



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,**  
**VINCULACIÓN Y POSGRADO**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE:**  
**MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GESTIÓN**  
**DE LA CONSTRUCCIÓN**

**TEMA:**

“OPTIMIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CENTRO MUNICIPAL DE  
PREVENCIÓN INTEGRAL DE ENFERMEDADES CRÓNICAS, CATASTRÓFICAS  
Y DISCAPACIDADES A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN ESTRATÉGICA  
DE TECNOLOGÍAS BIM”

**AUTOR:**

Ing. Jimmy Javier Tapia Villacrés

**TUTOR:**

Arq. Geovanny Paula, Mgs.

**Riobamba – Ecuador**

2025

## Certificación del Tutor

Certifico que el presente trabajo de titulación denominado: “Optimización en la Construcción del Centro Municipal de Prevención Integral de Enfermedades Crónicas, Catastróficas y Discapacidades a través de la implementación estratégica de tecnologías BIM”, ha sido elaborado por el Ingeniero Jimmy Javier Tapia Villacrés, el mismo que ha sido orientado y revisado con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor. Así mismo, refrendo que dicho trabajo de titulación ha sido revisado por la herramienta antiplagio institucional; por lo que certifico que cumple con los requisitos académicos para su presentación y defensa ante el tribunal respectivo.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.

Riobamba, 10 de febrero de 2025



---

Arq. Geovanny Paula, Mgs.

**TUTOR**

## Declaración de Autoría y Cesión de Derechos

Yo, **Jimmy Javier Tapia Villacrés**, con número único de identificación **060388758-9**, declaro y acepto ser responsable de las ideas, doctrinas, resultados y lineamientos alternativos realizados en el presente trabajo de titulación denominado: “Optimización en la Construcción del Centro Municipal de Prevención Integral de Enfermedades Crónicas, Catastróficas y Discapacidades a través de la implementación estratégica de tecnologías BIM”, previo a la obtención del grado de Magíster en Ingeniería Civil, Mención en Gestión de la Construcción.

- Declaro que mi trabajo investigativo pertenece al patrimonio de la Universidad Nacional de Chimborazo de conformidad con lo establecido en el artículo 20 literal j) de la Ley Orgánica de Educación Superior LOES.
- Autorizo a la Universidad Nacional de Chimborazo que pueda hacer uso del referido trabajo de titulación y a difundirlo como estime conveniente por cualquier medio conocido, y para que sea integrado en formato digital al Sistema de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor, dando cumplimiento de esta manera a lo estipulado en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior LOES.

Riobamba, 10 de febrero de 2025



---

**Ing. Jimmy Javier Tapia Villacrés**

N.U.I. 060388758-9

## **Agradecimiento**

Agradezco a la Universidad Nacional de Chimborazo, por brindarme una formación integral tanto en el pregrado como en el posgrado. Expreso mi gratitud por las herramientas científicas, académicas y humanas que me permitieron desarrollar mi potencial y por fomentar mi compromiso con la innovación en la construcción.

También extiendo mi agradecimiento al Arq. Geovanny Paula, mi tutor de tesis, por su vasta experiencia y dedicación en la guía de mi investigación. Su orientación fue fundamental para el éxito de este proyecto.

Finalmente, agradezco a todos los catedráticos que me acompañaron y compartieron sus conocimientos durante el transcurso del posgrado. Su dedicación y sabiduría fueron una parte esencial de mi formación.

## **Dedicatoria**

A mi madre, ejemplo de lucha, quien, con su amor incondicional, sacrificio y dedicación, ha sido mi luz en los momentos más oscuros. Sus palabras de aliento, su fortaleza y su ejemplo han sido el combustible que me impulsa a seguir creciendo y superándome cada día.

A mi padre, quien, con su sabiduría, trabajo y tesón, me ha enseñado que los sueños se construyen con esfuerzo, perseverancia y pasión. Su ejemplo y compromiso ha sido mi guía para enfrentar cada desafío con valentía y determinación.

A mi esposa, mi amiga y compañera, que siempre ha sabido apoyarme y comprenderme tanto en las alegrías como en las adversidades.

A mis hijos, luz de mis días y razón de mi existencia, con el corazón más profundo y sincero, les dedico este trabajo que representa no solo un logro académico, sino un tributo a su amor, paciencia y comprensión. Durante este camino de formación profesional, ustedes han sido mi más grande inspiración y fortaleza.

Cada momento que he dedicado a mis estudios, les he robado instantes preciosos de juego, de compañía y de amor. Sin embargo, su comprensión ha sido infinita, sus sonrisas han sido mi combustible y su apoyo, mi más grande motivación.

Cada página de este documento lleva implícito su nombre, cada línea investigada refleja mi deseo de construir un mejor futuro para ustedes. Ustedes han sido testigos silenciosos de mis desvelos, de mis momentos de duda y de mis triunfos.

Este trabajo es un testimonio de que, con amor, dedicación y el apoyo de la familia, los sueños no solo se sueñan, sino que se construyen paso a paso.

## Índice General

<b>Certificación del Tutor.....</b>	<b>2</b>
<b>Declaración de Autoría y Cesión de Derechos .....</b>	<b>3</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>4</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>5</b>
<b>Índice General.....</b>	<b>6</b>
<b>Índice de Tablas.....</b>	<b>11</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>12</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>13</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>14</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>15</b>
<b>Capítulo 1 Generalidades.....</b>	<b>16</b>
1.1. Antecedentes.....	17
1.2. Planteamiento del Problema.....	19
1.3. Justificación .....	20
1.4. Alcances y Limitaciones.....	22
1.4.1. Alcance .....	22
1.4.2. Limitaciones.....	23
1.5. Objetivos.....	23
1.5.1. Objetivo General.....	23
1.5.2. Objetivos Específicos.....	23
1.6. Metodología de Investigación.....	25
1.6.1. Revisión de Documentos .....	26
1.6.2. Observación Directa y Modelado BIM.....	27

1.6.3.	Métodos Cualitativos y Cuantitativos.....	29
<b>Capítulo 2 Marco Teórico.....</b>		<b>33</b>
2.1	Gestión y Planificación de Proyectos en el Sector Público .....	33
2.1.1.	Características de los Proyectos Públicos.....	34
2.1.2.	Diseño de Proyectos de Construcción con Programas Tradicionales.....	36
2.2.	Requerimientos Mínimos Para Centros de Enfermedades Catastróficas.....	41
2.2.1.	Criterios de Diseño.....	50
2.3.	Definición de BIM .....	59
2.4.	Adopción BIM en Latinoamérica y el Mundo.....	59
2.5.	Modelación BIM.....	61
2.6.	Optimización en la Planificación y Ejecución de Edificaciones.....	64
2.7.	Dificultades en la Adopción BIM .....	68
2.7.1.	Cultura y Mentalidad en la Industria de la Construcción.....	69
2.7.2.	Resistencia al Cambio.....	70
2.7.3.	Inversión Inicial.....	71
2.7.4.	Interoperabilidad, Comprensión y Formación Adecuada .....	72
2.7.5.	Proyectos con Dificultades en la Implementación de BIM.....	73
<b>Capítulo 3 Diseño Metodológico.....</b>		<b>74</b>
3.1.	Uso del Modelado BIM como Método de Investigación.....	74
3.2.	Uso del Análisis de Casos de Estudio en la Investigación.....	75
3.3.	BIM y Casos de Estudio en la Metodología de la Investigación.....	76
3.4.	Descripción del Proyecto.....	76
3.5.	Análisis de la Información Disponible.....	78
3.6.	Modelado BIM del Proyecto y Análisis de Información Precontractual.....	80

3.6.1.	Revisión y Análisis del Presupuesto .....	100
3.6.2.	Revisión y Análisis del Cronograma .....	104
3.7.	Estado Actual de la Edificación.....	109
3.7.1.	Contexto General del Proyecto .....	109
3.7.2.	Modificaciones Estructurales.....	110
3.7.3.	Problemas Relacionados con el Muro Cortante del Ascensor .....	111
3.7.4.	Coordinación Interdisciplinar y Documentación Técnica .....	112
3.7.5.	Limitaciones en los Detalles Constructivos.....	112
3.7.6.	Uso del Modelado BIM.....	112
3.7.7.	Implicaciones Técnicas y Económicas .....	113
3.8.	Impacto BIM en la Eficiencia del Proyecto.....	113
3.8.1.	Metodología.....	113
3.8.2.	Reducción de Tiempos.....	113
3.8.3.	Optimización de Recursos .....	115
3.8.4.	Mejora en la Calidad de la Construcción.....	116
<b>Capítulo 4 Resultados.....</b>		<b>118</b>
4.1.	Análisis Descriptivo de los Resultados.....	118
4.1.1.	Metodología.....	118
4.2.	Discusión de los Resultados.....	120
4.2.1.	Inconsistencias en el Diseño y Documentación.....	120
4.2.2.	Complejidad Estructural y Falta de Detalles.....	120
4.2.3.	Optimización de Recursos y Gestión de Cambios.....	121
4.2.4.	Coordinación Interdisciplinaria y Detección de Conflictos.....	122
4.2.5.	Implicaciones para la Gestión de Proyectos .....	123



4.2.6.	Limitaciones y Futuras Direcciones de Investigación .....	123
4.2.7.	Relevancia de la Adopción de BIM para el Sector Público Ecuatoriano.....	124
<b>Capítulo 5 Marco Propositivo .....</b>		<b>125</b>
5.1.	Planificación de la Actividad Preventiva.....	125
5.2.	Descripción de la Propuesta.....	125
5.2.1.	Fase de Planificación y Diseño .....	125
5.2.2.	Fase de Presupuestación y Programación.....	126
5.2.3.	Fase de Construcción.....	127
5.2.4.	Fase de Entrega y Mantenimiento.....	127
5.3.	Justificación de la Propuesta .....	127
5.3.1.	Resolución de Discrepancias en Diseño .....	128
5.3.2.	Optimización en la Identificación de Conflictos.....	128
5.3.3.	Optimización de Diseño Estructural .....	128
5.3.4.	Mejor Planificación de Instalaciones.....	128
5.3.5.	Gestión Eficiente de Cambios.....	128
5.3.6.	Mejora en la Estimación de Costos y Programación .....	129
5.4.	Implementación de la Propuesta .....	129
5.4.1.	Evaluación y Preparación.....	129
5.4.2.	Adquisición de Tecnología y Formación.....	129
5.4.3.	Desarrollo de Estándares y Protocolos.....	130
5.4.4.	Proyecto Piloto.....	130
5.4.5.	Implementación a Escala Completa.....	131
5.4.6.	Mejora Continua y Evaluación .....	131
5.5.	Beneficios Esperados.....	131

5.5.1.	Mejora en la Calidad del Diseño.....	131
5.5.2.	Optimización de Costos.....	131
5.5.3.	Mejora en la Eficiencia del Proyecto.....	132
5.5.4.	Mayor Transparencia y Control.....	132
5.5.5.	Mejora en la Sostenibilidad.....	132
5.5.6.	Administración Integral del Ciclo de Vida de la Edificación.....	132
5.6.	Resistencia al Cambio.....	132
5.7.	Costos Iniciales.....	132
5.8.	Curva de Aprendizaje.....	133
5.9.	Interoperabilidad.....	133
5.10.	Aspectos Legales y Contractuales.....	133
<b>Capítulo 6 Conclusiones y Recomendaciones .....</b>		<b>137</b>
6.1.	Conclusiones.....	134
6.2.	Recomendaciones.....	136
<b>Capítulo 7 Referencias Bibliográficas.....</b>		<b>138</b>
<b>Apéndice .....</b>		<b>144</b>
Apéndice A. Modelación BIM .....		144

## Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Diseño de proyectos en el sector público con programas tradicionales</i> .....	38
Tabla 2 <i>Requerimientos técnicos mínimos</i> .....	45
Tabla 3 <i>Programación arquitectónica</i> .....	52
Tabla 4 <i>BIM en las Diferentes Fases del Proyecto</i> .....	65
Tabla 5 <i>Información del Proyecto</i> .....	77
Tabla 6 <i>Listado de planos disponibles en el portal de compras públicas</i> .....	79
Tabla 7 <i>Tipo de vigas IPE utilizadas en la edificación</i> .....	87

## Índice de Figuras

Figura 1 <i>Localización geográfica</i> .....	78
Figura 2 <i>Distancia entre ejes A, B, C, D, E y F, planos arquitectónicos</i> .....	82
Figura 3 <i>Distancia entre ejes A, B, C, D, E y F, planos estructurales</i> .....	82
Figura 4 <i>Ubicación de las placas de anclaje</i> .....	84
Figura 5 <i>Sobredimensionamiento de columnas metálicas en el plano arquitectónico</i> .....	85
Figura 6 <i>Sobredimensionamiento de columnas metálicas en el plano arquitectónico</i> .....	85
Figura 7 <i>Sobreposición de estructuras, cimentación columna - cimentación ascensor</i> .....	91
Figura 8 <i>Ubicación de la viga secundaria faltante en el hueco para el ascensor</i> .....	93
Figura 9 <i>Ubicación e identificación de vigas principales y vigas secundarias</i> .....	94
Figura 10 <i>Fachada posterior según los estudios</i> .....	98
Figura 11 <i>Fachada posterior ya ejecutada en obra, incluyendo el cuarto de máquinas</i> .....	99
Figura 12 <i>Ubicación de las tuberías de agua caliente para la piscina</i> .....	100

## Resumen

Este estudio analizó la optimización de la construcción del Centro Municipal de Prevención Integral mediante el uso estratégico de tecnologías BIM. El estudio exploró cómo esta tecnología pudo haber mejorado la precisión en la planificación, diseño y ejecución de este proyecto de salud pública. El objetivo general es fomentar la aplicación de esta tecnología en todas las fases de los proyectos de construcción para mejorar la eficiencia y anticiparse a posibles desafíos. La metodología utilizada incluyó el análisis de documentos del proyecto, observación directa y modelado el BIM 3D para identificar inconsistencias y conflictos. Los resultados principales revelaron discrepancias significativas entre planos arquitectónicos y estructurales, falta de detalles cruciales, y problemas de coordinación entre disciplinas. Específicamente, se encontraron diferencias en las dimensiones de columnas, ausencia de vigas secundarias, y conflictos en la ubicación de instalaciones. La implementación de la modelación 3D permitió detectar los conflictos existentes en el diseño de la infraestructura, los cuales se evidenciaron durante la ejecución de la obra. Además, se analizó el impacto en el presupuesto y cronograma, observándose una variación económica del 21% y la necesidad de un plazo adicional de 45 días para el contrato complementario. Se concluye que la adopción de BIM desde las etapas iniciales del proyecto puede optimizar significativamente la planificación y el diseño hasta un 30%, reducir errores y mejorar la coordinación interdisciplinaria, contribuyendo a una ejecución más eficiente y precisa del proyecto de construcción.

**Palabras claves:** *Modelado de Información de Construcción (BIM), optimización de procesos constructivos, interoperabilidad, gestión integrada de proyectos, análisis de interferencias.*

### **Abstract**

This study analyzed the optimization of the construction of the Municipal Center for Comprehensive Prevention through the strategic use of BIM technologies. The study explored how this technology could have improved the accuracy in the planning, design, and execution of this public health project. The overall objective is to encourage the application of this technology in all phases of construction projects to improve efficiency and anticipate potential challenges. The methodology used included the analysis of project documents, direct observation, and 3D BIM modeling to identify inconsistencies and conflicts. The main results revealed significant discrepancies between architectural and structural plans, lack of crucial details, and coordination problems between disciplines. Specifically, differences in column dimensions, absence of secondary beams, and conflicts in the location of facilities were found. The implementation of 3D modeling allowed the detection of existing conflicts in the design of the infrastructure, which were evident during the execution of the work. In addition, the impact on the budget and schedule was analyzed, observing a 21% economic variation and the need for an additional 45-day period for the complementary contract. It is concluded that adopting BIM from the initial stages of the project can significantly optimize planning and design by up to 30%, reduce errors, and improve interdisciplinary coordination, contributing to a more efficient and precise execution of the construction project.

**Keywords:** *Building Information Modeling (BIM), construction process optimization, interoperability, integrated project management, clash detection.*

## Introducción

El sector de la construcción enfrenta retos que demandan un cambio estratégico. Es fundamental evolucionar las metodologías convencionales para fortalecer la competitividad y eficiencia en la ejecución de infraestructuras. Este cambio representa una oportunidad para modernizar los procesos de trabajo tradicionales y generar un impacto significativo en la concepción, planificación y desarrollo de edificaciones.

La adopción del Modelado de Información para la Construcción (BIM) desde la fase inicial de un proyecto permite aprovechar las ventajas de la transformación digital en la industria constructiva. Esta metodología facilita la integración de tecnologías avanzadas para mejorar la colaboración entre las diferentes disciplinas involucradas en el desarrollo de proyectos.

En Ecuador, particularmente en la ciudad de Riobamba, el sector de la construcción se encuentra en una etapa donde es imprescindible adoptar una visión a largo plazo. La modernización del sector, apoyada en el uso de herramientas digitales, permite no solo optimizar la ejecución de proyectos, sino también establecer un marco de trabajo más sostenible e innovador. La digitalización en la planificación y diseño arquitectónico supone un cambio relevante, promoviendo la eficiencia en la gestión de recursos y tiempos.

El empleo de tecnologías avanzadas en el Centro Municipal de Prevención Integral de Enfermedades Crónicas, Catastróficas y Discapacidades<sup>1</sup> habría representado múltiples beneficios, mejorando la coordinación entre los equipos de diseño y construcción. La implementación de un enfoque colaborativo a través de herramientas BIM habría permitido

---

<sup>1</sup> Contrato de licitación de obras No. 001-2023, proceso No. LICO-GADMR-004-2022

optimizar la toma de decisiones, perfeccionar el diseño y lograr un proceso constructivo más eficiente y rentable.

El presente estudio tiene como propósito demostrar que la adopción de esta metodología genera avances significativos en la programación y desarrollo de proyectos. Su aplicación facilita la interacción entre distintas disciplinas, favoreciendo la planificación, gestión de costos y ejecución estructural mediante la creación de modelos digitales tridimensionales. Estos modelos integran información arquitectónica, estructural y de sistemas mecánicos, eléctricos y de plomería (MEP), lo que posibilita la identificación temprana de conflictos y la resolución de problemas antes de la fase de construcción.

El principal valor de esta metodología radica en su capacidad de potenciar el trabajo en equipo y permitir la integración de diversas especialidades bajo una misma plataforma digital. Cada modificación realizada por un especialista se refleja en el modelo general, promoviendo una colaboración efectiva y coordinada.

La modernización del sector constructivo en Ecuador requiere la implementación de estrategias que trasciendan las limitaciones de los enfoques tradicionales. La introducción de BIM en el proceso de desarrollo de edificaciones permite mejorar la gestión de recursos, minimizar errores en la ejecución y optimizar los tiempos de entrega. Asimismo, su uso favorece la detección temprana de posibles inconvenientes y fomenta un entorno de trabajo colaborativo, aumentando la eficiencia en todas las fases del proyecto.

## **Capítulo 1**

### **Generalidades**



## 1.1. Antecedentes

Los profesionales que se desempeñan en el ámbito de la construcción enfrentan una presión constante para administrar de manera eficiente los recursos disponibles. Este desafío no solo se centra en la maximización de la rentabilidad, sino también en el cumplimiento de normas técnicas estrictas, plazos de entrega establecidos y cláusulas contractuales. A estos factores se suman presiones externas de carácter político y social que pueden afectar el desarrollo de los proyectos en diferentes etapas.

Una de las estrategias clave para mejorar esta situación es la incorporación de herramientas avanzadas como el Modelado de Información para la Construcción<sup>2</sup> (BIM). La adopción de esta metodología en la planificación y ejecución de obras proporciona una visión integral del proyecto, permitiendo anticipar riesgos, mitigar retrasos y prevenir incrementos imprevistos en los costos de construcción.

Para que esta modernización tenga éxito, es necesario superar la resistencia al cambio y demostrar los beneficios tangibles del uso de tecnologías avanzadas en el sector. La incorporación de prácticas innovadoras contribuye a eliminar la desconfianza derivada del desconocimiento y promueve una transformación en la forma en que se conciben, diseñan y ejecutan los proyectos constructivos.

Actualmente, en América Latina se ha conformado la Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos<sup>3</sup>, una iniciativa que involucra a países como Argentina, Brasil, Chile,

---

<sup>2</sup> BIM, Building Information Modeling

<sup>3</sup> Es una organización compuesta por representantes del sector público de países de Latinoamérica y el Caribe

Colombia, Costa Rica, México, Perú y Uruguay. Esta red tiene como propósito facilitar la transformación digital en la industria de la construcción, promoviendo la adopción de BIM<sup>2</sup> como estándar en el desarrollo de infraestructuras públicas.

De acuerdo con el estudio realizado por Soto & Manríquez (2023) para la Corporación Andina de Fomento, existen países en la región que aún no han adoptado esta metodología de manera oficial. Uno de los principales obstáculos identificados es la falta de apoyo por parte de las autoridades y la ausencia de un compromiso firme por parte de los altos mandos en el sector público.

En el presente estudio se analizó el impacto que la implementación de BIM<sup>2</sup> podría tener en la planificación, diseño, ejecución y administración de un proyecto específico. A través de este análisis, se evaluaron las oportunidades que ofrece esta metodología para optimizar los procesos y mejorar la gestión de la información dentro del sector constructivo.

El desarrollo de herramientas digitales como BIM<sup>2</sup> tiene el potencial de transformar radicalmente la industria de la construcción. Su capacidad para mejorar la eficiencia, incrementar la precisión en el diseño y fomentar la colaboración interdisciplinaria la convierten en una herramienta indispensable en un entorno cada vez más competitivo.

Esta investigación se enfocó en evaluar los beneficios que la implementación de BIM<sup>2</sup> podría haber generado en la construcción del Centro Municipal de Prevención Integral de Enfermedades Crónicas, Catastróficas y Discapacidades<sup>1</sup>. Se examina cómo esta metodología habría permitido identificar y corregir errores en la fase de planificación y diseño, reduciendo así costos y tiempos de ejecución.

## 1.2. Planteamiento del Problema

El sector de la construcción enfrenta la necesidad de optimizar sus procesos y mejorar la calidad en la ejecución de obras. La ausencia de metodologías modernas, así como las deficiencias en las fases de diseño, planificación y construcción, generan impactos negativos como la reducción de la productividad, una administración ineficaz de los materiales y la mano de obra, el incremento de costos y dificultades para cumplir con los plazos de entrega establecidos.

En Ecuador, la digitalización de la construcción sigue siendo limitada. A menudo, los proyectos presentan inconsistencias desde la fase de planificación, lo que se traduce en retrasos, desviaciones presupuestarias y problemas en la ejecución. En muchos casos, estas dificultades surgen desde la concepción del proyecto; Sin embargo, también puede ser el resultado de la falta de coordinación entre las distintas partes involucradas, tanto en la administración como en la ejecución técnica. Es común observar proyectos que atraviesan diferentes etapas con cambios de responsables, lo que puede generar errores, fallas en la documentación técnica y falta de continuidad en la planificación.

El Modelado de Información para la Construcción<sup>2</sup> (BIM) surge como una solución innovadora para abordar estas problemáticas, proporcionando herramientas que facilitan la integración y coordinación entre profesionales de distintas disciplinas. A pesar de sus ventajas, la adopción de BIM<sup>2</sup> aún enfrenta múltiples desafíos, entre ellos la falta de conocimiento y capacitación en el sector, la resistencia al cambio y la preferencia por métodos tradicionales.

Los estudios han demostrado que la implementación de BIM permite mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y aumentar la calidad en la ejecución de obras. No obstante, su aplicación varía de un país a otro, dado que se trata de un proceso en constante evolución. De

acuerdo con Soto & Manríquez (2023), la implementación de esta metodología en proyectos públicos de infraestructura no ha sido uniforme en la región debido a factores como la falta de normativas específicas y el desconocimiento de sus beneficios.

Las principales causas de retraso en proyectos constructivos a nivel global oscilan entre el 30,2% y el 60%, lo que indica que la ineficiencia en la gestión del tiempo es un problema recurrente en la industria Pérez et al. (2024). Para mejorar esta situación, la integración de herramientas digitales como BIM permite una mejor planificación y anticipación de conflictos antes de la fase de construcción.

Adoptar esta metodología implica una transformación significativa en la forma en que se gestionan los proyectos, lo que demanda inversiones en formación, capacitación y adquisición de tecnología. Este estudio analiza cómo la aplicación de BIM podría haber optimizado el desarrollo del Centro Municipal de Prevención Integral de Enfermedades Crónicas, Catastróficas y Discapacidades, generando mejoras en eficiencia, reducción de riesgos y cumplimiento de plazos.

Se evaluaron, además, los desafíos relacionados con la resistencia al cambio en la industria de la construcción y se analizaron los beneficios que esta metodología ofrece en términos de productividad y rentabilidad.

### **1.3. Justificación**

La incorporación de tecnologías avanzadas en el sector de la construcción se justifica por una serie de razones fundamentales que buscan mejorar la eficiencia, reducir costos y optimizar la calidad de los proyectos. Entre estas tecnologías, el Modelado de Información para la Construcción (BIM) ha demostrado ser una herramienta clave en la modernización del sector, al

permitir la planificación detallada, la gestión de recursos y la detección temprana de conflictos durante todas las etapas del proceso constructivo.

Uno de los principales beneficios de la aplicación de BIM es la posibilidad de incrementar la eficiencia en todas las fases de desarrollo de una obra. La creación de modelos digitales tridimensionales con información detallada sobre cada componente del proyecto, desde su concepción hasta su operación, permite anticipar problemas, coordinar de manera efectiva a los distintos actores involucrados y mejorar la administración de los recursos disponibles.

Asimismo, la implementación de esta metodología facilita la reducción de costos y tiempos de ejecución. A través de la optimización de los procesos de diseño, planificación y construcción, BIM ayuda a minimizar errores y disminuir la necesidad de modificaciones en obra, lo que se traduce en una disminución de costos imprevistos. Esto contribuye a una mayor competitividad del sector, ya que las empresas pueden completar proyectos dentro del presupuesto y en los plazos establecidos.

Otro aspecto clave que respalda la adopción de BIM es su capacidad para potenciar la colaboración y la comunicación entre los diferentes equipos de trabajo. Al centralizar toda la información del proyecto en un modelo único accesible para arquitectos, ingenieros, contratistas y propietarios, se fomenta una coordinación más eficiente y una toma de decisiones basada en datos precisos y actualizados en tiempo real.

Desde una perspectiva de sostenibilidad, esta metodología también permite evaluar el rendimiento energético de los edificios y realizar simulaciones para mejorar su eficiencia a lo largo del tiempo. Al identificar oportunidades de optimización, BIM facilita la reducción del consumo de recursos y minimiza el impacto ambiental de las construcciones.

En el contexto del presente estudio, se plantea que la implementación de BIM en el desarrollo del Centro Municipal de Prevención Integral de Enfermedades Crónicas, Catastróficas y Discapacidades<sup>1</sup> habría permitido identificar errores en las fases tempranas del proyecto, facilitando su corrección antes de la ejecución. Esto habría resultado en un uso más eficiente de los recursos y en una mejor coordinación de los procesos constructivos.

En definitiva, la adopción de esta metodología no solo contribuye a la mejora de los proyectos individuales, sino que también tiene el potencial de transformar la industria de la construcción en Ecuador. Su aplicación permite afrontar los desafíos actuales del sector, promoviendo un enfoque más eficiente, colaborativo y sostenible en la ejecución de obras de infraestructura.

#### **1.4. Alcances y Limitaciones**

##### ***1.4.1. Alcance***

El presente estudio se enfocó en la aplicación del Modelado de Información para la Construcción<sup>2</sup> (BIM) en el diseño y ejecución del Centro Municipal de Prevención Integral de Enfermedades Crónicas, Catastróficas y Discapacidades. A través de la evaluación del proyecto y la simulación digital mediante modelado tridimensional (3D), se buscó comprender la interacción entre los diferentes componentes arquitectónicos e ingenieros, así como los conflictos potenciales que surgen en los procesos constructivos tradicionales.

Se analizó el impacto que la implementación de BIM<sup>2</sup> habría tenido en la planificación, el cronograma de obra y la administración de costos del proyecto. Asimismo, se evaluó cómo esta metodología habría facilitado la toma de decisiones en las etapas iniciales del diseño y cómo su integración con herramientas digitales puede contribuir a mejorar la calidad y eficiencia de la construcción.

### **1.4.2. Limitaciones**

Esta investigación se limitó al análisis de la planificación y ejecución del proyecto desde una perspectiva técnica, dejando fuera el estudio de su operación y mantenimiento a largo plazo.

El análisis estuvo basado en la revisión de documentos contractuales y en la simulación del proyecto a través del modelado digital en 3D, considerando también las variables de tiempo (4D) y costos (5D). Sin embargo, el estudio no profundizó en las demás dimensiones de BIM, como la gestión de sostenibilidad (6D) o el mantenimiento y operación del edificio (7D).

Asimismo, la investigación no contempló una reingeniería del proyecto original, sino que se centró en demostrar los beneficios potenciales de la metodología BIM dentro del esquema constructivo existente.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

- Desarrollar la adopción de BIM en cada una de las fases del proyecto, iniciando desde la planificación hasta la ejecución del Centro Municipal de Prevención Integral de Enfermedades Crónicas, Catastróficas y Discapacidades, con el propósito de identificar oportunidades para mejorar la eficiencia, anticipar posibles desafíos y promover una transformación significativa en el desarrollo de los proyectos relacionados con la construcción.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar las condiciones en las que se ejecutó de la construcción del Centro Municipal de Prevención Integral de Enfermedades Crónicas, Catastróficas y Discapacidades, es fundamental comprender el punto de partida, identificando fortalezas, debilidades y áreas de oportunidad en el proyecto en curso. Esta evaluación proporciona una base

sólida para medir el impacto de la implementación de metodologías BIM y realizar mejoras específicas y efectivas.

- Identificar y comprender la resistencia al cambio existente en el ámbito de la construcción, específicamente en relación con la incorporación de herramientas digitales avanzadas como el BIM<sup>2</sup>, reconocer las barreras culturales, técnicas y económicas que dificultan su adopción. Al comprender las razones que sustentan la resistencia, se pueden atender las inquietudes de los profesionales, promover la capacitación y demostrar los beneficios concretos de esta metodología para fomentar su aceptación.
- Implementar las tecnologías BIM<sup>2</sup> en cada fase del proyecto, desde la planificación y diseño hasta la ejecución y entrega, la adopción a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto<sup>2</sup> permite aprovechar al máximo sus capacidades, desde la detección temprana de conflictos hasta la optimización del uso de recursos y la construcción de una infraestructura de calidad.
- Evaluar el impacto de la implementación de BIM<sup>2</sup> en la eficiencia del proyecto, analizando la reducción de tiempos, la optimización de recursos y la mejora general en la calidad de la construcción, medir los resultados de la implementación es crucial para validar su efectividad y justificar la inversión en esta metodología. Al analizar la reducción de tiempos, la optimización de recursos y la mejora de la calidad, se pueden obtener datos concretos que demuestren sus beneficios y promuevan su adopción en futuros proyectos.



## 1.6. Metodología de Investigación

Esta investigación abordó la implementación estratégica de tecnologías BIM<sup>2</sup>, su alcance comprendió las diferentes fases del proyecto, desde la concepción inicial hasta la finalización de la edificación, abordando aspectos clave en el desarrollo del proyecto.

Se analizó la capacidad de BIM<sup>2</sup> para acelerar los plazos de ejecución, mejorar la coordinación entre equipos multidisciplinarios y optimizar las decisiones en tiempo real durante la construcción, así mismo, se examinó cómo la implementación estratégica de BIM pudo haber contribuido a la reducción de defectos constructivos, la mejora de la precisión en la elaboración de planos y la optimización de la coordinación entre las diferentes ingenierías de la obra.

En el contexto de la resistencia a la adopción del BIM<sup>2</sup>, se realizó un análisis exhaustivo de las barreras culturales y técnicas que enfrenta el ámbito de la construcción. Se buscó además estrategias concretas para superar estas resistencias y promover una integración exitosa de esta metodología.

Es fundamental destacar que este estudio se enfocó en el proyecto desde su fase de planificación y diseño, excluyendo aspectos relacionados con la operación y mantenimiento de la edificación. Del mismo modo, no abordó a profundidad la especificidad de políticas de salud o programas de prevención, concentrándose de manera exclusiva en las potenciales mejoras que la implementación estratégica de la simulación y representación de la edificación pudo haber ofrecido en la construcción de esta tipología de edificación.

La población a la cual está dirigido de estudio es aquella relacionada directamente con procesos de planificación, construcción y de gestión. Esto abarca a profesionales de la construcción, arquitectos, ingenieros, personal de salud, así como gestores de proyectos

involucrados en la planificación, diseño y ejecución. Además, se incluyen también estudiantes de pregrado y posgrado que cursan carreras afines.

Así mismo, también abarca a las instituciones gubernamentales, empresas de construcción y cualquier otra entidad que podría beneficiarse al tomar la decisión de generar proyectos con tecnologías BIM<sup>2</sup>. Estas herramientas son clave para optimizar tanto proceso de construcción como gestión de la infraestructura desde su concepción inicial.

Para realizar el estudio, se empleó una combinación de métodos para la recolección de datos, destacando entre ellos los siguientes:

#### ***1.6.1. Revisión de Documentos***

La revisión de los documentos precontractuales y contractuales del proyecto constituye un paso fundamental para una puesta en práctica efectiva de la metodología de modelación en proyectos de construcción. Este proceso contó con un análisis minucioso de los diversos elementos del proyecto, con la finalidad de optimizar los diseños, mejorar los procesos y disminuir tanto los costos y tiempos.

Siguiendo la metodología propuesta, se realizó el estudio de los siguientes documentos:

**Revisión de Diseños Arquitectónicos.** Se examinó detalladamente los planos arquitectónicos para identificar posibles conflictos o áreas de mejora que puedan ser optimizadas mediante su modelación.

**Evaluación de Planos Estructurales.** Se analizó la coherencia entre los diseños estructurales y arquitectónicos, buscando oportunidades para mejorar la eficiencia, reducir el uso de materiales y sobre todo identificar posibles conflictos.

**Verificación de Planos MEP.** Se revisó los planos de instalaciones mecánicas, eléctricas y de plomería para detectar interferencias mediante su modelado.

**Estimación de Ahorros Potenciales.** Por otro lado, se evaluaron los posibles ahorros que puede generar la implementación de esta tecnología, considerando la reducción de errores, la optimización de materiales e incremento en la eficiencia en la construcción.

**Verificación de Cumplimiento Normativo.** Se utilizó la modelación de la infraestructura para asegurar que el diseño y las especificaciones que cumplan con los códigos y regulaciones pertinentes.

**Centralización de Datos.** Se evaluó cómo esta tecnología puede facilitar la integración de toda la información del proyecto en un modelo centralizado y accesible para todas las personas y colectivos que están interesados, de un modo u otro.

**Mejora de la Colaboración.** Además, se analizó cómo la implementación de esta tecnología puede optimizar la colaboración entre los diversos equipos que participan en el proyecto, ampliando su comunicación.

**Simulación de Escenarios.** Así mismo, se evaluó diferentes escenarios y sus impactos en el proyecto utilizando las capacidades de simulación y modelado 3D.

La revisión detallada de estos documentos permitió una evaluación integral de qué manera, BIM<sup>2</sup> puede optimizar el diseño, mejorar los procesos constructivos y reducir significativamente los costos y tiempos del proyecto.

### ***1.6.2. Observación Directa y Modelado BIM***

La observación directa y el modelado tridimensional han sido ampliamente reconocidos como metodologías efectivas en la ingeniería civil, especialmente en lo que respecta a la evaluación de la planificación y ejecución de proyectos de construcción.

#### **Observación Directa como Método de Investigación.**

Se la considera como técnica de recolección de datos donde el investigador examina los procesos en tiempo real sin intervenir en ellos, lo que permite una comprensión más precisa del contexto y las condiciones bajo las cuales se desarrollan las actividades.

Según Angrosino (2007), este método es particularmente útil en investigaciones aplicadas en arquitectura e ingeniería, ya que proporciona información empírica sobre prácticas constructivas, dinámicas laborales y problemas que pueden surgir durante la ejecución del proyecto.

En estudios de optimización de procesos constructivos, la observación directa ha demostrado ser crucial para identificar desviaciones en la planificación y la ejecución en obra (Yin, 2018). Así mismo, Gómez & Pérez (2019) señalan que este enfoque ha sido validado en proyectos de infraestructura en países en desarrollo, donde la brecha entre planificación y ejecución tiende a ser significativa.

### **Modelado BIM como Herramienta Metodológica.**

BIM<sup>2</sup> se considera como un método basado en modelos digitales tridimensionales que integran información estructural, arquitectónica y MEP (mecánica, eléctrica y plomería) de un proyecto (Eastman et al., 2011). Succar (2010) destaca que la implementación de esta metodología en el desarrollo de proyectos ha sido objeto de un extenso análisis en la literatura académica; Se pone especial énfasis en su eficacia para mejorar la coordinación entre disciplinas, disminuir los errores de diseño y optimizar el proceso de decisión.

Desde una perspectiva metodológica, la incorporación de BIM<sup>2</sup> en la investigación permite realizar un análisis de interferencias ("clash detect"), evaluar inconsistencias en los planos y modelar escenarios alternativos antes de la ejecución de la obra (Azhar, 2011). Este enfoque ha sido validado en múltiples estudios de caso, como en la investigación de Gu &

London (2010) sobre la incorporación y puesta en práctica de BIM en proyectos de infraestructura<sup>4</sup> en Australia, donde se evidencia una reducción del 30% en los costos derivados de modificaciones en obra.

Además, estudios recientes han demostrado que el uso de BIM<sup>2</sup> durante la preconstrucción [*sic*] permite identificar problemas técnicos antes de que se traduzcan en costos adicionales o retrasos (Sacks et al., 2018). Esto respalda la necesidad de adoptar BIM como una metodología estándar en estudios para la mejora de procesos en los procesos de construcción.

### **Aplicación Metodológica en la Investigación.**

Para esta investigación, la combinación de la observación directa con el modelado tridimensional ha propiciado o permitió un enfoque holístico. De este modo, la observación de la obra ejecutada se complementa con la simulación de escenarios mediante modelación 3D. Este enfoque cuenta con el respaldo de investigaciones que evidencian su eficacia en la planificación de proyectos de construcción en América Latina. (Pärn et al., 2017)

La triangulación de métodos proporcionó una perspectiva completa sobre el estado de la infraestructura en análisis, lo que facilitó la identificación de fallos en el diseño y la ejecución. Además, permitió estudiar los costos derivados de los errores constructivos y proponer soluciones basadas en la simulación digital.

### **1.6.3. Métodos Cualitativos y Cuantitativos**

---

<sup>4</sup> Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry

El estudio abordó la magnitud de los problemas que radican en la falta de coordinación interdisciplinaria en proyectos de construcción y la existencia de inconsistencias entre planos arquitectónicos y estructurales, lo que generó sobrecostos y retrasos en la ejecución.

Para abordar esta problemática de manera rigurosa, fue necesario combinar métodos cualitativos y cuantitativos que permitan una comprensión integral del fenómeno estudiado.

### **Método Cualitativo.**

Los métodos cualitativos permitieron comprender en profundidad los factores organizativos, técnicos y humanos que afectan la implementación de esta tecnología en el contexto del estudio. Este enfoque resulta idóneo para analizar la percepción de los distintos actores implicados en el proyecto, tales como arquitectos, ingenieros, constructores y gestores. Además, permite identificar las barreras y resistencias al cambio en la implementación de tecnologías avanzadas.

Según Creswell (2013), los métodos cualitativos son fundamentales en investigaciones donde se busca explorar fenómenos complejos que no pueden ser cuantificados fácilmente. En este caso, se utilizará la observación directa y el análisis documental como herramientas cualitativas clave para identificar:

- Inconsistencias en el diseño, planificación y estructura del proyecto.
- Problemas de coordinación interdisciplinaria y comunicación entre actores.
- Falencias en la integración de tecnologías digitales en la construcción.

La observación directa ha sido ampliamente utilizada en estudios sobre procesos constructivos y gestión de proyectos (Angrosino, 2007), esto ayudó a capturar en tiempo real el impacto de las decisiones técnicas y la interacción de los equipos de trabajo en la obra. En este

contexto, se registraron aspectos como la ejecución de actividades en campo, el uso de tecnologías digitales y la efectividad de las estrategias de coordinación.

De igual manera, se llevó a cabo un análisis documental que abarcó los diseños arquitectónicos y estructurales, así como los cronogramas y los presupuestos. Este método permitió evaluar la coherencia entre los diferentes documentos del proyecto y detectar discrepancias que puedan impactar la ejecución.

### ***Sustento Teórico.***

Estudios previos han demostrado que la investigación cualitativa en la construcción es clave para comprender los factores humanos y organizacionales que afectan la adopción de nuevas metodologías. (Dainty et al., 2007)

En particular, la implementación de esta metodología implica un cambio significativo en la manera en que los equipos de trabajo colaboran. Por tanto, el análisis cualitativo es esencial para identificar desafíos y oportunidades en este proceso. (Gu & London, 2010)

### **Método Cuantitativo.**

El enfoque cuantitativo resulta fundamental para analizar el efecto que tiene la implementación de esta tecnología en términos de eficiencia del proyecto, la optimización de tiempo y presupuesto en la ejecución. Se utilizaron herramientas estadísticas y estudio de datos para evaluar métricas clave, tales como:

- Disminución de tiempos de construcción en comparación con proyectos similares esta tecnología.
- Diferencias en costos iniciales vs. costos finales debido a errores detectados mediante el modelado de la edificación.

- Número de conflictos detectados en el diseño del proyecto tanto antes, durante y después de la modelación.

El análisis de datos cuantitativos se complementó con la simulación de escenarios a través del modelado de la edificación, lo que posibilitó la comparación de los resultados alcanzados con los datos históricos de la construcción tradicional. De acuerdo con Sacks et al. (2018) la implementación de la metodología BIM en proyectos de carácter público ha demostrado una reducción de costos del 10% al 20%, lo que sustenta su efectividad en la optimización de procesos constructivos.

Para el análisis de la información, se utilizó herramientas tanto de estadística descriptiva como de estadística inferencial, lo que facilitó llevar a cabo comparaciones objetivas sobre el rendimiento del proyecto con BIM o sin él. Este enfoque se fundamenta en investigaciones anteriores que han utilizado modelos cuantitativos para evaluar el efecto de esta metodología en la eficiencia de la construcción. (Pärn et al., 2017)

### ***Sustento Teórico.***

El enfoque cuantitativo ha sido utilizado en múltiples estudios sobre BIM, donde se ha demostrado su eficacia para evaluar impactos en tiempo, costos y calidad de la construcción (Eastman et al., 2011). En particular, Azhar (2011) destaca que la cuantificación de beneficios mediante modelos de simulación permite una mejor formulación de decisiones informadas en la industria AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción).

### **Integración de Métodos Cualitativos y Cuantitativos: Enfoque Mixto.**

Dado que el propósito de esta investigación es analizar las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo el proyecto mediante la incorporación de la modelación de la infraestructura, resulta pertinente emplear un enfoque mixto que integre tanto metodologías cualitativas como



cuantitativas. Este enfoque es ampliamente recomendado en estudios sobre innovación tecnológica en la construcción, puesto que ofrece diversas ventajas:

- Analizar factores cualitativos relacionados con la adopción y resistencia a la implementación.
- Evaluar indicadores cuantificables de eficiencia en términos de costos, tiempos y calidad constructiva.

La combinación de estos métodos ofrece una perspectiva integral del problema, facilitando la identificación de tendencias y patrones que escaparían a la vista si se utilizara únicamente un enfoque metodológico. Según Creswell & Plano Clark (2018), la incorporación de técnicas cualitativas y cuantitativas en investigación aplicada fortalece la veracidad de los resultados y facilita una interpretación más clara de los hallazgos.

La elección de enfoques cualitativos y cuantitativos en esta investigación se justifica plenamente debido a la naturaleza multidimensional del problema estudiado. La observación directa y el análisis documental permitieron comprender los desafíos organizativos en la adopción la metodología BIM, mientras que el estudio de los datos cuantitativos proporciona una evidencia objetiva que demuestra su influencia en la mejora continua del proyecto. La combinación de estos enfoques fortaleció la validez de los hallazgos y proporcionó una base científica para fundamentar las decisiones en la administración de proyectos de construcción.

## **Capítulo 2**

### **Marco Teórico**

#### **2.1 Gestión y Planificación de Proyectos en el Sector Público**

La planificación de proyectos relacionados con la construcción de edificaciones es fundamental para garantizar su finalización exitosa, cumpliendo con el presupuesto y el plazo

establecido. Cada proyecto busca atender las necesidades de los beneficiarios, adaptándose a los requerimientos particulares de cada situación.

### ***2.1.1. Características de los Proyectos Públicos***

Los proyectos públicos de construcción poseen características distintivas que los diferencian de los privados. Estos proyectos son financiados con fondos gubernamentales, lo que les obliga a adherirse a normativas y procedimientos específicos para asegurar la transparencia y el uso adecuado de los recursos. Además, están sujetos a regulaciones locales y estatales, incluyendo requisitos de permisos, licencias y el cumplimiento de códigos de construcción.

Dado su impacto significativo en la comunidad, es primordial ejecutar una evaluación del impacto ambiental y social antes de iniciar su ejecución. Con frecuencia, estos proyectos promueven la participación ciudadana en el desarrollo de planeamiento, brindando a los ciudadanos la oportunidad de participar con sus opiniones y preocupaciones.

Los proyectos públicos también suelen tener plazos y presupuestos rigurosos que deben respetarse para evitar sobrecostos y retrasos, lo que requiere una estrategia de planificación meticulosa. Estas características convierten la planificación y ejecución de proyectos de construcción públicos en un proceso complejo, pero esencial para el desarrollo urbano y el bienestar social.

La fase de planificación de un proyecto de construcción pública en el Ecuador enfrenta una serie de desafíos que pueden influir en el desarrollo constructivo. La participación de múltiples partes interesadas, como autoridades gubernamentales, ciudadanos y contratistas, puede complicar la coordinación y el flujo de comunicación. Además, el financiamiento muchas veces conlleva restricciones presupuestarias que limitan las opciones disponibles para el

proyecto. Esto hace que sea esencial una planificación meticulosa para asegurar que se cumpla su objeto dentro de los límites económicos establecidos.

La elaboración de proyectos de edificación en el sector público enfrenta varios problemas, debido a los procesos administrativos que a menudo son lentos y complicados, lo que provoca el retraso en la aprobación de proyectos.

La falta de estudios previos o de una planificación adecuada, resultan en diseños que no se adaptan a las necesidades reales, esto sumado a la escasez de personal calificado o de capacitación adecuada puede afectar la calidad y eficiencia del proyecto.

Las modificaciones en la administración pública o en las políticas consiguen desviar el enfoque y la financiación de ciertos proyectos.

Según Al-Harhi (2014), resolver estos problemas requiere una gestión eficiente, una planificación adecuada y un enfoque colaborativo. Esto es fundamental para asegurar resultados positivos en el desarrollo de proyectos de infraestructura en el sector público, donde el principal cliente principal es el Estado. Este debe desempeñar un papel protagónico en los proyectos, al igual que lo hacen los clientes en el sector privado. Además, el Estado necesita involucrarse activamente en los acontecimientos de los proyectos, en lugar de limitarse a dar órdenes sobre lo que se debe hacer.

Todo proyecto de infraestructura pública debe cumplir con tres metas esenciales: alcance, costo y tiempo. En muchos casos, el tiempo se convierte en el aspecto más crítico y, a menudo, el más difícil de gestionar.

Los retrasos en estos proyectos surgen por diversas razones. Una de las más comunes es la falta de coordinación entre el contratista y la fiscalización. Además, otro factor que influye negativamente es la participación limitada del Estado en los procesos de diseño y construcción.

Cuando el Estado confía demasiado en sus consultores, puede perder la capacidad de tomar decisiones técnicas informadas, lo que afecta el desarrollo del proyecto en su conjunto.

### ***2.1.2. Diseño de Proyectos de Construcción con Programas Tradicionales***

Pons Achell (2020) en su publicación denominada “Por qué falla la gestión tradicional de proyectos: claves para el éxito” menciona que, la gestión tradicional de proyectos en la industria de la Arquitectura, la Ingeniería y la Construcción (AEC) ha mostrado ser poco. Mientras que otras industrias, como la automotriz, comenzaron a adoptar nuevas filosofías de producción y gestión a finales de los años 80, la AEC ha permanecido estancada, aferrándose a los mismos sistemas de gestión durante décadas. Diversos estudios publicados en los últimos veinte años sitúan a esta industria en los últimos lugares de los rankings en aspectos cruciales como productividad, eficiencia, calidad, seguridad y el aprovechamiento de nuevas tecnologías.

Los fabricantes de software se esforzaban por replicar los instrumentos de diseño tradicionales, con el objetivo de crear sistemas digitales que, con más o menos éxito, reemplazarían a estos instrumentos que fueron fundamentales en el desarrollo de gran parte de la ingeniería de nuestros antepasados. (Sierra, 2016)

La escuela de negocios para ingenieros y arquitectos IDESIE BUSINESS SCHOOL SL (2020) señala que el método tradicional ha estado presente desde los inicios de la ingeniería y la arquitectura, perdurando a lo largo de varios siglos. En aquel entonces, ingenieros, arquitectos y especialistas empleaban herramientas clásicas como hojas de papel y tinta. Sin embargo, a mediados del siglo XX comenzó a gestarse una transformación significativa en la forma de realizar dibujos y cálculos. La introducción de sistemas CAD marcó un antes y un después en la industria de la construcción, ya que permitió una optimización notable en los tiempos y costos de los proyectos relacionados con la ingeniería.

La introducción del CAD supuso un avance significativo con relación al diseño por ordenador, ya que con él se podían calcular mediciones, dibujar planos o realizar presupuestos, para finalmente, y mediante programas de diseño 3D, poder obtener virtuales del diseño. Sin embargo, no tuvo la misma incidencia ni relevancia con relación al dibujo a mano realizado por los arquitectos, ya que los procesos cognitivos asociados al diseño de plantas, alzados y detalles de los edificios no sufrieron alteración ni cambio. (Herrero Domínguez, 2020, p. 12)

Las metodologías tradicionales de gestión de proyectos han constituido, desde hace mucho tiempo, el estándar en la industria. Estos enfoques se caracterizan por seguir un modelo secuencial y planificado, en el cual cada fase del proyecto se completa de forma ordenada antes de avanzar a la siguiente etapa. (¿Qué es Scrum?, 2023)

En el enfoque tradicional de diseño por medio de CAD, arquitectos, ingenieros estructurales e ingenieros de instalaciones trabajan con dibujos en 2D de manera aislada, centrados únicamente en los elementos de su responsabilidad. Esta forma de operar limita la comunicación y la coordinación entre los diferentes profesionales que participan en un mismo proyecto, lo que da lugar a interferencias que, aunque parecen inevitables, podrían anticiparse mediante una comunicación efectiva, continua y coordinada antes de la fase de inicio de la construcción. (Sierra, 2016, p. 4)

A pesar de su reconocida capacidad y utilidad de diseño, el software AutoCAD presenta algunas carencias o debilidades, como la dificultad para trabajar de forma colaborativa en diversas disciplinas y con diferentes profesionales. Ello significa que por cada disciplina implicada en el proyecto (cálculo de estructura, ingeniería de instalaciones, construcción, mediciones, etc.) es necesario remitir los planos del proyecto a los diferentes responsables de cada área o disciplina. Ello supone en la práctica que cualquier modificación, cambio o reforma

realizada sobre la base de una disciplina en el proyecto implica modificaciones en el resto de las disciplinas, dando lugar en muchos casos a desajustes, fallos e incongruencias en el ciclo de ejecución. (Herrero Domínguez, 2020, p. 12).

Loaiza et al. (2022) señalan en su estudio considera que durante la construcción tradicional se divide en tres fases fundamentales; diseño, proyección y ejecución de la obra. Sin embargo, la fase más crítica es la de diseño, que se realiza comúnmente utilizando software CAD para elaborar planos arquitectónicos, sanitarios, eléctricos y estructurales. Es en esta fase es cuando se toman decisiones clave que influirán en la correcta ejecución del proyecto, permitiendo identificar problemas y proponer soluciones que eviten retrasos, aumentos en las cantidades y, por ende, en los costos.

El manejo del CAD en el área de la arquitectura sigue siendo una base sólida para el diseño de elementos, pero cada vez tendrá menos sentido dedicar horas y horas a un laborioso proceso, cuando un modelo BIM permite una mayor rapidez en el desarrollo dicho trabajo. (Herrero Domínguez, 2020, p. 12)

**Tabla 1**

*Diseño de proyectos en el sector público con programas tradicionales*

No.	Actividad	Software/Equipo
1	Levantamiento topográfico	Estación total AutoCAD
2	Modelación espacial	AutoCAD
3	Estudios estructurales	AutoCAD, SAP 2000
4	Estudios hidrosanitarios	AutoCAD

*Nota.* (Tapia, 2025).

A medida que los proyectos de construcción adquieren mayor complejidad, la aplicación de métodos tradicionales en cada uno de sus aspectos se vuelve cada vez más lenta, susceptible a errores e ineficiente.

IDESIE BUSINESS SCHOOL SL (2020) señala que, una de las características del método tradicional es la secuencia de trabajo de los diferentes actores involucrados en un proyecto, lo que a menudo genera una serie de problemas, muchos de los cuales surgen en las fases posteriores del ciclo de vida de una construcción.

Un inconveniente de este enfoque es que las representaciones no están interconectadas, lo que significa que cada una actúa como un modelo independiente. Si se requiere realizar alguna modificación, es necesario actualizar cada representación de manera individual. Además, si por descuido se omite alguna modificación, esto puede dar lugar a problemas adicionales, ya que cualquier incidencia, ya sea por la interacción entre elementos o por un problema de mayor envergadura, puede reflejarse en el momento de la construcción. (IDESIE BUSINESS SCHOOL SL, 2020)

Según Astaroga Molina (2021), en la metodología tradicional, cada fase del proceso de diseño, planificación y construcción es gestionada por diferentes empresas, personas o técnicos especializados. Esta división de responsabilidades provoca una reducción en la interacción entre las partes implicadas, consecuentemente, extiende el tiempo de desarrollo del proyecto.

Entre las causas más comunes que se pueden identificar al utilizar herramientas tradicionales, se pueden señalar las siguientes:

- Estudios incompletos, mínimamente analizados, con una falta de detalles constructivos.
- Problemas en el cálculo de cantidades de obra y mediciones.
- Incremento de costos.
- Satisfacción del cliente.
- Descoordinación entre los distintos integrantes del grupo de diseño con el equipo de construcción, quienes participan en momentos y espacios distintos.
- Incumplimiento de plazos.
- Dificultad o demora en la identificación de problemas.

Las carentes de decisiones por tomar responsabilidad con la transferencia información clara entre los miembros involucrados, es una limitante grande preliminar al momento de iniciar el proyecto, ya que varias disciplinas pueden tomar caminos distintos según la conveniencia del oficio. Implementando correctas estrategias e incluyendo tecnología en la coordinación de equipos, se puede llegar a tener una favorabilidad del 20% al 30% ganado del total de tiempo para el proyecto. (Loaiza et al., 2022, p. 16)

El enfoque tradicional de la dirección de proyectos se centra en procesos lineales, una rigurosa documentación, planificación anticipada y la priorización de tareas. En este modelo, el plazo de contractual como el presupuesto son variables, mientras que los requisitos o metas a alcanzar se mantienen fijos. Esta característica conlleva, con frecuencia, a problemas relacionados con el presupuesto y los plazos de entrega. Cada ciclo en el desarrollo del proyecto cuenta con herramientas y técnicas específicas, establecidas por las pautas del estándar PMBOK. (Rodelgo, 2019)



Los procesos en proyectos de construcción suelen ser desintegrados y poseen un ciclo de vida complejo. Durante su desarrollo, se enfrentan a una serie de secuencias que requieren una extensa documentación y exigen la colaboración de diversas organizaciones a fin de realizar tareas específicas dentro del alcance y los objetivos del proyecto. Esta gran cantidad de documentación y su intercambio pueden llegar a fragmentarse en algún momento entre los diferentes interesados. (Al-Ashmori et al., 2020)

En el marco comparativo entre las metodologías tradicional vs ágil para la gestión de proyectos, Álvarez Martell et al. (2021) señala que las metodologías tradicionales continúan siendo empleadas en el desarrollo de software, gracias a su enfoque en buenas prácticas, así como en el control y seguimiento de cada uno de sus componentes. Sin embargo, las ventajas que ofrecen las metodologías ágiles en términos de tiempo y costo han desplazado a las anteriores. La presión sobre los desarrolladores ha sido tan significativa que muchos de ellos han optado por adoptar, e incluso crear, nuevas metodologías de desarrollo.

## 2.2. Requerimientos Mínimos Para Centros de Enfermedades Catastróficas

**El artículo 35 de la Constitución de la República del Ecuador<sup>5</sup> dispone que las personas que sufran de enfermedades catastróficas o de alta complejidad tendrán derecho a recibir atención prioritaria y especializada tanto en el sector público como en el privado.**

---

<sup>5</sup> CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA, Art. 35.-Las personas adultas mayores, niñas, niños y adolescentes, mujeres embarazadas, personas con discapacidad, personas privadas de libertad y quienes adolezcan de enfermedades catastróficas o de alta complejidad, recibirán atención prioritaria y especializada en los ámbitos público y privado. La misma atención prioritaria recibirán las personas en situación de riesgo, las víctimas de violencia doméstica y sexual, maltrato infantil, desastres naturales o antropogénicos. El Estado prestará especial protección a las personas en condición de doble vulnerabilidad.

Los establecimientos de salud son instalaciones esenciales destinadas a proporcionar atención de salud con calidad y calidez.

La obligación de brindar una atención adecuada a los usuarios del servicio abarca aspectos técnicos, tecnológicos, administrativos y éticos. Estas demandas deben ser cumplidas en todo momento y bajo cualquier circunstancia. (OPS, 2015)

Según García (2022), un centro de salud, hospital, clínica, o edificación encargada de brindar un servicio de atención médica, es uno de los edificios que conlleva un análisis complejo y profundo de realizar. Por tal motivo un buen diseño de estos es sin duda un área arquitectónica mucho más segura. Con el transcurso del tiempo la arquitectura especializada en atención hospitalaria ha venido evolucionando no solo estéticamente, sino principalmente para efectos de adaptación ante agentes externos, no necesariamente de carácter arquitectónicos, pero que han provocado cambios tipológicos promovidos principalmente por cambios sociales o científicos, así como también por efectos de nuevas enfermedades, y la necesidad funcional para confrontarlas en un ambiente adecuado. (García, 2022)

Para el OPS (2015), los aspectos de vulnerabilidad funcional u organizacional se refieren a la distribución y relación entre los espacios arquitectónicos y los servicios médicos y de apoyo dentro de un establecimiento de salud. Esto abarca también los procesos administrativos, las contrataciones, las adquisiciones, las rutinas de mantenimiento y las relaciones de dependencia tanto física como funcional entre las diversas áreas que componen la institución. (p. 11)

El diseño arquitectónico especializado en la atención hospitalaria, actualmente se enfoca principalmente en contener un carácter funcional, que corresponda de manera favorable a través de espacios que apliquen medidas de accesibilidad universal. Las mismas que son un eje fundamental para determinar edificaciones inclusivas, y que nos permitan conocer a profundidad

las necesidades espaciales de todos los usuarios que visiten la edificación proyectada. (García, 2022, p. 9)

Los establecimientos de salud, y en especial los hospitales, son edificaciones complejas; en ellas las personas comen, duermen, estudian, trabajan, visitan, esperan, caminan, ríen y lloran, nacen, viven y mueren, enferman y sanan (Cedrés de Bello, 2001, p. 35).

En el transcurso de los años, Ecuador ha transcurrido un proceso de ordenamiento en cuanto a los equipamientos arquitectónicos de salud pública. Inicialmente, estos eran basados en suplir modelos de atención definidos por la necesidad de “curar enfermedades”, lo que dejaba como consecuencia el déficit de infraestructuras y propuesta de diseños arquitectónicos, los mismos que no contaban con un carácter funcional y estético adecuado. (García, 2022, p. 10)

Actualmente, todos los centros hospitalarios a construirse deben cumplir con los requerimientos específicos que implica cada nivel de atención, de tal manera poder garantizar a todos los ciudadanos de una ciudad, cantón o parroquia el contar con una edificación con normativas aplicadas según el número de habitantes, y requerimientos funcionales a cumplir. (García, 2022, p. 11)

Tal como una pequeña ciudad, los hospitales tienen: avenidas, calles y callejones, un poderoso sistema de comunicaciones, una complicada red de instalaciones y se encuentran en cambios continuos. Todos estos aspectos afectan la sensibilidad de las personas. Las condiciones físicas del ambiente afectan esa sensibilidad, facilitan u obstaculizan, alivian o empeoran la situación de cada individuo. Son aspectos cuantitativos que determinan factores cualitativos. (Cedrés de Bello, 2001, p. 35)

Establecer los parámetros técnicos estandarizados frente al diseño, construcción y dotación es esencial para optimizar los recursos económicos disponibles, en la inversión para

disminuir el plazo de ejecución y asegurar el correcto funcionamiento, tanto estructural como no estructural y sobre todo funcional. Esto incluye garantizar no solo la calidad de la atención brindada, sino también la seguridad de los usuarios. <sup>6</sup>(OPS, 2015, p. 11)

Las exigencias básicas para cualquier ambiente es que se adapte a los requerimientos de sus usuarios. Muchos conceptos se han utilizado para expresar esa interacción entre el ser humano y su entorno, compatibilidad, congruencia, habitabilidad, etc. (Cedrés de Bello, 2001, p. 35).

---

<sup>6</sup> OPS, Organización Panamericana de la Salud

**Tabla 2***Requerimientos técnicos mínimos*

ZONAS	REQUERIMIENTOS AMBIENTES	CANT.	DESCRIPCIÓN	ACCESIBILIDAD	SERVICIOS			
					LUZ	AGUA	WI FI	TEL F.
RECEPCIÓN, SALIDAS Y DESCANSO	Ingreso principal	1	Ingreso de pacientes, familiares, personal administrativo, de salud, mantenimiento y limpieza	Público	Si	No	Si	No
	Salida de emergencia	3	Vía de escape para situaciones de riesgo	Público	Si	No	Si	No
	Hall	1	Zona de conexión entre la entrada principal, la recepción y admisión.	Público	Si	No	Si	No
ÁREA ADMINISTRATIVA	Administración	1	Espacio físico previsto para la administración	Personal autorizado	Si	No	Si	Si
	Sala de reuniones	1	Espacio para reuniones de equipo, presentaciones, y negociaciones	Personal autorizado	Si	No	Si	No
	Boticario	1	Espacio para la dispensación de medicamentos	Personal autorizado	Si	Si	Si	Si
	Bodega	1	Espacio utilizado para almacenar productos, mercancías o materiales en general	Personal autorizado	Si	No	Si	No
	Cuarto de máquinas	1	Espacio específico de maquinaria necesaria para el funcionamiento de ascensores y otros sistemas de mecánicos e hidráulicos	Personal autorizado	Si	No	Si	No

Cuarto de limpieza	1	Espacio dedicado al almacenamiento de productos de limpieza y al mantenimiento.	Personal autorizado	Si	No	Si	No
Sala de alerta	1	Espacio crítico diseñado para la monitorización y respuesta a situaciones de emergencia y eventos de salud	Público y personal autorizado	Si	No	Si	Si
Trabajo social	1	Espacio para identificar las necesidades sociales, económicas y emocionales de los usuarios y familiares	Público y personal autorizado	Si	No	Si	Si
Archivo	1	Espacio para la gestión, almacenamiento y conservación de documentos y de atención médica.	Personal autorizado	Si	No	Si	No
Baños, duchas y vestidores	2	Espacio privado y cómodo para que los usuarios de hidroterapia se cambien para sus tratamientos.	Público y personal autorizado	Si	Si	Si	No
Baterías sanitarias	4	Espacio para la disposición de los artefactos sanitarios para el funcionamiento de los servicios higiénicos.	Público	Si	Si	Si	No
Baños personales	5	Espacio que típicamente contiene solo un inodoro y un lavabo	Público	Si	Si	Si	No
Baños personas con discapacidad	4	Espacio con diseño y equipamiento para garantizar la inclusión y la seguridad de todos los usuarios.	Público	Si	Si	Si	No
Sala de audiovisuales y capacitación	1	Espacio diseñado para la formación y el aprendizaje con la utilización de tecnología audiovisual.	Público y personal autorizado	Si	No	Si	No

ÁREAS DE ESPECIALIDADES Y LABORATORIOS	Cuarto de rack y vigilancia	1	Espacio dedicado a albergar equipos de red, telecomunicaciones y sistemas de seguridad.	Personal autorizado	Si	No	Si	No
	Pozo de luz	2	Espacio o cavidad arquitectónica que permita la entrada de luz natural en el interior del edificio.	Público	No	No	Si	No
	Terapia respiratoria	1	Espacio para brindar tratamiento y rehabilitación a pacientes con enfermedades o trastornos del sistema respiratorio.	Público y personal autorizado	Si	Si	Si	Si
	Sala de cuidado autónomo y colaborativo	1	Espacio que facilita la atención de salud, donde se promueve tanto la autonomía del paciente como la colaboración entre profesionales de la salud.	Público y personal autorizado	Si	Si	Si	Si
	Terapia y rehabilitación física	1	Espacio destinado para tratamientos de los pacientes que promueva el recuperar sus funciones físicas y mejorar su calidad de vida tras lesiones, cirugías o enfermedades.	Público y personal autorizado	Si	No	Si	Si
	Hidroterapia	1	Espacio diseñado para el tratamiento y rehabilitación de pacientes a través del uso terapéutico del agua.	Público y personal autorizado	Si	Si	Si	No
	Sala multisensorial	1	Espacio para estimular los sentidos de las personas, especialmente aquellas con diversidad funcional o necesidades de apoyo generalizado.	Público y personal autorizado	Si	No	Si	Si

Terapia educativa	1	Espacio para ayudar a los estudiantes a superar dificultades de aprendizaje y desarrollar habilidades académicas y de estudio	Público y personal autorizado	Si	No	Si	Si
Terapia de lenguaje	1	Espacio para la evaluación, diagnóstico y tratamiento de trastornos relacionados con la comunicación, el habla y el lenguaje	Público y personal autorizado	Si	No	Si	Si
Taller de atención psicológica	1	Espacio para apoyo emocional y psicológico, facilitando la intervención y el aprendizaje en el manejo de problemas psicológicos.	Público y personal autorizado	Si	No	Si	Si
Taller de terapias alternativas	1	Espacio para la enseñanza y práctica de modalidades de terapias alternativas, como la acupuntura, la aromaterapia, el reiki, entre otras	Público y personal autorizado	Si	Si	Si	Si
Taller de promoción de la educación	1	Espacio para facilitar actividades educativas que fomenten el aprendizaje, la participación y la mejora de habilidades en los usuarios.	Público y personal autorizado	Si	No	Si	Si
Estimulación temprana	1	Espacio para fomentar el desarrollo integral de los niños desde su nacimiento hasta los seis años.	Público y personal autorizado	Si	No	Si	Si
Taller de alimentación saludable	1	Espacio para enseñar y poner en práctica hábitos alimenticios saludables.	Público y personal autorizado	Si	Si	Si	Si



AREA DE CIRCULACIÓN	Sala de lectura	1	Espacio para fomentar la lectura y el aprendizaje, proporcionando un ambiente cómodo y acogedor donde las personas pueden disfrutar de libros, revistas y otros materiales de lectura.	Público y personal autorizado	Si	No	Si	No
	Taller de terapia ocupacional	1	Espacio para facilitar actividades que ayudan a desarrollar habilidades para realizar actividades de la vida diaria.	Público y personal autorizado	Si	No	Si	Si
	Circulación horizontal: Pasillos, corredores, distribuidores de espacio.	6	Espacios para facilitar el movimiento de los usuarios en la edificación sin cambiar de nivel, como pasillos, distribuidores de espacio.	Público	Si	No	Si	No
	Circulación vertical: ascensor y gradas peatonales y de emergencia	3	Espacios y elementos arquitectónicos que permiten el desplazamiento de personas y materiales entre diferentes niveles de la edificación.	Público	Si	No	Si	No

*Nota. Requerimientos técnicos mínimos para el diseño de centros de prevención de enfermedades crónicas, catastróficas y discapacidades (Tapia, 2025).*

### **2.2.1. Criterios de Diseño**

La seguridad, el ambiente físico debe tratar de salvaguardar la sensibilidad personal y dignidad humana de los pacientes y sus familiares, tratar de aminorar sus ansiedades y preocupaciones, especialmente en aquellos casos donde los pacientes y sus familiares estén atravesando momentos difíciles. Esto se puede considerar al momento de seleccionar la ubicación de los ambientes, las visuales, los acabados, el mobiliario, la percepción de los sonidos. (Cedrés de Bello, 2001, p. 36)

La privacidad es fundamental para los pacientes que reciben ciertos tipos de tratamiento, ya que la sensación de aislamiento, de no ser visto ni oído, y el contacto limitado son aspectos cruciales de su bienestar. El entorno físico, incluyendo el tamaño de los espacios, debe garantizar niveles adecuados de privacidad y segregación: privado, semiprivado y público. (Cedrés de Bello, 2001, pp. 36–37)

Cada hospital o centro de salud definirá su propio programa médico arquitectónico considerando los criterios de: demanda actual y proyectada de los pacientes que acuden a Emergencia, la complejidad del hospital y la accesibilidad del mismo (Alatrística de Bambaren et al., 2001).

En los aspectos generales se debe considerar todas aquellas condiciones que se van a traducir en el diseño, el mismo que va a tener incidencia en el funcionamiento de la unidad como son:

- Optimización del recurso humano
- Optimización del trabajo técnico en los diferentes ambientes
- Optimización de las condiciones de confort de los usuarios: interno y externos
- Reducción de la vulnerabilidad

Todas estas condiciones se han organizado en criterios que deben ser tomados en cuenta al planificar y diseñar la unidad. Entre estos criterios se encuentran los técnico-funcionales, los relacionados con el confort, los vinculados al mantenimiento y aquellos que buscan reducir los riesgos de vulnerabilidad, entre otros. (Alatrística de Bambaren et al., 2001).

Tabla 3

## Programación arquitectónica

ZONA	AMBIENTE ESPACIO	ACTIVIDAD	EQUIPAMIENTO			ÁREA EQUIPAMIENTO						ÁREA CIRCUCACIÓN		ÁREA DE USO M2	
			FIJO	CA NT.	MOVIL	CA NT.	A	L	M2	A	L	M2	FIJO		MOVIL
RECEPCIÓN Y DESCANSO	Ingreso principal	Espera	-	Bancas	4				0.63	3.26	8.22			10.60	22.09
		Recepción	-	Escritorio	1				0.60	2.10	1.26			3.28	4.77
		Recepción	-	Silla	2				0.60	0.63	0.76			0.78	3.14
	Salida de emergencia Hall	Salida rápida Ingreso			3									13.50	13.50
			Bancas	2			0.5	2.2	2.2					2.86	6.36
													1.30		
ÁREA ADMINISTRATIVA	Oficina administrativa	Gestión documental	-	Escritorio	1				0.60	2.10	1.26			2.73	4.77
			-	Silla	3				0.60	0.63	1.13			0.78	4.70
			-	Sofá	2					0.63	1.90	2.39			1.23
	Sala de reuniones	Reuniones	-	Mesa	1				1.10	1.70	1.87			2.47	1.87
			-	Silla	6				0.60	0.63	2.27			1.64	11.86
Boticario	Manejo de sustancias	Mesón	2			0.6	4.2	5.0					4.68	10.50	
								4							

Bodega	Material de librería			Material de librería	1				1.00	2.00	2.00		1.30	3.30
Cuarto de máquinas	Suministro de agua	Bomba de agua	1			0.45	0.67	0.27					0.39	0.66
	Suministro de agua	Tanque hidroneumático	1			0.65	0.65	0.42					0.42	0.85
Cuarto de limpieza	Almacenamiento de equipos de limpieza			Material y equipos de limpieza	1				1.00	2.00	2.00		1.30	3.30
Sala de alerta	Monitorear y gestionar situaciones de emergencia			Escritorio	1				0.60	2.10	1.26		2.73	4.77
				Silla	3				0.60	0.63	1.13		1.23	4.70
				Camilla	1				0.72	1.90	1.37		1.24	3.54
Trabajo social	Apoyo y asistencia			Escritorio	1				0.60	2.10	1.26		2.73	4.77
				Silla	3				0.60	0.63	1.13		1.23	4.70
Archivo	Organización y conservación documental			Estanterías	2				0.60	1.70	2.04		4.42	8.02
Baños, duchas y vestidores	Aseo previo y pos-piscina	Sanitarios	4			0.36	0.66	0.95					0.94	5.32
			4					0.5					2.34	4.54

		Lavama nos		0.4 5		0.9 0		1.30	
		Urinario s	2	0.3 5	0.3 5	0.2 5		1.37	1.61
		Duchas	4	0.7	0.7			1.96	1.96
Baterías sanitarias	Aseo PB	Sanitario s	5	0.3 6	0.6 6	1.1 9		1.17 4.29	6.65
		Lavama nos	6	0.4 5	0.5 5	1.3 5		3.51 1.95	6.81
		Urinario s	2	0.3 5	0.3 5	0.2 5		1.37	1.61
	Aseo PA	Sanitario s	5	0.3 6	0.6 6	1.1 9		1.17 4.29	6.65
		Lavama nos	6	0.4 5	0.5 5	1.3 5		3.51 1.95	6.81
		Urinario s	2	0.3 5	0.3 5	0.2 5		1.37	1.61
Baños personales	Aseo PB	Sanitario s	4	0.3 6	0.6 6	0.9 5		0.94 3.43	5.32
		Lavama nos	4	0.4 5	0.5 0	0.9 0		2.34 1.30	4.54
		Sanitario s	1	0.3 6	0.6 6	0.2 4		0.23 0.86	1.33
	Aseo PA	Lavama nos	1	0.4 5	0.5 3	0.2 3		0.59 0.33	1.14
		Sanitario s	3	0.3 6	0.6 6	0.7 1		2.77 1.51	5.00
		Lavama nos	3	0.4 5	0.5 5	0.6 8		1.89 2.10	4.67
Baños personas con discapacidad	Aseo PB	Duchas	1	0.7	0.7			0.49	0.49
		Aseo PA	1					0.50	1.67

			Sanitarios			0.36	0.66	0.24			0.92		
			Lavamanos	1		0.45	0.53	0.23			0.63	1.56	
	Sala de audiovisuales y capacitación	Audiovisuales y capacitación		Escritorios múltiples 3Pu	1				0.7	2.4	1.68	3.12	5.26
												0.46	
				Escritorios múltiples 4Pu	3				0.7	3.2	6.72	12.48	20.57
												1.37	
				Escritorio	1				0.60	2.10	1.26	2.73	4.77
				Silla	16				0.60	0.63	6.05	6.55	25.08
												12.48	
	Cuarto de rack y vigilancia	Vigilancia		Escritorio	1				0.60	2.10	1.26	2.73	4.77
				Silla	2				0.60	0.63	0.76	0.82	3.14
												1.56	
	Pozo de luz	Iluminación natural										54.00	54.00
ÁREAS DE ESPECIALIDADES Y LABORATORIOS	Terapia respiratoria	Atención y toma de datos		Escritorio	1				0.60	2.10	1.26	2.73	4.77
				Silla	3				0.60	0.63	1.13	1.23	4.70
												2.34	
		Atención médica		Camillas	3				0.72	1.90	4.10	3.71	9.21
												1.40	
		Aseo	Lavamanos	1		0.45	0.53	0.23				0.29	0.84
												0.33	
					1				0.60	2.10	1.26	2.73	4.77

Sala de cuidado autónomo y colaborativo	Atención y toma de datos			Escritorio						0.78		
				Silla	3		0.60	0.63	1.13		1.23	4.70
											2.34	
	Tratamiento			Sillón	2		0.60	0.63	0.76		0.82	3.14
											1.56	
	Aseo	Lavamanos	1			0.45	0.5	0.23		0.29		0.84
										0.33		
Terapia y rehabilitación física	Área rehabilitación									22.75		22.75
Hidroterapia	Rehabilitación hidroterapia	Piscina	1			4.5	6.5	29.25		5.85		43.55
										8.45		
Sala multisensorial	Relación con el entorno									18.00		18.00
Terapia educativa	Presentaciones	Escenario	1							11.25		11.25
	Público			Silla	20		0.60	0.63	7.56		8.19	23.55
											7.80	
	Camerino			Sofá	1		0.87	2.12	1.84		1.38	4.35
											1.13	
Terapia de lenguaje	Atención y toma de datos			Escritorio	1		0.60	2.10	1.26		2.73	4.77
											0.78	
				Silla	7		0.60	0.63	2.65		2.87	10.97
											5.46	
	Atención terapia de lenguaje			Mesas	2		0.60	0.60	0.72		2.34	3.06
					1		0.60	2.10	1.26		2.73	4.77



Taller de atención psicológica	Atención y toma de datos			Escritorio o Silla	3							0.78		
								0.60	0.63	1.13		1.23	4.70	
												2.34		
	Atención psicológica			Sofá	2			0.87	2.12	3.69		2.76	8.71	
												2.26		
Taller de terapias alternativas	Atención y toma de datos			Escritorio o Silla	1 3			0.60	2.10	1.26		2.73	4.77	
								0.60	0.63	1.13		1.23	4.70	
												2.34		
	Atención médica			Camillas	4			0.72	1.90	5.47		4.94	12.28	
												1.87		
	Vestidores	Vestidores	3			0.85	0.95	2.42				1.85	5.93	
												1.66		
Taller de promoción de la educación	Profesor y alumnos			Escritorio o Silla	6 13			0.60	2.10	7.56		16.38	28.62	
												4.68		
								0.60	0.63	4.91		5.32	20.38	
												10.14		
Estimulación temprana	Área estimulación temprana											20.00	20.00	
Taller de alimentación saludable	Atención y toma de datos			Escritorio o Silla	1 3			0.60	2.10	1.26		2.73	4.77	
								0.60	0.63	1.13		1.23	4.70	
												2.34		
	Área alumnos	Mesones	3			0.70	2.95	6.20				11.51	19.07	
												1.37		
	Área cocina	Mesones	1			0.70	5.80	4.06				3.77	8.29	
												0.46		
					6			0.60	0.80	2.88		6.24	13.80	

	Sala de lectura	Área de lectura		Mesas de lectura					4.68		
				Silla	24		0.60	0.60	8.64	18.72	46.08
										18.72	
	Taller de terapia ocupacional	Atención y toma de datos		Escritorio	1		0.60	2.10	1.26	2.73	4.77
				Silla	9		0.60	0.63	3.40	3.69	14.11
										7.02	
		Atención terapia de lenguaje		Mesas	4		0.60	0.60	1.44	4.68	6.12
AREA DE CIRCULACIÓN	Circulación horizontal: Pasillos, corredores, distribuidores de espacio.	Corredor longitudinal	4			2.30	22.50			207.00	207.00
		Corredor transversal	2			6.50	3.00			39.00	39.00
	Circulación vertical: ascensor y gradas peatonales y de emergencia.	Gradas y ascensor	2			3.80	6.00			45.60	45.60
		<b>Totales m2:</b>								<b>353.73</b>	<b>1018.90</b>
										<b>119.19</b>	<b>230.01</b>
										<b>315.96</b>	<b>1018.90</b>

Nota. (Tapia, 2025).

### **2.3. Definición de BIM**

Según la ISO, (2018), BIM se define como, el uso de un entorno de datos común estructurado para manejar la información durante todas las fases del desarrollo de un activo construido, desde su concepción hasta su operación y posteriormente su mantenimiento, con la intención de optimizar su desempeño y reducir ineficiencias en etapas constructivas.

El Manual BIM define como, una metodología basada en modelos digitales inteligentes, que permite la generación y gestión de información del edificio<sup>2</sup> durante todo su ciclo de vida, proporcionando una base confiable para la toma de decisiones y optimización de recursos en proyectos de construcción. (Eastman et al., 2011)

Mientras que El National Institute of Building Sciences (NIBS) de los Estados Unidos define BIM<sup>2</sup> como un proceso digital inteligente. Este enfoque permite la creación y gestión de representaciones digitales que reflejan las características físicas y funcionales de una infraestructura, facilitando la interoperabilidad y colaboración entre todas las partes involucradas en el ciclo de vida del proyecto. (NIBS, 2020)

La tecnología de modelado digital en la construcción<sup>2</sup> va más allá de ser una simple herramienta de modelado en 3D; se trata de un sistema integral de gestión de información que optimiza la eficiencia constructiva. Su implementación está respaldada por normas internacionales como ISO 19650, que establecen principios y directrices para su adopción en proyectos infraestructura.

Estas definiciones técnicas pretenden establecer una base conceptual sólida sobre el uso de esta metodología para promover la mejora de la eficiencia en proyectos destinados a la construcción.

### **2.4. Adopción BIM en Latinoamérica y el Mundo**

La adopción BIM<sup>2</sup> ha sido un tema de creciente interés en el sector de ingeniería y arquitectura a nivel global, con avances significativos en diversas regiones.

Murguía & Prado Lujan (2024) en su estudio examinan cómo la adopción de esta metodología ha optimizado la eficiencia en la construcción pública en América Latina. Destacan su vínculo con la metodología Lean Construction. Este análisis no solo identifica las limitaciones que obstaculizan los proyectos gubernamentales en su implementación, sino que también propone estrategias efectivas para superarlas.

Por otro lado, la Alianza BIM (2024) presenta un informe sobre “Implementación BIM en Latinoamérica: Avances 2023 de la Red BIM<sup>3</sup> de Gobiernos Latinoamericanos”. Esta red, que incluye a Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, México, Perú y Uruguay, busca acelerar los procesos evolución tecnológica y digital en la construcción. A través de esfuerzos colaborativos, la red se propone implementar BIM en sus respectivos países, lo que refleja un compromiso regional hacia la renovación de la industria.

En un enfoque complementario, London & Pablo (2025) analizan cómo el uso de esta metodología puede ser una herramienta crucial para mitigar riesgos y mejorar la gestión de salud y seguridad laboral en una industria caracterizada por altas tasas de accidentes. A pesar del avance en países como el Reino Unido, EE. UU., Singapur y Alemania, subrayan que la integración entre BIM y las normativas de salud y seguridad sigue siendo limitada.

Estos estudios proporcionan un fundamento sólido para discutir las implicaciones del Building Information Modeling<sup>2</sup> en la administración pública en Latinoamérica. La implementación efectiva de esta metodología no solo promete incrementar la productividad y calidad en los proyectos de edificación, sino que también puede transformar la gestión de los riesgos laborales. Sin embargo, es importante abordar las barreras existentes y fomentar un

entorno colaborativo que permita a los stakeholders beneficiarse plenamente de las ventajas que ofrece.

## **2.5. Modelación BIM**

El rápido avance de la tecnología continúa impulsando el cambio y los avances tecnológicos en la industria constructiva. La digitalización continua de la industria ofrece la oportunidad de reinventar totalmente el diseño de construcción contemporáneo y las prácticas de entrega para el desarrollo. (Ghaffarianhoseini et al., 2017)

La gestión de proyectos es un área en constante transformación. A medida que las organizaciones buscan adoptar un enfoque más ágil y flexible, han emergido nuevas metodologías que desafían las prácticas tradicionales. En este contexto, el uso de programas tecnológicos se convierte en sinónimo de metodologías ágiles, las cuales promueven un enfoque más adaptable en la gestión de proyectos. En lugar de seguir una secuencia rígida, estas metodologías se enfocan en entregar valor de forma continua, involucrando a los interesados y ajustando su metodología según las necesidades que vayan surgiendo. (¿Qué es Scrum?, 2023)

Sierra (2016) en su investigación añade el Modelado de Información de Construcción; es una representación digital de las características físicas y funcionales de una construcción, por tanto, se refiere a la creación y uso de información virtual de manera coordinada y coherente en todas el proceso de un proyecto, desde su diseño hasta su construcción. Podemos afirmar que BIM<sup>2</sup> es un proceso que inicia con la elaboración de un modelo de diseño en 3D inteligente, el cual se emplea posteriormente para facilitar la coordinación, simulación y visualización del proyecto.

Se entiende que el "modelado" implica una expansión de la información relacionada con la construcción mediante el uso de aplicaciones de diseño. Esta tecnología permite planificar,

analizar y gestionar la inversión asociada a la construcción, así como al uso y mantenimiento de la obra. Además, simplifica la valoración de la viabilidad de la edificación de la estructura.

(BuildingSMART Spanish Chapter, 2014)

El modelado de información de construcción<sup>2</sup> ha sido reconocido como una tecnología de la información con el potencial de cambiar notablemente la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC), y ha llamado la atención de numerosos académicos especializados en la construcción. (Liu et al., 2015, p. 1)

Hay una variedad de beneficios evidentes y contemporáneos que se relacionan con el uso de esta metodología. Estos beneficios incluyen su destacada superioridad técnica, la capacidad de interoperabilidad, la posibilidad de capturar información del edificio desde las primeras etapas, su aplicación a lo largo de todo el ciclo de vida del inmueble, adquisiciones integradas, mecanismos de control de costos más eficientes, reducción de conflictos y ventajas significativas para el proyecto. (Ghaffarianhoseini et al., 2017, p. 2)

En la época del BIM se empiezan a modelar datos de construcción utilizando modelos paramétricos interconectados entre sí para el final otorgar una representación digital en tres dimensiones. Este proceso se basa en un manual que define todos los elementos dentro de un espacio virtual. (Loaiza et al., 2022)

Como resultado, se obtiene una mayor eficiencia laboral y una mejor comunicación y colaboración entre los participantes del proyecto. En general, BIM actúa como una base de datos de elementos constructivos en 3D y proporciona información limitada sobre cada uno de estos componentes, como, por ejemplo, cálculos de cantidades, que son útiles para el análisis posterior de la programación. (Liu et al., 2015)

Para Zita (2021) añade que la metodología se fundamenta en el desarrollo de un sistema centralizado que integra toda la información relevante sobre la edificación, manteniéndola organizada y actualizada. Este modelo es esencial para respaldar el desarrollo completo del proyecto de diseño, abarcando todas las áreas de especialización: arquitectura, estructuras y servicios, así como la planificación y la supervisión constructiva, además de las actividades de mantenimiento y gestión. La creación del modelo se ve significativamente potenciada por las capacidades tecnológicas de las herramientas de modelado empleadas, donde los objetos paramétricos representan con precisión el edificio, tanto en su configuración geométrica como en las propiedades físicas de los materiales utilizados.

Este proceso tecnológico facilita la representación virtual de los componentes del proyecto. Tradicionalmente, la construcción ha transmitido la información mediante planos y especificaciones técnicas, distribuidos en documentos independientes. Sin embargo, el modelado tiene como propósito integrar la información integral del proyecto en una única base de datos completamente unificada e interoperable. De esta manera, todo el equipo de diseño y construcción, así como los propietarios, podrán acceder a la información necesaria para la operación y el mantenimiento en el transcurso de las etapas de vida de la infraestructura. (Álvarez et al., 2020)

La colaboración y una adecuada comunicación basada en una plataforma tecnológica con alta capacidad de interoperabilidad, conduce a la reducción de errores de inconsistencia. Además, se minimizan los conflictos entre los componentes de la construcción o la omisión de datos (Zita, 2021).

Sin embargo, Al-Ashmori et al. (2020) sostienen que la adopción BIM<sup>2</sup> se percibe como una tarea desafiante, ya que muchos de los actores involucrados en la construcción no están al

tanto de los beneficios potenciales que esta tecnología puede ofrecer. Comprender las ventajas de BIM<sup>2</sup> y su correcta implementación podría elevar de manera considerable tanto la productividad como el rendimiento de los proyectos.

Ghaffarianhoseini et al. (2017) añade que, pese a los importantes avances técnicos, no se ha adoptado plenamente y los actores claves en la industria no han aprovechado plenamente sus beneficios definitivos. La falta de una adopción generalizada parece estar relacionada con los riesgos y desafíos que potencialmente están impidiendo su eficacia.

Pese a todos los obstáculos que se presentan para la implementación BIM<sup>2</sup> en la elaboración y ejecución de proyectos en el Ecuador, no es menos cierto que existe una variedad significativa de ventajas evidentes y actuales asociados a su uso. Estos beneficios incluyen su superioridad técnica y sus capacidades de interoperabilidad, incluyendo la posibilidad de capturar información del edificio desde etapas tempranas. Además, se destacan las adquisiciones integradas, los mecanismos mejorados de control de costos, la reducción de conflictos y las ventajas para el grupo del proyecto. El impacto más importante a corto plazo es minimizar los errores de documentación. A esto su suma la utilización del BIM<sup>2</sup> como herramienta de marketing para el negocio. (Ghaffarianhoseini et al., 2017)

## **2.6. Optimización en la Planificación y Ejecución de Edificaciones**

La metodología BIM<sup>2</sup> es una nueva filosofía de trabajo basada en herramientas tecnológicas, en la literatura se habla mucho acerca de sus beneficios y ventajas que pueden obtenerse en proyectos de construcción, siendo en algunos casos muy hipotéticos y optimistas (Álvarez et al., 2020).

Uno de los hallazgos de la investigación de Al-Ashmori et al. (2020) concluye que en el pasado no se ha realizado ninguna investigación exhaustiva para evaluar la percepción de los



actores de la construcción hacia los beneficios en cuestión que influyen en su decisión cuando se adoptado esta metodología.

De acuerdo con Sierra (2016), durante la fase de diseño, la aplicación de esta metodología puede maximizar su impacto en un proyecto, ya que en esta etapa la capacidad de influir en los costos es considerablemente superior. El equipo tiene la oportunidad de abordar los problemas de manera creativa y proponer soluciones antes de que estos se conviertan en obstáculos costosos. Además, su uso favorece especialmente la colaboración entre los integrantes del equipo, permitiendo que arquitectos e ingenieros prueben y desarrollen juntos sus ideas de diseño.

La metodología trabaja en el entorno virtual para al final pasar una serie de entregables, relacionados con planos actualizados, administración de documentos, modelado tridimensional y este último ajustado a las es de obra, la base de esta metodología se debe a una gestión administrativa delegada al arquitecto, urbanista o ingeniero civil, los cuales la aplican a proyectos como remodelaciones, adecuaciones, mantenimiento y puesta en marcha de proyectos. (Loaiza et al., 2022)

Aplicar esta metodología en el proyecto en sus diferentes fases conlleva mejoras consistentes entre la documentación contractual y la ejecución real. Sin embargo, si se utiliza desde las primeras etapas, su aplicación mejora considerablemente las etapas subsiguientes del proyecto. (Álvarez et al., 2020).

#### **Tabla 4**

##### *BIM en las Diferentes Fases del Proyecto*

<b>PLANIFICACIÓN</b>	<b>EJECUCIÓN</b>	<b>LIQUIDACIÓN</b>
----------------------	------------------	--------------------

Aumenta la visualización del proyecto - Visualización Geoespacial.	Disminución de cantidad de RFI (Requerimientos de Información).	Banco de datos en el modelo para la administración, facilitando esta tarea.
Cumplimiento con las expectativas del cliente.	Control del costo y logística de planificación del proyecto.	Modelos cubren todo el ciclo de vida de un proyecto de esta manera contribuye a la verificación de lo ejecutado.
Detección anticipada de problemas o interferencias en el diseño, estas son evaluadas por medio de la construcción digital.	Reducción de fabricación en obra, es posible trabajar con prefabricados.	Disminución en el manejo de planos.
Posibilidad de llevar el control de medidas y costos del proyecto.	Entendimiento más fluido entre los participantes.	
Obtención de planos integrados y compatibilizados en un único modelo.	Análisis de método constructivo.	
	Visualización de interferencias.	
	Establecer la secuencia constructiva.	

*Nota.* (Álvarez et al., 2020)

En la construcción tradicional, el proceso consta de tres fases; diseño/planificación, construcción y ejecución de obra, sin embargo, la mayor determinante viene en la etapa de diseño llevándose esta última en software CAD (planos arquitectónicos, estructurales, eléctricos voz y datos, etc.). De esta etapa dependerán muchas cosas referentes al desarrollo del proyecto, detectando los problemas y se proponiendo soluciones evitando afecciones previas y demoras. (Loaiza et al., 2022)

La ventaja implementar este tipo de tecnologías, es que se siguen los valores de un óptimo flujo de trabajo, como lo es el diseño, digitalización, validación, documentación; en un plano general del proyecto, es que implica facilidades para previsualizar antes de ejecutar fases determinantes en este, para que así sean analizadas con un sistema de información y comunicación sujeta a los participantes, viéndose involucrados para reducir plazos de entrega y presupuesto en términos de dinero. (Loaiza et al., 2022)

La metodología para modelar estos proyectos debe llevarse a cabo de forma controlada para que sea exitosa. Los modelos de información en la construcción se refieren a los modelos geométricos de las edificaciones que contienen parámetros de tiempo y cantidades de obra que permiten optimizar los procesos de construcción, reducir el tiempo además de los costos. (Álvarez et al., 2020).

Lo ideal es empezar a integrar este tipo de prácticas metodológicas, las cuales se definen por sus procesos del 2D hasta el 5D, donde el factor humano y tecnológico están consolidados junto a la dirección de proyectos (Loaiza et al., 2022).

Herrero Domínguez (2020) afirma que:

La metodología BIM ha permitido un importante avance e innovación tecnológica en los procesos de construcción, creando masas virtuales que simulan la realidad, lo que nos permite valorar todas las formas y posibilidades volumétricas del diseño para tomar en cada caso las decisiones más oportunas.

La metodología BIM<sup>2</sup> no es en sí un software específico, sino una plataforma de trabajo colaborativo en la cual se integran diferentes programas informáticos para el trabajo de las diferentes dimensiones que componen la metodología. Lo importante es que todos estos programas informáticos son compatibles y permiten la transferencia de

datos e información entre ellos, logrando la vinculación de dichos datos. Ello supone que cualquier cambio efectuado en una de las dimensiones repercute en tiempo real en el diseño global del proyecto, estando con ello interconectadas todas las actuaciones de los diferentes profesionales.

## **2.7. Dificultades en la Adopción BIM**

El modelo de información de construcción de proyectos de infraestructura pública representa un método de trabajo colaborativo que abarca la planificación, el diseño, la construcción y su gestión. Facilita que los diversos involucrados colaboren de manera efectiva y compartan información en tiempo real. A pesar de su creciente popularidad a nivel mundial, la implementación de esta metodología ha encontrado varios desafíos significativos. (Aguilar Zavaleta, 2024)

En su investigación, Valdés Indo (2014) concluye que es crucial considerar varios factores que deben superarse antes de decidir migrar hacia el BIM<sup>2</sup>. Esto es fundamental para evitar dificultades inesperadas que puedan poner en riesgo el proceso.

Al igual que ocurrió con la implementación del CAD, al comenzar a trabajar con estas herramientas fue necesario modificar nuestras formas de pensar, lo que resultó ser un desafío considerable. El salto de una representación física a una digital, que en aquel momento se consideraba ambiguo, marcó un cambio cultural significativo en el desarrollo de proyectos arquitectónicos. Esta transformación se refleja igualmente en la adopción de esta nueva metodología, no tiene sentido abordarla solo como una plataforma visual para describir el proyecto, ya que la parametrización representa una diferencia crucial. Aunque estos cambios suelen ser más complicados de explicar que ponerlos en ejecución, una vez superadas las

dificultades iniciales, se pueden apreciar sus ventajas, siempre que se logre transmitir las de manera efectiva en su implementación. (Valdés Indo, 2014)

La adopción BIM<sup>2</sup> enfrenta varias barreras significativas, debido a la arraigada tradición y métodos de trabajo establecidos, entre los aspectos que destacan están los siguientes:

### ***2.7.1. Cultura y Mentalidad en la Industria de la Construcción***

La construcción en el Ecuador se caracteriza por ser una industria tradicional y conservadora en términos de métodos y tecnologías empleadas. Existe una tendencia a adherirse a prácticas conocidas y probadas, lo que provoca cierta resistencia a la hora de incorporar nuevas tecnologías.

En la construcción, la experiencia y la habilidad artesanal son cruciales y altamente valoradas. Los profesionales emplean con frecuencia métodos de trabajo tradicionales que se han desarrollado a lo largo de muchas generaciones, estos métodos se fundamentan en la experiencia práctica y la intuición adquirida durante toda su experiencia en la construcción.

La aparición de esta tecnología se interpreta como un desafío al enfoque tradicional, ya que conduce a un cambio hacia una mentalidad más digital y analítica. Los profesionales pueden sentir que sus habilidades tradicionales no son apreciadas o estar preocupados de que esta tecnología limite su influencia en el proceso de diseño y construcción, esto interpretado en el desconocimiento de sus beneficios.

El campo de la construcción ha tendido históricamente a operar de manera conservadora, confiando en técnicas y procesos que han demostrado su eficacia en todo este tiempo. No obstante, la incorporación de tecnologías avanzadas ha generado oportunidades valiosas para optimizar la eficiencia, fomentar la colaboración y aumentar la precisión en cada etapa del ciclo de vida de un proyecto de construcción. Estas herramientas no solo facilitan la creación de

modelos tridimensionales detallados de estructuras y sistemas, sino que también permiten simular diversos escenarios y detectar conflictos antes de la construcción real, lo que contribuye a reducir costos y minimizar errores.

Pese a los claros beneficios evidentes, su adopción ha sido lenta y prácticamente inexistente en Ecuador. La resistencia se atribuye a varios factores que incluye la necesidad de inversiones significativas en software y capacitación, además de la resistencia hacia el cambio en las prácticas establecidas. Por otro lado, algunos profesionales perciben el proceso de aprendizaje como una barrera difícil de superar.

Para superar las barreras culturales y facilitar una mayor adopción de BIM<sup>2</sup> y otras tecnologías innovadoras, es esencial cultivar una mentalidad abierta hacia el cambio y la superación continua en el sector. Si bien la cultura tradicional ecuatoriana que refiere a la construcción puede provocar cierta resistencia inicial ante la adopción de nuevas herramientas, los beneficios en términos de eficiencia y calidad que se pueden lograr en los proyectos constituyen incentivos significativos para dejar atrás estas limitaciones. Así, se puede avanzar hacia un futuro más digitalizado y colaborativo.

### ***2.7.2. Resistencia al Cambio***

Históricamente, los proyectos han sido planificados y ejecutados en gran medida por profesionales dedicados a la construcción, quienes llevan un alto grado de responsabilidad tanto en la planificación como en la ejecución, sin embargo, La automatización de ciertos aspectos del diseño y la documentación puede llevar a una merma en el control sobre las decisiones técnicas y creativas. Asimismo, la estandarización y la automatización plantean inquietudes en torno a la capacidad de adaptarse a los requerimientos específicos del proyecto y a las preferencias de diseño.

El cambio suele encontrar resistencia en el interior de las organizaciones. Algunos profesionales pueden sentirse amenazados por la introducción estas tecnologías, temiendo que sus habilidades se vuelvan obsoletas o que su trabajo sea reemplazado por la tecnología. Es fundamental promover una cultura organizacional que esté receptiva al cambio y ofrecer respaldo emocional a lo largo de todo el proceso de transformación.

Muchos trabajadores están habituados a los métodos tradicionales de construcción y perciben la implementación de nuevas metodologías como una amenaza a sus competencias o como una carga adicional. Convencer a estos profesionales sobre los beneficios y oportunidades que estas innovaciones pueden ofrecer representa un desafío. Por ello, es fundamental contar con una estrategia de comunicación sólida y proporcionar demostraciones concretas de los resultados positivos que se pueden lograr. (Aguilar Zavaleta, 2024)

### ***2.7.3. Inversión Inicial***

Aguilar Zavaleta (2024) menciona en su investigación que la implementación exitosa del BIM<sup>2</sup> requiere una inversión inicial significativa en software especializado, hardware adecuado y recursos humanos calificados. Para muchas empresas constructoras, esto puede resultar un obstáculo financiero importante. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los beneficios a largo plazo, como la mejora de la productividad y la reducción de costos, superan con creces las inversiones iniciales.

La adopción de esta tecnología requiere una inversión considerable en software, hardware y capacitación. Es comprensible que surjan dudas sobre si vale la pena realizar esta inversión, especialmente si no se tiene la certeza de que generará un retorno positivo en el corto o mediano plazo. Esta incertidumbre puede ser especialmente relevante para entidades o empresas más pequeñas o para aquellas que operan con márgenes de beneficio ajustados o como el sector

público que ejecuta obras sin esperar un beneficio económico sino más bien de servicio. La percepción de que sus beneficios no son claros o no están garantizados puede disuadir la adopción, incluso si la tecnología ofrece mejoras potenciales en eficiencia, precisión y la coordinación de proyectos a largo plazo.

El costo de implementación representa una barrera considerable para muchas empresas dedicadas a la construcción en el país. La compra de software especializado, la capacitación del personal y la adquisición de hardware adecuado pueden resultar bastante onerosos. Esta realidad hace que muchas veces la implementación se vea como una inversión poco rentable a corto plazo, lo que obstaculiza su adopción. Es fundamental que las empresas del sector reconozcan los beneficios de estas herramientas y su influencia en el desarrollo holístico de los proyectos. A fin de superar la aversión al cambio, es crucial establecer una comunicación efectiva y diseñar una estrategia de cambio organizacional. Esto implica involucrar a todos los empleados en el proceso de implementación, ofrecer formación y apoyo continuo, así como demostrar los beneficios concretos que aporta esta metodología. (Aguilar Zavaleta, 2024)

#### ***2.7.4. Interoperabilidad, Comprensión y Formación Adecuada***

La implementación exitosa de BIM<sup>2</sup> requiere una comprensión profunda de la tecnología y habilidades técnicas específicas. Sin embargo, muchos profesionales en la construcción pueden tener una comprensión limitada de lo que implica y cómo puede integrarse en sus actividades y responsabilidades diarias.

La ausencia de estándares y protocolos comunes para el intercambio de datos entre distintas plataformas puede obstaculizar la participación efectiva de los diversos involucrados en un proyecto. Es fundamental impulsar la adopción de estándares y promover la cooperación entre los desarrolladores de software para enfrentar este reto. Además, la carencia de regulaciones



claras en el ámbito de los cambios tradicionales puede complicar su implementación. Sin una guía precisa sobre cómo aplicar esta metodología, las empresas podrían encontrar dificultades para establecer los procesos y flujos de trabajo adecuados. (Aguilar Zavaleta, 2024).

#### **2.7.5. *Proyectos con Dificultades en la Implementación de BIM<sup>2</sup>***

El Building Information Modeling ha demostrado ser una herramienta valiosa en la optimización de proyectos a nivel global, pero su implementación no está exenta de desafíos. Al analizar casos de éxito y fracaso en diferentes contextos geográficos y tipos de proyectos, se pueden extraer lecciones importantes para una adopción efectiva.

En América Latina, el proyecto de infraestructura pública llevado a cabo por Murguía & Prado Lujan (2024) se encontraron con varios desafíos, como la ausencia de regulación gubernamental, la resistencia al cambio de aquellos profesionales que están profundamente arraigados en metodologías tradicionales y la limitada capacitación en esta metodología. La solución implementada se centró en una capacitación gradual, el establecimiento de estándares internos basados en ISO 19650, y una implementación piloto en proyectos de menor envergadura. Los resultados fueron alentadores, con una reducción del 15% en sobrecostos y una mejora del 20% en la eficiencia del proceso operativo.

Así mismo, un proyecto de vivienda social en el Reino Unido, llevado a cabo por London & Pablo (2025) destacó varios obstáculos importantes. La incompatibilidad de software entre los distintos actores del proyecto, el costo inicial elevado de la inversión. La adopción de plataformas en la nube compatibles con múltiples formatos, la implementación de protocolos para el intercambio de datos, y el uso de simulaciones digitales para verificar el acatamiento de normativas de seguridad fueron clave para superar estos problemas. Como resultado, se observó

una reducción del 25% en la tasa de accidentes laborales y un fortalecimiento en la colaboración entre las disciplinas.

En el proyecto del Metro en Asia Fakoyede et al. (2024) evidenció retos distintos, como la resistencia de los trabajadores a abandonar métodos tradicionales, una infraestructura digital deficiente y desafíos en el manejo de grandes conjuntos de datos. La provisión de tabletas y dispositivos móviles con acceso a modelos BIM, el desarrollo de capacidades offline en el software y la implementación de un sistema de gestión de datos en la nube permitieron mitigar estos problemas, logrando una reducción del 30% en el tiempo de planificación y un 15% en costos operativos.

Estos casos demuestran que para lograr una ejecución exitosa de esta metodología requiere un enfoque adaptado a las circunstancias específicas de cada proyecto y entorno. La capacitación progresiva del personal, el uso de estándares y protocolos de interoperabilidad, la inversión en infraestructura tecnológica adecuada y la implementación en fases piloto son factores que contribuyen a superar las dificultades y visualizar de mejor manera los beneficios. Es importante que los gobiernos de América Latina tomen un rol de liderazgo en la adopción de BIM<sup>2</sup>, disminuyendo costos de transacción, facilitando el acceso a la información y manteniendo una cooperación constante entre entidades públicas y privadas.

### **Capítulo 3**

#### **Diseño Metodológico**

##### **3.1. Uso del Modelado BIM como Método de Investigación**

El modelado de información para la construcción no solo es una herramienta de diseño y planificación, sino también una metodología de análisis que permite la simulación de escenarios,

la detección de errores y la eficiencia en el uso de recursos en proyectos de construcción. Su uso en investigación ha sido ampliamente documentado en literatura académica.

De acuerdo con Eastman et al. (2011), esta metodología ofrece la posibilidad de crear una representación tridimensional digital de un proyecto, lo que facilita el análisis de posibles interferencias entre las diversas disciplinas (arquitectura, estructuras, instalaciones), además de proporcionar datos cuantificables sobre costos, tiempos y rendimiento del proyecto.

Asimismo, Succar (2010) argumenta que el modelado BIM<sup>2</sup> facilita la integración de información en el transcurso de todas las etapas del ciclo de vida del proyecto, permitiendo realizar simulaciones y comparaciones entre distintos escenarios de ejecución.

BIM<sup>2</sup> como metodología permite un análisis detallado de las condiciones del proyecto, identificando problemas antes de la ejecución, reduciendo costos y mejorando la eficiencia mediante decisiones más acertadas e informadas.

### **3.2. Uso del Análisis de Casos de Estudio en la Investigación**

El análisis de casos de estudio es un enfoque metodológico ampliamente utilizado en investigaciones de construcción y arquitectura, especialmente cuando se estudian innovaciones tecnológicas. Este método permite explorar en detalle proyectos específicos, identificando patrones, desafíos y soluciones que pueden aplicarse en contextos similares.

Según Yin (2018), el análisis de casos de estudio es especialmente útil en investigaciones exploratorias y aplicadas, permitiendo una comprensión profunda de fenómenos complejos en su contexto real. En el ámbito del BIM<sup>2</sup>, este enfoque ha sido utilizado para evaluar la adopción, beneficios y barreras en diferentes proyectos a nivel global.

Además, Creswell & Plano Clark (2018) destacan que los casos de estudio combinan métodos cualitativos y cuantitativos, lo que facilita la validación de hallazgos y permite generar modelos replicables en otros proyectos de construcción.

La utilización de análisis de casos de estudio en la investigación que han utilizado esta metodología permite validar la efectividad de esta metodología en contextos reales, proporcionando datos cualitativos y cuantitativos que sustentan su influencia en la optimización de procesos constructivos.

### **3.3. BIM<sup>2</sup> y Casos de Estudio en la Metodología de la Investigación**

El propósito de esta investigación es evaluar la optimización del proyecto mediante la implementación de BIM<sup>2</sup>. Por ello, la combinación de estos métodos resulta completamente justificada. El modelado permitirá simular escenarios y detectar interferencias en el diseño, mientras que el análisis de casos de estudio proporcionará evidencia empírica sobre los beneficios y desafíos de la implementación en proyectos reales.

La metodología seleccionada se fundamenta en referencias académicas sólidas y en estándares internacionales de investigación.

La integración del modelado y el análisis de casos de estudio permitirá un enfoque metodológico robusto y aplicable a la optimización de proyectos de construcción.

### **3.4. Descripción del Proyecto**

El Centro Municipal de Prevención integral de enfermedades crónicas, catastróficas y discapacidades<sup>1</sup> será el primer espacio en la ciudad que preste los servicios de: prevención, educación, capacitación, talleres y terapias alternativas, complementarias e integradoras encaminadas a fortalecer el sistema inmune, el bienestar físico, salud mental y espiritual. Los beneficiarios directos del presente proyecto son los grupos de atención prioritaria, aquellos que

históricamente, por su condición social, económica, cultural y política, edad, origen étnico se encuentran en condición de riesgo que les impide incorporarse al desarrollo y acceder a mejores condiciones de vida. (Velásquez, 2022)

El propósito de esta iniciativa es disminuir los factores de riesgo, como los hábitos alimentarios, de higiene, la actividad física, el consumo de tabaco y drogas, así como la vulnerabilidad psicosocial, los comportamientos sexuales y las secuelas del COVID, en la población de los grupos prioritarios en situación de vulnerabilidad en el cantón Riobamba mediante acciones de autocuidado, así como de apoyo familiar y comunitario que les proporcione salud mental, físico y emocional. (Velásquez, 2022)

## **Tabla 5**

### *Información del Proyecto*

Entidad contratante:	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Riobamba
Proyecto:	Construcción del centro municipal de prevención integral de enfermedades crónicas, catastróficas y discapacidades
No. Proceso:	LICO-GADMR-004-2022
Presupuesto:	USD \$ 906,155.9590 (novecientos seis mil ciento cincuenta y cinco dólares de los estados unidos de América con 9590/1000) sin incluir IVA
Plazo de ejecución:	240 días

*Nota.* (Velásquez, 2022)

El proyecto cuenta con un predio cuya extensión es de 3364.10 m<sup>2</sup>, se encuentra ubicado en el Barrio La Paz, calle Alvarado y 24 de Mayo.

## Figura 1

### Localización geográfica



*Nota.* Centro municipal de prevención integral de enfermedades crónicas, catastróficas y discapacidades. (Google, n.d.)

### 3.5. Análisis de la Información Disponible

El análisis y evaluación de la información disponible nos permite entender e interpretar las condiciones iniciales y de ejecución del proyecto, este análisis proporciona varias ventajas y beneficios que ayudan a identificar conflictos que se encontraron al momento de su ejecución, circunstancias que alteraron los costos, el cronograma, mejorar la gestión de recursos y tener un impacto significativo en la toma de decisiones clave a lo largo del proyecto, desde la concepción inicial, la planificación hasta la ejecución y entrega final de la obra.

Este análisis fue la base del presente estudio ya que permitió analizar la calidad de información desarrollada en el diseño, y evaluar el valor potencial y las ventajas de utilizar esta metodología como proceso.

Al ser un proceso de contratación pública, se tomó como base la información disponible en el portal de compras públicas, esta documentación es clave en la etapa contractual para la elaboración de propuestas económicas de los diversos oferentes<sup>7</sup>.

La información disponible en el portal de compras públicas<sup>8</sup> consta de planos con la topografía previa a la intervención de la obra, planos estructurales, planos arquitectónicos, planos hidrosanitarios, planos eléctricos, análisis de precios unitarios, especificaciones técnicas, documentación preparatoria, precontractual y el contrato de obra.

**Tabla 6**

*Listado de planos disponibles en el portal de compras públicas.*

<b>Nro.</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN - CONTIENE</b>
1	A – 001	Estado actual
2	A – 002	Implantación
3	A – 003	Planta arquitectónica baja del centro
4	A – 004	Planta arquitectónica baja del centro, detalle arquitectónico del centro
5	A – 005	Cortes y fachadas arquitectónicas
6	A – 006	Detalles arquitectónicos
7	A – A1	Propuesta de plantas arquitectónicas
8	E – 001	Estado actual de la implantación (Red eléctrica exterior)
9	E – 002	Extensión de red MT, detalle bajante de acometida

<sup>7</sup>[https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=O2JU0JsEamAoWab2QYL6OcMliEh\\_BVklmsY\\_-74bw](https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=O2JU0JsEamAoWab2QYL6OcMliEh_BVklmsY_-74bw)

<sup>8</sup> Sistema Oficial de Contratación Pública del Ecuador

---

10	E – 004	Canalización, circuitos exteriores, acometidas principales
11	E – 005	Circuitos de iluminación
12	E – 006	Circuitos de fuerza
13	E – 007	Circuito de fuerza regulado, diagrama unifilar
14	E – 008	Sistema de datos
15	E – 009	Sistemas electrónicos
16	E – 001	Armado de pórticos
17	E – 002	Armado de pórticos
18	E – 003	Planta de cimentación, grada de emergencia
19	E – 004	Detalle armado cisterna, detalle armado ascensor
20	H – 001	Diseño de sistema de agua potable-aparatos con fluxómetro N+0.18
21	H – 002	Diseño de sistema de agua potable-aparatos sin fluxómetro N+0.18
22	H – 003	Diseño de sistema de agua potable-aparatos con fluxómetro N+3.48 Diseño de sistema de agua potable-aparatos sin fluxómetro N+3.48 Detalles constructivos
23	H – 004	Isometrías de agua potable
24	H – 005	Diseño de sistema contra incendios N+0.18
25	H – 006	Diseño de sistema contra incendios N+3.48 Isometría de sistema contra incendios Detalles constructivos
26	H – 007	Diseño de desagüe combinado N+0.18
27	H – 008	Diseño de desagüe combinado N+3.48, N+6.78 Perfiles de desagüe combinado
28	H – 009	Detalles constructivos

---

*Nota.* (Tapia, 2025). Adaptado de la información disponible del portal de compras públicas del Servicio Nacional de Contratación Pública del Ecuador

### **3.6. Modelado BIM del Proyecto y Análisis de Información Precontractual**

La revisión y análisis detallado de los planos ya sean arquitectónicos, estructurales, hidrosanitarios, etc., es fundamental para el logro exitoso de proyectos de infraestructura. Este proceso permite detectar y corregir posibles problemas o deficiencias antes de que inicie la construcción de la obra.



La revisión de los detalles constructivos permitió examinar minuciosamente los planos de serie y detalle para asegurar que brinden la información precisa y necesaria para la fabricación y construcción de los diferentes elementos que componen la infraestructura.

Otro de los aspectos importantes a considerar y que fue la base para el presente estudio es la revisión de la coordinación entre las disciplinas, donde se verificó la coherencia y compatibilidad entre los planos arquitectónicos, estructurales, de instalaciones y otros. Este análisis permitió detectar inconsistencias o interferencias entre los diferentes componentes del proyecto.

El análisis de la coordinación entre las disciplinas se llevó a cabo mediante la utilización de herramientas tecnológicas para el modelado de información en la construcción. Esta herramienta nos facilitó la visualización en tres dimensiones y la detección de posibles dificultades, además de permitir una mejor coordinación e integración de los distintos aspectos del proyecto.

Una vez que se dispuso de la información del portal de compras públicas, que incluía los planos arquitectónicos, estructurales, hidrosanitarios, entre otros, se procedió a modelar dicha información en el programa Revit. Durante este proceso, se detectaron diversas incongruencias que afectan de manera significativa el desarrollo de la obra.

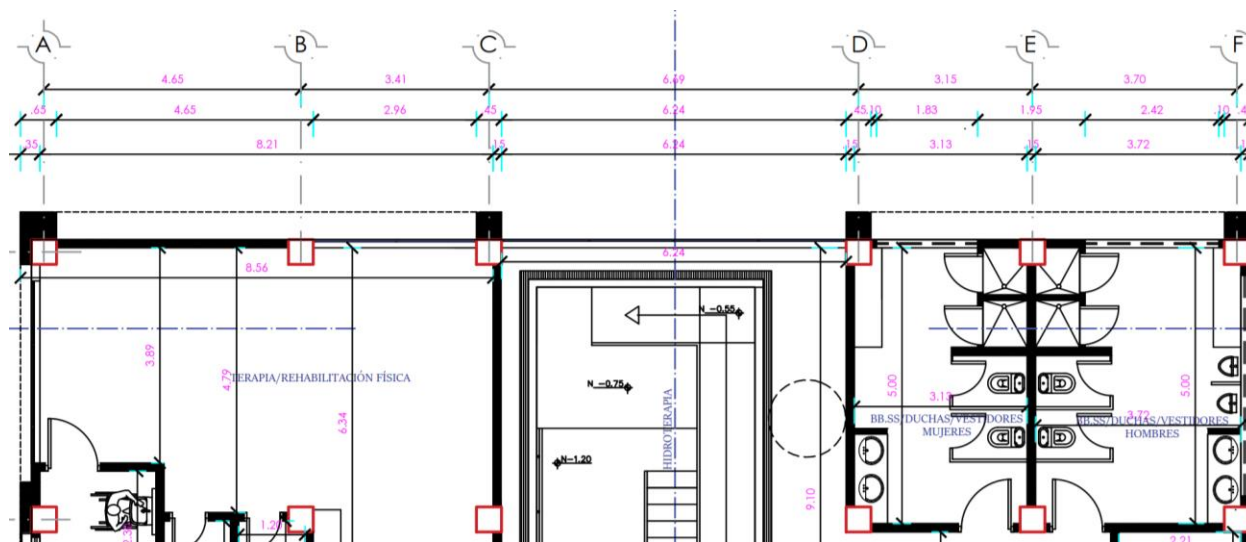
Para comenzar con el modelado, se procedió a ubicar los ejes. Durante este proceso, surgió una discrepancia entre los planos arquitectónicos y estructurales, en particular con respecto a las distancias entre los ejes B – C y C – D. En el plano arquitectónico, la distancia entre los ejes B y D es de 3.41 metros, mientras que en los planos estructurales se registra una distancia de 3.43 metros. Asimismo, la distancia entre los ejes C – D en los planos

arquitectónicos es de 6.69 metros, diferencia que se presenta con el valor de 6.66 metros en los planos estructurales.

Si bien es cierto, aparentemente no son diferencias de medidas extensas entre los planos arquitectónicos y estructurales, sin embargo, es un claro ejemplo de la dificultad de colaboración que existe entre las diferentes disciplinas que intervienen dentro en un proyecto.

## Figura 2

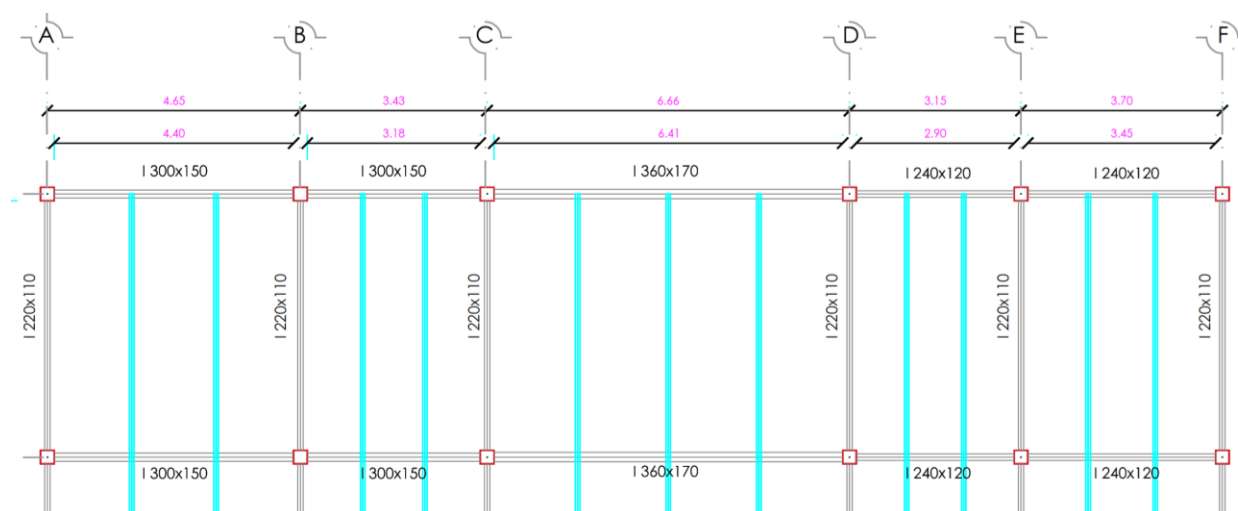
*Distancia entre ejes A, B, C, D, E y F, planos arquitectónicos.*



*Nota.* (Tapia, 2025). Adaptado del plano arquitectónico A – 003. (Portal de Compras Públicas).

## Figura 3

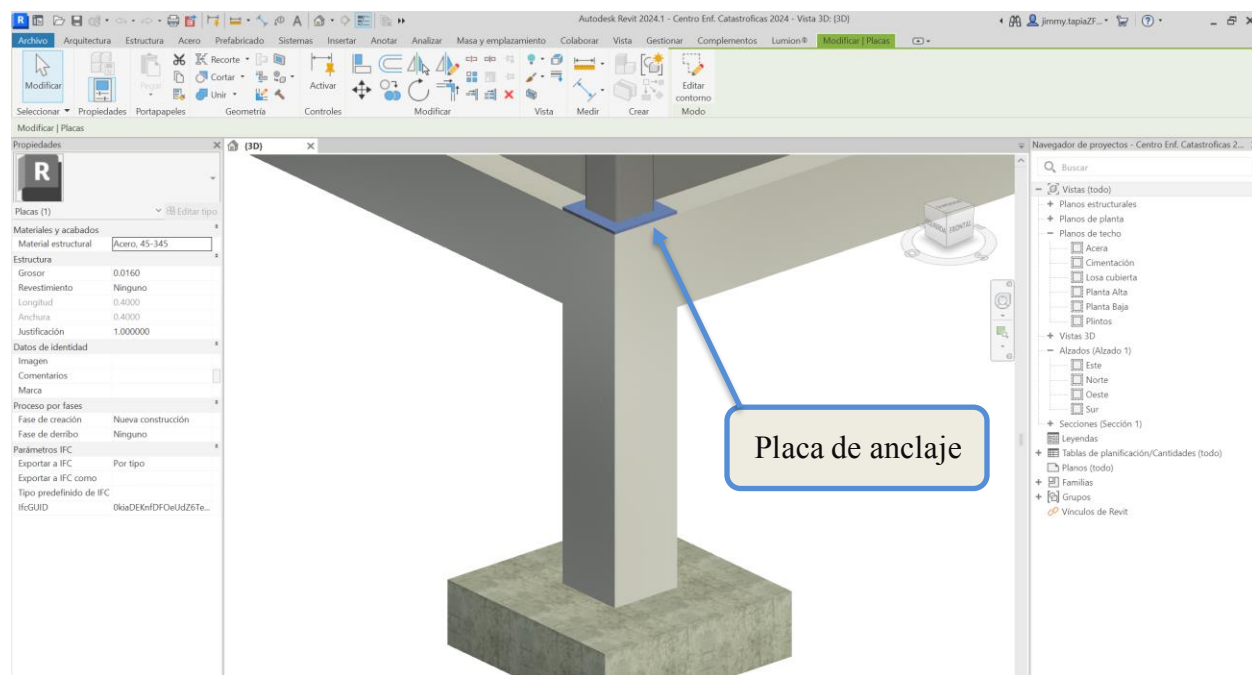
*Distancia entre ejes A, B, C, D, E y F, planos estructurales.*



*Nota.* (Tapia, 2025). Adaptado del plano estructural E – 001. (Portal de Compras Públicas).

Para llevar a cabo el modelado de la edificación, se tomaron en cuenta las medidas especificadas en los ejes de los planos estructurales. Estas medidas son fundamentales, ya que con ellas se inicia el replanteo de los ejes y la ubicación de los plintos. Una vez establecidas las dimensiones que se utilizarían para el modelado del proyecto, se procedió a realizar el modelamiento de los plintos aislados, los cuellos de columna y la instalación de las placas base.

Al abordar el modelado de estas últimas, se observó que el presupuesto contractual incluía un rubro correspondiente a las placas base de las columnas principales, con dimensiones de 400 x 400 x 8 mm (rubro 15). Sin embargo, durante la ejecución en obra, este rubro fue modificado a dimensiones de 400 x 400 x 16 mm, recayendo en un duplicado de las cantidades a trabajar. De esta manera, para evitar la creación de un nuevo rubro, el cobro se realizó como un incremento de las cantidades de obra, multiplicando la cantidad de placas de 8 mm de espesor estipuladas en el presupuesto por el doble de su cantidad original.

**Figura 4***Ubicación de las placas de anclaje*

*Nota.* (Tapia, 2025)

En el transcurso del proceso de modelación del proyecto y sus componentes estructurales, se procedió a la colocación de las columnas metálicas, las cuales están constituidas por dos perfiles metálicos tipo C, soldados entre sí, formando una sección transversal de 25 x 25 cm. Las columnas fueron alineadas conforme a las intersecciones de los ejes estructurales, considerando cualquier posible excentricidad.

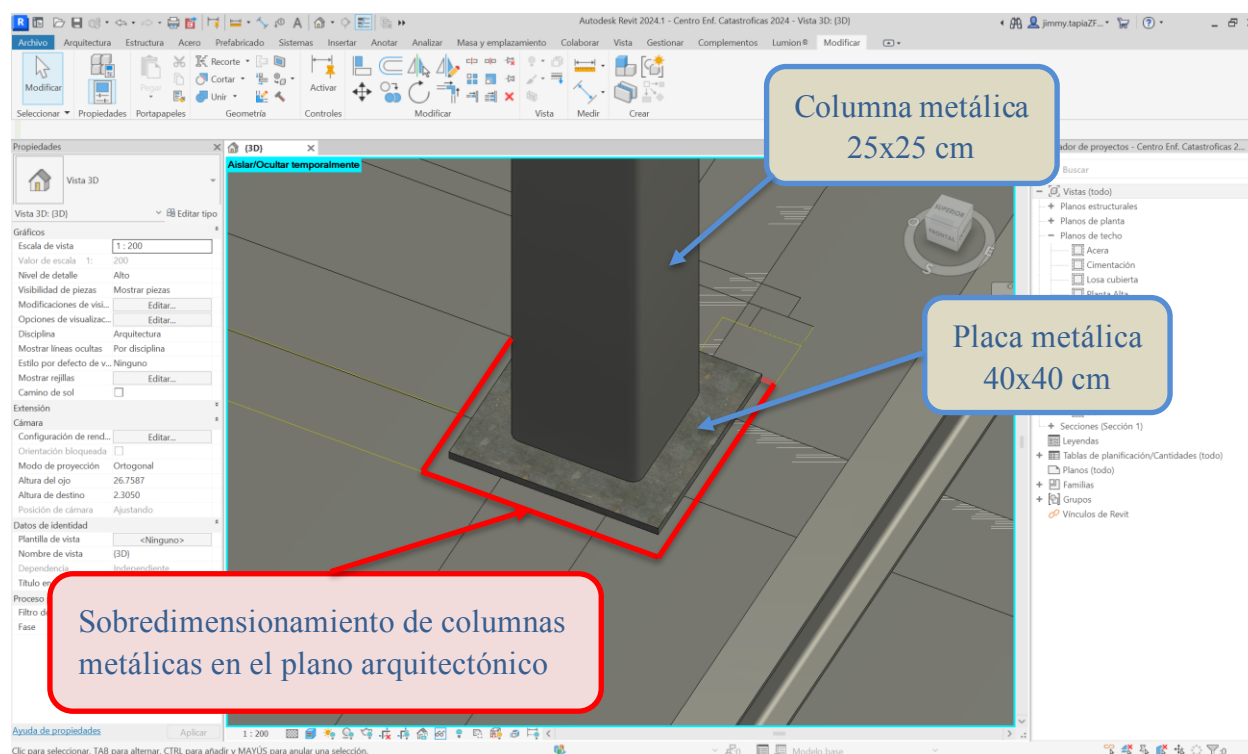
Durante esta fase, se identificaron discrepancias significativas entre los planos arquitectónicos y los planos estructurales. Mientras que las columnas metálicas están representadas correctamente en los planos estructurales con dimensiones de 25 x 25 cm, en los planos arquitectónicos se especifican medidas de 45 x 45 cm. Esta incongruencia ha provocado

un cambio sustancial en las dimensiones y ubicación de diversos elementos arquitectónicos de la edificación.

Consecuentemente, se han visto alteradas las dimensiones o medidas de las mamposterías, del muro cortina de vidrio, así como la ubicación de puertas, ventanas, aparatos sanitarios, etc. Estos cambios también han impactado en las cantidades de obra inicialmente presupuestadas dentro del proyecto.

## Figura 5

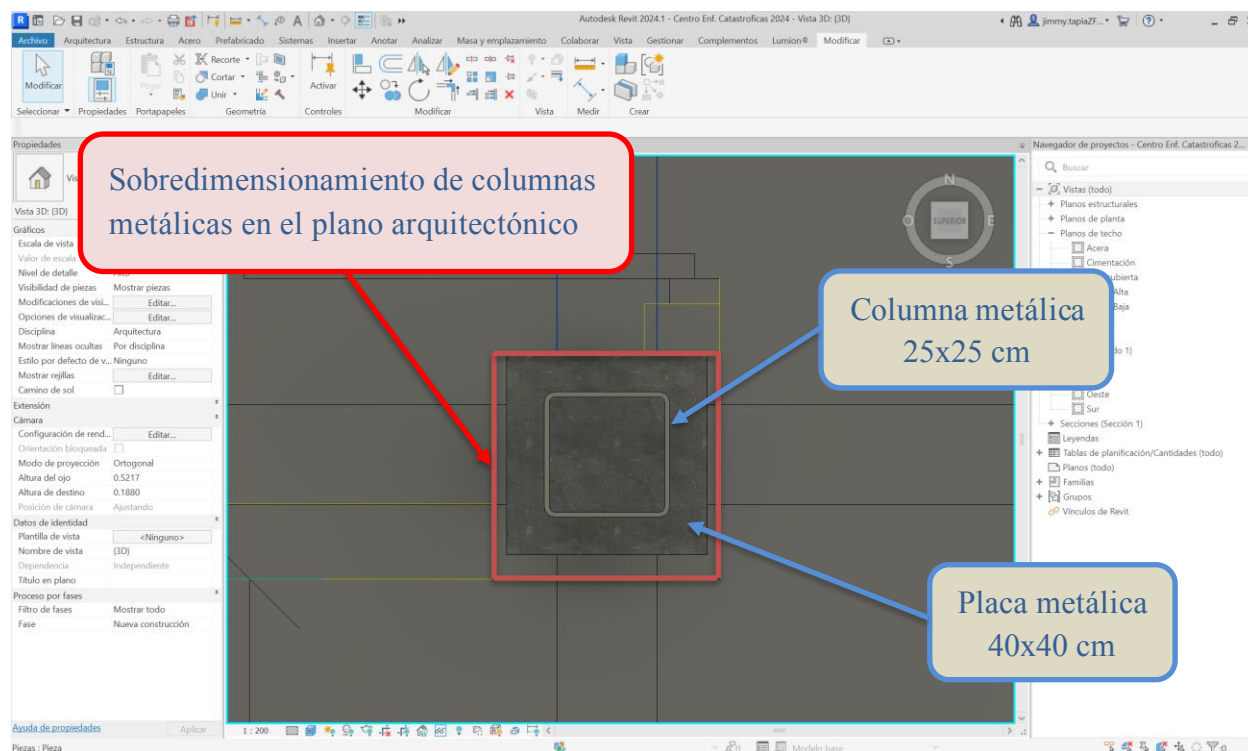
### *Sobredimensionamiento de columnas metálicas en el plano arquitectónico*



*Nota.* (Tapia, 2025).

## Figura 6

### *Sobredimensionamiento de columnas metálicas en el plano arquitectónico*



*Nota.* (Tapia, 2025).

En obra, se pudo notar que las columnas presentan dimensiones de 30 x 30 cm, lo que se debe a un enlucido de 2.5 cm aplicado en cada lado. Sin embargo, las cuatro columnas situadas en la entrada principal de la planta baja tienen dimensiones de 40 x 40 cm, ya que están recubiertas con paneles de alucobond.

Una vez completada la modelación de las columnas, se procedió con la instalación de las vigas principales en los distintos niveles de la edificación. Estas vigas están fabricadas con perfiles tipo IPE, cuyas dimensiones varían según la luz disponible entre los ejes estructurales establecidos. A continuación, se detallan las dimensiones específicas de las vigas IPE utilizadas en la construcción.

**Tabla 7***Tipo de vigas IPE utilizadas en la edificación*

<b>Nro.</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>ALTURA (mm)</b>	<b>ALA (mm)</b>
1	IPE 180	180	91
2	IPE 200	200	100
3	IPE 220	220	110
4	IPE 240	240	120
5	IPE 270	270	135
6	IPE 300	300	150
7	IPE 360	360	170

*Nota.* (Tapia, 2025).

En la modelación de las vigas se identificaron otras inconsistencias que podrían ser errores tipográficos, los cuales han sido aclarados y corregidos en obra. Específicamente, se detectó un error en el segundo vano del eje 6, en la vista de planta del plano estructural se especifica una viga tipo IPE de 300 x 150, mientras que en el detalle del armado de pórticos se indica una viga IPE de 300 x 160. La decisión final adoptada en obra fue utilizar la medida de la viga IPE 300 x 150, dado que la luz entre columnas en ese vano no requiere una viga de dimensiones superiores.

En la parte estructural el principal conflicto se presentó en el muro para ascensor. No hay una mayor explicación de cómo se acopla la estructura principal de la edificación, partiendo desde la cimentación, columnas y vigas metálicas con el muro de hormigón armado diseñado para el ascensor. La edificación y el muro de corte del ascensor debería haberse diseñado como

un sistema independiente, mas no embeberse el uno en el otro, esto en cuanto el muro de hormigón armado no aporta a la estructura principal de la edificación.

En los planos se puede identificar que los muros de corte diseñados para el ascensor y también la estructura principal de la edificación, sin embargo, estos detalles se los encuentra por separado, mas no de manera conjunta donde se pueda identificar la conjugación entre estos dos elementos. Este conflicto resalto al momento de modelar la estructura de la edificación en 3D, para fines didácticos y de comprobación en el modelo tocó hacer dos paredes, una pared para encerrar la parte de la de las gradas y que no se mete la estructura metálica y otro para el ascensor.

En la modelación se logró determinar que el muro atraviesa las vigas. La armadura del muro se encuentra embebida dando a entender que no son dos estructuras independientes; la falta de detalles en los planos provoca un déficit de interpretación en los planos.

Al embeberse los muros de hormigón armado en la estructura principal, en caso de un sismo van a trabajar de diferente manera, al ser la estructura metálica flexible y los muros del ascensor rígidos.

Lo ideal para que estos elementos funcionen de una mejor manera sería que cada estructura sea independiente, detalles que deberían estar en los planos ya que a simple vista da a entender que está trabajando como un solo sistema.

Los planos estructurales son fundamentales en el diseño y construcción de edificaciones, especialmente cuando se trata de muros de corte y su integración con la estructura principal. Sin embargo, es común que estos planos carezcan de detalles cruciales, como las conexiones, el armado de los muros de corte y su acoplamiento a la estructura principal.

A continuación, se realiza un detalle de los faltantes en los planos estructurales:



### ***Conexiones***

Las conexiones entre los muros de corte y otros elementos estructurales (como vigas y columnas) son vitales para garantizar la estabilidad y resistencia sísmica del edificio. Estas conexiones deben ser claramente especificadas en los planos, incluyendo:

- Tipo de conexión: Detallar si es una conexión rígida o flexible.
- Materiales utilizados: Especificar el tipo de acero y concreto.
- Dimensiones: Incluir medidas precisas para asegurar un correcto ensamblaje.

### ***Armado de Muros de Corte***

El diseño del armado es esencial para garantizar la capacidad estructural del muro. Por lo tanto, es imprescindible que los planos incluyan:

- Detalles del refuerzo: Especificar el número y tipo de varillas, así como su disposición (horizontal y vertical).
- Espaciado: Indicar el espaciamiento entre las varillas según las normativas vigentes.
- Núcleos confinados: Se recomienda incluir núcleos en los extremos para mejorar la resistencia a cortante.

### ***Acoplamiento a la Estructura Principal***

El acoplamiento entre los muros de corte y la estructura principal debe ser diseñado para resistir las fuerzas sísmicas. Los aspectos por considerar incluyen:

- Análisis estructural: Realizar un análisis que considere cómo las fuerzas se transfieren entre los muros y la estructura.
- Cimentación adecuada: Utilizar zapatas corridas o cimientos que distribuyan adecuadamente las cargas.

- Detallado en planos: Incluir secciones transversales que muestren la integración de los muros con las losas y columnas.

Un diseño estructural bien detallado no solo mejora la seguridad de la edificación, sino que también facilita el proceso constructivo. La falta de detalles conlleva a errores en la ejecución, comprometiendo la integridad estructural. Por ello, es importante que los elementos mencionados estén claramente representados en los planos para evitar problemas durante la construcción y garantizar un comportamiento adecuado ante cargas sísmicas.

Es fundamental que los planos estructurales incluyan todos los detalles necesarios sobre conexiones, armado y acoplamiento para asegurar la eficacia del diseño y la seguridad del edificio.

Adicionalmente, se ha identificado otro conflicto en la cuantificación de cimentaciones, existiendo una superposición de las cimentaciones para las columnas y los muros de hormigón armado del ascensor.

Cada cimentación ha sido diseñada para situarse centrada en la intersección de los ejes estructurales. Sin embargo, se implementa una cimentación adicional de 3.90 x 3.90 metros específicamente para soportar los muros del ascensor.

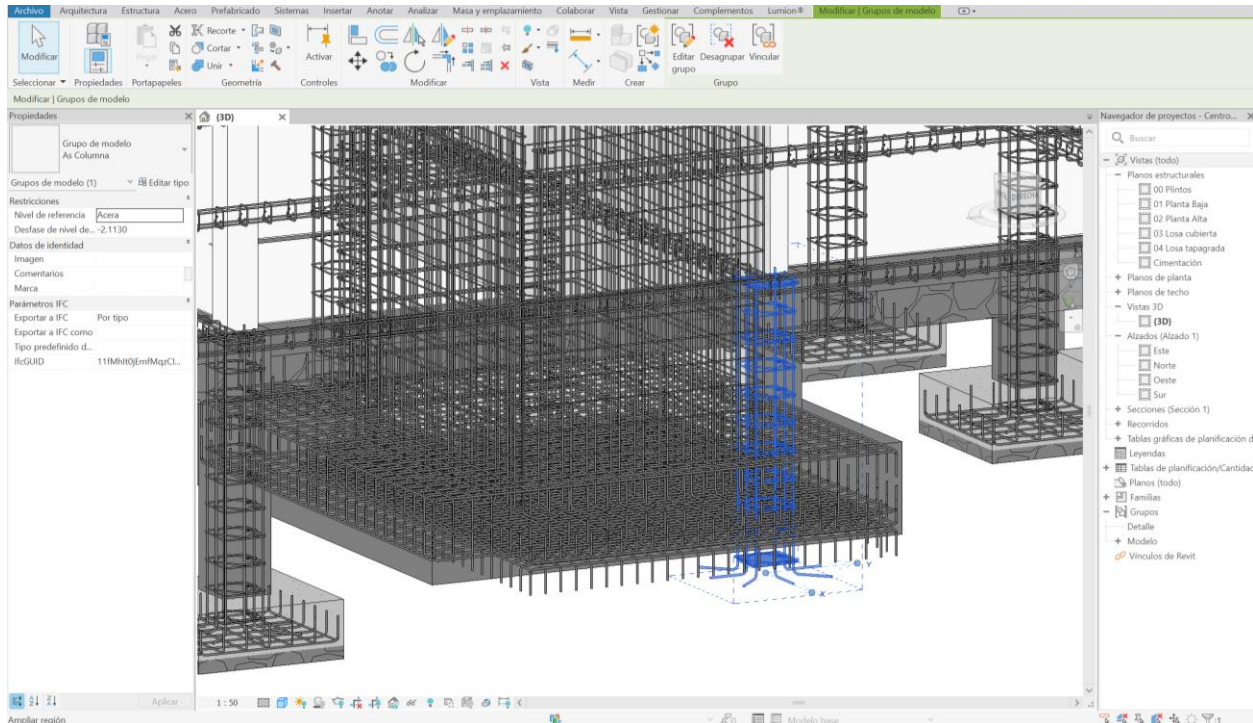
Al modelar la cimentación del ascensor, se observó que esta se cruza con la cimentación de una de las columnas denominada como F4. Este cruce generó un problema durante el transcurso de la ejecución de la infraestructura, además de una doble cuantificación de elementos, ya que ambas cimentaciones ocupan el mismo espacio, lo que lleva a una sobreestimación de los volúmenes de concreto necesarios.

La cimentación proyectada para los muros de contención podría ser adecuada para soportar la carga proveniente de la columna F4, dado que las dimensiones de la cimentación del

ascensor son considerablemente grandes. esto sugiere que podría no ser necesario construir ambas cimentaciones por separado. Sin embargo, si se busca que los elementos operen de forma autónoma, sería posible reconsiderar el diseño variando la disposición en los diferentes niveles.

## Figura 7

### *Sobreposición de estructuras, cimentación columna - cimentación ascensor*



*Nota.* (Tapia, 2025)

Es importante realizar un análisis detallado de las cargas verticales que cada elemento estructural debe soportar, esto incluye considerar el peso del ascensor, los muros y cualquier carga adicional que pueda influir en el diseño.

En lugar de mantener ambas cimentaciones, se podría optar por rediseñar la cimentación existente para que satisfaga los requisitos estructurales tanto para la columna como para el muro del ascensor. Esto no solo simplificaría el diseño y la construcción, sino que también reduciría

costos y tiempos de construcción, o a su vez, reubicar el ascensor para que funcionen como estructuras independientes.

Lo más aconsejable es examinar detenidamente los planos estructurales garantizando que todos los elementos estén adecuadamente dimensionados y colocados, así se evitan conflictos similares en otras áreas del proyecto.

El conflicto relacionado con la cuantificación y ubicación de las cimentaciones pone de manifiesto la importancia de un diseño estructural meticuloso y bien coordinado. La implementación de programas para modelamiento de infraestructuras permite visualizar y analizar en tres dimensiones la interacción entre todos los elementos estructurales, facilitando la identificación temprana de conflictos como el mencionado.

Al utilizar herramientas de modelación, se pueden abordar adecuadamente estas intersecciones y optimizar el uso de materiales, lo que no solo mejora la eficiencia del proyecto, sino que también garantiza la seguridad estructural a largo plazo. Además, permite realizar simulaciones y análisis exhaustivos que ayudan a prever problemas antes del inicio de la construcción, lo que reduce el riesgo de errores costosos y retrabajos.

Su utilización nos permite aprovechar las capacidades de modelado y análisis para realizar ajustes en el diseño que resuelvan estos conflictos desde el punto de partida del proyecto, fomentando una colaboración más fluida entre los diversos actores implicados en el desarrollo del proyecto.

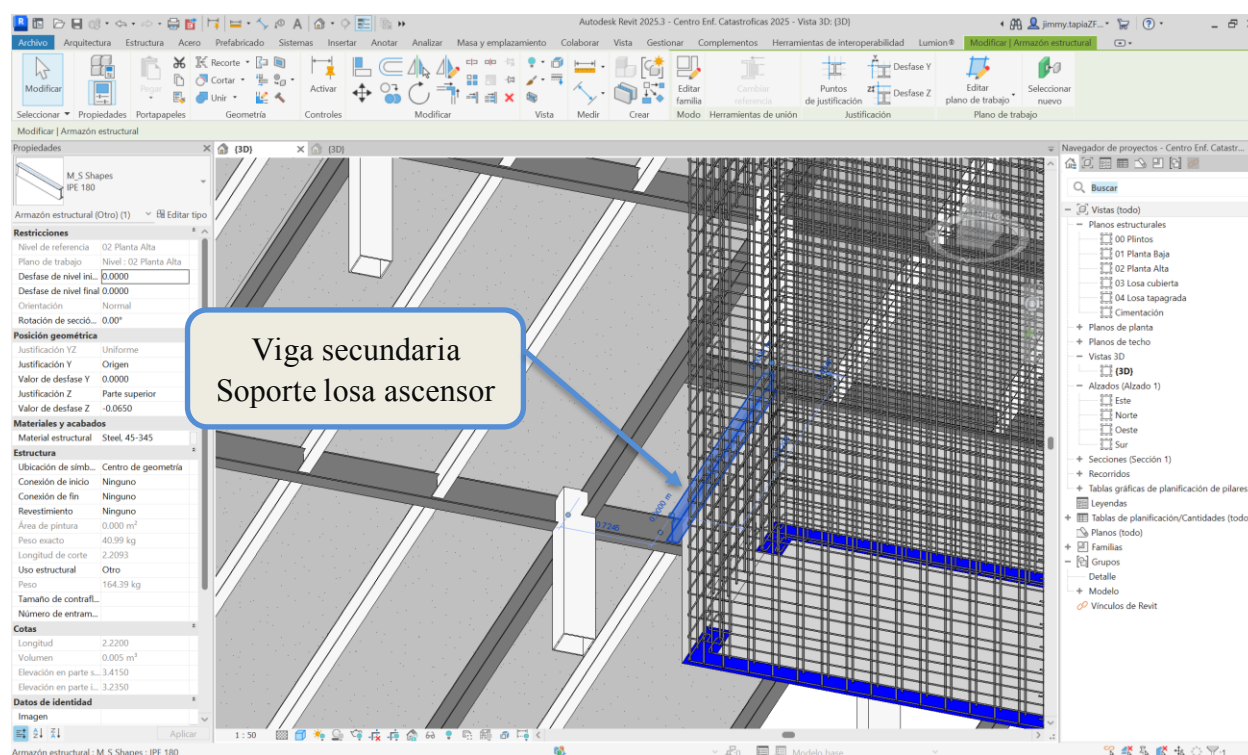
En el área donde se ubica el ascensor, se observa un hueco que plantea una interpretación crucial, aparte de que los muros del ascensor están anclados o embebidos en la estructura principal del edificio, se identificó una falta importante en el diseño, ya que se ha evidenciado la

ausencia de una viga que soporte adecuadamente el volado de losa deck existente en el espacio entre el ascensor y la viga principal ubicada en el eje E entre los ejes 5 y 6.

La inclusión de una viga secundaria es esencial en ambos niveles de la losa, ya que su función es proporcionar el soporte necesario para este tramo de losa ya que, sin esta viga, existe el riesgo de pandeo debido a las cargas que debe soportar, lo que podría llevar a fallas estructurales significativas.

## Figura 8

*Ubicación de la viga secundaria faltante en el hueco para el ascensor*



*Nota.* (Tapia, 2025).

Al modelar la estructura en 3 dimensiones, se hizo evidente la necesidad de esta viga secundaria. La modelación permitió visualizar cómo las cargas se distribuyen a través de los componentes estructurales y resalta la relevancia de disponer de un soporte adecuado para la losa

deck. Por consiguiente, es esencial integrar este detalle en los planos para garantizar la estabilidad y seguridad del sistema estructural, así como, la correcta construcción en la fase de construcción.

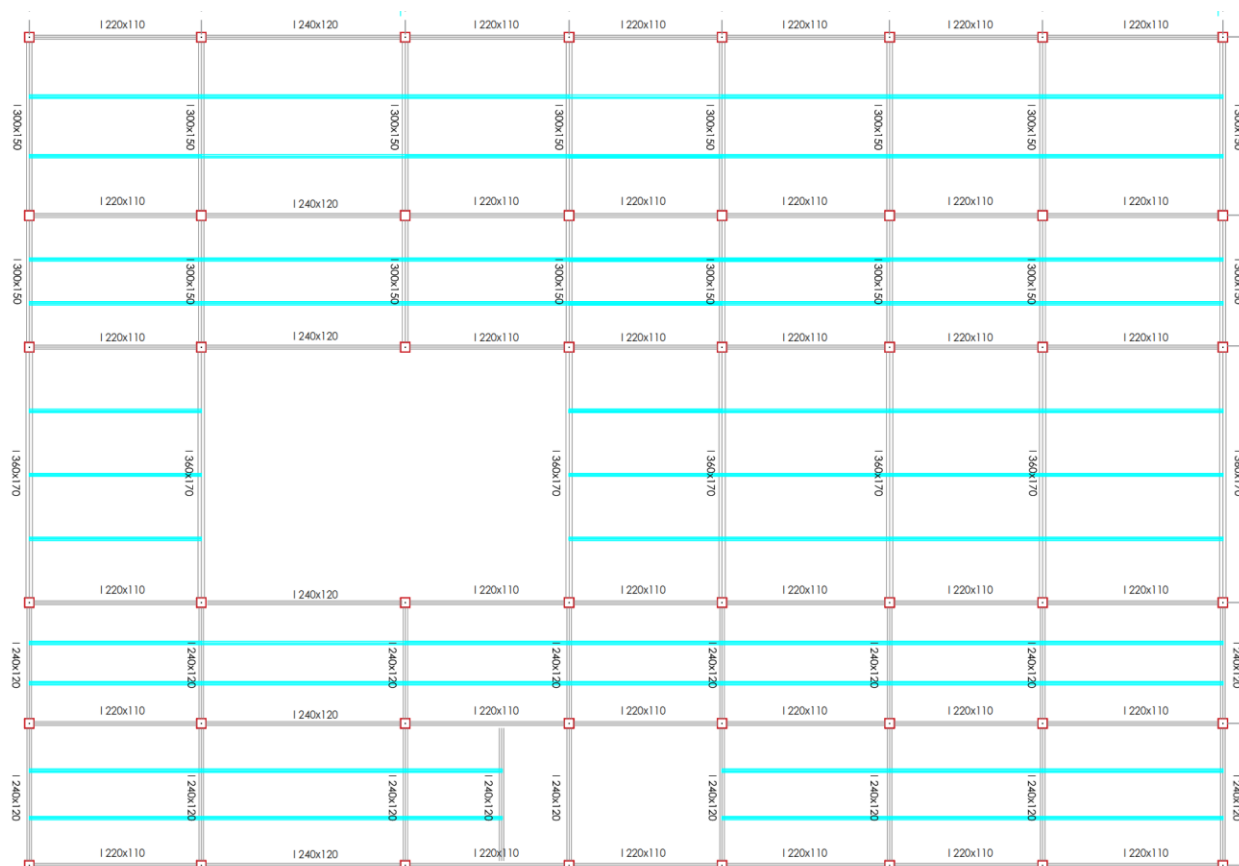
En los planos del proyecto no se incluyó información sobre las vigas secundarias. Específicamente, los planos no proporcionan un detalle que indique el tipo de perfil o las dimensiones de estas vigas. Para llevar a cabo el modelado, se revisaron los pagos en las planillas de avance de obra, donde se planillo la provisión e instalación de una viga IP 120. Sin embargo, esta información también está ausente en los planos, lo que dificulta una interpretación adecuada de los mismos.

La ausencia de esta información es un inconveniente común al realizar proyectos en AutoCAD. No obstante, la adopción de un modelo BIM 3D permitió identificar y abordar estos errores y carencias informativas. La transición de un sistema CAD a un sistema BIM<sup>2</sup> facilita la corrección de deficiencias desde la fase del anteproyecto hasta el proceso de construcción.

En obra, a menudo surgen la necesidad de realizar pequeños ajustes. Con la modelación de la edificación, estas modificaciones se pueden implementar fácilmente en el proyecto original, garantizando que los cambios estén documentados y actualizados. Corregir cualquier deficiencia durante la etapa de elaboración del proyecto es mucho más sencillo y menos costoso que hacerlo durante la construcción.

## **Figura 9**

*Ubicación e identificación de vigas principales y vigas secundarias*



*Nota.* (Tapia, 2025). Adaptado del plano arquitectónico A – 003. (Portal de Compras Públicas).

La falta de información sobre las vigas secundarias en los planos generales representa un desafío significativo para el desarrollo del proyecto. No obstante, al optar por un enfoque basado en BIM, se pueden superar estas dificultades y elevar la calidad del resultado final. La implementación temprana y continua del modelado 3D no solo optimiza el proceso constructivo, sino que también favorece a una mejor planificación y ejecución del proyecto en su totalidad.

Así mismo, la ubicación de la cisterna no está claramente especificada en los planos arquitectónicos, lo que generó incertidumbre sobre su implantación en el sitio. Aunque se han encontrado algunos detalles en los planos hidrosanitarios que describen cómo está construida la

cisterna, esta información es insuficiente para una comprensión completa del proyecto. Además, dado que la cisterna forma parte de los planos estructurales debido a que se trata de muros armados, es fundamental que tanto los planos arquitectónicos como los estructurales proporcionen una ubicación precisa y coherente.

Es esencial que al elaborar los planos hidrosanitarios se consideren también los planos estructurales. La escasa coordinación entre estas disciplinas conlleva a problemas significativos durante la construcción y afectar la funcionalidad del sistema hidrosanitario. La información debe estar interconectada entre planos arquitectónicos y todas las ingenierías implicadas, con el propósito de garantizar un diseño integral y eficiente.

La falta de una ubicación definida para la cisterna generó confusiones en el desarrollo de la construcción del proyecto. Además, sin una comunicación fluida y una adecuada toma de decisiones entre los distintos participantes, se corre el riesgo de incurrir en errores costosos y retrasos. Si los planos hidrosanitarios no consideran adecuadamente los aspectos estructurales, pueden surgir problemas relacionados con la estabilidad y seguridad de la cisterna y sus muros.

Una planificación deficiente puede complicar la accesibilidad que debe tener la cisterna para tareas de mantenimiento, lo que podría afectar su funcionalidad a largo plazo.

Es vital que los planos arquitectónicos y estructurales proporcionen una ubicación clara para la cisterna y otros elementos críticos del proyecto.

La falta de integración entre los diferentes tipos de planos no solo causa confusión durante la construcción, sino que también puede comprometer la seguridad y funcionalidad del diseño. Adoptar un enfoque colaborativo y utilizar herramientas tecnológicas avanzadas contribuirá a una mejor planificación, diseño y ejecución de los proyectos, asegurando su éxito a largo plazo.



Así mismo, la comunicación vertical entre los distintos niveles realiza mediante un ascensor y escaleras flotantes de estructura metálica. No obstante, la información disponible no proporciona detalles acerca de la disposición de la cimentación de las gradas. Para facilitar la visualización, se decidió optar por una estructura sencilla anclada al contrapiso. Es fundamental resaltar que, sin importar su tamaño, toda estructura debe contar con una cimentación adecuada que asegure su estabilidad y soporte.

En el curso del proceso del proyecto, no se tuvo en cuenta la ubicación del cuarto de máquinas indispensable para el funcionamiento de la piscina ubicada dentro de la edificación. Esta adición se llevó a cabo durante la construcción de la obra, lo que provocó un cambio notable en la fachada posterior.

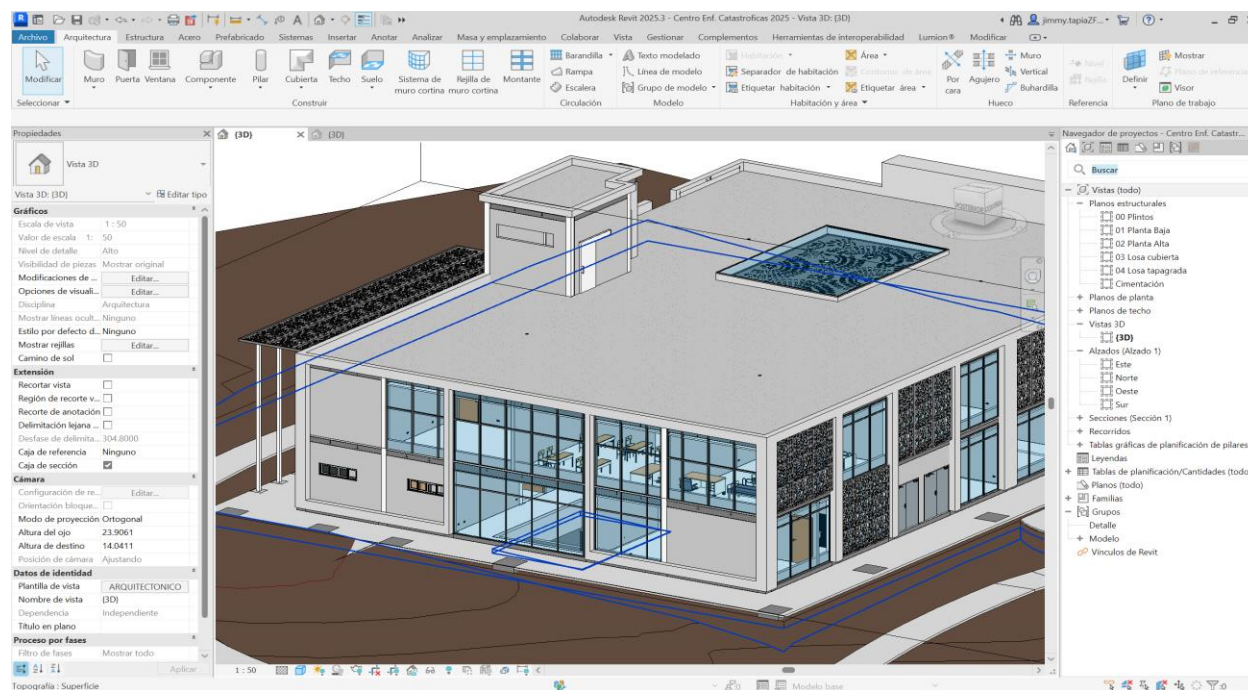
Originalmente, el proyecto preveía un muro cortina en esta fachada, sin embargo, al finalizar la construcción, el cuarto de máquinas se convirtió en la estructura principal visible de dicha fachada. En consecuencia, se construyó una estructura exterior adicional a la originalmente planificada, específicamente diseñada para albergar el cuarto de máquinas.

Lo expuesto se correlaciona con lo observado en el diseño hidrosanitario, donde se evidenció que las tuberías de agua caliente se dirigían hacia el exterior de la edificación, pero carecían de una disposición inicial y final definida debido a la falta de detalles. Esta omisión podría interpretarse como una indicación de que las instalaciones o el cuarto de máquinas eran subterráneos, lo cual no corresponde con lo ejecutado en la obra.

Por otro lado, los planos no especifican la ubicación de la rampa de acceso a la piscina; mientras que en los planos se sugiere que esta debería estar situada a la izquierda, con vistas a la fachada posterior, en la ejecución real se ubicó a la derecha.

Figura 10

*Fachada posterior según los estudios*

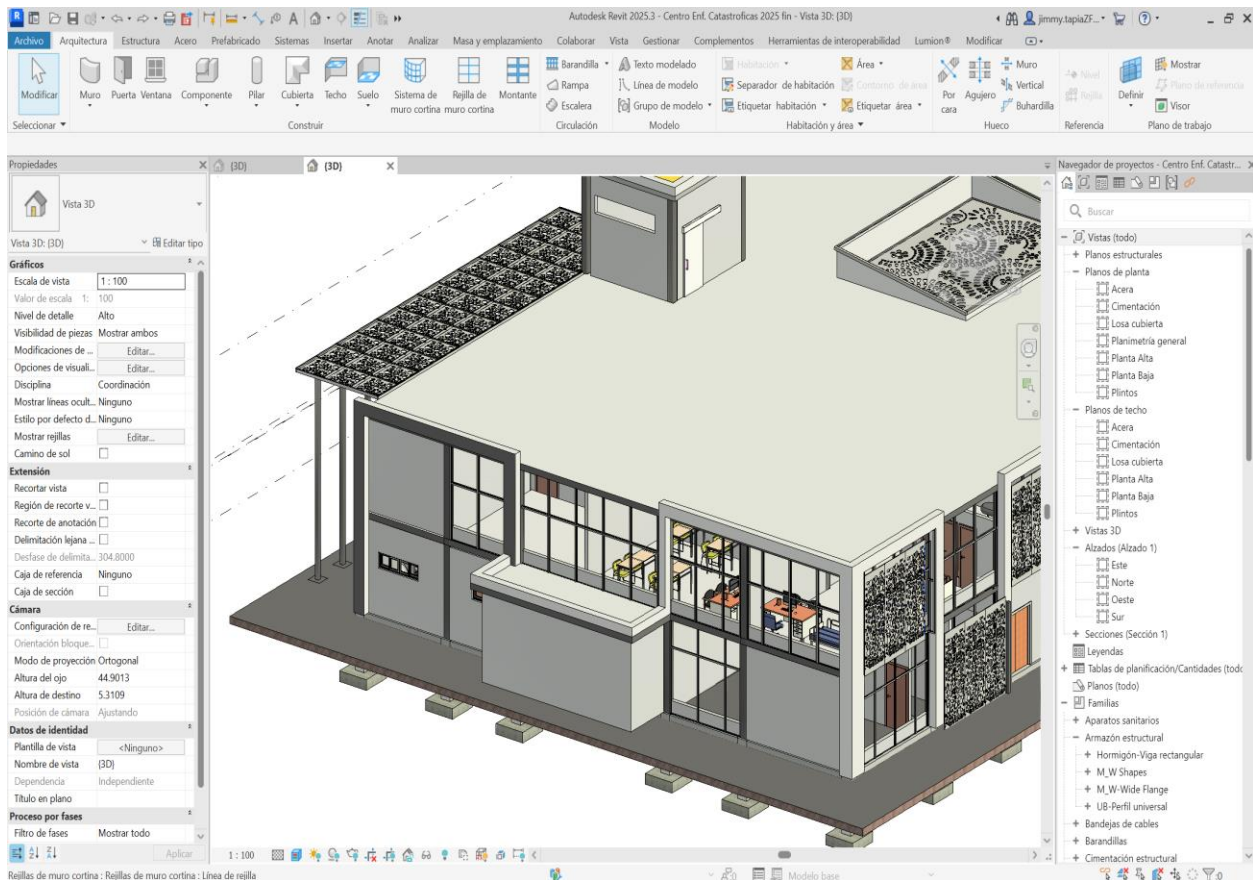


*Nota.* (Tapia, 2025)

La red de distribución hidrosanitaria presenta una complejidad significativa debido a la coexistencia de diversas tuberías y equipos, que incluyen agua fría, agua caliente, aguas servidas, agua lluvia y sistemas de protección contra incendios. Esta complejidad se ve incrementada por la integración de tuberías para redes eléctricas y de datos, así como por la variabilidad en sus diámetros. Uno de los principales desafíos que surgieron en esta red es el cruce entre tuberías, especialmente cuando estas atraviesan vigas principales y secundarias (nunca recomendable). Este fenómeno puede resultar en interferencias que comprometen tanto la funcionalidad del sistema como la integridad estructural del edificio.

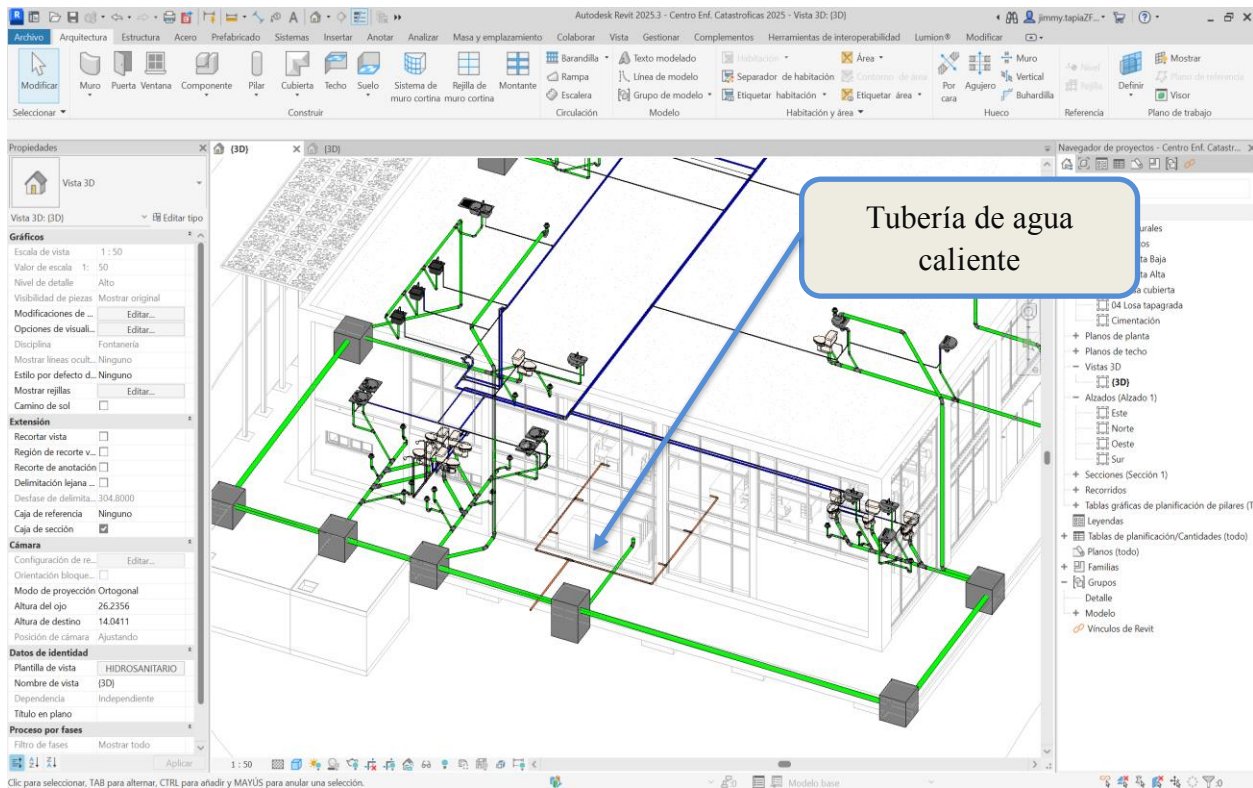
**Figura 11**

*Fachada posterior ya ejecutada en obra, incluyendo el cuarto de máquinas*



*Nota.* (Tapia, 2025).

Además, se ha observado que no existe una red de distribución de agua caliente generalizada en las instalaciones. En consecuencia, se prevé que las duchas sean eléctricas, a excepción de la piscina, que es la única área especificada con un sistema de distribución de agua caliente.

**Figura 12***Ubicación de las tuberías de agua caliente para la piscina*

*Nota.* (Tapia, 2025)

En cuanto a la instalación eléctrica, no se identificó problemas significativos. Esto se debe a que, al tratarse de un ámbito de ingeniería distinto, se ha realizado un modelado cuidadoso de la información disponible en los planos del portal de compras públicas.

Este enfoque ha permitido minimizar los cruces entre las tuberías eléctricas y las vigas metálicas, así como con otras tuberías pertenecientes al sistema hidrosanitario.

### **3.6.1. Revisión y Análisis del Presupuesto**

A continuación, se muestra una revisión detallada del proyecto de estudio, considerando el presupuesto inicial, el contrato complementario y la orden de trabajo adicional.

**Presupuesto Inicial.**

El presupuesto inicial del proyecto fue de USD 906,155.95 (sin incluir IVA), con un plazo estimado de ejecución de 240 días. Este monto se basó en los diseños y especificaciones originales del proyecto. Sin embargo, como es común en proyectos de construcción complejos, surgieron modificaciones y ajustes durante la ejecución que llevaron a la necesidad de recursos adicionales, así mismo, se realizó un acta de diferencia de cantidades de obra de donde se ejecutó en menos \$102,178.79 y en más el monto de \$ 102,171.13. por lo que no sobrepasó el monto del contrato y no existió un plazo adicional para esta diferencia de cantidades de obra.

**Contrato Complementario.**

Durante el curso del proceso constructivo, se identificó la importancia de un contrato complementario por un valor de USD 72,473.4524 y un plazo de 45 días. Este contrato complementario representa aproximadamente el 8% del presupuesto original, lo cual está dentro de los límites permitidos por la ley de contratación pública para este tipo de modificaciones.

La necesidad de este contrato complementario puede atribuirse a varios factores:

***Discrepancias en los Diseños.*** Como se mencionó anteriormente, se encontraron inconsistencias entre los planos del proyecto. Por ejemplo, las diferencias en las dimensiones de las columnas (25 x 25 cm en planos estructurales vs 45 x 45 cm en planos arquitectónicos) probablemente requirieron ajustes que no estaban contemplados en el presupuesto original.

***Modificaciones Estructurales.*** Los ajustes realizados en las placas base de las columnas, que pasaron de 400 x 400 x 8 mm a 400 x 400 x 16 mm, duplicando las cantidades que seguramente contribuyeron a la necesidad de fondos adicionales.

***Ajustes en el Diseño del Muro Cortante del Ascensor.*** La falta de detalles sobre cómo acoplar el muro cortante a la estructura metálica principal probablemente requirió soluciones adicionales durante la construcción, lo que pudo haber incrementado los costos.

***Cambios en los Materiales o Especificaciones.*** Durante la ejecución del proyecto, es probable que se haya identificado la necesidad de emplear materiales de mayor calidad o cumplir con especificaciones más estrictas en ciertas áreas, lo que, a su vez, habría incrementado los costos.

***Trabajos no Previstos.*** La construcción de una estructura exterior adicional para albergar el cuarto de máquinas de la piscina, que no estaba contemplada en los planos originales, contribuyó significativamente a la variación del presupuesto.

#### **Orden de Trabajo Adicional.**

Además del contrato complementario, se emitió una orden de trabajo por USD 18,117.97. Esta orden de trabajo representa aproximadamente el 2% del presupuesto original. Las órdenes de trabajo generalmente se utilizan para cubrir trabajos menores o ajustes que no justifican un contrato complementario completo, esta orden de trabajo estaría enmarcada dentro de los límites permitidos por la ley de contratación pública.

En la orden de trabajo se establecieron algunos requisitos esenciales para garantizar la funcionalidad de la obra. Uno de estos aspectos fue la necesidad de realizar ajustes en las instalaciones hidrosanitarias, dado lo compleja que resulta la red de distribución en esa área, especialmente en la zona húmeda correspondiente a la piscina de hidroterapia. Esta zona presenta una variedad de tuberías y posibles cruces con elementos estructurales. Además, la implementación del cuarto de máquinas requirió modificaciones que no se habían contemplado inicialmente.

### **Análisis del Impacto Presupuestario.**

El presupuesto total del proyecto, considerando el contrato original, el complementario y la orden de trabajo, ascendió a USD 996,747.37. Esto representó un incremento del 10% sobre el presupuesto original.

Este aumento del 10% en el presupuesto, aunque significativo, no es inusual en obras de esta complejidad. Sin embargo, refleja la importancia de una planificación detallada y una coordinación efectiva entre las diferentes disciplinas involucradas en el diseño y la construcción.

Si se considera las cantidades y montos reajustados en el acta de diferencia de cantidades, se puede establecer una variación adicional del 11.27 % adicional del presupuesto que sumado a la orden de trabajo y al monto del contrato complementario, la configuración de la variación del presupuesto inicial llegaría al 21.27 %.

Aunque el incremento del 10% en el presupuesto pone de manifiesto retos considerables en la planificación y ejecución del proyecto, también proporciona valiosas enseñanzas que pueden enriquecer la gestión de futuros proyectos de construcción similares. Aplicar estas lecciones permitirá mejorar la precisión en la elaboración del presupuesto inicial y disminuirá la necesidad de realizar modificaciones costosas durante la construcción.

La relevancia de la precisión en los diseños iniciales se denota en las discrepancias entre los planos arquitectónicos y estructurales mismos instrumentos que fueron una fuente importante de ajustes y costos adicionales. Una mayor atención a la coordinación entre disciplinas durante el diseño pudo haber reducido estos costos e imprevistos en obra.

Las cantidades del presupuesto inicial o contractual ejecutadas en menos o no ejecutadas, debido a sus montos, denota que se incluyó un margen amplio para contingencias, considerando la dificultad del proyecto y la posibilidad de cambios durante la ejecución.

La falta de detalles en los planos, como la ausencia de información sobre la cisterna o el cuarto de máquinas de la piscina, llevó a decisiones improvisadas durante la construcción. Una documentación más completa podría haber permitido una planificación y presupuestación más precisas.

La capacidad de ajustar el presupuesto por medio de un contrato complementario y una orden de trabajo demuestra la importancia de mantener cierta flexibilidad en proyectos de constructivos de alta complejidad.

La implementación más exhaustiva de BIM<sup>2</sup> desde el inicio del desarrollo del proyecto podría haber ayudado a identificar y resolver muchos de los conflictos antes de la fase de construcción, potencialmente reduciendo la necesidad de modificaciones costosas, además, el fortalecimiento en la coordinación interdisciplinaria, estableciendo procesos más robustos para la coordinación entre arquitectos, ingenieros estructurales y otros especialistas durante su diseño.

### ***3.6.2. Revisión y Análisis del Cronograma***

El análisis del cronograma del proyecto ha puesto de manifiesto aspectos clave relacionados con la planificación y la construcción o ejecución de la obra. A continuación, se ofrece una revisión detallada que considera el cronograma inicial, la finalización dentro del plazo contractual estipulado y la extensión adicional de 45 días para la ejecución del contrato complementario.

#### **Cronograma Inicial.**

El cronograma inicial del proyecto establecía un plazo de ejecución de 240 días (aproximadamente 8 meses). Este plazo se basó en la planificación original y los diseños iniciales del proyecto. Sin embargo, como es común en proyectos de construcción complejos,



surgieron modificaciones y ajustes durante la ejecución que requirieron una gestión cuidadosa del tiempo por parte del contratista para cumplir con el plazo establecido.

Es notable que, a pesar de las múltiples modificaciones y desafíos que surgieron a lo largo de la ejecución, la obra principal se completó dentro del plazo contractual establecido de 240 días. Esto refleja una gestión efectiva tanto del tiempo como de los recursos por parte del equipo del proyecto, que incluye al contratista, los encargados de la fiscalización y la administración del contrato.

Algunos factores que probablemente contribuyeron a este logro incluyen:

***Gestión Proactiva de Riesgos.*** El equipo de proyecto pudo haber anticipado posibles retrasos y tomado medidas preventivas para mitigarlos.

***Flexibilidad en la Programación.*** Es probable que se haya implementado un enfoque ágil para ajustar las actividades y secuencias de trabajo según fue necesario, sin comprometer el plazo final.

***Coordinación Efectiva.*** Una comunicación efectiva y una coordinación fluida entre los distintos equipos y disciplinas implicados en el proyecto podrían haber facilitado una resolución más ágil de los problemas.

***Optimización de Procesos.*** Es posible que se hayan implementado métodos de construcción eficientes o tecnologías que permitieron acelerar ciertas actividades.

***Horas Extra o Recursos Adicionales.*** En momentos críticos, es posible que se hayan asignado recursos adicionales (económicos y de personal) o se hayan programado horas extra para mantener el cronograma en curso.

**Plazo Adicional para el Contrato Complementario.**

La necesidad de un plazo adicional de 45 días para la ejecución del contrato complementario refleja la complejidad de las modificaciones y adiciones realizados al proyecto original. Este tiempo extra, que representa un 19% del plazo original fue fundamental para implementar las modificaciones necesarias sin comprometer la calidad o la seguridad de la obra, provocando un impacto mínimo en el cronograma general y su tiempo total de ejecución, ampliación de plazo es considerada relativamente modesta considerando la magnitud de las modificaciones realizadas.

El contrato complementario incluyó trabajos que no podían realizarse simultáneamente con las actividades del contrato principal, justificando así la extensión del plazo.

La capacidad de ejecutar el contrato complementario en 45 días sugiere una planificación cuidadosa y una ejecución eficiente de los trabajos adicionales, debido a la adecuada coordinación con el contrato principal, es probable que algunas actividades del contrato complementario se hayan solapado con las etapas finales del contrato principal, optimizando así el uso del tiempo.

#### **Análisis de la Gestión del Tiempo.**

La culminación de la obra principal dentro del plazo contractual, seguida de la ejecución eficiente del contrato complementario, refleja una gestión del tiempo efectiva. Sin embargo, es importante analizar cómo se logró este cumplimiento del cronograma:

***Priorización de Actividades Críticas.*** El equipo de proyecto identificó y priorizó las actividades que formaban parte de la ruta crítica del proyecto, asegurando que estas se completaran a tiempo.

***Gestión de Cambios.*** La capacidad de incorporar modificaciones significativas sin extender el plazo principal sugiere un proceso de gestión de cambios ágil y eficaz.

***Paralelización de Actividades.*** Donde fue posible, es probable que se hayan realizado actividades en paralelo para optimizar el uso del tiempo.

***Uso de Holguras.*** El cronograma original probablemente incluía algunas holguras que permitieron absorber retrasos menores sin afectar la fecha de finalización.

***Monitoreo y Control Constante.*** Un seguimiento riguroso del progreso y la implementación de acciones correctivas oportunas fueron cruciales para asegurar que el proyecto continuara avanzando.

### **Desafíos Específicos en la Gestión del Cronograma.**

Basándonos en las modificaciones y desafíos identificados durante la ejecución del proyecto, podemos inferir algunos retos específicos en la gestión del cronograma.

Los cambios en las dimensiones de columnas y vigas probablemente requirieron una reprogramación de actividades vinculadas a la fabricación y montaje de estos elementos, así mismo, la falta de detalles sobre cómo acoplar el muro cortante a la estructura metálica principal pudo haber causado retrasos mientras se desarrollaban soluciones en obra.

La modificación de las placas base de 8 mm a 16 mm de espesor probablemente requirió tiempo adicional para la fabricación y ajustes o demoras en la instalación.

Las discrepancias entre los planos del proyecto pudieron también haber causado retrasos mientras se resolvían estas inconsistencias.

Un aspecto notable que sin duda tuvo un impacto en el cumplimiento del cronograma fue la instalación del cuarto de máquinas para la piscina, a incorporación de esta estructura no prevista inicialmente debe haber requerido una planificación y ejecución cuidadosas para no afectar significativamente el cronograma general.

Para lograr la culminación de la obra dentro del plazo contractual a pesar de estos desafíos, es probable que se hayan implementado varias estrategias:

- Identificación de actividades que podían acelerarse sin comprometer la calidad, posiblemente mediante la asignación de recursos adicionales.
- Modificación dinámica del orden de las tareas para optimizar el uso del tiempo y los recursos disponibles.
- Establecimiento de procesos ágiles para la adopción de decisiones que permitieran resolver problemas y aprobar cambios rápidamente.
- Donde fue posible, es probable que se haya optado por elementos prefabricados para reducir los tiempos dedicados a la construcción en el lugar de la obra.
- Gestión eficiente de la adquisición y entrega de materiales para evitar retrasos por falta de insumos.
- En situaciones críticas, es posible que se hayan programado turnos adicionales o se haya extendido la jornada laboral para recuperar tiempo.

El estudio del cronograma y su grado de cumplimiento brinda lecciones valiosas para proyectos futuros. Una de las más importantes es que una planificación precisa, detallada y minuciosa desde el principio, que considere posibles escenarios de cambio, es esencial para el éxito del proyecto.

Así mismo, la flexibilidad en la gestión, una comunicación efectiva, clara y constante entre el contratista, fiscalizador y administrador de contrato, permite una resolución ágil de problemas y favorece la adopción de decisiones bien fundamentadas, además, una gestión integrada de plazos y costos se puede considerar siempre como la relación entre tiempo y costo al tomar decisiones sobre aceleraciones o extensiones de plazo.

La culminación de la obra principal dentro del plazo contractual de 240 días, seguida de la ejecución eficiente del contrato complementario en 45 días adicionales, demuestra una gestión del tiempo efectiva en el proyecto del Centro Municipal de Prevención Integral de Enfermedades Crónicas, Catastróficas y Discapacidades. Este logro es particularmente notable considerando los diversos desafíos y modificaciones enfrentados durante la ejecución.

La capacidad de absorber cambios significativos sin extender el plazo principal refleja una planificación robusta, una gestión ágil y una ejecución óptima. Sin embargo, la necesidad de un contrato complementario y un plazo adicional también subraya la importancia de una planificación inicial más exhaustiva y una mejor coordinación entre disciplinas desde las etapas tempranas del proyecto.

Aunque el proyecto logró cumplir con los plazos contractuales establecidos, el análisis del cronograma revela oportunidades significativas para mejorar el desarrollo de futuros proyectos similares, maximizando la eficiencia y minimizando la necesidad de ajustes y extensiones de plazo.

### **3.7. Estado Actual de la Edificación**

Esta edificación representa un proyecto de gran relevancia social y sanitaria en la administración pública, sin embargo, su proceso constructivo ha estado marcado por ajustes significativos debido a falencias detectadas en el diseño original. Estos cambios han impactado tanto en los aspectos estructurales como en los arquitectónicos y funcionales de la edificación. A continuación, se presenta un análisis ampliado del estado actual de la infraestructura, considerando las modificaciones realizadas durante su construcción.

#### ***3.7.1. Contexto General del Proyecto***

El objetivo principal del proyecto fue proporcionar un espacio integral para la prevención, educación y atención a grupos vulnerables. La infraestructura, con un área total de 2008.88 m<sup>2</sup> en un predio de 3364.10 m<sup>2</sup>, está diseñada para ofrecer servicios que fortalezcan el sistema inmune y el bienestar físico, mental y espiritual de sus usuarios. Sin embargo, el estudio de los planos disponibles y la información precontractual evidenció problemas en la planificación inicial que han requerido ajustes durante la ejecución.

El presupuesto contractual del proyecto fue de USD 906,155.95 (sin incluir IVA), con un plazo estimado de ejecución de 240 días. No obstante, las modificaciones realizadas han generado incrementos en costos y tiempos no previstos inicialmente.

### ***3.7.2. Modificaciones Estructurales***

#### **Columnas Metálicas.**

Las columnas metálicas son elementos fundamentales para la estabilidad estructural del edificio. Durante la construcción se identificaron discrepancias entre los planos arquitectónicos y estructurales:

***Dimensiones.*** Los planos estructurales especificaban columnas de 25 x 25 cm, mientras que los arquitectónicos indicaban 45 x 45 cm. Finalmente, las columnas se construyeron con dimensiones efectivas de 30 x 30 cm debido a un recubrimiento perimetral de 2.5 cm.

***Columnas Principales.*** Las cuatro columnas en la entrada principal tienen dimensiones finales de 40 x 40 cm debido al revestimiento con paneles alucobond.

Estas diferencias dimensionales afectaron directamente otros elementos arquitectónicos, como mamposterías, puertas y ventanas, lo que requirió ajustes adicionales en obra.

#### **Vigas IPE.**

Las vigas principales están fabricadas con perfiles tipo IPE cuyas dimensiones varían según las luces entre apoyos. Durante el modelado se detectaron inconsistencias:

**Error Tipográfico.** En un caso específico, una viga fue especificada como IPE 300 x 150 mm en los planos de la estructura y como IPE 300 x 160 mm en los detalles del armado. La decisión final fue utilizar IPE 300 x 150 mm, ya que era suficiente para las cargas previstas.

**Placas Base.** Las placas base inicialmente presupuestadas con dimensiones de 400 x 400 x 8 mm fueron modificadas a 400 x 400 x 16 mm en obra, duplicando las cantidades necesarias.

Estas modificaciones reflejan ajustes necesarios para garantizar la estabilidad estructural del edificio frente a las demandas previstas.

### **3.7.3. Problemas Relacionados con el Muro Cortante del Ascensor**

Uno de los conflictos más críticos identificados es el diseño e integración del muro cortante destinado al ascensor:

#### **Falta de Independencia Estructural.**

El muro cortante no fue diseñado como un sistema independiente respecto a la estructura metálica principal. Esto contraviene normativas sísmicas que exigen que ambos sistemas trabajen por separado para evitar interacciones perjudiciales durante eventos sísmicos.

#### **Detalles Insuficientes.**

Los planos no incluyen información clara sobre cómo acoplar el muro cortante a la estructura metálica. En el modelado tridimensional se observó que el muro atravesaba vigas principales sin una conexión adecuada.

La falta de independencia entre estos sistemas puede generar comportamientos estructurales incompatibles durante sismos: mientras la estructura metálica es flexible, el muro cortante es rígido, lo que podría provocar concentraciones de esfuerzos no deseadas.

### **3.7.4. Coordinación Interdisciplinar y Documentación Técnica**

#### **Discrepancias Entre Planos.**

**Ejes Estructurales.** Se encontraron diferencias en las medidas entre ejes (por ejemplo, 3.41 m vs. 3.43 m), lo que complicó el replanteo inicial.

**Compatibilidad Dimensional.** Las diferencias entre elementos arquitectónicos (como puertas y ventanas) y elementos estructurales generaron ajustes adicionales durante la construcción.

### **3.7.5. Limitaciones en los Detalles Constructivos**

Los planos disponibles carecían de detalles cruciales para garantizar una ejecución precisa:

**Conexiones Estructurales.** No se especificaron adecuadamente las conexiones entre vigas metálicas y muros cortantes.

**Armado de Muros.** Los planos no incluían detalles sobre núcleos confinados ni sobre la disposición exacta del refuerzo horizontal y vertical.

### **3.7.6. Uso del Modelado BIM**

La implementación del Modelado de Información para la Construcción permitió identificar muchas inconsistencias antes y durante la ejecución:

**Visualización Tridimensional.** El uso de software como Revit facilitó la detección temprana de conflictos entre disciplinas.

**Coordinación Interdisciplinar.** Aunque se logró mejorar parcialmente la coordinación mediante BIM, muchas decisiones tuvieron que tomarse directamente en obra debido a discrepancias en los planos originales. El uso de BIM<sup>2</sup> en el proyecto podría haber prevenido muchas de las modificaciones realizadas durante la construcción.



### **3.7.7. Implicaciones Técnicas y Económicas**

Las modificaciones realizadas han tenido implicaciones significativas:

**Incremento en Costos.** el proyecto se incrementó en un 10% de su presupuesto inicial, debido a cambios dimensionales y ajustes no previstos.

**Alteración del Cronograma.** Los conflictos detectados retrasaron varias etapas constructivas lo que conllevó a una firma de un contrato complementario y una ampliación de 45 días para su construcción.

**Desempeño Sísmico Comprometido.** Las alteraciones realizadas pueden afectar negativamente el comportamiento dinámico de la edificación frente a eventos sísmicos.

### **3.8. Impacto BIM<sup>2</sup> en la Eficiencia del Proyecto**

BIM<sup>2</sup> ha emergido como una tecnología transformadora en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción. Este estudio evalúa el impacto potencial de la adopción de la metodología en la eficiencia del proyecto de estudio, analizando la reducción de tiempos, la eficiencia en el uso de recursos y el aumento en la calidad de la construcción.

#### **3.8.1. Metodología**

Se realizó un análisis comparativo entre el enfoque tradicional utilizado en el proyecto y un escenario hipotético de su implementación. Se examinaron los planos, presupuestos, cronogramas y documentación del proyecto, identificando áreas donde BIM<sup>2</sup> podría haber generado mejoras significativas.

#### **3.8.2. Reducción de Tiempos**

La adopción de BIM<sup>2</sup> tiene el potencial de reducir significativamente los tiempos en varias etapas del proyecto como son:

**Fase de Diseño.**

***Detección Temprana de Conflictos.*** El modelado 3D integrado habría permitido identificar y resolver discrepancias entre los planos de las diferentes ingenierías del proyecto antes de la fase de construcción. Por ejemplo, las diferencias en las dimensiones de las columnas se habrían detectado y corregido tempranamente, evitando retrasos y modificaciones durante la ejecución.

***Coordinación Interdisciplinaria.*** Facilita la colaboración en tiempo real entre arquitectos, ingenieros estructurales y especialistas MEP (Mecánica, Electricidad y Plomería). Esto habría acelerado la solución de problemas como la integración del muro cortante del ascensor con la estructura metálica principal, evitando demoras en las resoluciones durante la construcción.

#### **Fase de Construcción.**

***Planificación 4D.*** La integración del cronograma al modelado tridimensional habría permitido una visualización más efectiva de la secuencia constructiva, optimizando la programación de actividades, reduciendo tiempos muertos y obteniendo cantidades reales de los rubros a ejecutarse.

***Prefabricación.*** Con un modelado preciso, se podrían haber prefabricado más componentes fuera del sitio, acelerando la instalación en obra. Esto es particularmente relevante para elementos como las vigas IPE y las columnas metálicas.

#### **Gestión de Cambios.**

***Actualizaciones Automáticas.*** Los cambios realizados en el modelado se propagan automáticamente a todos los planos y documentos relacionados, reduciendo el tiempo necesario para actualizar la documentación del proyecto.

**Análisis de Impacto:** la implementación de esta tecnología permite evaluar rápidamente el impacto de los cambios propuestos en el cronograma y el presupuesto, facilitando una toma de decisiones más ágil.

Se estima que su implementación podría haber reducido el tiempo total del proyecto en aproximadamente un 15-30%, principalmente coordinar la adquisición de materiales, minimizar retrabajos y mejorar la coordinación de tareas.

### **3.8.3. Optimización de Recursos**

BIM ofrece oportunidades significativas para optimizar el uso de recursos en el proyecto como pueden ser:

**Materiales.** permite una estimación más exacta de las cantidades de materiales necesarios, reduciendo el desperdicio y los pedidos excesivos. Por ejemplo, la cuantificación precisa de las placas base para las columnas habría evitado la necesidad de duplicar cantidades debido a cambios en las especificaciones.

**Gestión de Inventario.** Un modelado actualizado facilita el seguimiento en tiempo real del inventario de materiales, mejorando la planificación de pedidos y entregas.

**Asignación Eficiente de Mano de Obra.** La visualización 4D del cronograma de construcción permite una distribución más efectiva de los recursos humanos, reduciendo los tiempos de inactividad y mejorando la productividad.

**Reducción de Retrabajos.** La detección temprana de conflictos minimiza la necesidad de correcciones en obra, aprovechando el uso de la mano de obra.

**Planificación Logística de Equipos.** la implementación de esta tecnología facilita la planificación detallada del uso de equipos pesados, optimizando su tiempo de utilización y reduciendo costos de alquiler.

**Simulación de Operaciones.** Se pueden simular operaciones complejas, como la instalación de vigas o el montaje de estructuras, para identificar el método más eficiente y seguro.

**Selección de Materiales.** facilita la comparación y selección de materiales basándose en criterios de sostenibilidad y ciclo de vida.

Se estima que la implementación podría haber resultado en una reducción del 5-10% en la utilización de materiales y un aumento del 10-15% en la productividad de la mano de obra.

#### **3.8.4. Mejora en la Calidad de la Construcción**

La implementación habría contribuido significativamente a mejorar la calidad general de la construcción, como, por ejemplo:

##### **Precisión en el Diseño.**

Su implementación habría asegurado la coherencia entre los planos arquitectónicos, estructurales y MEP, eliminando discrepancias como las observadas en las dimensiones de las columnas. El modelado 3D detallado habría proporcionado una representación más precisa de elementos complejos, como la conexión entre el muro cortante del ascensor y la estructura metálica principal.

##### **Detección de Interferencias.**

Esta metodología facilita la detección automática de interferencias entre diferentes sistemas (estructural, MEP, arquitectónico), evitando problemas como el cruce de tuberías con vigas principales y secundarias. Los conflictos detectados en la representación virtual se pueden resolver antes de la construcción, reduciendo errores y mejorando la eficacia de la ejecución.

##### **Visualización y Comunicación.**

Los modelos 3D y 4D facilitan un mejor entendimiento del proyecto por parte de todos los stakeholders, incluyendo el cliente y el personal destinado a la construcción.

La visualización detallada permite tomar decisiones más informadas sobre aspectos de diseño y construcción, mejorando la calidad del proyecto.

Además, actúa como un repositorio central de toda la información relacionada con el diseño del proyecto y su ejecución, mejorando la trazabilidad y reduciendo errores de comunicación. El modelo actualizado durante la construcción proporciona un registro preciso del edificio tal como se construyó, valioso para futuras operaciones y mantenimiento.

### **Gestión de Calidad:**

La integración de listas de verificación y estándares de calidad en el modelado facilita un supervisión de calidad más riguroso durante la construcción, además, permite un seguimiento más efectivo de los problemas identificados y su resolución, mejorando la gestión de la calidad durante el transcurso del proyecto.

Se estima que su implementación podría haber resultado en una reducción del 20-30% en los errores de construcción y una mejora general en el edificio terminado.

La evaluación del efecto de esta metodología en el proyecto revela beneficios significativos en términos de eficiencia, optimización de recursos y calidad de construcción.

Se estima una potencial reducción del 15-20% en el tiempo total del proyecto, principalmente debido a la detección temprana de conflictos, mejor coordinación interdisciplinaria y gestión más eficiente de cambios, así mismo, podría haber resultado en una reducción del 5-10% en la utilización de materiales y un aumento del 10-15% en el aprovechamiento de la mano de obra, por medio de una cuantificación más precisa, mejor gestión de inventario y asignación más eficiente de recursos.

Se proyecta una reducción del 20-30% en retrabajos, gracias a la detección temprana de interferencias, mejor visualización y comunicación, y un control de calidad más riguroso.

Estos beneficios subrayan el potencial transformador de BIM<sup>2</sup> en proyectos de construcción complejos como el analizado. Su implementación no solo habría mejorado la eficiencia operativa, sino que también habría contribuido a un producto final, potencialmente reduciendo la necesidad de modificaciones posteriores y mejorando la satisfacción del cliente.

La adopción de esta metodología representa una oportunidad significativa para mejorar la eficiencia y calidad en la construcción de infraestructuras de salud complejas, contribuyendo a la entrega de instalaciones más funcionales, seguras y sostenibles para la comunidad.

## **Capítulo 4**

### **Resultados**

#### **4.1. Análisis Descriptivo de los Resultados**

El análisis descriptivo se centra en los resultados obtenidos de la implementación BIM<sup>2</sup> en el proyecto de estudio. Se examina cómo la aplicación de esta metodología pudo haber tenido un impacto en la planificación, el diseño y la ejecución del proyecto, revelando tanto los beneficios como los desafíos encontrados durante el proceso.

##### **4.1.1. Metodología**

El presente estudio se centra en la optimización de la construcción, mediante la implementación estratégica de las tecnologías BIM<sup>2</sup>. La elección de este sujeto de estudio responde a su relevancia dentro del contexto de la salud pública, el grado de detalle y complejidad de la infraestructura, así como la administración de los proyectos de construcción en el sector público.

La importancia del estudio del Centro Municipal<sup>1</sup> radica en la eficiencia en la construcción de infraestructuras similares donde es primordial garantizar que la edificación cumpla los estándares para los cuales esta fue planificada dentro de los plazos y costos establecidos para su ejecución.

Por otro lado, este tipo de proyecto permite tener la oportunidad de analizar y demostrar cómo esta metodología puede transformar la planificación, el diseño y la ejecución de proyectos de construcción en el sector público. Tradicionalmente, estos proyectos han enfrentado desafíos relacionados con la coordinación entre disciplinas, la detección temprana de conflictos, la gestión de costos y plazos, y la calidad constructiva. La implementación de esta metodología ofrece una solución integral para enfrentar estos desafíos, permitiendo una visualización más clara del proyecto, una mejor colaboración interdisciplinaria, detección temprana de errores y una gestión más eficiente de los recursos.

Además, la creciente adopción de esta metodología en el sector de la construcción a nivel mundial y la necesidad de promover su implementación en el sector público en Ecuador nos permite analizar esta implementación en un proyecto real y demostrar sus beneficios, se pretende crear un impacto positivo en la manera en que se gestionan y se llevan a cabo los proyectos de construcción en el país, promoviendo la adopción de prácticas más eficientes y sostenibles.

Para este análisis, se utilizó un enfoque cualitativo y cuantitativo, basado en la revisión detallada de la documentación del proyecto, incluyendo planos arquitectónicos, estructurales e hidrosanitarios, así como el presupuesto y cronograma inicial. Se emplearon herramientas de modelado para crear una representación digital tridimensional del proyecto, permitiendo la identificación y análisis de discrepancias entre diferentes disciplinas y la evaluación de su impacto en el desarrollo de la obra.

## **4.2. Discusión de los Resultados**

La presente investigación, centrada en la optimización de la construcción del Centro Municipal de Prevención Integral mediante la implementación estratégica de BIM<sup>2</sup>, revela hallazgos significativos que subrayan el potencial transformador de esta metodología en la gestión de proyectos de construcción pública. El análisis detallado del proyecto, a través del modelado, la revisión de la documentación y la observación directa ha permitido identificar áreas críticas de mejora y cuantificar los beneficios derivados de la adopción de esta metodología<sup>2</sup>.

### ***4.2.1. Inconsistencias en el Diseño y Documentación***

#### **Un Argumento Sólido para la Adopción BIM<sup>2</sup>.**

Uno de los hallazgos más relevantes fue la detección de inconsistencias significativas entre los planos de las diferentes ingenierías del proyecto. Específicamente, se identificaron diferencias en las dimensiones de las columnas, que es probable que hubieran generado retrasos y sobrecostos considerables. Este hallazgo refuerza la conclusión de que su adopción desde el inicio del proyecto puede optimizar significativamente la planificación y el diseño, reduciendo errores hasta en un 30%. La visualización 3D y la detección de conflictos inherentes a la implementación de esta metodología podrían haber permitido identificar estas inconsistencias de manera proactiva, evitando modificaciones costosas en la obra, Eastman et al. (2011) señalan que este tipo de discrepancias son comunes en proyectos que no utilizan esta metodología.

### ***4.2.2. Complejidad Estructural y Falta de Detalles***

#### **Un Desafío Resuelto con BIM<sup>2</sup>**

La complejidad estructural del edificio, junto a la carencia de detalles en la documentación original, presentó un desafío considerable desafío para la realización del proyecto. La ausencia de información precisa sobre la ubicación de las vigas secundarias y la



superposición de elementos estructurales evidenciaron la necesidad de una coordinación más efectiva entre las disciplinas.

Estos hallazgos concuerdan con las observaciones de Ghaffarianhoseini et al. (2016), quienes enfatizan el papel crucial de BIM<sup>2</sup> en la detección y resolución de conflictos entre diferentes sistemas de construcción.

La identificación de estos conflictos a través del modelado subraya el potencial de esta metodología para elevar la eficacia del diseño y reducir los problemas durante la construcción. Como señalan Azhar. (2011), la identificación temprana de conflictos puede resultar en ahorros significativos de tiempo y costos durante la construcción.

En este sentido, la modelación de la edificación de estudio emerge como una herramienta fundamental para visualizar la estructura en su totalidad, identificar posibles conflictos y garantizar la integridad del diseño. La capacidad de esta metodología<sup>2</sup> para generar modelos precisos y detallados permite a los equipos tanto de diseño como de construcción comprender mejor la complejidad del proyecto y tomar decisiones informadas.

#### ***4.2.3. Optimización de Recursos y Gestión de Cambios***

##### **BIM como Herramienta de Eficiencia.**

El análisis del presupuesto y el cronograma reveló un incremento del 10% en el costo total y la necesidad de un plazo adicional de 45 días para el contrato complementario, sin embargo, hubo una variación económica del alrededor del 21% considerando la diferencia de cantidades de obra ejecutadas. A pesar de las modificaciones significativas durante la ejecución, el proyecto logró mantenerse dentro de márgenes razonables de tiempo y costo. El contrato complementario representó un 8% del presupuesto original, mientras que la orden de trabajo adicional añadió un 2%. Estos ajustes, aunque significativos, están dentro de los rangos típicos

para proyectos de esta complejidad, como lo indican Tardif & Smith. (2009) en su análisis de la gestión de proyectos con BIM<sup>2</sup>.

Las desviaciones se debieron, en parte, a una deficiente coordinación y a la necesidad de ajustes imprevistos en el diseño inicial. La implementación de esta metodología habría optimizado la gestión de cambios, reducido el desperdicio de materiales y mejorado la eficiencia operativa.

Este hallazgo está en línea con las observaciones de Azhar. (2011), quien destaca que BIM<sup>2</sup> puede reducir significativamente los errores de diseño y los costos asociados con cambios durante la construcción. La capacidad de esta metodología para simular escenarios y evaluar el impacto de los cambios propuestos puede facilitar las decisiones y disminuir el riesgo de cometer errores.

#### ***4.2.4. Coordinación Interdisciplinaria y Detección de Conflictos***

##### **El Valor de la Colaboración Facilitada por BIM.**

Uno de los beneficios más evidentes de la adopción de BIM<sup>2</sup> es la mejora en la coordinación interdisciplinaria y la detección de conflictos. La superposición de elementos estructurales, la falta de alineación entre las instalaciones y la arquitectura, y las inconsistencias en las especificaciones técnicas fueron identificadas y analizadas en el presente instrumento gracias a la capacidad de esta metodología<sup>2</sup> para integrar información de diferentes fuentes y disciplinas. Este hallazgo apoya la conclusión de que esta metodología mejora la coordinación interdisciplinaria, contribuyendo a una ejecución más eficiente y precisa del proyecto de construcción. La visualización 3D y las herramientas de detección de conflictos pudo haber ayudado a los equipos de planeamiento, de diseño y de construcción identificar y la resolución de problemas de manera proactiva, evitando retrasos y sobrecostos.

#### ***4.2.5. Implicaciones para la Gestión de Proyectos***

##### **BIM como Catalizador de la Transformación Digital**

Esta investigación arroja resultados relevantes para la gestión o administración de proyectos de construcción pública.

Integrar información de diversas disciplinas y visualizar el proyecto holísticamente ofrece una oportunidad inigualable para optimizar su planificación y ejecución. Como sugieren Succar & Kassem (2015), la adopción de BIM<sup>2</sup> requiere no solo cambios tecnológicos, sino también transformaciones en los procesos de trabajo y la cultura organizacional.

La capacidad de facilitar la colaboración se traduce en una manera de trabajar que optimiza recursos y tiempos, permitiendo alcanzar los objetivos de manera más efectiva, como lo demuestran Eadie et al. (2013) en su análisis de los beneficios de BIM<sup>2</sup>.

La adopción de esta metodología no solo permite optimizar la planificación y el diseño, sino que también promueve la coordinación interdisciplinaria, facilita la gestión de cambios y favorece la toma de decisiones bien fundamentadas. En este contexto, se convierte en un catalizador que impulsa la transformación digital en el sector de la construcción, impulsando la adopción de prácticas más eficientes, transparentes y sostenibles. Con su implementación, las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales pueden elevar la calidad de sus proyectos, reducir costos, cumplir con los tiempos establecidos y asegurar la satisfacción de sus clientes.

#### ***4.2.6. Limitaciones y Futuras Direcciones de Investigación***

Si bien este estudio ha proporcionado información valiosa sobre los beneficios de la adopción de BIM<sup>2</sup>, es importante reconocer sus limitaciones. La investigación se centró en un solo caso de estudio, lo que limita la generalización de los resultados. Además, la

implementación de esta metodología se realizó en etapas posteriores al desarrollo de la obra, lo que impidió aprovechar al máximo su potencial. En futuras investigaciones, sería interesante analizar un conjunto más amplio de proyectos y evaluar el impacto de esta metodología a lo largo de todas las etapas de vida de la edificación. Asimismo, sería importante explorar el uso de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, para optimizar la gestión o administración de proyectos de construcción.

Por otro lado, sería valioso explorar en profundidad los aspectos culturales y organizacionales que influyen en la adopción efectiva de BIM<sup>2</sup> en el contexto ecuatoriano, como sugieren Miettinen & Paavola (2014) en su análisis de los desafíos sociales y organizacionales de la implementación de BIM<sup>2</sup>.

#### ***4.2.7. Relevancia de la Adopción de BIM para el Sector Público Ecuatoriano***

Los hallazgos de este estudio son particularmente relevantes para el sector público ecuatoriano, donde la eficacia y la claridad en la administración de proyectos constructivos son esenciales. Su adopción puede ser un valioso aliado para las instituciones públicas, ya que les permite mejorar la calidad de sus proyectos, reducir costos, respetar los plazos establecidos y asegurar la satisfacción de sus ciudadanos. Al incorporar esta metodología, el sector público no solo fomenta la innovación en el ámbito de la construcción, sino que también promueve el desarrollo de infraestructuras más eficientes y sostenibles.

Estos resultados, pone de manifiesto el valor de la adopción de BIM<sup>2</sup> en la optimización de proyectos de construcción. La identificación anticipada de inconsistencias, la mejora en la coordinación interdisciplinaria y la gestión eficiente de cambios son solo algunos de los beneficios que se pueden obtener al implementar esta metodología. Pretende impulsar a las

organizaciones públicas y privadas a adoptar esta metodología como una herramienta fundamental para revolucionar la manera en que planifican, diseñan y construyen sus proyectos.

## **Capítulo 5**

### **Marco Propositivo**

#### **5.1. Planificación de la Actividad Preventiva**

Basado en el análisis detallado del proyecto "Centro Municipal de Prevención Integral de Enfermedades Crónicas, Catastróficas y Discapacidades<sup>1</sup>", se ha identificado una serie de desafíos y problemas que surgieron durante su planificación y ejecución. Estos incluyen discrepancias entre planos de las diferentes disciplinas que intervienen en el proyecto, falta de detalles en elementos críticos, problemas de coordinación entre disciplinas, y cambios significativos durante la construcción que resultaron en modificaciones presupuestarias y de cronograma.

Para abordar estos problemas y optimizar futuros proyectos similares, se propone la implementación estratégica de la metodología BIM<sup>2</sup> desde las etapas iniciales del proyecto hasta su finalización y posterior mantenimiento. Esta propuesta tiene como objetivo no solo abordar los problemas identificados, sino también transformar de manera fundamental la forma en que se planifican, diseñan y se construyen o ejecutan los proyectos de construcción en el sector público ecuatoriano.

#### **5.2. Descripción de la Propuesta**

La propuesta consiste en la implementación integral BIM en todas las etapas del desarrollo del proyecto, desde la concepción inicial hasta la entrega y mantenimiento posterior. Esta implementación se estructurará en varias etapas clave:

##### **5.2.1. Fase de Planificación y Diseño**

**Creación de un Modelo BIM Centralizado:**

- Desarrollar un modelo BIM 3D completo que integre todas las disciplinas (arquitectura, estructura, MEP).
- Utilizar software BIM compatible (como Autodesk Revit, ArchiCAD, o Tekla Structures) para crear modelos detallados de cada componente del edificio.

**Coordinación Interdisciplinaria:**

- Implementar sesiones de coordinación regulares utilizando el modelo BIM<sup>2</sup> como punto focal.
- Utilizar herramientas de detección de conflictos para detectar y corregir interferencias entre diferentes sistemas antes de la construcción.

**Estandarización de Procesos:**

- Desarrollar y aplicar estándares BIM específicos para proyectos de interés público.
- Crear bibliotecas de componentes BIM estandarizados para elementos comunes en centros de salud.

**5.2.2. Fase de Presupuestación y Programación****Integración 4D y 5D:**

- Vincular el modelo BIM 3D con el cronograma del proyecto (4D) para visualizar la secuencia de construcción.
- Incorporar información de costos al modelo (5D) para una estimación más precisa y gestión de presupuesto en tiempo real.

**Simulación de Escenarios:**

- Utilizar el modelo BIM para simular diferentes escenarios de construcción y evaluar su impacto en tiempo de ejecución y su presupuesto.

- Optimizar la secuencia de construcción y la asignación de recursos en función de estas simulaciones.

### **5.2.3. Fase de Construcción**

#### **Gestión de Cambios en Tiempo Real:**

- Utilizar dispositivos móviles en el lugar donde se desarrolla la construcción para acceder y actualizar el modelo BIM en tiempo real.
- Implementar un sistema para la gestión de cambios basado en BIM que permita documentar y aprobar modificaciones de manera eficiente.

#### **Fabricación Digital:**

- Utilizar el modelo BIM<sup>2</sup> para la prefabricación de componentes estructurales y MEP, reduciendo el tiempo de instalación en sitio.
- Implementar técnicas 3D de escaneo láser, para verificar la precisión de la construcción en comparación con el modelo BIM<sup>2</sup>.

### **5.2.4. Fase de Entrega y Mantenimiento**

#### **Modelo As-Built:**

- Actualizar el modelo BIM<sup>2</sup> durante la construcción para crear un modelo as-built preciso.
- Utilizar este modelo para la gestión de instalaciones y mantenimiento a largo plazo.

#### **Integración con Sistemas de Gestión de Instalaciones:**

- Vincular el modelo BIM<sup>2</sup> con sistemas de gestión de instalaciones para optimizar el mantenimiento y la operación del edificio.

## **5.3. Justificación de la Propuesta**

La implementación de BIM<sup>2</sup> aborda directamente los problemas identificados en el proyecto analizado:

### ***5.3.1. Resolución de Discrepancias en Diseño***

El modelo BIM centralizado permitirá una mejor coordinación entre los planos arquitectónicos y estructurales. Por ejemplo, las discrepancias en las dimensiones de las columnas (25 x 25 cm vs 45 x 45 cm) se habrían detectado y resuelto inmediatamente en un entorno BIM colaborativo.

### ***5.3.2. Optimización en la Identificación de Conflictos***

La capacidad de BIM para realizar análisis de interferencias habría identificado problemas como el conflicto entre la cimentación del ascensor y la columna F4, permitiendo una resolución temprana y evitando costos adicionales durante la construcción.

### ***5.3.3. Optimización de Diseño Estructural***

El modelado BIM habría facilitado un diseño más integrado del muro cortante del ascensor con la estructura principal, evitando los problemas de acoplamiento identificados en el proyecto original.

### ***5.3.4. Mejor Planificación de Instalaciones***

La visualización 3D completa del edificio habría permitido una mejor planificación de elementos como el cuarto de máquinas de la piscina, evitando cambios significativos durante la construcción.

### ***5.3.5. Gestión Eficiente de Cambios***

La integración de BIM<sup>2</sup> con la gestión de proyectos habría permitido una evaluación más rápida y precisa del impacto de los cambios, como la modificación de las placas base de las columnas, facilitando una toma de decisiones más informada.



### **5.3.6. Mejora en la Estimación de Costos y Programación**

La integración 4D y 5D habría proporcionado una visión más precisa de los costos y tiempos del proyecto, reduciendo la necesidad de contratos complementarios y órdenes de trabajo adicionales.

## **5.4. Implementación de la Propuesta**

La ejecución de esta propuesta demanda un enfoque metódico y progresivo, por lo que se sugiere:

### **5.4.1. Evaluación y Preparación**

#### **Análisis de Capacidades Actuales:**

- Llevar a cabo una evaluación exhaustiva de las habilidades del personal y de las capacidades tecnológicas con las que se cuenta actualmente.
- Identificar brechas en conocimientos y recursos necesarios para la implementación de BIM<sup>2</sup>.

#### **Desarrollo de un Plan de Implementación BIM<sup>2</sup>:**

- Crear un plan detallado que incluya objetivos, plazos, recursos necesarios y métricas de éxito.
- Establecer un comité de implementación BIM que incluya representantes de todas las disciplinas relevantes de cada departamento involucrado de la entidad pública.

### **5.4.2. Adquisición de Tecnología y Formación**

#### **Selección e Implementación de Software BIM:**

- Evaluar y seleccionar las herramientas BIM más adecuadas para las necesidades específicas del proyecto y la organización.

- Implementar la infraestructura tecnológica necesaria, incluyendo servidores, redes y dispositivos móviles.

#### **Programa de Capacitación Integral:**

- Desarrollar un programa de formación BIM para todo el personal implicado en el proyecto.
- Incluir formación en software especializado, procesos y gestión de proyectos fundamentados en BIM<sup>2</sup>.

#### **5.4.3. Desarrollo de Estándares y Protocolos**

Para garantizar un adecuado desarrollo de estándares y protocolos, se propone:

##### **Creación de Estándares BIM:**

- Desarrollar estándares BIM específicos para proyectos de salud pública, que incluyan nomenclaturas, niveles de detalle y protocolos para el intercambio de información.
- Establecer plantillas y bibliotecas de componentes BIM estandarizados.

##### **Definición de Flujos de Trabajo BIM:**

- Establecer procesos claros para la creación, revisión y aprobación de modelos BIM.
- Definir roles y responsabilidades específicos en el entorno BIM.

#### **5.4.4. Proyecto Piloto**

##### **Selección de un Proyecto Piloto:**

- Identificar un proyecto de menor escala para implementar BIM como prueba piloto.
- Utilizar este proyecto para refinar procesos e identificar áreas de mejora.

##### **Evaluación y Ajuste:**

- Realizar una evaluación completa del proyecto piloto.
- Ajustar los procesos y estándares BIM basándose en las lecciones aprendidas.

#### **5.4.5. Implementación a Escala Completa**

##### **Despliegue Gradual:**

- Implementar BIM en proyectos más grandes y complejos de manera gradual.
- Continuar refinando y optimizando los procesos BIM basándose en la experiencia acumulada.

#### **5.4.6. Mejora Continua y Evaluación**

##### **Monitoreo y Evaluación Regular:**

- Establecer métricas clave de rendimiento para evaluar el impacto de BIM en la eficiencia del proyecto, costos y calidad.
- Realizar revisiones periódicas y ajustar la estrategia BIM según sea necesario.

##### **Fomento de la Innovación:**

- Establecer un sistema para recopilar y evaluar ideas innovadoras de implementación BIM del personal.
- Mantenerse actualizado con las últimas tendencias y tecnologías BIM.

### **5.5. Beneficios Esperados**

La implementación de esta propuesta BIM se espera que genere los siguientes beneficios:

#### **5.5.1. Mejora en la Calidad del Diseño**

Reducción significativa de errores y omisiones en los planos y especificaciones.

Mayor coherencia entre las diferentes disciplinas (arquitectura, estructura, MEP).

Capacidad mejorada para realizar análisis de rendimiento y simulaciones.

#### **5.5.2. Optimización de Costos**

Estimaciones de costos más precisas desde el inicio del proyecto.

Reducción de costos debido a la detección temprana de conflictos y problemas de diseño.

Minimización de cambios costosos durante la construcción.

#### **5.5.3. *Mejora en la Eficiencia del Proyecto***

Reducción en los tiempos de diseño y ejecución de obra.

Mejor coordinación y comunicación más fluida entre todas las partes involucradas.

Capacidad para simular y optimizar la secuencia de construcción.

#### **5.5.4. *Mayor Transparencia y Control***

Visualización mejorada del progreso del proyecto en tiempo real.

Mayor facilidad para realizar seguimiento y control de costos y cronograma.

Mejor capacidad para tomar decisiones informadas basadas en datos precisos.

#### **5.5.5. *Mejora en la Sostenibilidad***

Capacidad para realizar análisis de eficiencia energética y sostenibilidad desde el inicio del diseño.

Reducción de desperdicios en la construcción mediante una planificación más precisa.

#### **5.5.6. *Administración Integral del Ciclo de Vida de la Edificación***

Elaboración de un modelo as-built detallado que facilite la gestión y el mantenimiento a largo plazo.

Incremento de la eficiencia operativa del edificio durante toda su vida útil.

### **5.6. Resistencia al Cambio**

**Desafío:** Resistencia por parte del personal acostumbrado a métodos tradicionales.

**Estrategia:** Implementar un programa de gestión del cambio que incluya comunicación clara de los beneficios, capacitación exhaustiva y apoyo continuo.

### **5.7. Costos Iniciales**

**Desafío:** Altos costos iniciales en software, hardware y capacitación.

**Estrategia:** Desarrollar un plan de implementación por etapas que permita distribuir los costos a lo largo del tiempo. Buscar financiamiento o asignaciones presupuestarias específicas para la transformación digital.

#### **5.8. Curva de Aprendizaje**

**Desafío.** Tiempo necesario para que el personal se familiarice con las nuevas herramientas y procesos.

**Estrategia:** Ofrecer programas de capacitación continuos y apoyo técnico. Implementar un sistema de mentores internos para facilitar la transferencia efectiva de conocimientos.

#### **5.9. Interoperabilidad**

**Desafío.** Problemas de compatibilidad entre diferentes software y sistemas.

**Estrategia:** Seleccionar con atención software que sea compatible y establecer normas claras para el intercambio de información. Considerar el uso de formatos de archivo abiertos como IFC.

#### **5.10. Aspectos Legales y Contractuales**

**Desafío.** Necesidad de adaptar contratos y acuerdos legales para reflejar los procesos BIM.

**Estrategia.** Trabajar con especialistas jurídicos para crear nuevos modelos de contratos que incluyan elementos específicos de BIM, tales como la propiedad intelectual del modelo y la distribución de responsabilidades.

La implementación estratégica de BIM en la edificación de estudio, representa una oportunidad significativa para transformar la forma en que se planifican, diseñan y llevan a cabo los proyectos de construcción en el sector público de Ecuador. Esta propuesta no solo aborda los

problemas específicos identificados en el proyecto analizado, sino que también sienta las bases para mejorar continuamente la eficiencia, calidad y sostenibilidad de futuros proyectos.

La adopción de esta metodología promete beneficios sustanciales en términos de reducción de errores, optimización de costos, mejora en la colaboración y una gestión más eficiente del ciclo de vida del edificio. Sin embargo, es crucial reconocer que la implementación exitosa requiere un compromiso a largo plazo, inversión en tecnología y capacitación, y un cambio cultural significativo dentro de la organización.

Al implementar esta propuesta, no solo mejorará la capacidad para entregar proyectos de alta calidad de manera más eficiente, sino que también se posicionará como líder en la adopción de tecnologías avanzadas en el sector de la construcción pública en Ecuador. Esto puede servir como modelo para otras instituciones y proyectos, impulsando una transformación más amplia en el sector de la construcción del país.

La clave del éxito radica en un enfoque gradual y bien planificado, con un fuerte énfasis en la capacitación del personal, la adaptación de procesos y la gestión del cambio. A medida que se superen los desafíos iniciales y se comiencen a ver los beneficios tangibles, la implementación de BIM<sup>2</sup> no solo podría haber optimizado la construcción del Centro Municipal, sino que también puede establecer un nuevo estándar de excelencia en la gestión de proyectos de construcción pública en Ecuador.

## **Capítulo 6**

### **Conclusiones y Recomendaciones**

#### **6.1. Conclusiones**

Esta investigación no solo confirma la literatura existente sobre los beneficios de BIM, sino que también aportan nuevos conocimientos específicos al contexto de la construcción pública en Ecuador, particularmente en proyectos de construcción e infraestructura pública.

Este estudio profundiza en el entendimiento del impacto de BIM<sup>2</sup> en proyectos de construcción del sector público ecuatoriano, un área donde la literatura es aún limitada. A diferencia de investigaciones previas centradas en el sector privado o en países con mayor madurez y conocimiento en la adopción de BIM<sup>2</sup>, esta tesis ofrece una perspectiva detallada y contextualizada sobre los desafíos y oportunidades específicas que enfrenta el sector público en Ecuador.

Uno de los principales aportes de esta investigación reside en la demostración empírica de cómo la implementación estratégica de BIM, incluso en etapas avanzadas de un proyecto, puede mitigar las deficiencias en la planificación y el diseño que son comunes en proyectos públicos. Al identificar inconsistencias en los planos, optimizar la gestión de cambios y mejorar la coordinación interdisciplinaria, este estudio cuantifica el valor de BIM en términos de reducción de costos, optimización de plazos y mejora de la calidad en un contexto donde estos beneficios son particularmente críticos.

El estudio se centra en un proyecto real de infraestructura de salud en Ecuador, un contexto donde la eficiencia y la transparencia son cruciales. La investigación aborda los desafíos únicos que enfrenta el sector público en la adopción de BIM, como la falta de estándares, la resistencia al cambio y la limitada inversión en tecnología.

A diferencia de estudios que analizan la implementación de BIM<sup>2</sup> desde las etapas iniciales del proyecto, esta investigación evalúa su impacto en un proyecto que ya estaba en marcha, demostrando su valor incluso en estas circunstancias.

La investigación identifica los desafíos específicos que enfrenta el sector público ecuatoriano en la adopción de BIM<sup>2</sup>, como la falta de interoperabilidad entre diferentes sistemas y la necesidad de capacitación.

Este estudio aporta un conocimiento valioso y original sobre el uso de BIM<sup>2</sup> en el sector público ecuatoriano, destacando su potencial para optimizar la gestión y administración de proyectos de construcción, mejorar la calidad de la infraestructura y garantizar la transparencia en la gestión de los recursos públicos. Los hallazgos de este estudio pueden servir como base para la formulación de políticas públicas que promuevan la adopción de esta metodología en el sector público y para el desarrollo de estándares y protocolos que faciliten su implementación efectiva

Los obstáculos para su implementación pueden ser superados con programas de formación técnica, políticas de incentivo gubernamental y la estandarización de procesos BIM<sup>2</sup> en el sector de la construcción.

Si bien existen desafíos en su adopción, su aplicación progresiva y la capacitación del personal pueden acelerar su integración en la industria de la construcción en Ecuador, permitiendo mejorar la competitividad del sector y garantizar proyectos más eficientes y sostenibles.

## **6.2. Recomendaciones**

Desde el punto de vista metodológico, se recomienda implementar un estudio comparativo más exhaustivo entre proyectos que utilizan metodologías tradicionales y aquellos que implementan esta metodología desde las etapas iniciales. Esto permitiría cuantificar con mayor precisión los beneficios en términos de reducción de errores, optimización de tiempos y costos, y mejora en la calidad final de la construcción. Esta comparación podría incluir métricas



específicas como el número de conflictos detectados, el tiempo dedicado a la resolución de problemas, y el porcentaje de variación en el presupuesto y cronograma.

Desde una perspectiva académica, se sugiere profundizar en el estudio de la integración de esta metodología con otras tecnologías emergentes como la realidad aumentada, la inteligencia artificial, etc., en el contexto de proyectos de construcción de infraestructuras públicas. Esta investigación podría explorar cómo estas tecnologías combinadas pueden mejorar aún más la eficiencia en la planificación, ejecución y posterior mantenimiento de edificios complejos como centros de salud.

Desde el punto de vista práctico, se recomienda desarrollar un programa piloto de capacitación en BIM específicamente diseñado para profesionales del sector público involucrados en proyectos de construcción. Este programa debería abordar no solo los aspectos técnicos de esta metodología, sino también los desafíos específicos de su implementación en el contexto de la contratación pública, incluyendo aspectos legales y de gestión de cambios organizacionales. La evaluación de este programa piloto podría proporcionar valiosas respuestas para una implementación más amplia en los proyectos públicos.

Para futuras investigaciones, se sugiere realizar un análisis detallado del impacto a largo plazo de la adopción de esta metodología en el mantenimiento y operación de edificios e infraestructura pública. Este estudio podría examinar cómo el uso de modelos actualizados durante la vida útil del edificio afecta la eficiencia energética, los costos de mantenimiento y la adaptabilidad a nuevas necesidades. Esto ayudaría a justificar la inversión inicial en esta metodología desde una perspectiva de ciclo de vida completo del edificio.

Promover la implementación de BIM en fases piloto en proyectos gubernamentales, demostrando sus beneficios antes de su adopción generalizada. Este enfoque garantizará que se

convierta en un estándar de la industria, contribuyendo a la modernización y optimización del sector de la construcción en Ecuador.

## Capítulo 7

### Referencias Bibliográficas

- Aguilar Zavaleta, J. P. (2024). Impacto social de las dificultades encontradas en la adopción del BIM en empresas constructoras en Perú. *Revista de Climatología*, 24, 1470–1479.  
<https://doi.org/10.59427/rcli/2024/v24cs.1470-1479>
- Al-Ashmori, Y. Y., Othman, I., Rahmawati, Y., Amran, Y. H. M., Sabah, S. H. A., Rafindadi, A. D. u., & Mikić, M. (2020). BIM benefits and its influence on the BIM implementation in Malaysia. *Ain Shams Engineering Journal*, 11(4), 1013–1019.  
<https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.02.002>
- Al-Harhi, A. S. (2014). *The Changing Role of the Public Client in Construction Procurement*.  
<https://www.researchgate.net/publication/274024953>
- Alianza BIM. (2024, April 29). *Implementación BIM en Latinoamérica: Avances 2023 Red GOB Latam*. <https://alianzabim.com/blog/implementacion-bim-latinoamerica/#:~:text=La%20Red%20BIM%20de%20Gobiernos,la%20implementaci%C3%B3n%20de%20Building%20Information>
- Álvarez, E., Ccahuana Bernaola, W., Quiroz Pozo, C. E., & Quispe Coronel, H. (2020). *Estudio comparativo del sistema de gestión tradicional versus la metodología BIM, en la etapa de diseño y construcción en las dimensiones 4d y 5d, caso de estudio obra: “mejoramiento de los servicios de salud en el Centro de Salud Ttio – Distrito de Wanchaq – Provincia de Cusco – Región Cusco.”*

- Álvarez Martell, M., Marcelino Aranda, M., Macías Alcívar, A., & Novoa Sandoval, J. (2021, March 10). *Metodología tradicional vs. ágil para la gestión de proyectos de software*. Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas.  
<https://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/925-cyt-numero-83/1901-metodologia-tradicional-vs-abil-para-la-gestion-de-proyectos-de-software>
- Angrosino, M. (2007). *Realizar investigaciones etnográficas y observacionales* (U. Flick, Ed.).
- Astaroga Molina, E. (2021, March 25). *Diseño y construcción: gestión tradicional o design and build*. MASAICO. <https://masaico.cl/metodologias-diseno-construccion/>
- Azhar, S. (2011). Building Information Modelling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 241–252.
- BuildingSMART Spanish Chapter. (2014). Gestión de un proyecto BIM. In *Guía de usuarios BIM* (1.0, Vol. 11).
- Cedrés de Bello, S. (2001). Los requerimientos humanos en el diseño de los establecimientos de salud. *Tecnología y Construcción*, 17–3, 35–42.
- Creswell, J. (2013). *Qualitative Inquiry & Research Design: Choosing among Five Approaches* (3rd ed.). SAGE.
- Creswell, J., & Plano Clark, V. (2018). *Diseño y realización de investigaciones con métodos mixtos* (Tercera edición). SAGE.
- Dainty, A., Green, S., & Bagilhole, B. (2007). *People and Culture in Construction* (1st Edition). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203640913>

- Eadie, R., Odeyinka, H., Browne, M., Mckeown, C., & Yohanis, M. (2013). An analysis of the drivers for adopting building information modelling. *Journal of Information Technology in Construction*.
- Eastman, C., Lee, G., Teicholz, P., & Sacks, R. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*.
- Fakoyede, P., Bousso Diouf, M., Agbons, G., Ajibola, I., Cornelius, E., Adeleke, O., Sunday, M., & Oluwaseun, T. (2024). Análisis comparativo de la tecnología digital en las industrias de la construcción arquitectónica, de ingeniería en los seis continentes del mundo: una perspectiva global. *Traektoriâ Nauki*.
- García, J. (2022). *Diseño arquitectónico multipropósito de un centro de salud tipo “C” en el cantón Paján-Manabí*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.
- Ghaffarianhoseini, A., Tookey, J., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Azhar, S., Efimova, O., & Raahemifar, K. (2017). Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 75, pp. 1046–1053). Elsevier Ltd.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.083>
- Ghaffarianhoseini, A., Tookey, J., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Azhar, S., Efimova, O., & Raahemifar, Kaamran. (2016). Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Gómez, R., & Pérez, M. (2019). La observación directa como herramienta para el análisis de proyectos de construcción. *Revista de Ingeniería de La Construcción*, 45.

Google. (n.d.). *Google Earth*.

Gu, N., & London, K. (2010). Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry.

*Automation in Construction*, 19(8), 988–999. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.002>

Herrero Domínguez, M. (2020). *Optimización de un proyecto con estrategias de diseño pasivo mediante la aplicación de la metodología BIM*.

IDESIE BUSINESS SCHOOL SL. (2020, April 23). *¿Metodología BIM o Método tradicional?*

IDESIE. <https://idesie.com/blog/2020/04/23/metodologia-bim-o-metodo-tradicional/>

Liu, H., Al-Hussein, M., & Lu, M. (2015). BIM-based integrated approach for detailed

construction scheduling under resource constraints. *Automation in Construction*, 53, 29–43.

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.008>

Loaiza, S., Jair, A., & Pinzón, R. (2022). *Comparación entre la metodología tradicional en obra y la metodología BIM para la construcción del edificio “BOSA 601”, localizado en Bogotá (Colombia)* [Programa de Especialización en Gerencia de Obras]. Universidad Católica de Colombia.

London, K., & Pablo, Z. (2025). Co-design and Development of Building Information Modelling for Work Health and Safety Design, Construction and Management Industry Guidelines. In

*Digital Transformation in Architecture and Construction [Working Title]*. IntechOpen.

<https://doi.org/10.5772/intechopen.1008418>

Miettinen, R., & Paavola, S. (2014). Beyond the BIM utopia: Approaches to the development

and implementation of building information modeling. *Automation in Construction*, 43, 84–

91. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009>

Murguía, D., & Prado Lujan, G. (2024). *BIM as an Enabler of Lean Construction in the Public*

*Sector*. 755–766. <https://doi.org/10.24928/2024/0205>

National Institute of Building Sciences (NIBS). (2020). *Definición BIM*.

Normas Técnicas Para Proyectos de Arquitectura y Equipamiento de Las Unidades de Emergencia de Los Establecimientos de Salud, Organización panamericana de la salud/Organización mundial de la salud (2001).

OPS. (2015). *Guía de diseño arquitectónico para establecimientos de salud* (R. Guzmán, Ed.; Primera). Organización Panamericana de la Salud.

Organización y Digitalización de Información Sobre Edificios y Obras de Ingeniería Civil, Incluido El Modelado de Información de Construcción (BIM) - Gestión de Información Mediante El Modelado de Información de Construcción - Parte 1: Conceptos y Principios (2018).

Pärn, E., Edwards, D., & Sing, M. (2017). El papel del modelado de información de construcción en el diseño, la construcción y la gestión de infraestructuras. *Automation in Construction*, 72, 1.

Pérez, Y., Ávila, J., & Sánchez, O. (2024). Influence of BIM and Lean on mitigating delay factors in building projects. *Results in Engineering*, 22.  
<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102236>

Pons Achell, J. F. (2020, November 9). *Por qué falla la gestión tradicional de proyectos: claves para el éxito*. ZIGURAT INSTITUTE OF TECHNOLOGY. <https://www.e-zigurat.com/es/blog/aspectos-gestion-tradicional-proyectos-fallida/>

¿Qué es Scrum? (2023, August 20). *Gestión de proyectos ágiles: comparando metodologías tradicionales y ágiles*. Agil. <https://queesscrum.com/gestion-de-proyectos-agiles-comparando-metodologias-tradicionales-y-agiles/>

Rodelgo, Á. (2019, May 20). *Gestión ágil vs. gestión tradicional de proyectos ¿Cómo elegir?*

Escuela de Negocios FEDA. <https://www.escueladenegociosfeda.com/blog/50-la-huella-de-nuestros-docentes/471-gestion-agil-vs-gestion-tradicional-de-proyectos-como-elegir>

Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM Handbook*. Wiley.

<https://doi.org/10.1002/9781119287568>

Servicio Nacional de Contratación Pública del Ecuador. (n.d.). *Portal de compras públicas*.

Retrieved June 15, 2024, from

[https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=O2JU0JsEamAoWab2QYL6OcMlliEh\\_BVklmsY\\_-74bw](https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=O2JU0JsEamAoWab2QYL6OcMlliEh_BVklmsY_-74bw)

Sierra, L. X. (2016). *Gestión de proyectos de construcción con metodología BIM “Building Information Modeling.”*

Soto, C., & Manríquez, S. (2023). *Panorama general del avance de BIM en América Latina y el Caribe* (Corporación Andina de Fomento, Ed.). [www.scioteca.caf.com](http://www.scioteca.caf.com)

Succar, B. (2010). Building Information Modeling Framework: una base de investigación y entrega para las partes interesadas de la industria. *Automatización En La Construcción*.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>

Succar, B., & Kassem, M. (2015). Macro-BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction*, 57, 64–79. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.018>

Tapia, J. (2025). *Optimización en las construcción del centro municipal de prevención integral de enfermedades crónicas, catastróficas y discapacidades a través de la implementación estratégica de tecnologías BIM*. Universidad Nacional de Chimborazo.

- Valdés Indo, A. (2014). *Estudio de viabilidad del uso de la tecnología BIM en un proyecto habitacional en altura*. Universidad de Chile.
- Velásquez, M. (2022). *Construcción del centro municipal de prevención integral de enfermedades crónicas, catastróficas y discapacidades*.
- Yin, R. (2018). *Investigación y aplicaciones de estudios de caso: diseño y métodos: Vol. Sexta Edición* (SAGE Publications).
- Zita, A. (2021). *Gestión de proyectos en oficina: implementación BIM*.

## **Apéndice**

### **Apéndice A. Modelación BIM**

Se ha modelado la construcción del centro municipal de prevención integral de enfermedades crónicas, catastróficas y discapacidades en REVIT, archivo que se encuentra en formato rvt, con el nombre Centro Enf. Catastróficas 2025