWD

Las fechas fueron ajustadas a los tiempos de entrega de acuerdo al cronograma inicial planteado al cliente, las revisiones intermedias fueron marcadas por el BIM Manager a fin de marcar un avance sostenido del proyecto entendiendo el orden de ejecución, es decir, el análisis de BIM 01 (B01), al ser una representación a base de diseños 2D ya formados, iba a tomar menos tiempo, y su implantación y representación era herramienta fundamental para los estudios pertinentes de sostenibilidad, y lograr la alternativa de diseño solicitada por el cliente; es así que el análisis total de BIM 02 (B02) se completó al final, obteniendo así los modelos federados.

Otro aspecto a tomar en cuenta es que, si bien el modelo arquitectónico es primero, y base para el resto de disciplinas, este no se alegró mucho de las demás

disciplinas, pues se buscó realizar un trabajo colaborativo entre los líderes a fin de ir subsanando colisiones o trabajo por concluir de manera casi conjunta, esta estrategia fue aplicada en ambos conjuntos de modelos, y fue de gran ayuda a fin de entender el modelo, y lo que el cliente solicitaba lograr, además de una temprana detección de problemas, en particular en el BIM 01, cuyo modelo base en 2D representó más colisiones que el desarrollado totalmente con metodología BIM.

4.6.AUDITORIA DE MODELOS POR DISCIPLINA

El modelo auditado se traduce en un modelo libre de cualquier duplicidad de los elementos del modelo, mismas que podrían traducirse en un aumento injustificado e incorrecto de las cantidades de obra a obtener a posterior.

Para el proyecto en análisis se utilizó el plugin de REVIT, denominado “Model Checker”, el cual permite a los usuarios ejecutar pruebas de manera automática.

4.6.1. Modelo Arquitectónico

Se entregaron dos modelos arquitectónicos con características específicas, como se mencionó en capítulos anteriores, el modelo BIM 01 (B01), es la representación tridimensional del diseño planteado con la metodología tradicional; mientras que el BIM 02 (B02), es el modelo modificado a razón de la implementación de estrategias pasivas en el diseño arquitectónico de la vivienda tipo, esto luego de un análisis de sostenibilidad que considera no solo la ubicación del proyecto, sino la orientación, condiciones climáticas, y demás factores relevantes.

4.6.1.1. BIM 01

Mediante las herramientas de interoperabilidad del software REVIT, se configuró el “*Model Checker*” de acuerdo “*Revit 2024 Best Practices*”, esto con el fin de estandarizar el proceso de revisión. El parámetro de modelo aprobado es que este cumpla al menos el 85% del informe de verificación.

Autodesk Model Checker para Revit



Título Revit Model Best Practices for Revit 2024

Fecha martes, 16 de julio de 2024

Autor Autodesk

Descripción Series of checks to review modeling best practices and integrity

AURA-MEAD-B01-M3D-ARQ

100%

Resumen de chequeos 106 chequeos, 6 (100%) Pass, 0 FAIL, cuenta/lista 38, 62 no ejecutado

Fecha del informe miércoles, 2 de abril de 2025 - 4:56:13

Revit FilePath C:\Users\Dina Davis\Desktop\CONTENIDO DE MAESTRIA GERENCIA DE PROYECTOS BIM\SEGUNDO PARCIAL\TESIS\MODELADO\MDELADO BIM 1\AURA-MEAD-B01-M3D-ARQ.rvt

Archivo Checkset <https://interoperability.autodesk.com/modelchecker/hostedchecks/bestpractices-2024.xml>

Revit Model Best Practices 106 chequeos, 6 (100%) Pass, 0 FAIL, cuenta/lista 38, 62 no ejecutado

Model Performance 8 chequeos, cuenta/lista 4, 4 no ejecutado

Checks in this section help monitor the result of actions taken over the course of a model's development, which can directly impact the model's performance. Proper management of these items can improve model performance.

Figura 17 Informe de verificación de modelo arquitectónico B01. Fuente: Autor

Dentro del proyecto de la urbanización residencial “Aura Club” se consideraron ítems relevantes para evitar posteriores colisiones, como *Model Performance*, *Project Settings*, *External files*, *Datum and Location Elements*, *Views*, *Model Elements* y *Annotative Elements*.



Título Revit Model Best Practices for Revit 2024

Fecha martes, 16 de julio de 2024

Autor Autodesk

Descripción Series of checks to review modeling best practices and integrity

Revit Model Best Practices

- Model Performance
- Project Settings
- External Files
- Datum and Location Elements
- Views
- Model Elements
- Annotative Elements

Figura 18 Parámetros de evaluación en “Model Checker” de REVIT. Fuente: Autor

4.6.1.2. BIM 02

En las mismas condiciones del numeral anterior, se evaluó el modelo arquitectónico del BIM 02, obteniendo los siguientes resultados:



Figura 19 Informe de verificación de modelo arquitectónico B02.. Fuente: Autor

Los parámetros de evaluación son los mismos que los mostrados en la Figura 18. El haber cumplido con el 100% de la verificación del modelo BIM 02 (B02) fue aprobado y pasa a coordinación multidisciplinaria.

4.6.2. Modelo Estructural

Igualmente, se entregaron dos modelos estructurales a razón del BIM 01 (B01) de acuerdo a los planos 2D de esta disciplina; y un modelo estructural BIM 02 (B02), cuyos cambios sustanciales son aquellos requeridos a consecuencia de los cambios de diseño en el modelo arquitectónico que incluyen estrategias de sostenibilidad, estos, a decir verdad, se traducen en una optimización de espacios, y losas necesarias para ejecutar el diseño arquitectónico planteado.

Para esta disciplina, se ha considerado los mismos parámetros de evaluación, que son aquellos a razón de las buenas prácticas de Revit 2024, y que son mostradas en la Figura 18.

A continuación, se muestran los resultados.

4.6.2.1. BIM 01



Figura 20 Informe de verificación de modelo estructural B01. Fuente: Autor

Para el modelo estructural BIM 01 (B01) al correr el modelo se detecta un 85% de cumplimiento en la verificación; se detectaron 2 fallas y 38 pruebas no ejecutadas, sin embargo, se comprobó que éstas no comprometían al proyecto y se podía dar por aprobado el modelo planteado para la siguiente fase.

4.6.3.1. BIM 02

Respecto al BIM 02 (B02) se realizó la misma corrida, encontrando un cumplimiento de revisiones de las buenas prácticas e integridad del 100%, consecuentemente se aprueba el modelo para coordinación multidisciplinar.

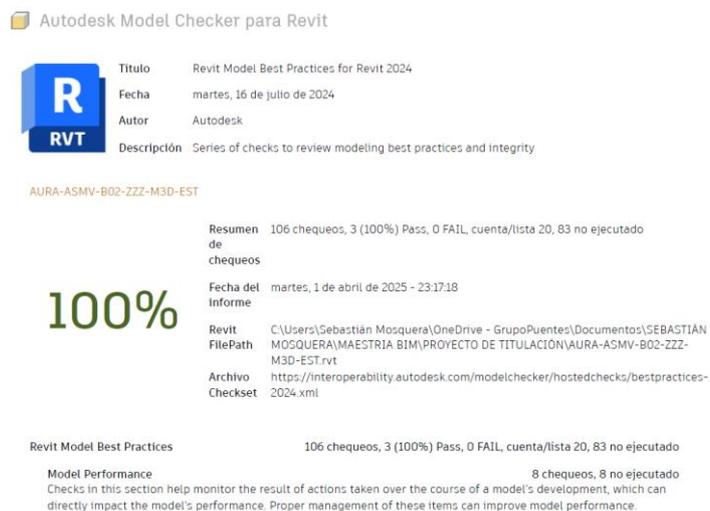


Figura 21 Informe de verificación de modelo estructural B02. Fuente: Autor

4.6.3. Modelo MEP

La misma corrida se realizó al sistema hidrosanitario, más no a los modelos eléctricos pues, no es considerado como necesario para la posterior coordinación y detección de colisiones; si bien está considerado los modelos de ambas subdisciplinas como producto para el proyecto, en los modelos eléctricos no se realizó esta revisión, pues se consideró innecesaria.

3.4.1.1. BIM 01

En relación al modelo BIM 01 (B01), se realizó el chequeo en las mismas condiciones y parámetros manifestados en las otras disciplinas obteniendo el resultado mostrado en la figura 22, con un cumplimiento del 100% respecto al chequeo de buenas prácticas REVIT 2024.



Figura 22 Informe de verificación de modelo MEP-HS B01. Fuente: Autor

Consecuentemente, se aprueba el modelo MEP Hidrosanitario para continuar con la coordinación multidisciplinaria.

3.4.1.2. BIM 02

El modelo BIM 02 (B02) de la subdisciplina hidrosanitaria, finalmente, se evaluó en los mismos términos expuestos, dando como resultado la validación del 100% en el informe de verificación de buenas prácticas, como se muestra en la figura 23.



Figura 23 Informe de verificación de modelo MEP-HS B01. Fuente: Autor

Consecuentemente, el modelo fue aprobado para la coordinación multidisciplinar, con un riesgo de colisiones multidisciplinarias menor.

4.7.COORDINACIÓN MULTIDISCIPLINAR

La coordinación multidisciplinar se refiere a la aplicación de las pruebas antes descritas entre conjuntos de diferentes disciplinas, permite la identificación de conflictos al combinar los modelos, por ejemplo, arquitectónica versus estructural, arquitectónico versus las disciplinas MEP, y estructural versus hidrosanitaria.

Como se menciona en párrafos anteriores, estas agrupan dos disciplinas a la vez, al tenor de lo marcado como prioritario en la matriz de interferencias, en la figura 24 se muestra el flujo de trabajo utilizado para esta parte del trabajo de coordinar modelos 3D, en este sentido los documentos base para iniciar son los informes de auditoría de las diferentes disciplinas a contraponer, los hitos de coordinación, y la matriz de interferencias que ya fueron objeto de análisis en los numerales pasados.

A este respecto, los líderes de cada disciplina facilitaron el archivo .NWC a partir del modelo .RVT que fue objeto de la corrida de chequeo (auditoria); estos serán colocado en un archivo .NWD, también formato de NAVISWORK, y comenzamos con el proceso, iterativo, de coordinación multidisciplinar.

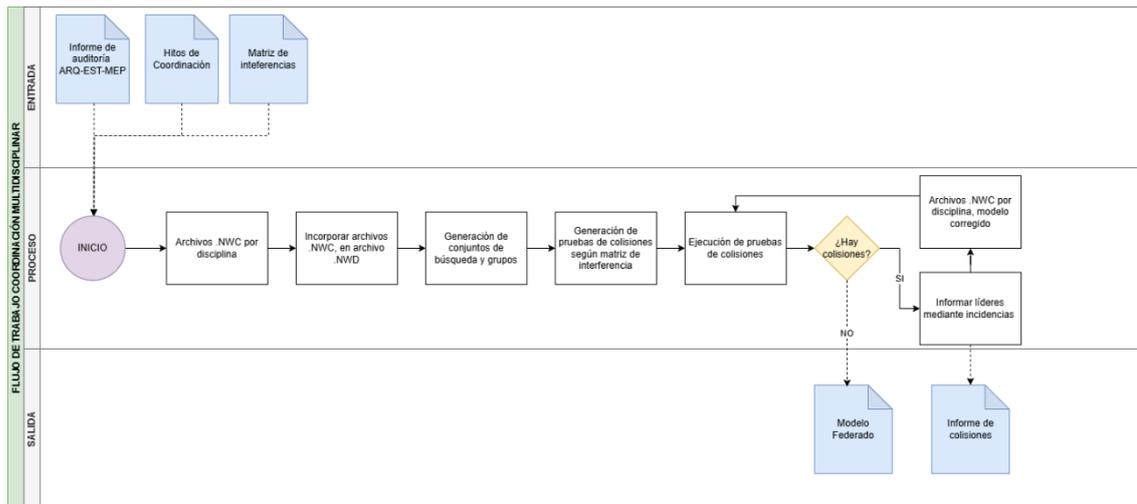


Figura 24. Flujo de trabajo para coordinación multidisciplinaria. (Elaboración propia)

Una vez en el ambiente de trabajo se procedió con la generación de conjuntos de búsqueda agrupados por disciplina, como se menciono anteriormente, estos serán considerados en el número y tipo mencionado en la matriz de interferencia, mientras los vamos parametrizando, un método sencillo de asegurar que no queda excluido ningún elemento, es ocultarlos con forme se van señalando, al final del proceso, la pantalla de visor del modelo debe quedar vacía.

Es importante mencionar que, el proceso de parametrización de grupos y conjuntos de búsqueda se realiza solo una vez; posteriormente, se desarrollan las pruebas pertinentes en búsqueda de interferencias o colisiones.

Ahora bien, en caso de detectar colisiones, y luego de la verificación de los hitos de coordinación, y el nivel de priorización de la prueba realizada, estos se verán reflejados como “Prueba terminada”, “Conflictos Nuevos”.

El Coordinador BIM revisa cada uno de los conflictos resultantes de la prueba, se asegura de entenderlos y que sean visibles dentro de los modelos a fin de transmitir luego las incidencias a ser corregidas por informe a los líderes disciplinares que corresponda; hecho esto la primera vez, para a carácter “Revisado”.

Como se observa en la figura 24, posterior a la revisión del Coordinador BIM, se genera un informe, que será transmitido a los líderes disciplinares para las correcciones del caso, el informe permite la visualización de cada uno de los conflictos con una captura de los elementos a corregir.

Una vez resueltos los conflictos notados, el bucle vuelve a empezar, es decir, el líder compartirá el archivo .NWC a la coordinación y volverá a correr las pruebas necesarias.

A partir de la segunda corrida del modelo, basta con la actualización del archivo .NWC contenido en el archivo .NWD, para lo cual, debe tener el mismo nombre de acuerdo al manual de estilos, y a la primera corrida ejecutada.

Igualmente, a razón del proceso antes descrito, aquellos conflictos identificados en la primera corrida, y que hayan sido resueltos, aparecerán como “Resuelto”, mientras que los demás, de persistir el conflicto, se procederá a considerar si es posible una corrección, para reiniciar el bucle, en cuyo caso se colocarán los conflictos con la etiqueta de “Activos”, mientras que sí, de acuerdo a la matriz de interferencias, o si se observa que estos no perjudican el producto, se los etiquetará como “Aprobados”, sin que sea necesaria una coordinación adicional.

4.7.1. Informes de interferencia multidisciplinar

En el presente numeral se mostrará la aplicación práctica del procedimiento descrito anteriormente; para el proyecto de la urbanización residencial “Aura Club”, se recalca que se analizaron los siguientes análisis:

Tabla 12 Análisis multidisciplinar. (Elaboración propia)

Nro.	DISCIPLINA 1	DISCIPLINA 2
1	Arquitectura	Estructural
2	Arquitectura	MEP-Hidrosanitario
3	Arquitectura	MEP-Eléctrico
4	Estructural	MEP-Hidrosanitario

Respecto al análisis 1, se obtuvieron los siguientes resultados finales en base a BIM 01 y BIM 02:

Nombre	Estado	Confli...	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto
ARQ Paredes vs EST Columnas	Terminado	1	0	0	0	0	1
ARQ Paredes vs EST Vigas	Terminado	1	0	0	0	0	1
ARQ Paredes vs EST Losa	Terminado	2	0	0	0	0	2
ARQ Ventanas/Puertas vs EST Columnas	Terminado	0	0	0	0	0	0

Figura 25 Informe de interferencia ARQ-EST-BIM 01. (Elaboración propia)

Nombre	Estado	Confli...	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto
ARQ Techo vs EST Columnas	Terminado	0	0	0	0	0	0
ARQ Techo vs EST Losa	Terminado	0	0	0	0	0	0
ARQ Techo vs EST Viga	Terminado	0	0	0	0	0	0
ARQ Ventanas/Puertas vs EST Columnas	Terminado	0	0	0	0	0	0

Figura 26 Informe de interferencia ARQ-EST-BIM 02. (Elaboración propia)

Es menester indicar algo importante, para cuando se realizó la corrida con el modelo BIM 02 arquitectónico, considerando el flujo de trabajo, se evidenció que las características de los elementos considerados previo a la última evaluación no eran los mismos, habían sido ajustados, en materiales, o características de tipo, por lo que los conjuntos de búsqueda parametrizados desde un inicio, no fueron del todo válidos; consecuentemente, al modificar los conjuntos existentes en el archivo .NWD, y tener a fuerza que actualizarlos, las pruebas quedaron sin conexión con aquellas mostradas previamente, como si se puede observar del análisis al BIM 01. En razón de que se trataba de una última revisión disciplinar y de corrección, y como se observa en la figura 26, no existen conflictos registrado, por lo que ni siquiera se genera un informe de corrección.

En cuanto al análisis para la disciplina estructural, es menester señalar que, a diferencia de lo descrito en el párrafo anterior, los conjuntos de búsqueda si se

mantuvieron, pues los tipos de elementos no fueron alterados, sin embargo, al ser contrapuesto con los la disciplina arquitectónica, las pruebas si se vieron afectadas, el resultado se muestra en las figuras 25 y 26.

Ahora bien, en cuanto a las disciplinas MEP, hidrosanitaria y eléctrica, los conjuntos de búsqueda del BIM 01 fueron modificados para contemplar todo lo incluido en el diseño BIM 02, al realizar la evaluación con la disciplina arquitectónica enfrentamos la misma situación de párrafos anteriores; no obstante, esto no afecta la coordinación disciplinar del modelo BIM 02, puesto que, al evaluarlos, no se registran conflictos, no se genera informe de interferencias, por lo que se da por aprobada la interacción.



Nombre	Estado	Confli...	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto
ARQ Fachada vs MEP Tuberías	Terminado	0	0	0	0	0	0
ARQ Fachada vs MEP Accesorios	Terminado	0	0	0	0	0	0
ARQ Fachada vs MEP Aparatos Sanitarios	Terminado	0	0	0	0	0	0
ARQ Fachada vs MEP Equipos	Terminado	0	0	0	0	0	0

Figura 27 Informe de interferencia ARQ-MEP-HS-BIM 01. (Elaboración propia)



Nombre	Estado	Confli...	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto
ARQ PAREDES vs MEP TUBERÍAS	Terminado	0	0	0	0	0	0
ARQ PAREDES vs MEP ACCESORIOS	Terminado	0	0	0	0	0	0
ARQ PAREDES vs MEP APARATOS SANITARIOS	Terminado	0	0	0	0	0	0
ARQ PAREDES vs MEP EQUIPOS	Terminado	0	0	0	0	0	0

Figura 28 Informe de interferencia ARQ-MEP-HS-BIM 02. (Elaboración propia)

En cuanto a la disciplina eléctrica esta fue evaluada únicamente con la disciplina arquitectónica, al ser relevante la ubicación de los elementos de iluminación y potencia, mismo que no deben registrar conflicto alguno con la mampostería, techos, ni puertas o ventanas; este procedimiento se llevó a cabo de acuerdo a la matriz de interferencias planteada al inicio del proyecto y para ambos grupos de modelos, BIM 01 y BIM 02.

Nombre	Estado	Confl...	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto
ARQ PISOS vs MEP ACCESORIOS	Terminado	0	0	0	0	0	0
ARQ PILARES vs MEP ILUMINACIÓN	Terminado	0	0	0	0	0	0
ARQ PILARES vs MEP EQUIPOS	Terminado	0	0	0	0	0	0
ARQ PILARES vs MEP ACCESORIOS	Terminado	0	0	0	0	0	0

Figura 29 Informe de interferencia ARQ-MEP-ELEC-BIM 01. (Elaboración propia)

Nombre	Estado	Confl...	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto
ARQ Pilares vs MEP Iluminación	Terminado	0	0	0	0	0	0
ARQ Pilares vs MEP Accesorios	Terminado	0	0	0	0	0	0
ARQ Pilares vs MEP Equipos	Terminado	0	0	0	0	0	0
ARQ Mobiliario vs MEP Accesorios	Terminado	0	0	0	0	0	0

Figura 30 Informe de interferencia ARQ-MEP-ELEC-BIM 02. (Elaboración propia)

Como se muestra en las figuras 29 y 30, no se registraron conflictos entre las disciplinas arquitectónica y eléctrica, por lo cual se aprueban los modelos para la generación del modelo federado.

La última coordinación de estas características se realizó entre las disciplinas estructural y MEP hidrosanitaria, a razón de los posibles conflictos entre los recorridos de las tuberías y los elementos estructurales como vigas y columnas, error frecuente en las edificaciones verticales en nuestro país.

Nombre	Estado	Confl...	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto
EST Columnas vs MEP Tuberías	Terminado	0	0	0	0	0	0
EST Columnas vs MEP Accesorios	Terminado	0	0	0	0	0	0
EST Columnas vs MEP Aparatos Sanitarios	Terminado	0	0	0	0	0	0
EST Columnas vs MEP Equipos	Terminado	0	0	0	0	0	0

Figura 31 Informe de interferencia EST-MEP-HS-BIM 01. (Elaboración propia)

Para el diseño BIM 01, como se muestra en la figura que precede, no se registraron conflicto, de la naturaleza descrita en el párrafo anterior; consecuentemente,

al ser la última evaluación entre disciplinas, el modelo BIM 01 queda aprobado, generando así el modelo federado AURA-MEAD-B01-M3D-FED.

En cuanto al BIM 02, de la misma manera, se corrieron las pruebas pertinentes entre las disciplinas estructural y MEP hidrosanitario, arrojando los resultados mostrados en la figura 32, en donde no se detectan interferencias, y por ende no se obtiene informe de conflicto; es así que se procede a generar el modelo federado AURA-MEAD-B02-M3D-FED.



Nombre	Estado	Confli..	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto
EST Columnas vs MEP Tuberías	Terminado	0	0	0	0	0	0
EST Columnas vs MEP Accesorios	Terminado	0	0	0	0	0	0
EST Columnas vs MEP Aparatos Sanitarios	Terminado	0	0	0	0	0	0
EST Columnas vs MEP Equipos	Terminado	0	0	0	0	0	0

Figura 32 Informe de interferencia EST-MEP-HS-B2M 01. (Elaboración propia)

De esta manera se concluye la coordinación de los modelos BIM 01 y BIM 02 del proyecto urbanización residencial “Aura Club”.

4.8.MODELO FEDERADO

4.8.1. Modelo federado BIM 01

Producto de las coordinaciones realizadas, se procede a unir los modelos aprobados en formato .NWC en un archivo .NWD en el que importamos los conjuntos de búsqueda disciplinar gestionados anteriormente.

El modelo federado BIM 01 es, como se menciona en capítulos anteriores, la representación tridimensional del diseño facilitado por el cliente, la diferencia principal es que, al hacer gestionado su versión federada, se han controlado todas las posibles interferencias y conflictos que los planos 2D no son capaces de detectar; consecuentemente, es de esperar que las cantidades de obra obtenidas, difieren completamente a las que se pueden visualizar en el presupuesto baso, también facilitado por el cliente, respecto a las partidas, se ahondará en el tema en el numeral 4.9.



Figura 33 Modelo Federado BIM 01, vista frontal. (Elaboración propia)

En la figura 33 se observa el modelo arquitectónico, estructural, hidrosanitario, y eléctrico bajo los criterios descritos anteriormente. Una vez aprobado el modelo, se autoriza y dispone a los líderes disciplinares, se proceda a obtener las cantidades de obra, y formulación de presupuesto.

4.8.2. Modelo federado BIM 02

Finalmente, se realiza el mismo procedimiento detallado en el numeral anterior con el grupo de modelos disciplinares correspondientes al BIM 02 que, como se mencionó anteriormente, es una propuesta de diseño diferente, en la que se incluyó la sostenibilidad como parámetro importante para la concepción del diseño arquitectónico, en tal virtud, los cambios en las disciplinas estructural y MEP se hacen sentir, en particular en la subdisciplina eléctrica, con una optimización de la iluminación en la vivienda tipo. Los resultados de este análisis y su impacto en la dimensión 5D es analizada en el numeral que sigue.



Figura 34 Modelo Federado BIM 02, vista frontal. (Elaboración propia)

4.9.DETERMINACIÓN DEL PRESUPUESTO

En el presente apartado se expondrá el análisis realizado a razón de la dimensión 5D, la cual hace referencia exclusivamente a los costos que representa un proyecto de construcción, estos son obtenidos a razón de la representación tridimensional gestionada y coordinada en los numerales anteriores; es decir, las cantidades de obra calculadas son dinámicas y están enlazadas con el modelo de cada disciplina.

Para la obtención de las cantidades de obra, y la asignación de partidas se usa el programa “*Presto 2025*” de casa RIB Spain, mismo que cuenta con un plug in denominado “*Cost it*”, el cual debe ser instalado en el Revit del modelador, y genera, a partir de un archivo .RVT el cálculo de cantidades de obra bajo los parámetros colocados por cada líder disciplinar; es decir, una vez obtenidos los modelos federados BIM 01 y BIM 02 particularmente de las vivienda tipo de la urbanización residencial “Aura Club”, se les notifica a los líderes disciplinares que los modelos han sido aprobados y no sufrirán

más cambio, entonces desde sus archivos RVT, se gestiona, a través de la herramienta “*Cost it*” las cantidades de obra necesarias para la obtención del presupuesto disciplinar del proyecto.

A continuación, las cantidades calculadas de manera automática por esta herramienta, luego serán exportadas al programa “*Presto 2025*” en donde se observará los rubros considerados con una organización EDT, dividida en capítulos y partidas.

Por otro lado, el promotor del proyecto facilitó al equipo una base de datos que contiene las partidas con costos producto de Análisis de Precios Unitarios del año 2019 de acuerdo a la Cámara de la Industria de la Construcción, quienes son una Entidad Colaboradora del Ecuador en este sector.

Cada uno de los modeladores ha procedido a asignar las partidas que considera necesarias para la correcta ejecución de la fase de construcción, resultando en un presupuesto de cada una de las disciplinas con un costo al 2019.

Como se mostró en el capítulo 2 del presente trabajo de titulación, la Coordinadora propone al BIM Manager, como al cliente la actualización de estos costos de una manera técnica, que es, con la aplicación de un porcentaje de inflación a los capítulos de Equipo y Maquinaria, y Materiales de cada uno de los APUS de la base datos facilitada; mientras que para la Mano de obra, la actualización es exacta, pues año a año la misma Entidad Colaboradora y la Superintendencia de Compañías norma los salarios mínimos a pagar a todos los profesionales u operativos en la industria de la construcción.

Se recuerda que los factores por lo que se castiga al Equipo, Maquinaria y Materiales de cada APU (partida) considerada es de 1.0587; mientras que, para la Mano de obra, se observó una tendencia de incremento entre los años 2019 y 2025 de un factor de castigo de 1.180.

La Coordinadora BIM, una vez recibidos los presupuestos de cada una de las disciplinas, tanto de los modelos BIM 01 como BIM 02, procede a revisar las partidas asignadas por cada líder, para luego proceder a actualizar las partidas.

En “Presto 2025”, en la pestaña Herramientas, seleccionamos la opción Operar, en las que se puede visualizar los componentes de los APU (partida), dando opción a afectarlos por factores a criterio del usuario.



Operar conceptos bajo	
...	Revit
Conjunto Residencial "Aura Club" Vivienda	41585,24
%	
<input checked="" type="checkbox"/> Mano de obra	118,00
<input checked="" type="checkbox"/> Maquinaria	105,87
<input checked="" type="checkbox"/> Materiales	105,87
<input checked="" type="checkbox"/> Otros y partidas	100,00

Defecto Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 35 Captura de Presto 2025, opción operar, en Herramientas. Fuente: el Autor.

Como se detalla en la figura 35, se colocó ahí los factores calculados en el capítulo 1, a fin de actualizar los costos por partida y consecuentemente el presupuesto.

Un medio de verificación de que la operación fue exitosa y que está acorde a lo necesario, es la visualización de los componentes de una partida aleatoria dentro del presupuesto disciplinar gestionado; por un lado está la operación manual de incrementar un material seleccionado, y del que se haya anotado su costo anterior, y afectarlo por el factor calculado, y por otro lado, está la verificación de la mano de obra, una vez actualizado, los costos deben estar acorde a lo estipulado por la tabla de salarios mínimos antes citada, esta última comprobación al ser una tendencia de incremento no exacta, probó ser eficaz, con una falla mínima de uno o dos centavos por persona considerada.

2	08.24		Muro interior_Empaste	32,94 USD	m2	2,31	76,09
	MAQ001		Herramienta menor (5% M.O.)	0,076		1,00	0,08
	MAQ036		Amdamio	2,000		0,05	0,02
	MAO006		Peón (E2)	1,000		3,58	0,72
	MAO002		Albañil (D2)	1,000		3,62	0,72
	MAO003		Maestro Mayor (C1)	0,100		4,01	0,08
	MAT021		Agua	0,010	m3	0,74	0,01
	MAT170		Empaste para interior	0,070	20 kg	9,76	0,68

Figura 36 Partida Muro interior_Empaste, costos con base de datos original 2019. Fuente: El autor.

Es menester analizar con un caso práctico lo expuesto anteriormente, en la figura 36 tenemos la partida Muro interior Empaste, con un costo de USD 2.31 por cada metro cuadrado, los costos de la mano de obra, son concordantes con la tabla de salarios mínimos por Ley del año 2019.

Ahora bien, en la figura 37, se muestra el mismo rubro, una vez operado sus variables, dando como resultado un costo de USD 2.63 por cada metro cuadrado; importante notar la mano de obra, que en la persona con estructura C1, el costo considerado para el rubro es de USD 4.74, mientras en la tabla de salarios mínimos por Ley 2025, este es de USD 4.75; esta diferencia de un centavo no es traducido directamente al rubro, pues en ambos casos todos estos valores son afectados por el rendimiento calculado de la partida, es así que, como se puede observar, el costo de incidencia de esta persona al cálculo final del rubro es de un centavo, a pesar que la diferencia neta entre 2019 y 2025 de esa persona es mucho mayor.

2	08.24		Muro interior_Empaste	32,94 USD	m2	2,63	86,63
	MAQ001		Herramienta menor (5% M.O.)	0,076		1,06	0,08
	MAQ036		Amdamio	2,000		0,05	0,02
	MAO006		Peón (E2)	1,000		4,23	0,85
	MAO002		Albañil (D2)	1,000		4,28	0,86
	MAO003		Maestro Mayor (C1)	0,100		4,74	0,09
	MAT021		Agua	0,010	m3	0,78	0,01
	MAT170		Empaste para interior	0,070	20 kg	10,33	0,72

Figura 37 Partida Muro interior_Empaste, costos luego de operación de actualización a 2025.

Fuente: El autor.

Este análisis se repitió en cada una de las disciplinas, en los modelos BIM 01 y BIM 02, dando como resultado comparativas interesantes a diferente nivel, así como la ejecución del objetivo principal del presente trabajo de titulación, la comparación entre la metodología tradicional y la metodología BIM en la dimensión 5D.

4.9.1. BIM 01

Aplicando el proceso descrito ampliamente en el numeral anterior se determinó los siguientes resultados:

Tabla 13 Actualización de presupuesto modelos BIM 01, por disciplina. (Elaboración propia)

DISCIPLINA	PRESUPUESTO 2019 (USD)	PRESUPUESTO 2025 (USD)
Arquitectura	\$49,527.34	\$53,122.92
Estructura	\$27,184.23	\$29,660.98
MEP- Hidrosanitaria	\$17,511.83	\$18,785.29
MEP- Eléctrica	\$25,076.66	\$27,426.71
TOTAL	\$119,300.06	\$128,995.90

Al realizar la actualización del presupuesto por disciplina, y sumar todas ellas se tiene un incremento del 8.12% entre el presupuesto total de 2019 y 2025.

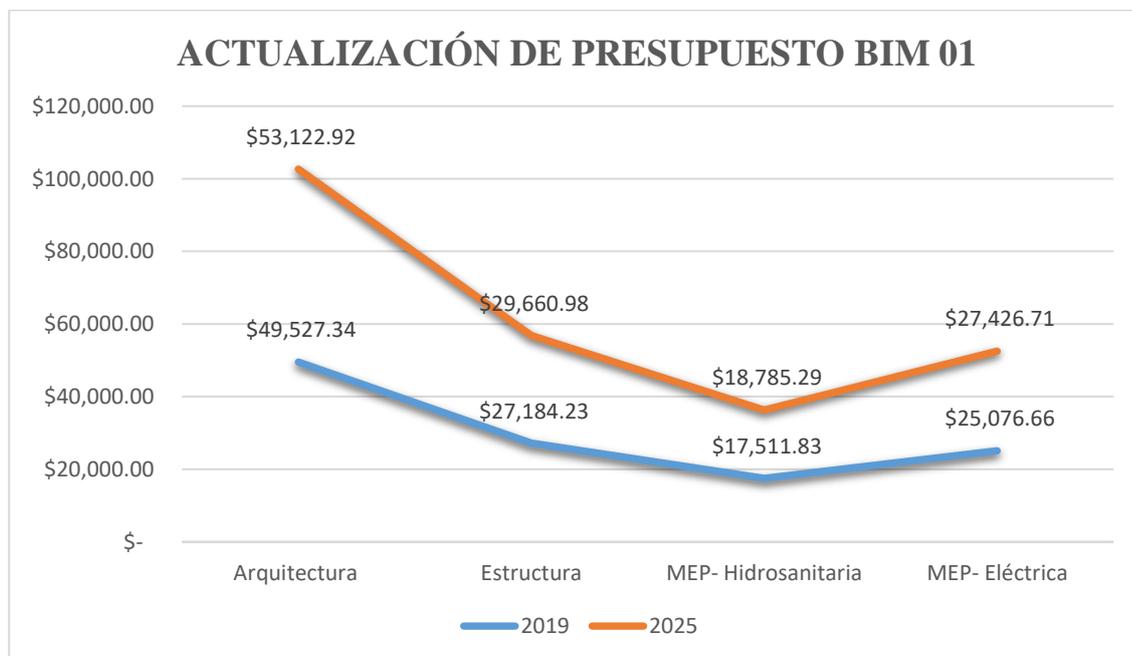


Figura 38 Comparativo por disciplina en actualización de presupuesto BIM 01. (Elaboración propia)

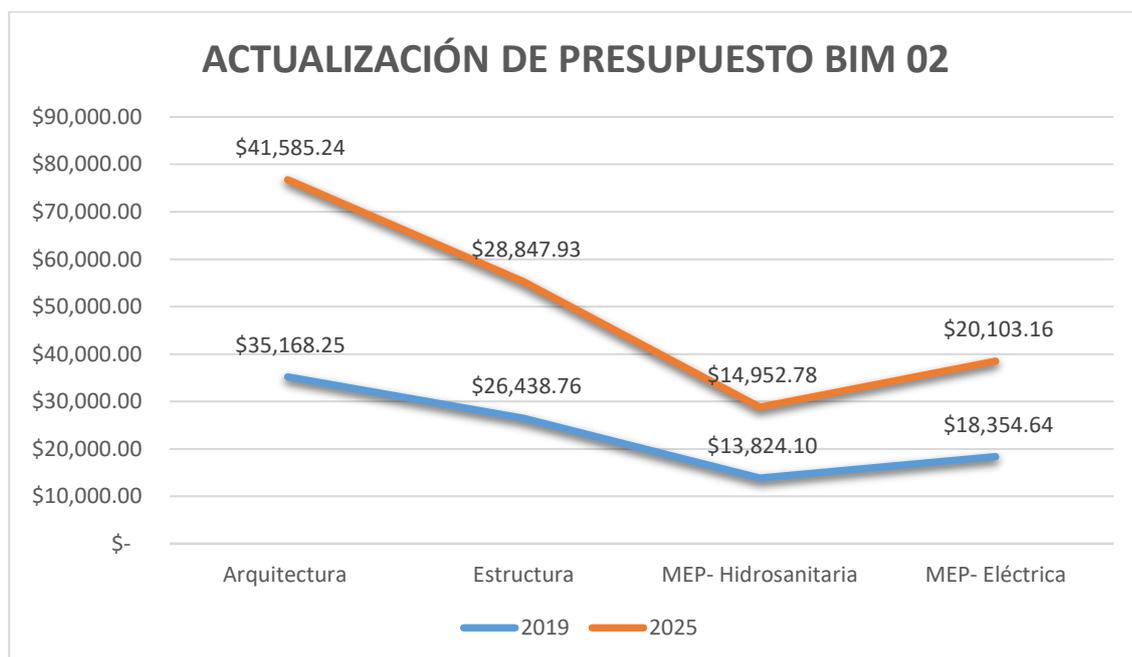
4.9.2. BIM 02

De la misma manera se realiza con los presupuestos obtenidos a partir de los modelos disciplinares BIM 02 y de la base de datos del 2019, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 14 Actualización de presupuesto modelos BIM 02, por disciplina. (Elaboración propia)

DISCIPLINA	PRESUPUESTO 2019 (USD)	PRESUPUESTO 2025 (USD)
Arquitectura	\$35,168.25	\$41,585.24
Estructura	\$26,438.76	\$28,847.93
MEP- Hidrosanitaria	\$13,824.10	\$14,952.78
MEP- Eléctrica	\$18,354.64	\$20,103.16
TOTAL	\$93,785.75	\$105,489.11

Al realizar la actualización del presupuesto, se evidencia un incremento del 12.4% del costo entre el año 2019 y 2025.



Una vez actualizados los presupuestos de los dos modelos federados, procedemos a realizar el comparativo objetivo principal del proyecto de titulación, entre el presupuesto obtenido en base a planos 2D y a la metodología tradicional, y aquel presupuesto obtenido por la metodología BIM, en aplicación de la dimensión 5D, como se describió anteriormente.

4.9.3. Comparación de presupuesto y análisis de resultados

Se recuerda que el presupuesto facilitado por el cliente está desarrollado mediante la metodología tradicional, esto no solo tentativamente afecta a las cantidades de obra, sino también a las partidas y la organización del presupuesto como tal; es así que este documento está formulado por capítulos que agrupan actividades que comparten disciplina, pero también características algo más específicas, más no detalla las cantidades necesarias por niveles de construcción, como es el caso de los presupuestos obtenidos por los líderes disciplinares. Por lo tanto, no es viable la comparación disciplina a disciplina, ni por ubicación de las partidas, solo resta hacerlo respecto al costo total calculado.

Tabla 15 Comparativo de los presupuestos obtenidos, vivienda tipo "Aura Club". (Elaboración propia)

METODOLOGÍA	PRESUPUESTO TOTAL (USD)
TRADICIONAL	\$ 83,975.52
BIM 01	\$128,995.90
BIM 02	\$105,489.11

Como se puede apreciar en la tabla 15, el método tradicional queda muy por debajo del presupuesto calculado por la metodología BIM, tanto en su versión BIM 01 como BIM 02. Este hecho potencialmente se debe al mal cálculo de cantidades de obra a partir de los planos 2D, posiblemente la no consideración de algunas partidas necesarias para la correcta ejecución de la vivienda, y/o costos por partida asignados que no estén actualizados, o con rendimientos deficientes o lejanos a la realidad nacional.

Ahora bien, la diferencia entre los presupuestos obtenidos entre BIM 01 y BIM 02, merecen un análisis especial; siendo el más costoso el modelo BIM 01 que, como se manifestó al inicio del proyecto, constituye simplemente la representación tridimensional del diseño original compartido por el cliente. Mientras que el modelo BIM 02, es una

variación al modelo original, en el cual se realizaron cambios en las disciplinas arquitectónica y MEP en especial, todos ellos basados en principios de sostenibilidad, optimización de recursos y aprovechamiento de los mismos mediante la aplicación de estrategias pasivas de diseño; sorpresivamente, tiene un costo por vivienda tipo inferior al calculado para el BIM 01.

Es sorpresivo el resultado pues es muy común pensar que la implementación de sostenibilidad en una vivienda conlleva costos a corto plazo mucho más elevados que al no hacerlo; sin embargo, este no es el caso.

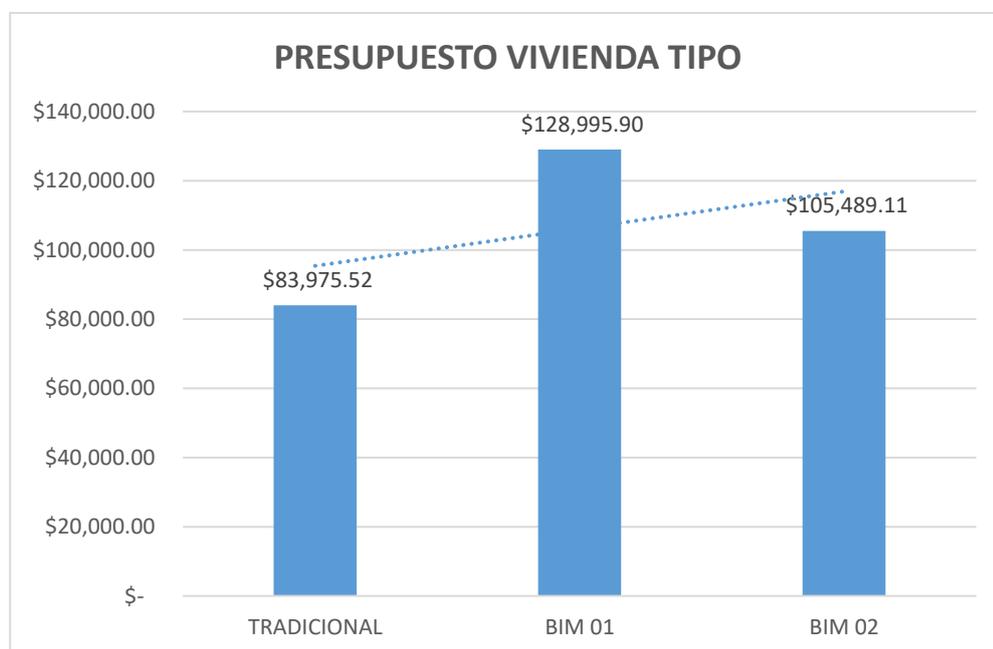


Figura 39 Comparativa de presupuestos obtenidos. (Elaboración propia)

En relación a los presupuestos BIM 01 y BIM 02, y al sorpresivo resultado, es menester analizar algo más a fondo lo obtenido.

Para lo cual, compararemos los costos por disciplina, a fin de determinar las causas de la diferencia en los presupuestos calculados a partir de los modelos federados BIM 01 y BIM 02 con los parámetros ya descritos ampliamente.

Tabla 16 Comparación de presupuestos 2025, BIM 01 y BIM 02 por disciplinas. (Elaboración propia)

DISCIPLINA	BIM 01 (USD)	BIM 02 (USD)
Arquitectura	\$ 53,122.92	\$ 41,585.24
Estructura	\$ 29,660.98	\$ 28,847.93
MEP- Hidrosanitaria	\$ 18,785.29	\$ 14,952.78
MEP- Eléctrica	\$ 27,426.71	\$ 20,103.16
TOTAL	\$128,995.90	\$ 105,489.11

En la tabla 16 se puede observar los presupuestos obtenidos por disciplina, ambos actualizados al 2025, del modelo federado BIM 01 y BIM 02; respecto a la disciplina arquitectónica se observa una reducción en el presupuesto del 21.72% el BIM 02 respecto al BIM 01, lo que quiere decir que las alternativas pasivas de diseño enmarcadas en la sostenibilidad, junto con la optimización de espacios, áreas exteriores y materialidad, impactaron de manera positiva en los costos, pues se comprueba que es un diseño más eficiente.

Respecto a la disciplina estructural, esta no presenta cambios sustanciales, sin embargo, también presenta una reducción del presupuesto calculado del 2.74%, presumiblemente debido a la optimización de los espacios y cancelación de áreas externas como cerramientos y zona húmeda.

Finalmente, respecto a la disciplina MEP en las subdisciplinas hidrosanitarias y eléctricas se tiene una reducción de 20.40% y 26.70% respectivamente. En las instalaciones hidrosanitarias, esto se puede deber a la omisión del área húmeda, particularmente del jacuzzi, así como recorridos de tuberías eficientes. Mientras que, en cuanto a la disciplina eléctrica, la reducción es sustancial, sin lugar a duda, este fenómeno se debe a la optimización de recursos consecuencia de la aplicación de la sostenibilidad

en el modelo, es decir, al asegurar una iluminación natural prolongada, las necesidades de iluminación artificial cambiaron, se redujeron, y por ende, los costos bajaron significativamente.

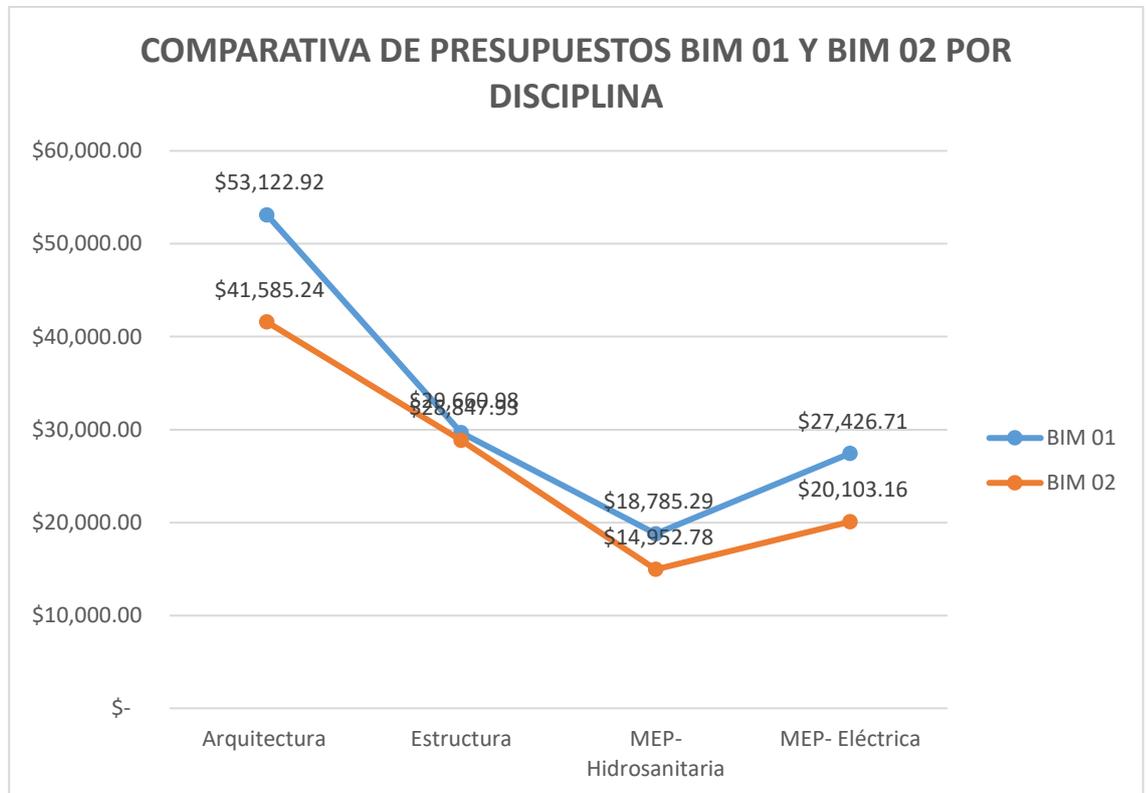


Figura 40 Representación gráfica de costos, comparación de presupuesto BIM 01 y BIM 02 por disciplina.

Es así que, de acuerdo al proyecto desarrollado, en primera instancia se evidencia que los presupuestos estimados por la metodología tradicional pueden tener un fallo enorme en relación a uno calculado de manera automatizada, y dentro de las buenas prácticas BIM; y en segunda instancia, que el hecho de implementar sostenibilidad a un diseño, no siempre se traduce en costos elevados o presupuesto sobre aquel obtenido con un modelo que no contemple la dimensión 6D.

Capítulo 5: Conclusiones

- Se obtuvieron modelos federados denominados BIM 01 y BIM 02, estos corresponden a los requerimientos del cliente; el BIM 01 (B01) es la representación tridimensional del diseño original (metodología tradicional), mientras que el modelo BIM 02 (B02) se trata de una alternativa de diseño que incluye la aplicación de la sostenibilidad (dimensión 6D), a fin de asegurar la eficiencia energética, y de recursos.
- Los productos entregados están de conformidad con lo requerido por el cliente, la aplicación de los flujos de trabajo expuestos a lo largo del trabajo de titulación, desde sus diferentes roles, logró un trabajo colaborativo que favoreció el cumplimiento de los objetivos planteados.
- El presupuesto estimado en base a la metodología tradicional quedó por debajo del presupuesto calculado BIM 01 en un 53.61%, y un 25.62% respecto al presupuesto calculado BIM 02. Las causas son varias, pero principalmente, se debe al deficiente cálculo de cantidades de obra, y consideración de partidas necesarias para asegurar la correcta ejecución del proyecto.
- En cuanto a la comparación de los dos diseños representados, la sorpresa del proyecto fue que el presupuesto calculado en referencia al BIM 02, le cual incluye la dimensión 6D, es inferior en un 22.28% respecto al presupuesto del modelo BIM 01. En el análisis realizado del resultado, se evidencia que la implementación de estrategias pasivas de diseño fueron un éxito, pues lograron la eficiencia energética y del uso de recursos, por ejemplo, de iluminación en áreas comunes de la vivienda tipo, traduciéndose en un impacto significativo en el presupuesto.

Capítulo 6: Recomendaciones

- A fin de lograr los modelos federados necesarios para la ejecución del proyecto de construcción en sus siguientes fases, es recomendable la continua comunicación con los miembros del equipo de trabajo, el trabajo colaborativo y la gestión de conflictos en el menos tiempo posible.
- Se recomienda el continuo seguimiento y supervisión del equipo y sus actividades, pues el cronograma de trabajo es muy susceptible a cambios, que deben ser gestionados de manera inmediata.
- Es recomendable la implementación de la metodología BIM en la industria de la construcción de nuestro país, pues, como se pudo evidenciar, los presupuestos obtenidos en base a estimaciones son poco precisos, lo que sin lugar a dudas genera imprevistos en la fase de construcción.
- Se recomienda un análisis cuidadoso antes de implementar la sostenibilidad en proyectos de construcción, pues la idea generalizada a este respecto es que a fuerza representa un incremento sustancial en el presupuesto, y genera a corto y mediano plazo costos muy altos; sin embargo, el proyecto de titulación demostró que no es necesariamente así.

Capítulo 7: Referencias Bibliográficas

Alcaldía de Riobamba. (2024). *Ficha Catastral Urbana*.

Consejo Mexicano de Normas de Información Financiera. (2021). *NIF B-10: Efectos de la inflación*.

Contraloría General del Estado, & CAMICON. (2025). *Salarios mínimos por Ley 2025*.

INEC. (2025). *Boletín Técnico No 01-2025-IPC*.

International Organization for Standardization. (2018). 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 19650-1:2018)*.
<https://www.iso.org/standard/68078.html>

International Organization for Standardization. (2018). 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 19650-2:2018)*.
<https://www.iso.org/standard/68079.html>

ANEXOS