

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Titulación Previo a la Obtención del Título de

MAGISTER EN GERENCIA DE PROYECTOS BIM

**“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LAS ETAPAS DE
DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE LA CLÍNICA DE ESPECIALIDADES, ROL
LÍDER DE ESTRUCTURA BIM”**

Autor:

Jack Felipe Vásquez Witt

Quito, octubre del 2023



DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Vásquez Witt Jack Felipe, con cédula de identidad # 171983457-2, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

D. M. Quito, octubre de 2023

Ing. Jack Felipe Vásquez Witt

Líder de Estructura Clínica de Especialidades

Correo electrónico: jack.vasquez@uisek.edu.ec



DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LAS ETAPAS DE
DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE LA CLÍNICA DE ESPECIALIDADES
ROL LIDER ESTRUCTURAL BIM”**

Realizado por:

JACK FELIPE VÁSQUEZ WITT

Como Requisito para la Obtención del Título de:

MAGISTER EN GERENCIA DE PROYECTOS BIM

Ha sido dirigido por el profesor

Arq. Violeta Rangel

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor

FIRMA



“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LAS ETAPAS DE DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE LA CLÍNICA DE ESPECIALIDADES ROL LIDER ESTRUCTURAL BIM”

Por:

Ing. Jack Felipe Vásquez Witt

Octubre 2023

Aprobado:

Violeta, C, Rangel, R, Tutor

XXXXXX, X, XXXXXX, X, Presidente del Tribunal

XXXXXX, X, XXXXXX, X Miembro del Tribunal

XXXXXX, XXXXXX, Miembro del Tribunal

Aceptado y Firmado: _____ Octubre, 2023
XXXXXXXX, X, XXXXXX, X.

Aceptado y Firmado: _____ Octubre, 2023
XXXXXXXX, X, XXXXXX, X.

Aceptado y Firmado: _____ Octubre, 2023
XXXXXXXX, X, XXXXXX, X.

_____ Octubre, 2023

XXXXXXXX, X XXXXXX, X

Presidente(a) del Tribunal

Universidad Internacional SEK



Dedicatoria

El resultado de este trabajo se debe no solo a mi esfuerzo y sacrificio durante este tiempo de aprendizaje, sino también al apoyo incondicional que me ha brindado mi familia durante el proceso.

La guía y entereza de mis padres y el amor brindado por mi hermana me han permitido ser la persona y profesional que soy hoy en día.



Agradecimiento

A mis padres, que me han brindado su amor incondicional y apoyo a lo largo de este increíble proceso de aprendizaje.

A mi hermana, que a la distancia está pendiente de mí y mi bienestar personal y académico.

A la Universidad Internacional SEK del Ecuador y a sus docentes académicos, por brindarme un entorno seguro y acogedor para poder formarme como un profesional de la gestión de proyectos BIM.



Resumen

La gestión y seguimiento clásica de un proyecto que carece de integración de la información de una forma tradicional facilita la aparición de retrasos, errores, retrabajo e irregularidades en contraste con lo planificado originalmente. En el país, a pesar de que muchos profesionales del campo han optado por mejorar sus procesos de gestión, se sigue manejando un gerenciamiento y seguimiento de proyecto tradicional carente de integración de toda la información de éste.

Es por esto por lo que el presente trabajo de Tesis busca incentivar el uso y aplicación de la metodología BIM (*“Building Modelling Information”*), en lugar de un gestionamiento tradicional en los proyectos de construcción, a través de su aplicación y contraste con lo ocurrido realmente, en la fase de planificación y diseño del proyecto *“Clínica de Especialidades”* ubicada en Quito. Basada en el estándar internacional ISO 19650, el cual brinda una guía integral del manejo de la información en un proyecto bajo la metodología BIM, se busca satisfacer los requerimientos del cliente (EIR) identificando claras afectaciones positivas con relación al tiempo, costos y alcance del proyecto en mención.

Además, se profundiza dentro de la estructura organizacional típica de una empresa que trabaja bajo metodología BIM, al desarrollar completamente el Rol de Líder de Estructura, presentando sus obligaciones y funciones necesarias para cumplir con lo solicitado por el BIM Manager y el Coordinador BIM.

Palabras clave: BIM, EIR, ROL, ESTRUCTURA, ISO 19650.



Abstract

A classical project's management and monitoring which lacks integration of its information in a traditional way, ease the appearance of delays, mistakes, rework, and irregularities in contrast to what was planned originally. In the country, even though many professionals in the field have chosen to improve their management processes, traditional project management and monitoring is still being managed, lacking integration of all its information.

Therefore, this Thesis seeks to encourage the use and application of the BIM methodology ("*Building Modelling Information*"), instead managing a construction project in a traditional way, through its application and contrast with what happened, in the planning and design phase of the project "*Clinica de Especialidades*" located in Quito. Based on the international standard ISO 19650, which provides a complete guide to the information management in a project applying the BIM methodology, it seeks to satisfy the requirements of the client (EIR) identifying clear positive effects in relation to time, costs, and scope of the project in question.

In addition, it deepens within the typical organizational structure of a company that works under BIM methodology, by fully developing the Role of Structure Leader, presenting its obligations and functions necessary to comply with the request of the BIM Manager and the BIM Coordinator.

Keywords: BIM, EIR, ROLE, STRUCTURE, ISO 19650.



Índice

<i>Lista de Tablas</i>	XV
<i>Lista de Figuras</i>	XVII
Tabla de Abreviaturas	XVIII
Capítulo 1: Objetivos Académicos	18
1.1 Introducción	18
1.2 Objetivos Generales del Trabajo Académico	19
1.3 Objetivos Específicos del Trabajo Académico	19
Capítulo 2: Descripción del proyecto	21
2.1 Introducción	21
2.2 Antecedentes	21
2.3 Descripción del proyecto	22
Capítulo 3: Metodología BIM	24
3.1 Introducción	24
3.2 Marco Teórico Metodología BIM, Norma ISO 19650	24
3.2.1 Definición Metodología BIM	24
3.2.2 Normativa Metodología BIM ISO 19650	25
3.2.3 Ventajas de la Metodología BIM	26
3.2.4 Roles y Estructura Organizacional	26
3.2.5 Esquema general del desarrollo de la información	27
3.2.6 Interoperabilidad - Formatos Abiertos	28



3.3	Fundamentos de la norma ISO 19650	29
3.3.1	EIR: Intercambio de los Requerimientos de Información	31
3.3.2	BEP: Plan de Ejecución BIM	32
3.3.3	Flujos de Trabajo	33
3.3.4	CDE: Entorno Común de Datos	33
3.3.5	Gestión de Calidad	35
3.4	Importancia de la metodología BIM en la industria de la construcción .	36
3.5	Importancia de la Implementación BIM en el Proyecto	38
3.5.1	Solución de Colisiones e Interferencias	38
3.5.2	Gestión y estructuración de la información.....	39
3.5.3	Optimización en la entrega de información.....	39
Capítulo 4:	EIR.....	41
4.1	Introducción	41
4.2	Situación del proyecto	41
4.3	EIR - Requisitos de información del cliente.....	42
4.3.1	Desarrollo EIR.....	42
4.3.2	Descripción del proyecto	42
4.3.3	Integrantes y Roles	43
4.3.4	Objetivo general	44
4.3.5	Objetivos Específicos	44
4.3.6	Usos BIM.....	45
4.3.7	Plan de entrega de información (IDP)	45
4.3.8	Plantilla de proyecto BIM	45



4.3.9	Niveles de detalle (LOD).....	46
4.3.10	Niveles de información (LOI)	47
4.3.11	Plantillas de biblioteca de objetos BIM.....	48
4.3.12	Protocolo de intercambio de información de construcción	48
4.3.13	Protocolo de gestión de la información de la construcción (CIMP).....	49
4.3.14	Requisitos de responsabilidad	51
4.3.15	Requisitos	51
4.3.16	Responsabilidades	51
4.3.17	Protocolo de coordinación BIM	52
4.3.18	Estándares de calidad.....	54
4.3.19	Planificación del proyecto	55
4.3.20	Monitoreo y medición	55
4.3.21	Softwares para utilizar	56
4.3.22	Entregables	57
4.3.23	Conclusiones.....	57
4.3.24	Firmas de compromiso	60
Capítulo 5:	BEP	61
5.1	Plan de ejecución BIM Medical Project	61
5.1.1	Introducción.....	62
5.2	Información del proyecto	62
5.2.1	Datos del proyecto	62
5.2.2	Cronograma de trabajo	64
5.3	Información clave del proyecto	64



5.3.1	Contactos	64
5.3.2	Detalle contractual	65
5.4	Objetivos BIM del proyecto	65
5.4.1	Objetivos generales BEP	65
5.4.2	Objetivos BIM estratégicos	66
5.5	Usos BIM	67
5.5.1	División de modelos	67
5.5.2	Usos del modelo	67
5.5.3	Tabla de usos BIM	68
5.5.4	Análisis de usos BIM	68
5.5.5	Capacidades requeridas para usos BIM	69
5.6	Funciones y personal de la organización	72
5.6.1	Organigrama Medical BIM	72
5.6.2	Capacidades del Equipo	73
5.6.3	Roles y Responsabilidades	73
5.7	Diseño de procesos BIM	76
5.8	Intercambio de información BIM	78
5.8.1	Estructura de carpetas	78
5.8.2	Modelos BIM	81
5.8.3	Cronograma y presupuesto	82
5.8.4	Planos Constructivos	82
5.9	Control de calidad del modelo	82
5.9.1	Revisiones del modelo	83



5.10	Necesidades de infraestructura tecnológica	85
5.10.1	Hardware	85
5.10.2	Software.....	86
5.10.3	Entorno común de datos (CDE)	86
5.11	Estructura del modelo	87
5.11.1	Estructura de nombres de archivo	87
5.11.2	Coordenadas del proyecto	88
5.11.3	Estándares del modelo	88
5.12	Entregables del proyecto	89
5.13	Estrategias de entregables	90
Capítulo 6:	Detalle del rol – Líder de Estructura	92
6.1	Introducción	92
6.2	Perfil del rol.....	93
6.3	Objetivos del Rol.....	93
6.4	Desarrollo del rol	94
6.4.1	Funciones y Responsabilidades del rol.....	94
6.4.2	Organigrama Estructural y Equipo de Trabajo	96
6.4.3	Documentos iniciales para el desarrollo del proyecto	97
6.4.4	Entorno común de Datos y Trabajo	98
6.4.5	Estructura de Carpetas	99
6.4.6	Hitos del Rol Líder de Estructura	100
6.4.7	Cronograma de Trabajo	101



6.4.8	Canal y metodología de comunicación.....	101
6.4.9	Software utilizado.....	104
6.4.10	Guía de Modelado Estructural.....	104
6.4.11	Flujos de Trabajo	110
6.5	Descripción de actividades, Proyecto “Clínica de Especialidades”	111
6.5.1	Inicio del proyecto: Consumibles, recepción de la documentación Base, depuración de planos.....	111
6.5.2	Modelo Estructural BIM (3D).....	113
6.5.3	Auditoría Multidisciplinar	132
6.5.4	Usos del modelo de Estructura	134
6.5.1	Cronograma y planificación de la Disciplina Estructura (4D)	135
6.5.2	Simulación Constructiva	137
6.5.3	Cuantificación y gestión de costos en la Disciplina Estructura (5D) ...	138
6.5.4	Propuesta de Alternativa – Losa Postensada	141
6.6	Entregables del Líder De Estructura	143
6.7	Conclusiones del ROL.....	143
6.8	Recomendaciones del Rol:	149
Capítulo 7:	Conclusiones y Recomendaciones	151
7.1	Conclusiones:	151
7.2	Recomendaciones:	152
Capítulo 8:	Referencias Bibliográficas	153
Capítulo 9:	ANEXOS	157





Lista de Tablas

Tabla 1. Tabla de Abreviaturas	XVIII
Tabla 2: Descripción del Proyecto	42
Tabla 3: Integrantes y Roles del Proyecto. (Elaboración Propia).....	43
Tabla 4: Plan de Entrega de Información (IDP).....	45
Tabla 5: Niveles de Detalle (LOD).....	46
Tabla 6: Niveles de Información (LOI)	47
Tabla 7. Modelo a Entregar. (Elaboración Propia).....	48
Tabla 8: Nomenclatura Según Norma ISO 19650.....	48
Tabla 9: Formato de entrega.....	49
Tabla 10: Control de calidad	49
Tabla 11. Estructura de Carpetas. (Elaboración Propia).....	50
Tabla 12: Requisitos de Conocimiento del Equipo Técnico	51
Tabla 13: Responsabilidades de los Roles del Equipo Técnico.....	51
Tabla 14: Softwares a utilizar por el Equipo Técnico	56
Tabla 15: Entregables del Proyecto	57
Tabla 16: Datos del Proyecto. (Elaboración Propia).....	62
Tabla 17: Cronograma de Trabajo Proyecto Clínica de Especialidades. (Elaboración Propia)	64
Tabla 18: Contactos del Equipo Técnico. (Elaboración Propia)	64
Tabla 19: Detalles Contractuales (Elaboración Propia)	65
Tabla 20: División de Modelos, Usos BIM y Responsables (Elaboración Propia)	67
Tabla 21: Usos del modelo – Descripción (Elaboración Propia)	67
Tabla 22: Tabla de Usos BIM (Elaboración Propia)	68
Tabla 23: Análisis de usos BIM (Elaboración Propia).....	68
Tabla 24: Capacidades del Equipo Técnico (Elaboración Propia).....	73
Tabla 25: Responsabilidades del BIM Manager (Elaboración Propia).....	73
Tabla 26: Responsabilidades del Coordinador BIM (Elaboración Propia)	74
Tabla 27: Responsabilidades del Líder de Arquitectura (Elaboración Propia)	74
Tabla 28: Responsabilidades del Líder de Estructura (Elaboración Propia)	75
Tabla 29: Responsabilidades del Líder MEP (Elaboración Propia).....	75
Tabla 30: Estructura de Carpetas para Organizar y Almacenar la Información (Elaboración Propia).....	78
Tabla 31: Intercambio de Información - Modelos BIM. (Elaboración Propia).....	81
Tabla 32: Modelos del Proyecto a Entregar (Elaboración Propia)	81
Tabla 33: Cronograma y Presupuesto (Elaboración Propia).....	82
Tabla 34: Planos Constructivos (Elaboración Propia).....	82
Tabla 35: Control de Calidad del Modelo (Elaboración Propia).....	82
Tabla 36: Procedimiento de Revisión de los Modelos (Elaboración Propia).....	83
Tabla 37: Parámetros de Revisión General de los Modelos (Elaboración Propia)	83
Tabla 38: Parámetros de Revisión de Diseño de los Modelos (Elaboración Propia)	84
Tabla 39. Revisión de Modelos. (Elaboración Propia)	84
Tabla 40. Revisión MEP (Elaboración Propia).....	85
Tabla 41. Hardware a utilizar por el Equipo. (Elaboración Propia)	85
Tabla 42. Softwares a utilizar por el Equipo. (Elaboración Propia).....	86
Tabla 43. Entorno Común de Datos (CDE) - Plataforma ACC. (Elaboración Propia)	87
Tabla 44. Estructura de nombres de Archivos. (Elaboración Propia).....	87
Tabla 45. Ejemplo de nombramiento de Modelos. (Elaboración Propia)	88
Tabla 46. Coordenadas del Proyecto. (Elaboración Propia)	88
Tabla 47. Estándares de Modelado (Elaboración Propia).....	89
Tabla 48. Entregables del proyecto (Elaboración Propia).....	89
Tabla 49. Estrategias de Entregables. (Elaboración Propia).....	90
Tabla 50. Funcionalidad Subcarpetas Estructura. (Elaboración Propia).....	99
Tabla 51. Hitos Internos de la disciplina Estructura. (Elaboración Propia)	100
Tabla 52. Planificación de Trabajo. (Elaboración Propia).....	101
Tabla 53. Listado de Softwares BIM. (Elaboración Propia)	104
Tabla 54. Abreviaturas Protocolo y Manual de Estilos.....	106
Tabla 55. Elementos Estructurales y criterios de modelado por cumplir. Fuente: Protocolo de modelado Medical BIM	107
Tabla 56. Unidades del proyecto Estructural 3D. (Elaboración Propia).....	114
Tabla 57. Coordenadas del Proyecto (Elaboración Propia)	115
Tabla 58. Codificación de Elementos. (Elaboración Propia).....	117
Tabla 59. Usos del modelo Estructural (Elaboración Propia).....	134
Tabla 60. Programación de obra, disciplina estructural. (Elaboración Propia)	136



<i>Tabla 61. Designación de materiales y rubros incidentes. (Fuente: Elaboración Propia)</i>	139
<i>Tabla 62. Resumen Presupuesto disciplina Estructural alternativa inicial. (Elaboración Propia)</i>	140
<i>Tabla 63. Resumen Análisis sistemas de losas estructurales. (Elaboración Propia)</i>	141
<i>Tabla 64. Rubros Losa Postensada (Fuente: Elaboración Propia)</i>	142
<i>Tabla 65. Entregables de la Disciplina de Estructura. (Fuente: EIR y BEP de la empresa MEDICAL BIM)</i>	143
<i>Tabla 66. Costos operativos y administrativos. (Elaboración Propia)</i>	144
<i>Tabla 67. Resultados finales Comparativos de las dos alternativas estructurales. (Elaboración Propia)</i>	146
<i>Tabla 68. Tabla de Anexos. (Elaboración Propia)</i>	157



Lista de Figuras

<i>Ilustración 1. Flujo General, Manejo de la Información. (Elaboración Propia)</i>	28
<i>Ilustración 2. Requerimientos de Entrada. (Elaboración Propia)</i>	31
<i>Ilustración 3. Países en los que actualmente se exige la implementación de la metodología BIM.</i>	38
<i>Ilustración 4. Línea de Tiempo del Desarrollo del EIR. (Elaboración Propia)</i>	42
<i>Ilustración 5. Firmas de compromiso Medical BIM</i>	60
<i>Ilustración 6. Portada BEP - Medical BIM. (Elaboración Propia)</i>	61
<i>Ilustración 7. Organigrama Medical BIM. (Elaboración Propia)</i>	72
<i>Ilustración 8. Flujo de la Gestión BIM. (Elaboración Propia)</i>	76
<i>Ilustración 9. Flujo de Configuración Inicial del Proyecto. (Elaboración Propia)</i>	77
<i>Ilustración 10. Flujo de Gestión de la Coordinación Multidisciplinar. (Elaboración Propia)</i>	77
<i>Ilustración 11. Flujo de Gestión de Interferencias y Auditoría de Modelos. (Elaboración Propia)</i>	78
<i>Ilustración 12. Organigrama Organizacional Líder de Estructura. (Elaboración Propia)</i>	97
<i>Ilustración 13. Diseño de Carpetas, Disciplina Estructural. Medical BIM. (Elaboración Propia)</i>	98
<i>Ilustración 14. Plataforma Autodesk Construction Cloud (ACC): Sistema de comunicación de incidencias</i>	102
<i>Ilustración 15. Informes de transmisión de la disciplina estructural.</i>	102
<i>Ilustración 16. Grupo oficial de WhatsApp MEDICAL BIM</i>	103
<i>Ilustración 17. Reunión Virtual equipo de trabajo MEDICAL BIM</i>	103
<i>Ilustración 18. Flujo Resumido (Elaboración Propia)</i>	111
<i>Ilustración 19. Depuración Planos Base. (Elaboración Propia)</i>	113
<i>Ilustración 20. Ubicación y emplazamiento del proyecto Estructural 3D. (Elaboración Propia)</i>	115
<i>Ilustración 21 Punto Base y Punto de reconocimiento del proyecto Estructural 3D. (Elaboración Propia)</i>	115
<i>Ilustración 22. Plantilla Estructural 1.100. (Elaboración Propia)</i>	116
<i>Ilustración 23. Propiedades elemento columna. (Elaboración Propia)</i>	119
<i>Ilustración 24. Edición capas Elemento. (Elaboración Propia)</i>	119
<i>Ilustración 25. Definición de Niveles Estructurales. (Elaboración Propia)</i>	120
<i>Ilustración 26. Definición Rejillas (Elaboración Propia)</i>	121
<i>Ilustración 27. Importación Planos Base dwg. (Elaboración Propia)</i>	121
<i>Ilustración 28 Modelo Estructural 3D. (Elaboración Propia)</i>	122
<i>Ilustración 29. Fachada Sur Modelo Estructural 3D. (Elaboración Propia)</i>	123
<i>Ilustración 30 Fachada Oeste Modelo Estructural 3D. (Elaboración Propia)</i>	124
<i>Ilustración 31 Fachada Norte Modelo Estructural 3D. (Elaboración Propia)</i>	124
<i>Ilustración 32 Fachada Este Modelo Estructural 3D. (Elaboración Propia)</i>	125
<i>Ilustración 33. Gestión de Vínculos. (Elaboración Propia)</i>	125
<i>Ilustración 34. Vinculación Modelo Arquitectónico con modelo Estructural. (Elaboración Propia)</i>	126
<i>Ilustración 35. Avisos del proyecto Estructural 3D. (Elaboración Propia)</i>	126
<i>Ilustración 36. Configuración de Auditoría de Interoperabilidad Modelo Estructural (Fuente: Elaboración Propia)</i>	127
<i>Ilustración 37. Resultados Auditoría. (Fuente: Elaboración Propia)</i>	128
<i>Ilustración 38. Flujo de Trabajo, Auditoría Disciplinar. (Elaboración Propia)</i>	129
<i>Ilustración 39. Configuración Tests Duplicidades y colisiones, Estructura versus Estructura. (Elaboración Propia)</i>	130
<i>Ilustración 40. Informe de análisis de colisiones, Estructura versus Estructura (Elaboración Propia)</i>	130
<i>Ilustración 41. Informe de análisis de duplicidades, Estructura versus Estructura (Elaboración Propia)</i>	130
<i>Ilustración 42. Informe de corrección de colisiones, Estructura versus Estructura (Elaboración Propia)</i>	131
<i>Ilustración 43. Informe de transmisión, # 100 - Entrega Auditoria Disciplinar Estructural Archivos NWC y NWF. (Elaboración Propia)</i>	132
<i>Ilustración 44. Flujo de Trabajo, Auditoría Multi Disciplinar. (Elaboración Propia)</i>	133
<i>Ilustración 45. Flujo de Trabajo, Programación, Costos y Simulaciones. (Elaboración Propia)</i>	135
<i>Ilustración 46. Simulación Constructiva, fase inicial (Elaboración Propia)</i>	137
<i>Ilustración 47. Simulación Constructiva, fase intermedia (Elaboración Propia)</i>	138
<i>Ilustración 48. Simulación Constructiva, fase final (Elaboración Propia)</i>	138
<i>Ilustración 49. Alternativa 1, Losa alivianada (Elaboración Propia)</i>	142
<i>Ilustración 50. Alternativa 2, Losa Postensada (Elaboración Propia)</i>	142



Tabla de Abreviaturas

Tabla 1. Tabla de Abreviaturas

Siglas	Español	Ingles
3D	Modelado tridimensional	Three dimensional
4D	Gestión de la programación	Schedule Management
5D	Gestión de la información económica	Management of economic information
BIM	Modelo de información de la construcción	Building Information Model
EIR	Requerimientos de información BIM del cliente	Employer's information requirement
BEP	Plan de ejecución BIM	BIM Execution Plan
OIR	Requisito de información organizacional	Organizational information requirement
AIR	Requisito de información organizacional	Organizational information requirement
PIR	Requisito de información del proyecto	Project information requirement
PIM	Modelo de Información del Proyecto	Project Information Model
AIM	Modelo de Información de los Activos	Asset Information Model
MEP	Sistema Mecánico, eléctrico y de plomería	Mechanical, electrical and plumbing
CAD	Diseño asistido por ordenador	Desing assisted by computer
CDE	Entorno común de datos	Common data environment
EDT	Estructura de desglose de trabajo	Work breakdown structure
RVT	Revit	Revit
ACC	Nube de construcción de Autodesk	Autodesk Construction Cloud
NWD	Naviswork	Naviswork
IFC	Formato de fichero estándar para el intercambio de información y la interoperabilidad de modelos BIM	Industry Foundation Classes
LOD	Nivel de detalle	Level of detail
LOI	Nivel de Información	Level of information
LOIN	Nivel de Información Necesaria	Level of Information Need



PDF	Formato de documentos portátiles	Portable Document Format
------------	----------------------------------	--------------------------



Capítulo 1: Objetivos Académicos

1.1 Introducción

La innovación, optimización y calidad son los pilares fundamentales de todo proyecto de construcción. A medida que el mundo de la construcción se vuelve más competitivo, desarrollar proyectos de calidad cumpliendo costos y tiempos de planificación se torna indispensable. Es por esto por lo que hoy en día la digitalización, automatización y una adecuada gestión de la información son indispensables para la ejecución integral de un proyecto exitoso, donde todos estos aspectos los abarca la metodología BIM.

El modelado de la información de la construcción o mejor conocido como BIM (Building Information Modelling), por sus siglas en inglés, es la gestión y uso de un modelo de información de un proyecto de construcción, a través de representaciones digitales compartidas con el objetivo de proporcionar una base sustentable para la toma de decisiones en los procesos de diseño, construcción y operación. (Building SMART Spain, 2021)

El presente trabajo académico será aplicado como un ejercicio práctico, donde se demuestra la aplicación de la metodología BIM para el desarrollo del proyecto “*Clinica de Especialidades*”, mediante un trabajo colaborativo y a través de la gestión de la información entre las diferentes disciplinas involucradas.

Además, define el rol “Líder de Estructura” dentro de la estructura ocupacional de la empresa “*Medical BIM*”, sus lineamientos, responsabilidades, procesos y aportaciones con relación al proyecto “*Clinica de Especialidades*”.



1.2 Objetivos Generales del Trabajo Académico

Evaluar la eficiencia en el desarrollo del proyecto de la “*Clinica de Especialidades*” al implementar Metodología BIM para comparar con el método tradicional, tanto en las fases de diseño como de la planificación del proyecto.

Desarrollar el Rol de “*Líder de Estructura*” en las fases de planificación y diseño del proyecto “*Clinica de Especialidades*”, mediante la implementación de la metodología BIM, para comprender y dominar sus procedimientos y lineamientos, a fin de optimizar y mejorar los procesos en el marco profesional.

1.3 Objetivos Específicos del Trabajo Académico

- Desarrollar el plan de ejecución de BIM y cumplir las fases de planificación establecidas en el mismo.
- Gestionar la información de diseño y modelado de la infraestructura, de acuerdo a las condiciones existentes, en las disciplinas de Estructura y Arquitectura de la “*Clinica de Especialidades*” en un nivel de detalle LOD 200, garantizando su calidad y precisión.
- Gestionar la información de diseño y modelado de la infraestructura, de acuerdo a las condiciones existentes, en las disciplinas de Estructura, Arquitectura y MEPs del nivel N+4.00m (planta de quirófanos) de la “*Clinica de Especialidades*” en un nivel de detalle LOD 300, garantizando su calidad y precisión.
- Gestionar la información de diseño y modelado de la infraestructura, de acuerdo a las condiciones existentes, en las disciplinas de Estructura, Arquitectura y MEPs, de ciertas zonas específicas determinadas en el nivel N+4.00m (planta de quirófanos) de la “*Clinica de Especialidades*” en un nivel de detalle LOD 350, garantizando su calidad y precisión.



- Coordinar los modelos auditados de las disciplinas de Estructura, Arquitectura y MEPs, y proponer soluciones a los conflictos encontrados para certificar el modelo federado de la “*Clinica de Especialidades*”.
- Cuantificar los rubros de las disciplinas Estructurales, Arquitectónicas y MEPs, para generar la programación (4D) y calcular el presupuesto (5D) del nivel N+4.00m (planta de quirófanos).
- Desarrollar planos profesionales de las disciplinas de Estructura, Arquitectura y MEPs, del nivel N+4.00m (planta de quirófanos) de la “*Clinica de Especialidades*”.



Capítulo 2: Descripción del proyecto

2.1 Introducción

El éxito de todo proyecto recae en una adecuada planificación y manejo de la información levantada. Por lo que, para alcanzar los objetivos de un proyecto de construcción, es necesario el cumplimiento cronológico de las tareas previamente establecidas en un plan de ejecución, que garantice el correcto funcionamiento de todo el ciclo de vida de este.

En el presente trabajo de titulación se implementó la metodología BIM en las etapas de planificación y diseño del proyecto “*Clinica de Especialidades*”, con el objetivo de contrastar los resultados obtenidos en el modelado tridimensional y en el presupuesto y programación contra el método tradicional. En el siguiente capítulo se presenta una descripción global del proyecto.

2.2 Antecedentes

La empresa “*Medical BIM*” desarrolló el modelo 3D, programación 4D y presupuesto 5D bajo la aplicación de la metodología BIM, para lo que conformó un grupo de 4 profesionales que, según sus habilidades y destrezas, fueron asignados un rol específico y a su vez los alcances pertenecientes a su rol. Fueron asignados por el Gerente BIM, Arq. Kevin Romero de la siguiente manera: Coordinador BIM, Arq. Francisco Racines, Líder de arquitectura, Arq. Eduardo Vinuesa, Líder estructural, Ing. Jack Vasques, Líder MEP, Arq. Kevin Romero. La empresa ha sido contratada por parte de la Universidad Internacional SEK, por medio del Lcdo. Elmer Muñoz, para desarrollar la gestión BIM del proyecto “*Clinica de Especialidades*”.

La implementación arrancó con la definición de los requerimientos solicitados por el cliente, EIR por sus siglas en inglés (Employer’s Information Requirement), donde se



describen las necesidades del cliente y el alcance de las diferentes especialidades. Posteriormente se definió un plan de ejecución BIM, denominado BEP por sus siglas en inglés (BIM Execution Plan), el cual indica cómo se va a elaborar el proyecto, en términos de entregables y planificación de la ejecución.

La concepción inicial del proyecto “*Clinica de Especialidades*” fue desarrollado bajo el método tradicional de planificación y diseño 2D, y se encuentra actualmente en fase de construcción, habiéndose ya completado el 100% de la estructura de hormigón armado. Los documentos base para el arranque de la implementación de la metodología fueron los planos 2D en formato DWG y PDF de las disciplinas Estructurales, Arquitectónicos y MEPs, con los que se inició la fase constructiva.

2.3 Descripción del proyecto

El proyecto “*Clinica de Especialidades*” se encuentra ubicado al nororiente de la ciudad de Quito, en el sector de Monteserrín, en la calle de las Higuierillas E16-254. Se implanta en un lote plano de 1.500 m², tiene una forma regular y un frente de 30.25 m. Las características del clima en este sector son moderadas, con una temperatura media anual de 15.6 °C, humedad relativa del 71%. La precipitación anual bordea los 49.6 mm y la velocidad promedio del viento es de 2 km/h. Por lo tanto, el clima al que se ve sometida la edificación se caracteriza por tener temperaturas moderadas, humedad relativa considerable, baja precipitación y vientos suaves.

El edificio está conformado por cuatro plantas altas con un área aproximada de 800 m² y dos subsuelos, y está planteado como un bloque aislado en el terreno, sin adosamientos. El área bruta de construcción bordea los 5800 m². La planta baja forma un basamento que a medida va incrementando la altura la huella de edificio se va reduciendo para generar una serie de vacíos, en forma de áreas verdes que se anexan a cada piso,



brindando una atractiva experiencia para los usuarios al disfrute de estas áreas verdes insertas dentro del edificio.

El proyecto arquitectónico está concebido como una edificación dedicada a brindar servicios de salud especializados, mediante consulta y tratamiento de médicos especialistas en espacios dedicados a consultorios y una clínica de tratamiento clínico-quirúrgico ambulatorio, contando con áreas dedicadas a servicios complementarios propios de la actividad.



Capítulo 3: Metodología BIM

3.1 Introducción

A medida que avanza el tiempo, la competencia en el mundo de la construcción aumenta considerablemente, y requiere que sus usuarios logren una armonía entre la planificación y diseño con la construcción. En Latinoamérica incrementa a un paso acelerado el uso y aceptación de la metodología en el sector público y privado. Lamentablemente, el uso y aplicación de esta metodología varía dependiendo el país. Brasil, México y Chile son los países que implementaron inicialmente la metodología estableciendo normativa para el sector público y privado. También Argentina, Perú y Colombia han decidido involucrarse en el mundo del BIM logrando realizar proyectos de alta envergadura. Por lo que se puede concluir que el panorama regional si bien cada vez aumenta, es heterogéneo y relativamente nuevo, teniendo a muchas empresas que aplican la metodología hace no más de tres años. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020)

En Ecuador, el panorama es aun reducido. Si bien la metodología BIM cada vez tiene más aceptación, no se dispone de normativa BIM ni pública ni privada para la construcción y diseño de infraestructura. Sin embargo, con el tiempo cada vez incrementa considerablemente el número de empresas que implementan BIM en sus proyectos, como la constructora *Uribe & Schwarzkopf* o la consultora *Hidroplan Cia. Ltda.* (Uribe & Schwarzkopf, s.f.) (Hidroplan Cia. Ltda, 2022)

3.2 Marco Teórico Metodología BIM, Norma ISO 19650

3.2.1 Definición Metodología BIM

El BIM (Building Modelling Information) es una metodología colaborativa que proporciona un enfoque integrado para la gestión de la información de los proyectos de construcción, donde a través de representaciones multidimensionales digitales permite la ejecución integral de un proyecto integrando la información de todas las disciplinas y



unificándolas en un modelo federado, con el propósito de mejorar la eficiencia en la construcción, reduciendo costos y tiempos de planificación y construcción. (EN ISO 19650-1. Organización Internacional de Normalización., 2018)

La metodología BIM permite dar un enfoque nuevo a la ejecución de proyectos a lo largo de todo su ciclo de vida, sumando a la ejecución tradicional de un proyecto, la gestión integral de la información del modelo 3D (geométrica), 4D (Programación y tiempos), 5D (Costos), 6D (Enfoque ambiental) y 7D (Mantenimiento), además de procedimientos, definiciones y procesos a seguir para un adecuado manejo y gestión de toda la información. (BuildingSMART Spain, 2022)

3.2.2 Normativa Metodología BIM ISO 19650

El estándar que indica las buenas prácticas para una gestión integral de la información de un proyecto es la serie EN ISO 19650. Esta serie indica definiciones, procesos y guías, tanto para el cliente como el contratista, para el manejo de toda la información de por parte del equipo de un determinado proyecto. (Autodesk University, 2022)

Con el desarrollo de la metodología BIM, se ha vuelto indispensable estandarizar las nomenclaturas de archivos y elementos utilizados en el proyecto. La *BuildingSMART*, asociación sin fines de lucro enfocada en la promoción de estándares sobre BIM, ha publicado un manual llamado “*Manual de Nomenclatura de Documentos al utilizar BIM*”, donde se brinda una guía propuesta para nombrar a través de codificaciones a los archivos y elementos. El propósito de aplicar nomenclatura normalizada dentro de una organización es el facilitar el entendimiento a los usuarios de dichos archivos con tan solo leer el nombre. (BuildingSmart Spain, 2023)



El OpenBIM brinda un enfoque, impulsado por la BuildingSMART, que busca mejorar la accesibilidad, interoperabilidad, gestión y sostenibilidad de la información de un activo de construcción dentro de la metodología BIM, basado en sistemas de información abiertos. Para esto, OpenBIM elimina el inconveniente de formatos limitados en el manejo de la información, permitiendo trabajar con formatos independientes del proveedor como IFC (*Industry foundation classes*) o BCF (*BIM Collaboration Format*). (BuildingSMART International, 2023)

3.2.3 Ventajas de la Metodología BIM

La principal ventaja, al aplicar la metodología BIM para el desarrollo de un proyecto, es el control integral de la gestión de la información en todas las fases del proceso de ejecución de un proyecto de la industria AEC. Es por esto que el BIM permite desarrollar procesos de trabajo más eficientes para cumplir con los requerimientos del cliente. (Autodesk, 2023)

La aplicación de la metodología BIM, a través de la optimización de procesos, permite además la reducción de tiempos y alrededor de un 20% de ahorro en el costo final, lo que genera un incremento de la rentabilidad y la calidad del proyecto. (SACYR, 2023)

Otro aspecto fundamental de la metodología BIM, es el análisis y detección de colisiones entre elementos de las diferentes disciplinas, a través de la coordinación multidisciplinar. Conflictos que, si no son resueltos en fase de planificación y diseño, pueden llegar a incrementar considerablemente el costo de la obra. (ACCIONA, 2020)

3.2.4 Roles y Estructura Organizacional

Dentro de la metodología BIM, y una vez concebido el proyecto, es imprescindible definir los involucrados, personas o entidades públicas o privadas, que



mantienen algún interés directo o indirecto en la ejecución exitosa del proyecto. Dentro de los involucrados, algunos de los interesados del proyecto son el cliente, el promotor y el contratista.

El cliente y el promotor son los encargados de dar inicio al proyecto, aprobar entregables y financiar su ejecución. Por otro lado, el contratista es el encargado de cumplir los objetivos trazados por el cliente formando un equipo de trabajo encargado del diseño, construcción y/o la operación del proyecto conformado por roles BIM. Un Rol BIM es una serie de funciones y responsabilidades específicas encargadas a distintos actores escogidos según sus habilidades y destrezas, en base a capacidades BIM. (Soto, Manriquez , Tala, Sauznabar, & Henríquez, 2022)

A lo largo de todo el ciclo de vida del activo a construir se deben garantizar el cumplimiento de los roles establecidos, teniendo en cuenta que un rol puede ser ejecutado por varias personas y que una persona puede ejecutar varios roles. Los roles primordiales dentro de la metodología BIM son: Dirección BIM, Revisión BIM, Modelación BIM, Coordinación BIM y Gestión BIM. (Planbim, Comité de Transformación Digital, Corfo., 2019)

3.2.5 Esquema general del desarrollo de la información

Para garantizar un adecuado desarrollo de la información es indispensable que toda la información del proyecto a solicitar sea claramente especificada y solicitada por la persona que va a recibir la información a través de grupos de informes de requerimientos de información. Estos requerimientos deben ser revisados, discutidos y condensados en un informe de requerimientos definitivo. (EN ISO 19650-1. Organización Internacional de Normalización., 2018)



El siguiente esquema muestra el flujo general del manejo de la información desde la etapa de requerimiento hasta la autorización:



Ilustración 1. Flujo General, Manejo de la Información. (Elaboración Propia)

3.2.6 Interoperabilidad - Formatos Abiertos

Los problemas de interoperabilidad en el software utilizado afectan el desarrollo y futuro éxito del proyecto a trabajar. Según el FMI (Fails Management Institute) en conjunto con Plangrid (2018), se concluyó que alrededor del 35% de los profesionales encuestados desperdician alrededor de 14 horas por semana en realizar actividades que afectan a la productividad por inconvenientes de interoperabilidad, al buscar información perdida, corrigiendo conflictos y errores. Por lo que, en total en el año 2018, este aspecto le genera a la industria de la AEC en los EE. UU. aproximadamente \$177 mil millones de pérdida por costos laborales. (PlanGrid; FMI, 2018)

Otro de los fuertes de la metodología BIM es el fomento de la interoperabilidad para trabajar colaborativamente con toda la información necesaria de un proyecto de la industria AEC. La interoperabilidad es la facultad que disponen ciertos sistemas, procesos y formatos de archivo para funcionar y trabajar sin inconvenientes ni pérdida de información. (BIMe Initiative., 2019)

Cuando un proyecto es pequeño, es posible trabajar con el concepto de uso BIM nativo, donde todos los participantes utilizan el mismo lenguaje y software de diseño y modelado para la planificación y diseño. Cuando un proyecto es más grande, el uso BIM



nativo es casi imposible de asegurar. Para facilitar la interoperabilidad, se utilizan formatos de archivo IFC (*Industry Foundation Classes*).

IFC es un modelo de datos estandarizado (ISO 16739-1:2018), utilizado para garantizar el intercambio de información y datos independientemente del proveedor utilizado, tanto para hardwares, softwares e interfaces utilizadas, lo que fomenta integralmente la aplicación del OpenBIM. (BuildingSMART International, 2023)

El esquema de un modelo IFC codifica y permite el intercambio de información del proyecto entre diferentes agentes, tanto de la identidad, como de la semántica, características, objetos, proceso y personas del modelo. Generalmente el IFC es utilizado para el intercambio de información de una parte de los interesados hacia otra. Por ejemplo, un archivo de un diseñador puede ser entregado al cliente que busca a su vez entregar dicha información a un potencial contratista para que prepare una oferta. (BuildingSMART International, 2023)

De esta manera se busca mantener en lo posible la mayor cantidad de información sin pérdidas de archivos, formatos u otros aspectos que retrasen el trabajo.

3.3 Fundamentos de la norma ISO 19650

La serie EN ISO 19650 es un conjunto de estándares que permiten homogeneizar la gestión de la información de un activo en el sector de la construcción de manera integral durante todo su ciclo de vida, mediante la recomendación de principios y procesos al utilizar el modelado de la información de la construcción BIM. (Autodesk University, 2022)

Esta serie de estándares es de interés, tanto para los involucrados en la fase de desarrollo de un proyecto, es decir, la planificación, diseño, construcción y puesta en



marcha del activo, como para los agentes que se involucran en la fase de mantenimiento y operación de este. Además, estos estándares aplican para todo tipo y tamaño de proyecto, pero requieren de una aplicación proporcional a las características de este. (EN ISO 19650-1. Organización Internacional de Normalización., 2018)

La serie ISO 19650 se divide en 5 secciones fundamentales para el manejo de la información del activo en el sector de la construcción, que son:

- Estándar EN ISO 19650-1: presenta principios y terminología general de organización de la información al aplicar la metodología BIM. (Building SMART Spain, 2021)
- Estándar EN ISO 19650-2: establece procedimientos aplicables durante la fase de desarrollo en relación con la gestión de la información. (Building SMART Spain, 2021)
- Estándar EN ISO 19650-3: describe procedimientos aplicables durante la fase de operación, con relación a la gestión de la información. (Building SMART Spain, 2021)
- Estándar EN ISO 19650-4: indica el fundamento para el intercambio de información en fases de diseño y operación durante la aplicación de la metodología BIM. (Building SMART Spain, 2021)
- La norma EN ISO 19650-5: presenta un enfoque de seguridad para la gestión de la información. (Building SMART Spain, 2021)

La serie EN ISO 19650 busca: una definición precisa de los requerimientos de la información solicitadas por el cliente y la metodología aplicable para dar cumplimiento de estos requisitos; certificar y asegurar la calidad de la información desarrollada;

garantizar el fluido y correcto funcionamiento del intercambio de la información entre los agentes involucrados en el desarrollo del proyecto para todo su ciclo de vida. (Building SMART Spain, 2021)

3.3.1 EIR: Intercambio de los Requerimientos de Información

Para aplicar la metodología BIM y cumplir los objetivos del proyecto es indispensable entender la jerarquía y manejo de la información y requerimientos de entrada necesarios, los cuales se detallan en el siguiente esquema:

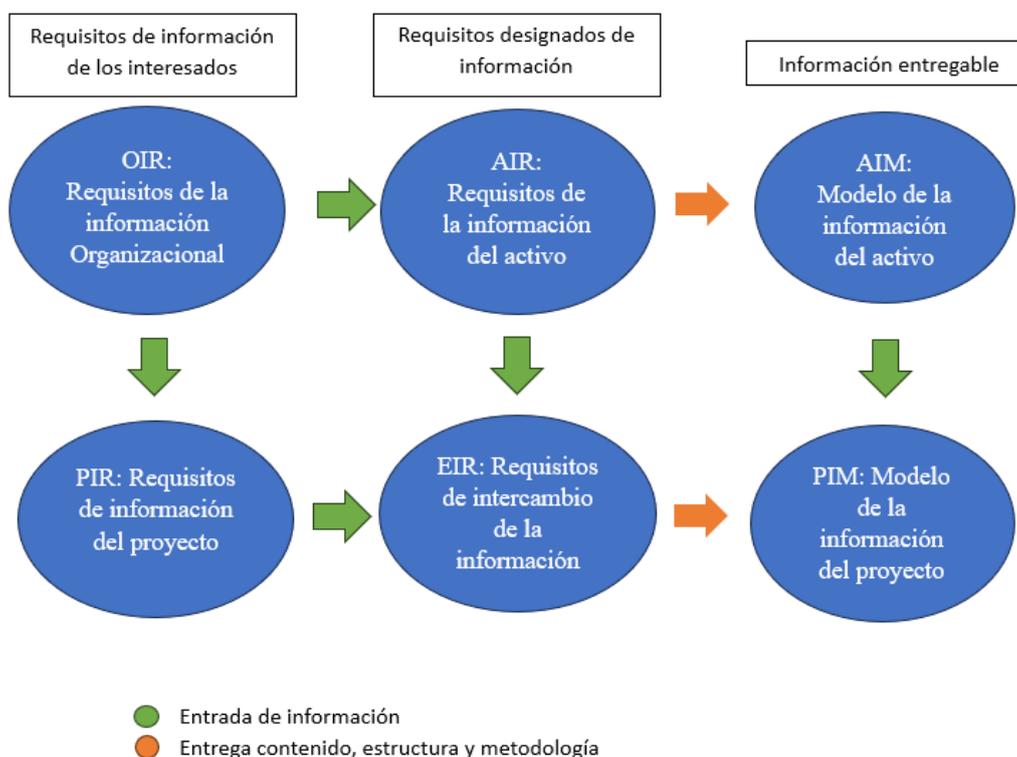


Ilustración 2. Requerimientos de Entrada. (Elaboración Propia)

El documento de requisitos de la información organizacional, por sus siglas inglés OIR (Organizational information requirement), señala la información requerida por la organización para objetivos estratégicos a cumplir y provee una entrada para definir los requisitos de información del proyecto (PIR). Estos documentos a su vez permiten la



asignación y posterior cumplimiento de los requisitos de intercambio de información (EIR). (EN ISO 19650-1. Organización Internacional de Normalización., 2018)

El intercambio de los requerimientos de información (EIR, Exchange information requirement) es un documento contractual donde se definen los aspectos solicitados por el cliente. Este documento, que debe ser entregado a los licitantes previo a la preparación de ofertas, contiene: Requisitos de información identificados en el OIR, AIR y PIR; entregables; Niveles de información; Criterios de revisión; Definición de documentos base; cronograma de hitos para los entregables. (EN ISO 19650-1. Organización Internacional de Normalización., 2018)

3.3.2 BEP: Plan de Ejecución BIM

Para aumentar el valor en la industria de la AEC, al momento de cumplir con los objetivos definidos, identificar procesos y gestionar información importante para el proyecto, es indispensable crear y utilizar un plan de ejecución BIM (BEP, BIM Execution Plan). Este documento detalla la forma en la que se realizará la gestión de la información, junto con lineamientos y procesos, con el fin de gestionar adecuadamente la planificación de un proyecto aplicando metodología BIM. (Cekin & Seyis, 2020)

Un Plan de Ejecución BIM se utiliza en las diferentes fases del ciclo de vida de un proyecto, y dependiendo de la organización, puede existir distintos planes para cada fase de ejecución del mismo. (Building SMART Spain, 2021)

El Plan de Ejecución BIM, dentro de la aplicación de la metodología, se origina en la fase licitatoria del proyecto, donde los participantes deben presentar sus propuestas, a través de la generación de un PRE BEP, donde expliquen cómo se espera dar cumplimiento a los requerimientos del cliente. Una vez adjudicado el proyecto, el cliente



y el adjudicatario deben definir un BEP definitivo para dar inicio al proyecto, teniendo en cuenta que es un documento que puede ser modificado en el desarrollo del mismo. (Building SMART Spain, 2021)

Un plan de ejecución BIM debe contemplar como mínimo los siguientes aspectos: información básica del proyecto, del equipo y del cliente; descripción de entregables; planificación de estrategias para la gestión de la información y la federación de modelos; asignación de roles y responsabilidades para ejecución de entregables; metodología del desarrollo de la información del proyecto; normativa aplicable y aplicaciones tecnológicas. (Organización Internacional de Normalización. EN ISO 19650-2, 2018)

3.3.3 Flujos de Trabajo

Para aplicar la metodología BIM es indispensable definir flujos de trabajo guía para ejecutar cada uno de los procesos correspondientes. Un flujo de trabajo es una serie de secuencia de actividades necesarias, desde el inicio hasta la finalización, para completar un proceso determinado dentro de la organización. (Moon , 2019)

Con el establecimiento de flujos de trabajo se garantiza que todos los involucrados en los procesos comprendan cómo y en qué secuencia deben ejecutar sus actividades para desarrollar sus entregables, además de entender la ubicación y manejo de archivos de información en el CDE.

3.3.4 CDE: Entorno Común de Datos

El trabajo colaborativo, pilar dentro del mundo de la metodología BIM, se basa en trabajar simultáneamente y gestionar la información de las diferentes disciplinas de un proyecto, a través de los agentes involucrados y bajo un desarrollo y fiel cumplimiento de flujos de trabajo. Para trabajar colaborativamente y teniendo en cuenta que muchos



usuarios utilizarán la información del proyecto, es indispensable el manejo de un entorno común de datos (CDE, Common Data Environment).

El Entorno Común de Datos (CDE) es la fuente oficial para el manejo integral, gestionamiento e intercambio de la información referente a un proyecto, dando fiel cumplimiento los procesos establecidos de manejo de la información. (EN ISO 19650-1. Organización Internacional de Normalización., 2018)

Todos los documentos, modelos tridimensionales y documentos no gráficos deberán ser trabajados, actualizados, publicados y autorizados en el entorno común de datos para el uso de todo el equipo. Éste entorno digital de información centralizada promueve la colaboración, control y fiabilidad de la información, el fácil acceso a la información y la transparencia en la información trabajada. (Autodesk University, 2022)

El CDE está conformado por diferentes carpetas que corresponden a un determinado estado de trabajo referente a las diferentes áreas de un proyecto. La información gestionada y trabajada al momento, debe estar ubicada en la carpeta llamada “*Trabajo en progreso*” (WIP , Work in Progress). Únicamente el equipo de trabajo propietario y desarrollador de la información correspondiente tendrá acceso a la carpeta mencionada. (Building SMART Spain, 2021)

Después de su revisión, según el flujo de trabajo, la información es ubicada por coordinación en la carpeta llamada “Compartido” (Shared State). Su propósito es permitir la consulta de otras disciplinas y el avance colaborativo del desarrollo de información del proyecto. (Building SMART Spain, 2021) Si existen dudas entre las diferentes disciplinas, éste es el estado en el que se debe dar resolución a conflictos de la información intercambiada.



Cuando la información se ha revisado y autorizada por coordinación, la información debe moverse a la carpeta llamada “Publicado” (The Published State). La información contenida en esta carpeta se encuentra autorizada para su uso en diseño, construcción u operación del activo, y es el punto de entrada para la conformación del Modelo de Información del Proyecto (PIM). (Building SMART Spain, 2021)

Finalmente, la carpeta llamada “Archivado” (ARC, Archive State) permite llevar un control a manera de diario del desarrollo del intercambio de información manejada en las fases de publicación y autorización. (Building SMART Spain, 2021)

3.3.5 Gestión de Calidad

A través de la Coordinación Multidisciplinar es posible gestionar integralmente la calidad del modelo de información a realizar, cumpliendo procesos establecidos para garantizar el cumplimiento de los requisitos del cliente, mientras se tiene un monitoreo constante de estándares de calidad para tener una mejora continua. (Coloma & Garcés, 2022)

Gestionar la calidad en un proyecto requiere la realización de cuatro componentes básicos: Planificación, Control, Aseguramiento y mejoramiento continuo de la calidad del modelo de información referente al proyecto, todo esto con el fin de garantizar el cumplimiento de los requerimientos y satisfacer lo solicitado por el cliente. (BIME Initiative., 2019)

Dependiendo de la división de trabajo y el número de adjudicatarios, se precisa que todos los equipos deben certificar y realizar el control de calidad a los modelos de información que se deben entregar, por lo que se debe revisar la precisión y la exactitud del modelo, el tamaño del archivo, posibles problemas de colisiones duras y blandas entre



elementos disciplinariamente y multidisciplinariamente y elementos duplicados. (Coloma & Garcés, 2022)

La gestión de la calidad bajo la metodología BIM permite garantizar la exactitud del modelo, la identificación y solución de problemas en etapa de planificación o diseño, evitando retrabajos y sobrepagos en etapas de construcción.

3.4 Importancia de la metodología BIM en la industria de la construcción

La Organización de las Naciones Unidas para el año 2050 proyecta una población mundial de 9.7 mil millones de habitantes, para solventar las necesidades de estas personas la industria global de AEC debe plantearse formas eficientes e inteligentes de abordar el diseño y la construcción para conseguir espacios más inteligentes y perdurables. (United Nations. Department of Economic and Social Affairs., 2022) (United Nations Population Fund, 2022)

El sector de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC), se ubica como el segundo mercado con mayor importancia en el mundo de la Industria, pero desafortunadamente también es el sector con menor innovación y crecimiento en digitalización durante las últimas décadas, hecho que se manifiesta claramente en la productividad bruta del sector. (Ruiz, 2021)

Los principales proyectos del sector de la construcción mueven alrededor de siete trillones de dólares por año, y se prevé que este valor ascienda cerca del 109% en la próxima década. Actualmente más de 60% de los proyectos en este sector inician conscientes de que existirán sobrecostos y retrasos en su ejecución.



Con estas reseñas surge la interrogante ¿Hacia dónde va el sector de la AEC, tomando en cuenta que la necesidad de renovación e innovación en este campo, cada vez se vuelve más imperiosa?

Como respuesta a esta interrogante se posiciona el BIM (Building Information Modeling); metodología de trabajo holístico que nos permite la creación, administración y federación de información y modelos de una manera estructurada y detallada, que integra información en una plataforma abierta en la nube, y que admite una colaboración en tiempo real.

Entre las ventajas de la metodología está: la coordinación y comunicación en tiempo real de los distintos equipos disciplinares que participan en un proyecto, el establecimiento los flujos de trabajo detallados y claros y, el manejo de datos inteligentes (conexión de datos perfecta) durante las fases de Planificación, Diseño, Construcción y Operación del ciclo de vida de un proyecto; instaurando así, procesos eficaces con óptimos resultados en un ecosistema abierto a todos los involucrados.

El uso de la información generada durante las fases de desarrollo y ejecución de un proyecto para la operación y mantenimiento de un activo construido, es una de las razones por lo que la metodología BIM acrecienta cada día más su importancia en el mundo; pero sin duda, la razón más importante es que este método nos proporciona una mayor visibilidad en la toma de decisiones, elecciones más razonables y reales que finalmente aseguran cumplimiento de los objetivos planteados, por debajo de los plazos establecidos y ahorro de los costes proyectados.



Ilustración 3. Países en los que actualmente se exige la implementación de la metodología BIM.
Nota. Reproducida del Gráfico de Países que exigen el uso de BIM, de autodesk.mx, 2023 (Fuente: <https://www.autodesk.es/solutions/bim/benefits-of-bim>)

3.5 Importancia de la Implementación BIM en el Proyecto

3.5.1 Solución de Colisiones e Interferencias

Durante la ejecución del proyecto “Clínica de Especialidades”, en la etapa de coordinación multidisciplinaria se visualizó colisiones e interferencias entre las disciplinas de arquitectura, estructura y MEPs. La causa principal de este inconveniente se generó debido al poco espacio disponible entre el cielo raso y la losa estructural para la distribución y colocación de los sistemas MEPs.

El equipo “*Medical BIM*”, a través de la aplicación de la metodología BIM, implementando flujos de trabajos, hitos de coordinación y matrices de colisiones, pudo corregir la mayoría de las interferencias y colisiones. Al persistir interferencias importantes, se requiere que el equipo de Estructuras proponer una posible solución que permita un mayor espacio para la instalación y colocación de las distintas ingenierías MEPs.

La metodología BIM permitió al equipo estructural proponer una solución de manera eficaz, a través de la gestión de la información del modelo de la estructura con



losas postensadas de 16 cm de espesor, en lugar del tradicional sistema con losas alivianadas.

Por lo que es imprescindible resaltar, que, de haber identificado y solventado las colisiones previamente descritas en etapa de planificación y diseño, en lugar de la etapa de construcción, como sucedió en la ejecución real del proyecto, existiría un ahorro significativo de dinero y tiempo en la ejecución del proyecto.

3.5.2 Gestión y estructuración de la información

Por otro lado, durante la fase de planificación y diseño del proyecto real de la “*Clinica de Especialidades*”, se evidenció una clara desorganización en el manejo de la información de las diferentes especialidades involucradas, lo que generó retrasos y desactualización de la información del proyecto.

Al aplicar la metodología BIM, el equipo “*Medical BIM*” aplicó lineamientos y flujos de trabajo establecidos en la norma ISO 19650, para la gestión de la información de las diferentes disciplinas y la estructuración del entorno común de datos (CDE) del proyecto. De esta manera, garantizó la fiabilidad y actualización constante de toda la información relevante del proyecto. Además, optimizó tiempos invertidos por su equipo de trabajo para búsqueda y depuración de la información necesitada.

3.5.3 Optimización en la entrega de información

La implementación de la metodología BIM permitió generar reportes de cronograma y costos de las diferentes disciplinas en poco tiempo, gracias a la interoperabilidad de los distintos softwares BIM utilizados en el desarrollo del proyecto. Esto facilitó el análisis y toma de decisiones para solventar las colisiones previamente mencionadas.



Los formatos abiertos de los softwares BIM implementados y los flujos de trabajo definidos permitieron vincular la información en tiempo real del modelo al presupuesto y cronograma, facilitando la actualización de los informes según los avances de los modelos.



Capítulo 4: EIR

4.1 Introducción

El EIR - Requerimientos de Información del Empleador, es un documento que se desarrolla al inicio de un procedimiento BIM, se ubica previo a la redacción del BEP - Plan de Ejecución BIM, que contiene las condiciones específicas que solicita el Cliente en calidad de entregables en las distintas etapas del proyecto.

Este documento debe incluirse en el expediente de la licitación ya que puede contener necesidades internas y externas que en determinado instante podría requerir tanto el equipo de diseño como el equipo de construcción.

El proyecto “Clínica de Especialidades” se utilizará para el desarrollo de un ejercicio académico, dentro de un marco de simulación profesional referente a la aplicación e implementación de la metodología BIM en la ejecución de proyectos.

4.2 Situación del proyecto

La “*Clínica de Especialidades*” mientras se desarrolla el presente documento se encuentra en la fase de construcción, cuenta con las respectivas licencias y permisos de construcción por parte del GAD Municipalidad del Distrito Metropolitano Quito, y ha alcanzado el 100% en obra gris. Razón por la cual se propone el escenario de aplicación e implementación de la metodología BIM en las fases de planificación y diseño del proyecto para la comparación con metodología tradicional utilizada.

4.3 EIR - Requisitos de información del cliente

4.3.1 Desarrollo EIR

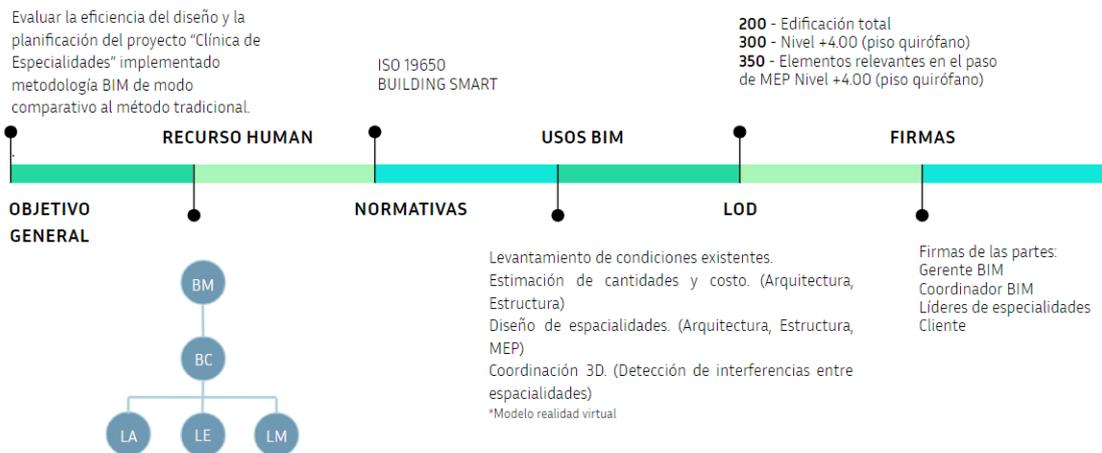


Ilustración 4. Línea de Tiempo del Desarrollo del EIR. (Elaboración Propia)

El equipo Medical BIM es un grupo de profesionales capacitados en el uso de la tecnología (BIM) aplicada a proyectos de construcción en el sector médico y de la salud. Este equipo está compuesto por arquitectos, ingenieros y otros especialistas en diseño y construcción, que han adquirido conocimientos y habilidades específicas para aplicar el BIM a proyectos de construcción de clínicas, hospitales y otras instalaciones de atención médica.

4.3.2 Descripción del proyecto

Tabla 2: Descripción del Proyecto

Promotor	Universidad Internacional SEK
Nombre del proyecto	Clínica de Especialidades
Descripción corta del proyecto	El proyecto está planteado como un bloque aislado en el terreno, sin adosamientos. La planta baja forma un basamento que a medida que va incrementando en altura la huella de edificio va reduciendo para generar una serie de vacíos, en forma de áreas verdes que se anexan a cada piso. El edificio está conformado por 4 plantas altas y 2 subsuelos.
Dirección del proyecto	Calle las Higuierillas E16-254
Nro. de predio	314407
Zona Metropolitana	Quito



Área del predio	1500 m ²
Área por planta	800 m ²

El proyecto arquitectónico está concebido como una edificación dedicada a brindar servicios de salud especializados, mediante consulta y tratamiento de médicos especialistas en espacios dedicados a consultorios y una clínica de tratamiento clínico-quirúrgico ambulatorio, contando con áreas enfocadas a servicios complementarios propios de la actividad.

El edificio está conformado por cuatro plantas altas con un área aproximada de 800 m² y dos subsuelos, el proyecto está planteado como un bloque aislado en el terreno, sin adosamientos. La planta baja forma un basamento que a medida que va incrementando la altura la huella de edificio se va reduciendo para generar una serie de vacíos, en forma de áreas verdes que se anexan a cada piso, brindando una atractiva experiencia para los usuarios al disfrute de estas áreas verdes insertas dentro del edificio.

4.3.3 Integrantes y Roles

Tabla 3: Integrantes y Roles del Proyecto. (Elaboración Propia)

Roles	Nombre	Correo	Contacto
BIM Manager	Arq. Kevin Romero	kevin.romero@uisek.edu.ec	0987439245
Coordinador BIM	Arq. Francisco Racines	francisco.racines@uisek.edu.ec	0998868833
Líder Arquitectura	Arq. Eduardo Vinueza	eduardo.vinueza@uisek.edu.ec	0986150318
Líder Estructura	Ing. Jack Vásquez	jack.vasquez@uisek.edu.ec	0969056421
Líder MEP	Arq. Kevin Romero	kevin.romero@uisek.edu.ec	0987439245



4.3.4 Objetivo general

Evaluar la eficiencia del diseño y la planificación del proyecto “Clínica de Especialidades” de modo comparativo al método tradicional, a través de la gestión de integración de modelos e información y la colaboración de los distintos agentes implicados en el proyecto, de esta manera reducir los costos, tiempos y aumentar la rentabilidad del proyecto mediante la identificación temprana de conflictos y la optimización del uso de recursos.

4.3.5 Objetivos Específicos

- Alta: Crear modelos BIM completos y precisos, especialmente enfocados al nivel +4.00 del proyecto correspondiente a la planta de quirófanos, de cada una de las disciplinas y que esté listo para su uso en construcción, en un plazo máximo de 16 semanas.
- Media: Realizar una coordinación 3D utilizando un modelo BIM integrado, para detectar posibles interferencias entre las disciplinas de arquitectura, estructura, hidrosanitaria, mecánica, eléctrica y gases, para garantizar la correcta implementación de las soluciones en la planta de quirófanos.
- Media: Aplicar la metodología BIM en el proceso de estimación de costos del proyecto, incluyendo la creación de un modelo actualizado y detallado para facilitar la toma de decisiones y la coordinación contemplando todos los elementos constructivos, para generar una lista de materiales y la asignación de costos para cada una de las disciplinas (arquitectura, estructura y MEP), en tiempo real.
- Baja: Elaborar un programa de obra detallado para el proyecto, incluyendo la secuenciación de actividades.



- Baja: Realizar un modelo comparativo BIM de las 2 alternativas de diseño estructural del edificio, evaluando el impacto en el costo y en el tiempo y agregar un informe detallado de la alternativa más eficiente para el proyecto.

4.3.6 Usos BIM

- Levantamiento de condiciones existentes.
- Estimación de cantidades y costos. (Arquitectura, Estructura)
- Diseño de especialidades. (Arquitectura, Estructura y MEP)
- Coordinación 3D. (Detección de interferencias entre especialidades)

4.3.7 Plan de entrega de información (IDP)

Tabla 4: Plan de Entrega de Información (IDP)

Ítem	Descripción	Tipo de Archivo	Formato
BEP	Plan de Ejecución.	pdf	A4
Modelos	Modelado arquitectónico, estructural, MEP (sanitario, mecánico, eléctrico y gases).	rvt	NA
Planos ejecutivos y tablas de planificación	Arquitectónicos, estructurales, instalaciones y detalles.	pdf	A1
	Tablas de cantidades extraídas del modelo.		
Presupuesto	Planificación de los costos.	presto / pdf	A4
Cronograma	Planificación de actividades.	presto / pdf	A4

Nota: Todos los entregables se presentarán de forma digital teniendo un plazo de 16 semanas para su entrega.

4.3.8 Plantilla de proyecto BIM

Para la elaboración de las plantillas de las diferentes disciplinas se tomaron en cuenta las configuraciones de unidades, la organización del navegador por subdisciplinas para mantener un orden en la elaboración de los planos, las plantillas de vista para la parte gráfica del proyecto tanto para plantas, elevaciones y cortes de acuerdo a las diferentes escalas del proyecto, se definieron los estilos de simbología en anotaciones como ejes, cotas, etiquetas, laminas, secciones, elevaciones y niveles, se crearon tablas de cuantificación y cantidades para los elementos necesarios en cada disciplina así como



también se definió el punto base del proyecto para la correcta vinculación entre los diferentes modelos disciplinares.

4.3.9 Niveles de detalle (LOD)

Tabla 5: Niveles de Detalle (LOD)

Roles	LOD	Descripción
Líder Arquitectura	200 (Modelo Completo)	Los elementos arquitectónicos se modelan en 3D con información geométrica más precisa y se agregan datos adicionales sobre su tamaño, forma, ubicación y orientación. También se incluyen detalles sobre las características físicas y funcionales de los elementos, como los materiales. <i>Uso: Fase de diseño y planificación.</i>
	300 (Planta de Quirófanos)	Se agrega más información a los elementos arquitectónicos, como detalles constructivos, especificaciones de los materiales, dimensiones exactas y otros datos necesarios para su fabricación y construcción. También se incluyen datos de coordinación más detallados con otras disciplinas, como estructuras y servicios, para permitir una mejor integración de los elementos arquitectónicos en el diseño general del proyecto. <i>Uso: Fase de documentación</i>
Líder Estructura	200 (Modelo Completo)	Los elementos estructurales se modelan en 3D con una mayor precisión geométrica y se incluyen datos adicionales sobre su tamaño, forma, ubicación y orientación. También se agregan detalles sobre las características físicas y funcionales de los elementos, como los materiales de construcción, las propiedades mecánicas, las cargas de diseño y otras especificaciones. <i>Uso: Fase de coordinación e interferencias</i>
	300 (Planta de Quirófanos)	Se agrega más información detallada sobre los elementos estructurales, como las dimensiones exactas, las conexiones y los detalles constructivos específicos. También se incluyen datos de coordinación más precisos con otras disciplinas, como arquitectura y servicios, para permitir una mejor integración de los elementos estructurales en el diseño general del proyecto. <i>Uso: Fase de documentación</i>



Líder MEP	300 (Planta de Quirófanos)	<p>Se agrega más información detallada sobre los sistemas MEP, como los tamaños y ubicaciones exactas de los componentes, las especificaciones detalladas de los equipos y los accesorios, las conexiones y los detalles constructivos específicos. También se incluyen datos de coordinación más precisos con otras disciplinas, como arquitectura y estructuras, para permitir una mejor integración de los sistemas MEP en el diseño general del proyecto.</p> <p style="text-align: right;"><i>Uso: Fase de documentación</i></p>
------------------	----------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4.3.10 Niveles de información (LOI)

Tabla 6: Niveles de Información (LOI)

Roles	LOI	Descripción
Líder Arquitectura	200 (Modelo Completo)	Se enfoca en agregar detalles específicos al modelo arquitectónico del proyecto y definir los requisitos técnicos y constructivos necesarios para llevarlo a cabo. La información incluida en este nivel es esencial para avanzar en el diseño y la planificación del proyecto, así como para establecer los costos y cronogramas
	300 (Planta de Quirófanos)	Se enfoca en agregar detalles técnicos específicos al modelo arquitectónico del proyecto, y definir los aspectos más detallados del diseño y la construcción. La información incluida en este nivel es esencial para el desarrollo del proyecto y para llevar a cabo la construcción del edificio.
Líder Estructura	200 (Modelo Completo)	Se enfoca en agregar detalles específicos al modelo estructural del proyecto y definir los requisitos técnicos y constructivos necesarios para llevarlo a cabo. La información incluida en este nivel es esencial para avanzar en el diseño y la planificación del proyecto, así como para establecer los costos y cronogramas
	300 (Planta de Quirófanos)	Se enfoca en agregar detalles técnicos específicos al modelo estructural del proyecto, y definir los aspectos más detallados del diseño y la construcción. La información incluida en este nivel es esencial para el desarrollo del proyecto y para llevar a cabo la construcción del edificio.
Líder MEP	300 (Planta de Quirófanos)	Se enfoca en agregar detalles técnicos específicos al modelo MEP del proyecto, y definir los aspectos más detallados del diseño y la construcción. La información incluida en este nivel es esencial para el desarrollo del proyecto y para llevar a cabo la construcción del edificio.



4.3.11 Plantillas de biblioteca de objetos BIM

Para garantizar la eficacia y eficiencia de la biblioteca de objetos BIM, nos regiremos a los estándares ISO 9650 para su nomenclatura y para la elaboración de una estructura de carpetas y subcarpetas que permitan una fácil navegación y búsqueda de los objetos, estableciendo información detallada de cada elemento como su descripción, tipo, dimensiones, materiales y clasificación, creando una geometría precisa y detallada para que pueda ser utilizada en otros proyectos. Estos objetos incluirán parámetros necesarios para modificar y ajustar a los requerimientos específicos de cada proyecto, así como también su compatibilidad con otros programas BIM.

4.3.12 Protocolo de intercambio de información de construcción

4.3.12.1 Modelos para entregar

Tabla 7. Modelo a Entregar. (Elaboración Propia)

Con un LOD 300 se entregarán 6 modelos uno por cada disciplina del nivel +4.00, planta de quirófanos.	Modelo Arquitectura
	Modelo Estructura Elementos relevantes en LOD 350
	Modelo Sanitario Instalaciones sanitarias Agua caliente Agua fría
	Modelo Mecánico Aire acondicionado Ventilación mecánica
	Modelo Gases
Con un LOD 200 se entregarán 2 modelos completos uno por cada disciplina.	Modelo Arquitectura
	Modelo Estructura

4.3.12.2 Nomenclatura

Se usará la nomenclatura con base en la ISO 19650 para los modelos.

Tabla 8: Nomenclatura Según Norma ISO 19650

Ejemplo: Nombre del proyecto + creador + disciplina + descripción
MB_G2_ARQ_MODELO



4.3.12.3 Formato de entrega

Tabla 9: Formato de entrega

Modelo	Formato	Frecuencia
Arquitectura	RVT	Semanal
Estructura	RVT	Semanal
MEP	RVT	Semanal

4.3.12.4 Control de calidad

Tabla 10: Control de calidad

Revisión	Responsable	Software	Frecuencia
Visualización	Líder/Modelador	Revit	Diaria
Auditoria	Coordinador	Revit	Semanal
Interferencias	Coordinador	Naviswork	Semanal
Estándares	Coordinador	Revit	Semanal
Información	Manager/Coord.	Revit/ACC	Semanal

4.3.13 Protocolo de gestión de la información de la construcción (CIMP)

4.3.13.1 Entorno Común de Datos (CDE)

La herramienta colaborativa para usarse en el proyecto es ACC (Autodesk Construction Cloud), esto nos permitirá centralizar los documentos del proyecto para que sean accesibles para todos los involucrados.



4.3.13.2 Estructura de carpetas

Se elaborará una estructura de carpetas con permisos de acceso controlado para cada involucrado permitiéndoles administrar, editar, crear y ver según el rol asignado.

Esta estructura de carpetas está estructurada de la siguiente manera:

Tabla 11. Estructura de Carpetas. (Elaboración Propia)

Contenedores	Disciplinas
1. Trabajo en Progreso (WIP)	1.0 Documentación
	1.1 Arquitectura
	1.2 Estructura
	1.3 MEP
	1.4 Coordinación
	1.5 4D Y 5D
2. Compartido	2.1 Arquitectura
	2.1 Estructura
	2.3 MEP
	2.4 Coordinación
	2.5 4D Y 5D
3. Publicado	3.1 Arquitectura
	3.2 Estructura
	3.3 MEP
	3.4 Coordinación
	3.5 4D Y 5D
4. Archivado	4.1 Arquitectura
	4.2 Estructura
	4.3 MEP
	4.4 Coordinación
	4.5 4D Y5D



4.3.14 Requisitos de responsabilidad

El equipo de profesionales para este proyecto cumplirá con las responsabilidades asignadas de acuerdo con su experiencia y conocimiento para dirigir en el rol asignado.

4.3.15 Requisitos

Tabla 12: Requisitos de Conocimiento del Equipo Técnico

Integrante	Conocimiento
Arq. Kevin Romero (BIM Manager)	Revit, ACC, Naviswork, Presto
Arq. Francisco Racines (Coordinador)	Revit, ACC, Naviswork, Presto
Arq. Eduardo Vinueza (Líder Arquitectura)	Revit, ACC, Naviswork, Presto
Ing. Jack Vásquez (Líder Estructural)	Revit, ACC, Naviswork, Presto
Arq. Kevin Romero (Líder MEP)	Revit, ACC, Naviswork, Presto

4.3.16 Responsabilidades

Tabla 13: Responsabilidades de los Roles del Equipo Técnico

Rol	Responsabilidades
BIM Manager	<ul style="list-style-type: none"> - Coordinar la asignación de funciones del resto de roles en el proyecto. - Elaboración del BEP. - Garantizar la provisión de la información. - Garantizar la interoperabilidad de los softwares a usarse. - Controlar la información y entregables almacenados de una manera lógica y estructurada. - Apoyar al coordinador a evitar y resolver conflictos e interferencias. - Reportar los resultados del proyecto. - Crear entornos colaborativos mediante reuniones con el equipo para monitorear y controlar el progreso del proyecto. - Evaluar el rendimiento del modelo BIM y del equipo de trabajo en relación con los objetivos establecidos para el proyecto. - Supervisar la creación, gestión y coordinación del modelo BIM en todo el ciclo de vida del proyecto.
Coordinador	<ul style="list-style-type: none"> - Colaborar en la definición, implantación y cumplimiento del BEP. - Garantizar que los modelos BIM estén actualizados y reflejen de manera precisa el estado del proyecto en todo momento. - Identificar y resolver cualquier problema relacionado con la coordinación de la información entre las diferentes disciplinas y equipos de trabajo. - Gestionar los cambios en los modelos. - Gestionar calidad y el alcance de los elementos. - Apoyo técnico en la detección de colisiones. - Coordinar la gestión de la información entre las diferentes disciplinas y equipos de trabajo, asegurando la compatibilidad, integridad y coherencia de la información en el modelo BIM. - Elaboración de plantillas.



	<ul style="list-style-type: none"> - Integración 4D y 5D de todas las disciplinas para elaboración de presupuestos y cronogramas. - Asegurar la calidad y eficiencia del modelo BIM, supervisando y controlando el uso de herramientas y software BIM por parte de los diferentes equipos de trabajo.
Líderes Disciplinas	<ul style="list-style-type: none"> - Crear y gestionar la información 3D, 4D y 5D de su disciplina en el modelo BIM, asegurando que se sigan los estándares y protocolos establecidos para la creación y gestión de la información. - Coordinar la información de su disciplina con la información de otras disciplinas, asegurando que se respeten las interferencias y que se resuelvan de manera eficiente. - Revisar y aprobar la información de su disciplina antes de su inclusión en el modelo BIM, asegurando que cumpla con los estándares y requisitos del proyecto. - Asegurar la comunicación efectiva entre su equipo y otros miembros del equipo de trabajo, incluyendo el coordinador BIM y otros líderes de disciplinas. - Asegurarse de que el trabajo de su equipo cumpla con los plazos establecidos y se entregue en tiempo y forma.

4.3.17 Protocolo de coordinación BIM

El proyecto de la clínica requiere una planificación cuidadosa y coordinación detallada para lograr los objetivos clave de crear modelos BIM precisos, enfocados en la planta de quirófanos, y aplicar la metodología BIM en la estimación de costos del proyecto. Aquí hay un ejemplo práctico de cómo se podría llevar a cabo la coordinación BIM en este proyecto:

Establecer un equipo de coordinación BIM: El equipo está compuesto por un BIM mánager, un coordinador, un líder de arquitectura, un líder de estructura y un líder de MEP. El BIM mánager es responsable de garantizar que se sigan los procesos BIM y de gestionar el modelo BIM. El coordinador es responsable de coordinar la colaboración entre las disciplinas y garantizar que se resuelvan las interferencias en el modelo. Los líderes de arquitectura, estructura y MEP son responsables de crear y mantener los modelos BIM de sus respectivas disciplinas.



Establecer un nivel de detalle: El nivel de detalle esperado para los modelos es un LOD 300 en la fase de diseño, con un enfoque especial en el nivel +4.00 de la planta de quirófanos.

Planificación y programación: Se establece un plazo máximo de 16 semanas para completar los modelos BIM y la estimación de costos. Se planifica el proceso de modelado y coordinación, y se establecen los hitos y plazos para el progreso del proyecto.

Crear modelos BIM precisos: Cada disciplina crea un modelo BIM preciso y detallado de su diseño utilizando el software BIM correspondiente. Los modelos se actualizan regularmente para garantizar que sean precisos y se ajusten a los cambios del diseño.

Coordinación 3D: Se lleva a cabo una coordinación 3D utilizando el modelo BIM integrado para detectar posibles interferencias entre las disciplinas de arquitectura, estructura, hidrosanitaria, mecánica, eléctrica y gases en la planta de quirófanos. El coordinador es responsable de identificar y resolver las interferencias y asegurarse de que las soluciones sean implementadas correctamente en el modelo BIM.

Aplicación de la metodología BIM en la estimación de costos: Se utiliza el modelo BIM actualizado y detallado para facilitar la toma de decisiones y la coordinación en la creación de una lista de materiales y la asignación de costos para cada una de las disciplinas.

Revisión y evaluación: El modelo BIM se revisa y evalúa regularmente para garantizar que cumpla con los objetivos clave del proyecto y que se mantenga preciso y actualizado.



En conclusión, la coordinación BIM en este proyecto de clínica implica la creación de modelos BIM precisos y detallados, la coordinación 3D para detectar y resolver interferencias, y la aplicación de la metodología BIM en la estimación de costos. La coordinación exitosa del equipo a través de esta metodología permite que el proyecto se complete dentro del plazo establecido, con un modelo BIM completo y preciso que se puede utilizar en la construcción.

4.3.18 Estándares de calidad

Estándares de modelado: Establecer las reglas para el modelado de los diferentes elementos de construcción dentro de cada disciplina. Los estándares incluirán los niveles de detalle (LOD), los formatos de archivo, la nomenclatura y la organización de las vistas y elementos.

Estándares de intercambio de datos: Establecer las reglas para el intercambio de datos entre diferentes herramientas y sistemas de software BIM. Los estándares incluirán formatos de archivo, protocolos de transferencia de datos y requisitos de interoperabilidad.

Estándares de coordinación: Establecer las reglas para la coordinación y colaboración entre los diferentes miembros del equipo del proyecto. Estos incluirán las reuniones de coordinación, los procedimientos para la resolución de conflictos, los plazos para la entrega de modelos y la calidad de los modelos entregados.

Estándares de documentación: Establecer las reglas para la documentación del proyecto y la gestión de la información. Los estándares incluirán la gestión de cambios, la versión de documentos, la estructura de carpetas y la codificación de colores.



Estándares de calidad de los datos: Establecer las reglas para la calidad de los datos y la validación de los datos en los modelos BIM de las diferentes disciplinas que tiene el proyecto. Estos estándares incluirán la verificación de la precisión y coherencia de los datos, la detección y corrección de errores y la actualización de los modelos.

4.3.19 Planificación del proyecto

La utilización de BIM en la planificación del proyecto nos permite una mejor coordinación entre las diferentes disciplinas, reduciendo así los errores y retrasos. Además, el modelo BIM podemos utilizar para realizar simulaciones y análisis avanzados, como la detección de interferencias entre elementos, la programación y la secuenciación de la construcción, la simulación de la energía y el análisis del ciclo de vida de los materiales. Todo esto puede ayudar a tomar decisiones informadas y reducir el impacto ambiental del proyecto.

Al reducir el tiempo y los costos de construcción, el uso de BIM nos permite tener un impacto positivo en la sociedad al permitir que los proyectos se completen más rápidamente y a un costo menor.

Las herramientas posibles para usar son Naviswork o Presto que están basadas en la norma ISO 19650 y para llevar el avance coordinado se aplicara el ciclo PDCA

4.3.20 Monitoreo y medición

Objetivos del proyecto: cumplir con los objetivos del proyecto durante todo el proceso, para verificar los plazos e hitos importantes del proyecto, presupuestos y calidad.

Métricas de desempeño: se establecerán métricas de desempeño claras y medibles para evaluar el progreso del proyecto y asegurar que se estén cumpliendo los



objetivos. Estas métricas incluirán la cantidad de tiempo que se está ahorrando con el uso de BIM, la cantidad de errores que se están evitando, la eficiencia del equipo.

Herramientas de medición: se utilizarán herramientas de medición adecuadas como Presto para recolectar y analizar los datos necesarios para evaluar el progreso del proyecto.

Frecuencia de medición: se establecerá la frecuencia de medición adecuada para asegurar que se estén monitoreando los avances del proyecto de manera constante. Estas mediciones serán diarias, semanales y mensuales según se el caso.

Responsabilidades: se definirán las responsabilidades para el monitoreo y la medición en cada disciplina, así como también en la coordinación, para que todos los miembros del equipo sepan quién es el encargado de recolectar y analizar los datos, y quién es el encargado de tomar medidas en caso de que sea necesario.

Acciones correctivas: en caso de que se identifiquen problemas o desviaciones durante el monitoreo y la medición, se establecer acciones correctivas mediante el uso de del valor ganado para abordar estos problemas y asegurar que el proyecto siga avanzando según lo previsto.

4.3.21 Softwares para utilizar

Tabla 14: Softwares a utilizar por el Equipo Técnico

Disciplina	Uso	Software	Versión
Arquitectura	Visualización planos 2D	AutoCAD	2023
Arquitectura, Estructura y MEP	Modelado	Revit	2023
CDE	Almacenamiento centralizado	ACC	N/A
Arquitectura, Estructura y MEP	Detección de Interferencias	Naviswork Manage	2023
Arquitectura, Estructura y MEP	Organización de Actividades	Trello	N/A



Arquitectura, Estructura y MEP	Presupuesto y Cronograma	Presto	2022
Arquitectura, Estructura y MEP	Informes, planillas, cantidades	Office	365
Arquitectura, Estructura y MEP	Visualización documentación	Nitro Pro/Adobe Acrobat Pro	10-2021
Arquitectura, Estructura y MEP	Diagramación	Adobe Ilustrador	2021
Arquitectura, Estructura y MEP	Edición	Adobe Photoshop	2021

4.3.22 Entregables

Tabla 15: Entregables del Proyecto

Ítem	Descripción	Tipo de archivo	Formato
Plan de ejecución BIM	Documento de requisitos y usos BIM para el proyecto	PDF	A4
Modelos	Modelado arquitectónico, estructura y MEP	RVT-IFC	N/A
Planos	Documentación 2D de las disciplinas de arquitectura, estructura y MEP	PDF-DWG	A1
Tablas de planificación	Mediciones y cantidades extraídas de los modelos	PDF	A4
Cronograma	Planificación de actividades	PDF	A4
Presupuesto	Planificación de costos	PDF	A4
Renders	Imágenes realistas del proyecto	JPG-PNG	N/A

4.3.23 Conclusiones

La implementación de la metodología BIM en el proyecto de la Clínica de Especialidades tiene como objetivo mejorar los procesos de planificación y gestión de la información a lo largo del proyecto, mediante el uso de modelos y la colaboración de los equipos de las disciplinas de arquitectura, estructura y MEP. La intención aplicada al BIM en este proyecto es mejorar la eficiencia en la planificación, identificar posibles problemas en las etapas previas a la ejecución del proyecto, reducir costos y retrasos en el proceso de construcción y aumentar la rentabilidad del proyecto mediante la optimización del uso de recursos y la identificación temprana de conflictos.



Para lograr estos objetivos, se han establecido metas específicas, como la creación de modelos BIM completos y precisos, especialmente enfocados al nivel +4.00 del proyecto correspondiente a la planta de quirófanos, en un plazo máximo de 16 semanas, en donde se espera realizar una coordinación 3D utilizando un modelo BIM integrado para detectar posibles interferencias entre las disciplinas de arquitectura, estructura, hidrosanitaria, mecánica, eléctrica y gases, garantizando la correcta implementación de las soluciones en la planta de quirófanos.

Además, se aplicará la metodología BIM en el proceso de estimación de costos del proyecto, incluyendo la creación de un modelo actualizado y detallado para facilitar la toma de decisiones y la coordinación contemplando todos los elementos constructivos, generando una lista de materiales y la asignación de costos para cada una de las disciplinas en tiempo real.

Asimismo, se elaborará un programa de obra detallado para el proyecto, incluyendo la secuenciación de actividades y se realizará un modelo comparativo BIM de las dos alternativas de diseño estructural del edificio, evaluando el impacto en el costo y en el tiempo, para agregar un informe detallado de la alternativa más eficiente para el proyecto.

La implementación de la metodología BIM en el proyecto de la Clínica de Especialidades permitirá evaluar la eficiencia del diseño y la planificación del proyecto en comparación con el método tradicional, a través de la gestión de integración de modelos e información y la colaboración de los distintos agentes implicados en el proyecto. Esto reducirá los costos, tiempos y aumentará la rentabilidad del proyecto mediante la identificación temprana de conflictos y la optimización del uso de recursos.



En resumen, la implementación de la metodología BIM en el proyecto de la Clínica de Especialidades permitirá mejorar la eficiencia en la planificación, reducir costos y retrasos en el proceso de construcción, aumentar la rentabilidad del proyecto y mejorar la colaboración y coordinación entre los equipos de las disciplinas de arquitectura, estructura y MEP. Esto se logrará mediante la creación de modelos BIM completos y precisos, la realización de una coordinación 3D utilizando un modelo BIM integrado, la aplicación de la metodología BIM en el proceso de estimación de costos del proyecto, la elaboración de un programa de obra detallado y la realización de un modelo comparativo BIM de las dos alternativas de diseño estructural del edificio. En definitiva, la implementación de la metodología BIM en este proyecto permitirá una gestión más eficiente y rentable del proyecto, mejorando la calidad de la información y la coordinación entre los equipos.



4.3.24 Firmas de compromiso

Kevin Mauricio Romero Proaño
C.I. 1715958482
BIM Manager/Líder de MEP

Francisco Javier Racines Yaselga
C.I. 1720623709
Coordinador BIM

Eduardo Renato Vinuesa Cevallos
C.I. 0603322421
Líder de Arquitectura

Jack Felipe Vásquez Witt
C.I. 1719834572
Líder de Estructura

Elmer Muñoz
Cliente UISEK

Ilustración 5. Firmas de compromiso Medical BIM.



Capítulo 5: BEP

5.1 Plan de ejecución BIM Medical Project

De acuerdo con lo establecido en el EIR, en este capítulo se definirán las pautas para implementar y gestionar el uso de la metodología BIM en este proyecto, proporcionando una guía detallada para asegurar la colaboración y coordinación a lo largo de todo el proyecto mediante el uso eficiente de los modelos, optimizando procesos a medida que se va desarrollando el proyecto.



Ilustración 6. Portada BEP - Medical BIM. (Elaboración Propia)



5.1.1 Introducción

Para el desarrollo de este proyecto es esencial contar con un Plan de Ejecución BIM que se ajuste a las necesidades de información específica en cada una de las etapas, así como también al alcance proyecto en su totalidad. En este contexto, se ha propuesto que el Plan de Ejecución BIM cumpla con el objetivo de satisfacer de manera óptima los requisitos de información establecidos por la Universidad Internacional SEK para la gestión de la metodología BIM aplicada en la Clínica de Especialidades Monteserrín.

Previo al inicio de la etapa de desarrollo, el grupo Medical BIM juntamente con la Universidad Internacional SEK hemos acordado de manera conjunta que el Plan de Ejecución BIM (BEP) será revisado y modificado a medida que vaya desarrollando el proyecto con el objetivo de obtener un Plan de Ejecución BIM definitivo al terminar el proceso de titulación.

5.2 Información del proyecto

5.2.1 Datos del proyecto

Tabla 16: Datos del Proyecto. (Elaboración Propia)

Ítem	Descripción
Nombre del Edificio:	CEM–Clínica de Especialidades Monteserrín - Quito
Nombre del Propietario:	Dr. Juan Roldan & Asociados
Descripción del Proyecto:	Edificio de hormigón armado con un área bruta de 5800 m ² , distribuidos en 2 subsuelos 4 plantas con un área aproximada de 800 m ² , con un programa arquitectónico dividido en: Área comercial Clínica Consultorios Área especializada en oftalmología
Uso:	Hospitalario
Número de Plantas:	4
Numero de Subsuelos:	2
Numero de Ascensores:	2

Descripción del Sitio:	Ubicado al norte de Quito, en el sector de Monteserrín
Coordenadas:	0°09'32.1"S 78°27'33.0"W
Entorno:	
Nombre del Contacto:	Arq. Kevin Romero – BIM Manager
Email:	kevin.romero@uisek.edu.ec
Dirección:	Quito-Ecuador
Numero de Contrato:	MB-0001-03-15-2023
Información Adicional:	Trabajo de Titulación – Maestría en Gerencia de proyectos BIM.

5.2.2 Cronograma de trabajo

Tabla 17: Cronograma de Trabajo Proyecto Clínica de Especialidades. (Elaboración Propia)

Cronograma																				
Descripción	Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Presentación del Proyecto			■																	
EIR				■	■															
Entrega Información del Proyecto					■															
Pre BEP					■															
BEP						■	■	■												
Plantillas de Modelos					■	■														
Modelo ARQ						■	■	■	■	■	■									
Modelo EST							■	■	■	■	■	■								
Modelo MEP								■	■	■	■	■	■							
Coordinación de Modelos									■	■	■	■	■	■						
Modelo Federado														■	■	■				
Revisión de Entregables																■	■			
Entrega de Proyecto																		■		

5.3 Información clave del proyecto

5.3.1 Contactos

Tabla 18: Contactos del Equipo Técnico. (Elaboración Propia)

Partes	Rol	Nombre	Correo	Contacto
Contratante	BIM Manager	Arq. Kevin Romero	kevin.romero@uisek.edu.ec	0987439245
Contratada	BIM Manager	Arq. Kevin Romero	kevin.romero@uisek.edu.ec	0987439245
Equipo de trabajo	Coordinador BIM	Arq. Francisco Racines	francisco.racines@uisek.edu.ec	0998868833



Equipo de trabajo	Líder Arquitectura	Arq. Eduardo Vinueza	eduardo.vinueza@uisek.edu.ec	0986150318
Equipo de trabajo	Líder Estructura	Ing. Jack Vásquez	jack.vasquez@uisek.edu.ec	0969056421
Equipo de trabajo	Líder MEP	Arq. Kevin Romero	kevin.romero@uisek.edu.ec	0987439245

5.3.2 Detalle contractual

Tabla 19: Detalles Contractuales (Elaboración Propia)

Propietario del proyecto:	MBIM -UISEK
Tipo de contrato:	Implementación de la metodología BIM en el proyecto planificado originalmente mediante la metodología tradicional
Número de contrato:	MB-0001-03-15-2023
Documentación proporcionada:	El cliente proporciona la información documental completa de arquitectura, estructura, sanitaria, eléctrica, mecánica, sistema contra incendios y gases, así como también un presupuesto preliminar. Láminas del proyecto arquitectónico, estructural, sanitario, eléctrico, mecánico y sistema contra incendios aprobadas por las autoridades competentes. (Nota: Ninguna de la documentación proporcionada ha sido desarrollada con herramientas BIM, así como tampoco por la metodología)

5.4 Objetivos BIM del proyecto

5.4.1 Objetivos generales BEP

- Incorporar y ejecutar de manera exitosa la metodología BIM, con el propósito de obtener una ventaja competitiva con la metodología tradicional y cumplir con los requisitos del cliente de manera eficiente y efectiva.
- Establecer una cultura de colaboración y trabajo en equipo promoviendo las buenas prácticas de la metodología BIM en todas las etapas del proyecto mediante reuniones regulares y el uso de plataformas colaborativas.
- Implementar flujos de trabajo eficientes y coordinados entre los diferentes actores del proyecto, eliminando reprocesos y mejorando la productividad en cada una de las disciplinas.
- Mejorar la eficiencia y la precisión en la estimación de costos, así como también en la planificación del proyecto mediante el uso de los modelos BIM.



- Evaluar y perfeccionar continuamente la implementación del plan de ejecución BIM a medida que avanza el proyecto, identificando áreas de mejora y optimizando los procesos.

5.4.2 Objetivos BIM estratégicos

- Utilizar la metodología BIM como herramienta para mejorar la comunicación entre el equipo del proyecto y el cliente, facilitando la visualización y comprensión de la información, mediante el uso de un entorno común de datos (Autodesk Construction Cloud), permitiendo tomar decisiones más informadas y oportunas.
- Fomentar la colaboración con los miembros del equipo a través de reuniones semanales, utilizando la metodología BIM como medio para la coordinación y el intercambio de información, evitando conflictos y mejorando la calidad del resultado final.
- Utilizar la metodología BIM para establecer un cronograma claro y realista validado semanalmente, identificando posibles retrasos y conflictos, y asegurando la entrega exitosa del proyecto en los plazos establecidos.
- Realizar evaluaciones permanentes de la implementación BIM en el proyecto, identificando lecciones aprendidas y áreas de mejora, utilizando estas retroalimentaciones para mejorar en futuros proyectos y optimizar la estrategia BIM entre los miembros del equipo.

5.5 Usos BIM

5.5.1 División de modelos

Tabla 20: División de Modelos, Usos BIM y Responsables (Elaboración Propia)

División de Modelos			Usos BIM	Responsable
Modelo	LOD	Descripción		
Arquitectónico	200	Elaboración de un modelo arquitectónico de todo el edificio + set de publicación a nivel de anteproyecto.	Documentación planimetría, coordinación interdisciplinaria y multidisciplinaria, cronograma y presupuesto.	Líder de Arquitectura
	300	Elaboración solo de la planta de quirófanos + set de publicación a nivel de planos de construcción.	Documentación planimetría, coordinación interdisciplinaria y multidisciplinaria, cronograma y presupuesto.	
Estructural	200	Elaboración de un modelo estructural de todo el edificio + set de publicación a nivel de Anteproyecto.	Documentación planimetría, coordinación interdisciplinaria y multidisciplinaria, cronograma y presupuesto.	Líder de Estructura
	300	Elaboración solo de la planta de quirófanos + set de publicación a nivel de planos de construcción.	Documentación planimetría, coordinación interdisciplinaria y multidisciplinaria, cronograma y presupuesto.	
MEP	300	Elaboración solo de la planta de quirófanos + set de publicación a nivel de planos de construcción.	Documentación planimetría, coordinación interdisciplinaria y multidisciplinaria, cronograma y presupuesto.	Líder MEP

5.5.2 Usos del modelo

Tabla 21: Usos del modelo – Descripción (Elaboración Propia)

Uso	Descripción
Modelado de condiciones existentes	Mediante la información entregada en formato DWG se elaborarán modelos de arquitectura, estructura e ingenierías con el objetivo de implementar la metodología BIM en la CEM para obtener una comparativa con la metodología tradicional, enfocándonos en la estimación de costos y cantidades, planificación, simulaciones y análisis de interferencias, creando modelos detallados que nos proporcionen una base para facilitar los procesos BIM.
Estimación de cantidades y costos	A partir de los modelos (arquitectura, estructura e ingenierías) se desarrollará una estimación de precios en tiempo real, enfocadas en el nivel + 4.00, permitiendo extraer información de los elementos y materiales modelados, con el objetivo de mantener esta información actualizada para procesos de compras en la ejecución de la obra.

Planificación de fases	Los modelos BIM (arquitectura, estructura e ingenierías) se utilizarán para desarrollar un cronograma detallado de construcción en la CEM, enfocándonos en el piso nivel + 4.00 que presenta una mayor complejidad dentro de todo el proyecto por la presencia de los quirófanos, esto nos permitirá coordinar y secuenciar las actividades de construcción mediante una simulación 4D en este piso con el objetivo de establecer una planificación más precisa y eficiente de los recursos necesarios y reducir conflictos en la etapa de ejecución.
Diseño de especialidades	Proceso en donde se crearán los modelos de arquitectura, estructura e ingenierías mediante la incorporación de información para la extracción de propiedades, cantidades, costos, programación y documentación detallada que incluirá planos de diseño y detalles, manteniendo la documentación actualizada en tiempo real para la facilidad de comunicación y coordinación multidisciplinar.
Coordinación 3D (Detección de interferencias)	En esta etapa se elabora un modelo federado entre las disciplinas de arquitectura y estructura como modelo completo y otro enfocado en el piso nivel + 4.00 en donde se vincularán arquitectura, estructura e ingenierías, con el objetivo de realizar una detección de interferencias mediante la herramienta Navisworks y el uso de una matriz de interferencia como referencia para determinar parámetros, permitiéndonos gestionar los conflictos en una etapa temprana previo a la ejecución.
Análisis de alternativas estructurales	A través de una comparativa entre modelos estructurales se busca optimizar el diseño de losas postensadas vs losas alivianadas para disminuir el tiempo y costo en su ejecución, así como también aumentar la altura libre entre cielo falso y acabado de losa, con el objetivo de mejorar la eficiencia en el diseño y colocación de instalaciones MEP.

5.5.3 Tabla de usos BIM

Tabla 22: Tabla de Usos BIM (Elaboración Propia)

Uso BIM	Prioridad (Alta/Media/Baja)	Etapas		
		Planificación	Diseño	Construcción
Modelado de condiciones existentes	Alta	X	X	X
Estimación de costos y cantidades	Alta	X	X	X
Planificación de fases	Alta	X	X	X
Diseño de especialidades	Media		X	
Coordinación 3D	Alta	X	X	X
Análisis de alternativas estructurales	Media		X	

5.5.4 Análisis de usos BIM

Tabla 23: Análisis de usos BIM (Elaboración Propia)

Uso BIM	Valor aportado al proyecto (Alto / Medio / Bajo)	Parte responsable	Valor aportado a la parte responsable (Alto / Medio / Bajo)	Clasificación de capacidad (Alta / Media / Baja)	Requerimientos	¿Uso aprobado? (S/N)
Planificación	Alto	BIM Manager	Alto	Alta	Manejo de herramientas especializadas para planificación	S
Estimación de Costos	Alto	BIM Manager/ Coordinador BIM	Alto	Media	Uso de mediciones a partir de un software	S
Programación	Alto	BIM Manager/ Coordinador BIM	Alto	Media	Manejo de software con especialidad en simulación	S
Gestión de Comunicaciones	Alto	BIM Manager/ Coordinador BIM	Alto	Media	Alto grado de organización	S
Coordinación	Alto	Coordinador BIM	Alto	Alta	Manejo de software de auditoría e integración de modelos	S
Flujos y Procesos	Alto	BIM Manager/ Coordinador BIM	Alto	Alta	Capacidad de desarrollo procesal	S
Modelos por disciplina (arquitectura, estructural, MEP)	Alto	Líderes de disciplinas	Alto	Alta	Experiencia en construcción. Se modela como se construye	S

5.5.5 Capacidades requeridas para usos BIM

5.5.5.1 Estimación de costos (Presupuesto - 5D)

Capacidad para integrar la estimación de costos en procesos BIM en la Clínica de Especialidades, permitiéndonos desarrollar simulaciones de costos (5D) a partir de los modelos de las especialidades, evaluando las diferentes alternativas y permitiéndonos identificar oportunidades de optimizar el presupuesto, revisando y gestionando los recursos en el proyecto y agregándole valor a este proceso mediante una estimación de



costos más precisa y en tiempo real a lo largo de todo el proyecto, estableciendo una comparativa con la metodología tradicional.

Valor generado al proyecto

- Cuantificación más precisa de los elementos modelados.
- Acelerar el proceso de toma de decisiones.
- Reducción de tiempo y recursos para desarrollar un presupuesto.
- Facilidad para actualizar los presupuestos en base a los cambios que se van ejecutando en tiempo real.

5.5.5.2 Planificación de actividades y simulaciones constructivas (Cronograma - 4D)

Capacidad para implementar la planificación de actividades y simulaciones constructivas en procesos BIM en la Clínica de Especialidades, permitiendo desarrollar una planificación más eficiente a partir de los modelos, en donde se establecerán secuencias de actividades, se asignarán recursos y se estimarán tiempos con una mayor precisión para identificar rutas críticas y minimizar los riesgos de demoras en su ejecución.

Valor generado al proyecto

- Facilidad para monitorear y controlar las actividades constructivas.
- Identificar problemas tempranos en la secuencia de actividades.
- Establecer rutas críticas y holguras en el cronograma.
- Supervisión de los tiempos para ejecutar adquisiciones en el desarrollo del proyecto.
- Integración de las actividades y simulaciones constructivas para verificar el proceso, “se modela como se construye”



5.5.5.3 Coordinación 3D (Detección de interferencias)

Capacidad para implementar la coordinación multidisciplinar y gestionar interferencias en procesos BIM en la Clínica de Especialidades mediante el uso de herramientas y un modelo común que nos permitirá identificar y resolver posibles interferencias entre los diferentes sistemas implementados en el proyecto, reduciendo los retrasos, retrabajos y costos adicionales de manera proactiva en etapas iniciales de diseño.

Capacidad para promover espacios que faciliten la comunicación y la colaboración entre las diferentes disciplinas promoviendo una mayor eficiencia en la ejecución del proyecto, permitiéndonos anticiparnos a los cambios y modificaciones en la etapa de construcción para lograr reducir el tiempo de finalización del proyecto.

Valor generado al proyecto

- Coordinar el proyecto mediante el uso de un modelo común que optimizara la revisión de los conflictos constructivos interdisciplinarios durante la planificación del proyecto.
- Implementar flujos de trabajo que permitirán desarrollar una mayor comunicación y colaboración para reducir tiempos de construcción.
- Gestionar las interferencias del modelo federado mediante el desarrollo de la matriz de colisiones, priorizando las de mayor impacto al proyecto.
- Mejorar la comunicación y colaboración entre los equipos aumentando la eficiencia y optimizando los recursos para ejecutar de forma exitosa el proyecto.



5.6 Funciones y personal de la organización

5.6.1 Organigrama Medical BIM

Según los requisitos y la experiencia exigida por la Universidad Internacional SEK, para llevar a cabo el proyecto de gestión BIM de la Clínica de Especialidades (CEM), se establece la siguiente composición del equipo.



Ilustración 7. Organigrama Medical BIM. (Elaboración Propia)

Para este proyecto se establece un trabajo colaborativo a distancia en el contexto de la metodología BIM. Debido a que los profesionales involucrados trabajan desde diferentes ubicaciones. A pesar de la distancia física, se ha establecido una comunicación constante y fluida entre el equipo, lo que permite una colaboración efectiva. Se emplearán herramientas y tecnologías que facilitan la interoperabilidad, permitiendo compartir y actualizar la información del modelo BIM de manera sincronizada. Además, se realizan revisiones periódicas del progreso del proyecto, tanto a nivel diario como semanal, para asegurar la calidad y coherencia del trabajo realizado.



5.6.2 Capacidades del Equipo

Como parte de los requerimientos establecidos para el proyecto, Medical BIM contará con la experiencia y formación BIM de los siguientes profesionales:

Tabla 24: Capacidades del Equipo Técnico (Elaboración Propia)

Miembro del Equipo	Experiencia	Conocimiento	Certificación Softwares
Arq. Kevin Romero (BIM Manager)	Maestría en Gerencia de Proyectos BIM	- Revit - ArchiCAD - Autodesk Construction Cloud - Naviswork - Presto	Universidad Internacional SEK
Arq. Francisco Racines (Coordinador BIM)	Maestría en Gerencia de Proyectos BIM	- Revit - ArchiCAD - Autodesk Construction Cloud - Naviswork - Presto	Universidad Internacional SEK
Arq. Eduardo Vinueza (Líder BIM Arquitectura)	Maestría en Gerencia de Proyectos BIM	- Revit - Autodesk Construction Cloud - Naviswork - Presto	Universidad Internacional SEK
Ing. Jack Vásquez (Líder BIM Estructura)	Maestría en Gerencia de Proyectos BIM	- Revit - Autodesk Construction Cloud - Naviswork - Presto	Universidad Internacional SEK
Arq. Kevin Romero (BIM Manager)	Maestría en Gerencia de Proyectos BIM	- Revit - ArchiCAD - Autodesk Construction Cloud - Naviswork - Presto	Universidad Internacional SEK

5.6.3 Roles y Responsabilidades

De acuerdo con lo establecido por la Universidad Internacional SEK los profesionales que integran Medical BIM, tendrán un rol asignado dentro del proyecto, con el objetivo de dar un seguimiento y control dentro de su área, para el correcto cumplimiento de sus funciones.

Tabla 25: Responsabilidades del BIM Manager (Elaboración Propia)

Rol	BIM Manager



Nombre	Arq. Kevin Romero P.
Profesión	Arquitecto
Responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> - Coordinar la asignación de funciones del resto de roles en el proyecto. - Elaboración del BEP. - Garantizar la provisión de la información. - Garantizar la interoperabilidad de los softwares a usarse. - Controlar la información y entregables almacenados de una manera lógica y estructurada. - Apoyar al coordinador a evitar y resolver conflictos e interferencias. - Reportar los resultados del proyecto. - Crear entornos colaborativos mediante reuniones con el equipo para monitorear y controlar el progreso del proyecto. - Evaluar el rendimiento del modelo BIM y del equipo de trabajo en relación con los objetivos establecidos para el proyecto. - Supervisar la creación, gestión y coordinación del modelo BIM en todo el ciclo de vida del proyecto.

Tabla 26: Responsabilidades del Coordinador BIM (Elaboración Propia)

Rol	Coordinador BIM
Nombre	Arq. Francisco Racines Y.
Profesión	Arquitecto
Responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> - Colaborar en la definición, implantación y cumplimiento del BEP. - Garantizar que los modelos BIM estén actualizados y reflejen de manera precisa el estado del proyecto en todo momento. - Identificar y resolver cualquier problema relacionado con la coordinación de la información entre las diferentes disciplinas y equipos de trabajo. - Gestionar los cambios en los modelos. - Gestionar calidad y el alcance de los elementos. - Apoyo técnico en la detección de colisiones. - Coordinar la gestión de la información entre las diferentes disciplinas y equipos de trabajo, asegurando la compatibilidad, integridad y coherencia de la información en el modelo BIM. - Elaboración de plantillas. - Integración 4D y 5D de todas las disciplinas para elaboración de presupuestos y cronogramas. - Asegurar la calidad y eficiencia del modelo BIM, supervisando y controlando el uso de herramientas y software BIM por parte de los diferentes equipos de trabajo.

Tabla 27: Responsabilidades del Líder de Arquitectura (Elaboración Propia)

Rol	Líder de Arquitectura
Nombre	Arq. Eduardo Vinuesa C.
Profesión	Arquitecto



Responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar, crear y gestionar la información 3D, 4D y 5D de su disciplina en el modelo BIM, asegurando que se sigan los estándares y protocolos establecidos para la creación y gestión de la información. - Coordinar la información de su disciplina con la información de otras disciplinas, asegurando que se respeten las interferencias y que se resuelvan de manera eficiente. - Revisar y aprobar la información de su disciplina antes de su inclusión en el modelo BIM, asegurando que cumpla con los estándares y requisitos del proyecto. - Asegurar la comunicación efectiva entre su equipo y otros miembros del equipo de trabajo, incluyendo el coordinador BIM y otros líderes de disciplinas. - Asegurarse de que el trabajo de su equipo cumpla con los plazos establecidos y se entregue en tiempo y forma.
--------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 28: Responsabilidades del Líder de Estructura (Elaboración Propia)

Rol	Líder de Estructura
Nombre	Ing. Jack Vásquez W,
Profesión	Ingeniero Civil
Responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar, crear y gestionar la información 3D, 4D y 5D de su disciplina en el modelo BIM, asegurando que se sigan los estándares y protocolos establecidos para la creación y gestión de la información. - Coordinar la información de su disciplina con la información de otras disciplinas, asegurando que se respeten las interferencias y que se resuelvan de manera eficiente - Revisar y aprobar la información de su disciplina antes de su inclusión en el modelo BIM, asegurando que cumpla con los estándares y requisitos del proyecto. - Asegurar la comunicación efectiva entre su equipo y otros miembros del equipo de trabajo, incluyendo el coordinador BIM y otros líderes de disciplinas. - Asegurarse de que el trabajo de su equipo cumpla con los plazos establecidos y se entregue en tiempo y forma.

Tabla 29: Responsabilidades del Líder MEP (Elaboración Propia)

Rol	Líder de MEP
Nombre	Arq. Kevin Romero P.
Profesión	Arquitecto
Responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar, crear y gestionar la información 3D, 4D y 5D de su disciplina en el modelo BIM, asegurando que se sigan los estándares y protocolos establecidos para la creación y gestión de la información. - Coordinar la información de su disciplina con la información de otras disciplinas, asegurando que se respeten las interferencias y que se resuelvan de manera eficiente - Revisar y aprobar la información de su disciplina antes de su inclusión en el modelo BIM, asegurando que cumpla con los estándares y requisitos del proyecto.

- Asegurar la comunicación efectiva entre su equipo y otros miembros del equipo de trabajo, incluyendo el coordinador BIM y otros líderes de disciplinas.
- Asegurarse de que el trabajo de su equipo cumpla con los plazos establecidos y se entregue en tiempo y forma.

5.7 Diseño de procesos BIM

Flujo General de la Gestión BIM - Medical BIM

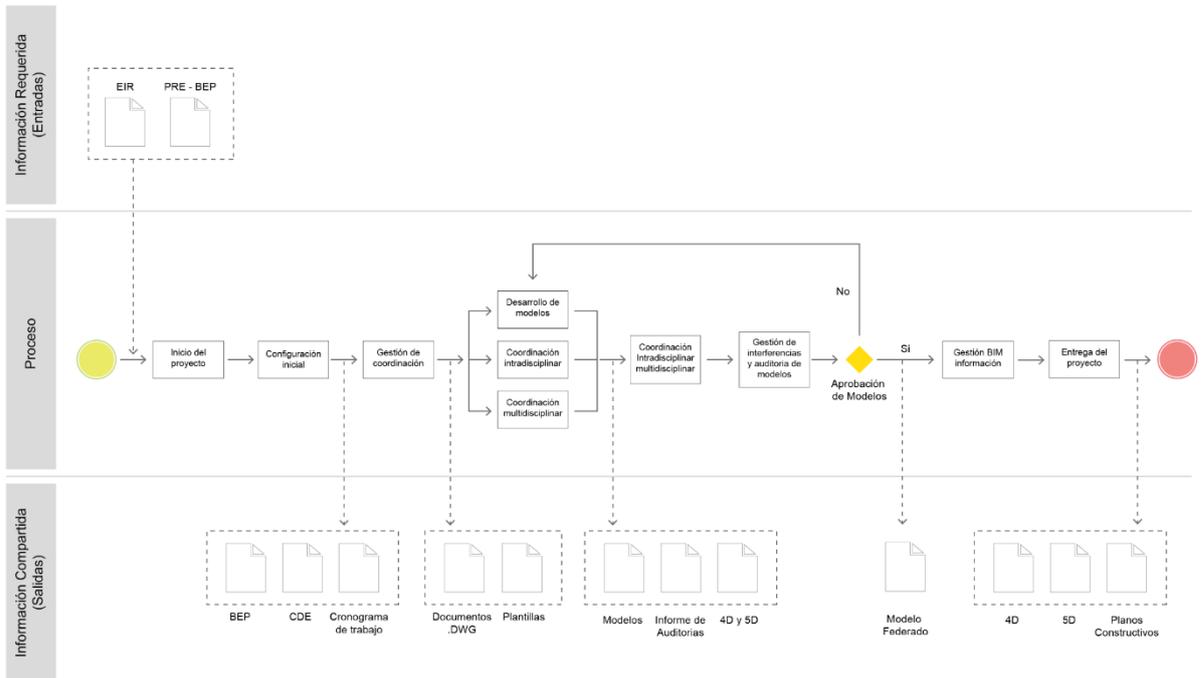


Ilustración 8. Flujo de la Gestión BIM. (Elaboración Propia)

Flujo Inicio/ Configuración inicial del Proyecto - Medical BIM

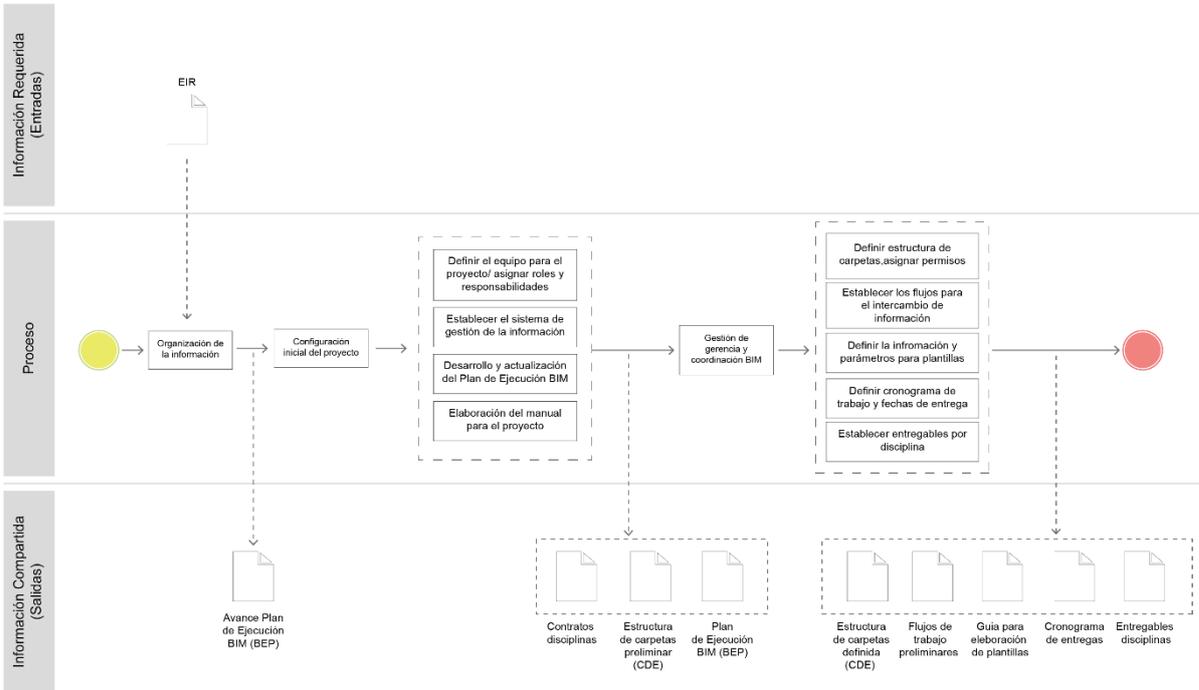


Ilustración 9. Flujo de Configuración Inicial del Proyecto. (Elaboración Propia)

Flujo Inicio Gestión de la Coordinación Multidisciplinar - Medical BIM

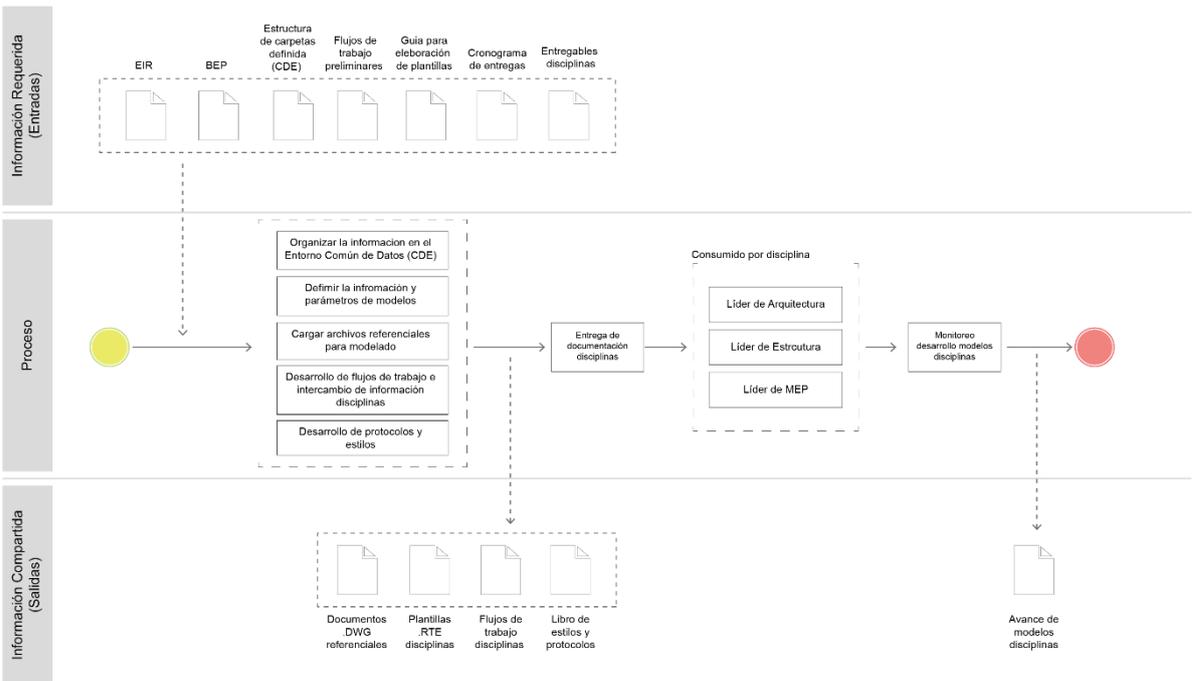
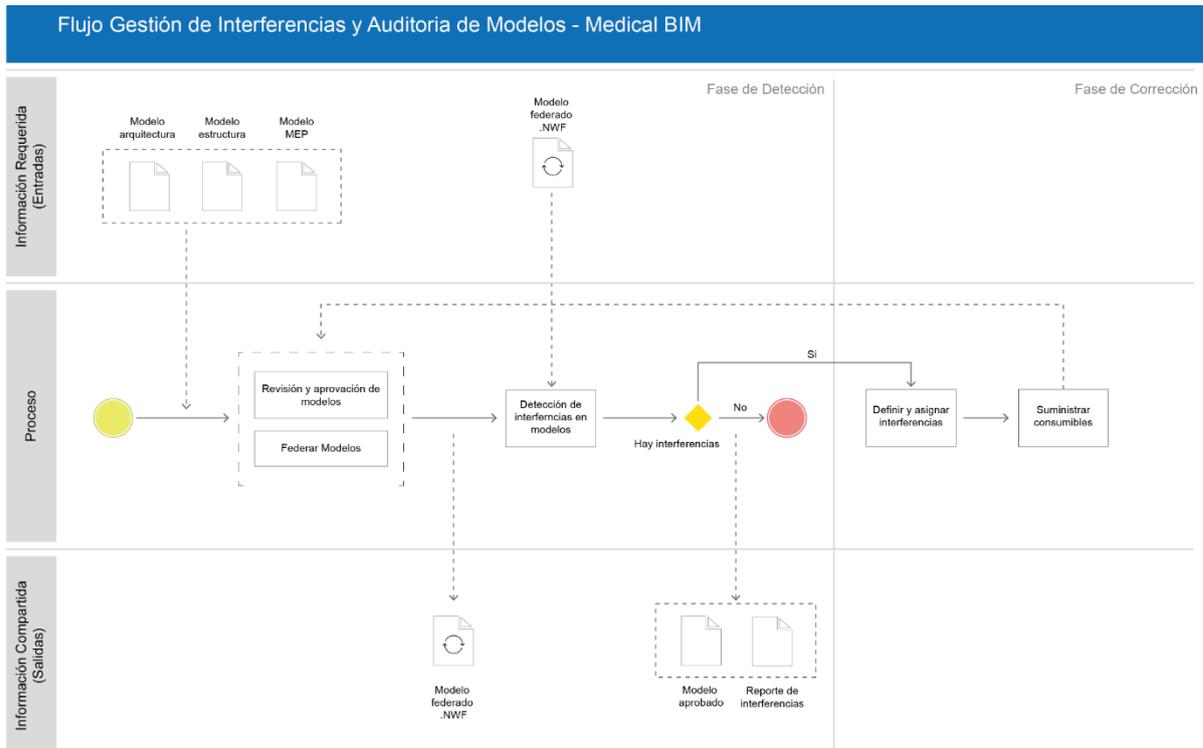


Ilustración 10. Flujo de Gestión de la Coordinación Multidisciplinar. (Elaboración Propia)



5.8 Intercambio de información BIM

5.8.1 Estructura de carpetas

Dentro del entorno común de datos seleccionado (ACC), se ha establecido una estructura de carpetas de tres niveles para organizar y almacenar la información del proyecto de manera eficiente. Esta estructura jerárquica proporciona una organización clara y facilita la navegación y ubicación de los archivos.

Tabla 30: Estructura de Carpetas para Organizar y Almacenar la Información (Elaboración Propia)

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
1. Trabajo en Progreso (WIP)	1.0 Documentación	1.0.1 Archivos Base
		1.0.2 EIR
		1.0.3 BEP
		1.0.4 Protocolos
		1.0.5 Libros de estilo
		1.0.6 Flujos

	1.1 Arquitectura	1.1.1 Recursos
		1.1.2 Consumidos
		1.1.3 RVT
		1.1.4 PDF
		1.1.5 DWG
		1.1.6 Coordinación
		1.1.7 Presupuesto y Planificación
	1.2 Estructura	1.2.1 Recursos
		1.2.2 Consumidos
		1.2.3 RVT
		1.2.4 PDF
		1.2.5 DWG
		1.2.6 Coordinación
		1.2.7 Presupuesto y Planificación
	1.3 MEP	1.3.1 Recursos
		1.3.2 Consumidos
		1.3.3 RVT
		1.3.4 PDF
		1.3.5 DWG
		1.3.6 Coordinación
		1.3.7 Presupuesto y Planificación
1.4 Coordinación	1.4.1 Minutas	
	1.4.2 Reportes	
	1.4.3 Coordinación Multidisciplinar	
1.5 4D y 5D	No cumple	
2. Compartidos	2.1 Arquitectura	2.1.1 RVT
		2.1.2 PDF
		2.1.3 DWG

		2.1.4 Coordinación
		2.1.5 Presupuesto y Planificación
	2.2 Estructura	2.2.1 RVT
		2.2.2 PDF
		2.2.3 DWG
		2.2.4 Coordinación
		2.2.5 Presupuesto y Planificación
	2.3 MEP	2.3.1 RVT
		2.3.2 PDF
		2.3.3 DWG
		2.3.4 Coordinación
		2.3.5 Presupuesto y Planificación
	2.4 Coordinación	2.4.1 Coordinación Multidisciplinar
	2.5 4D y 5D	No aplica
3. Publicados	3.1 Modelos	3.1.1 Arquitectura
		3.1.2 Estructura
		3.1.3 MEP
		3.1.4 Coordinación
		3.1.5 4D y 5D
	3.2 Documentación	3.2.1 Arquitectura
		3.2.2 Estructura
		3.2.3 MEP
		3.2.4 Coordinación
		3.2.5 4D y 5D
4. Archivado	4.1 Modelos	4.1.1 Arquitectura
		4.1.2 Estructura
		4.1.3 MEP
		4.1.4 Coordinación

	4.2 Documentación	4.2.1 Arquitectura
		4.2.2 Estructura
		4.2.3 MEP
		4.2.4 Coordinación
		4.2.5 4D y 5D

Tabla 31: Intercambio de Información - Modelos BIM. (Elaboración Propia)

Información para intercambiar	Involucrados	Método de Intercambio	Formato de Intercambio
Modelos BIM	Arquitectura	Plataforma de colaboración BIM (Autodesk Construction Cloud)	RVT/ NWC/ IFC
	Estructura		
	MEP		
	Involucrados		NWF/ IFC

5.8.2 Modelos BIM

5.8.2.1 Modelos para entregar

En el proyecto, se establecerá una frecuencia de entrega semanal de los modelos BIM para monitorear el estado de avance. Esto significa que cada semana se proporcionarán actualizaciones y revisiones de los modelos BIM de las diferentes disciplinas, reflejando los progresos realizados durante ese período.

Tabla 32: Modelos del Proyecto a Entregar (Elaboración Propia)

Modelo	LOD 200	LOD 300
Arquitectónico	Modelo completo a nivel de anteproyecto	Enfocado al área de quirófanos (Piso n+ 4.00)
Estructural	Modelo completo a nivel de anteproyecto	Enfocado al área de quirófanos (Piso n+ 4.00)
MEP (Mecánico)	No se modela	Enfocado al área de quirófanos (Piso n+ 4.00)
MEP (Sanitario)	No se modela	Enfocado al área de quirófanos (Piso n+ 4.00)
MEP (Eléctrico)	No se modela	Enfocado al área de quirófanos (Piso n+ 4.00)

MEP (Incendios)	No se modela	Enfocado al área de quirófanos (Piso n+ 4.00)
MEP (Gases)	No se modela	Enfocado al área de quirófanos (Piso n+ 4.00)

Nota. En el proyecto, se establecerá una frecuencia de entrega semanal de los modelos BIM para monitorear el estado de avance. Esto significa que cada semana se proporcionarán actualizaciones y revisiones de los modelos BIM de las diferentes disciplinas, reflejando los progresos realizados durante ese período.

5.8.3 Cronograma y presupuesto

Tabla 33: Cronograma y Presupuesto (Elaboración Propia)

Información Por Intercambiar	Involucrados	Método de Intercambio	Formato de Intercambio
Cronogramas y presupuestos	Arquitectura	Plataforma de colaboración BIM (Autodesk Construction Cloud)	Presto/ PDF
	Estructura		
	MEP		
	Coordinación		Presto/ PDF

5.8.4 Planos Constructivos

Tabla 34: Planos Constructivos (Elaboración Propia)

Información a Intercambiar	Involucrados	Método de Intercambio	Formato de Intercambio
Planos constructivos	Arquitectura	Plataforma de colaboración BIM (Autodesk Construction Cloud)	PDF
	Estructura		
	MEP		

5.9 Control de calidad del modelo

Como parte de buenas prácticas en la metodología BIM se busca obtener una buena calidad en los modelos previo a la coordinación, por esta razón se establecen los siguientes parámetros a cumplir de forma regular.

Tabla 35: Control de Calidad del Modelo (Elaboración Propia)

Revisión	Definición	Responsable	Software usado	Frecuencia
Visual	Asegurarse que no haya elementos duplicados y no deseados, así como también que se respete el diseño establecido.	Líderes	Revit 2023	Diaria

Auditorias	Realizar auditorías al modelo para verificar que la información este de acuerdo con lo establecido llegando a tener un margen del 80% de errores antes de enviar el modelo a coordinación.	Líderes	Revit 2023	Diaria
Interferencias	Detectar y dar solución a los conflictos espaciales dentro del modelo para evitar que los componentes del edificio afecten los procesos constructivos en el desarrollo del proyecto.	Líderes	Revit 2023	Diaria
Estándares	Asegurarse que los modelos se desarrollen a partir de los estándares BIM, cumpliendo los protocolos establecidos en el libro de estilos.	Líderes / Coordinador	Revit 2023	Semanal
Integridad	Verificar que la calidad y coherencia de la información que contienen los modelos sea confiable y precisa para garantizar que el conjunto de datos en el proyecto facilite la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida de este.	Coordinador / BIM Manager	Revit 2023	Quincenal

5.9.1 Revisiones del modelo

Para garantizar el correcto desarrollo de los modelos se establecerán las siguientes revisiones:

Tabla 36: Procedimiento de Revisión de los Modelos (Elaboración Propia)

Modelo	Actividad	Frecuencia	Formato
Arquitectónico	Revisión	Semanal	.rvt
Estructural	Revisión	Semanal	.rvt
MEP	Revisión	Semanal	.rvt

Para dar seguimiento y certificar la interoperabilidad de los modelos estableceremos los siguientes parámetros para revisión.

Tabla 37: Parámetros de Revisión General de los Modelos (Elaboración Propia)

Revisión General		
Componente	Condiciones de cumplimiento	S/N
Revisión visual del modelo	Revisar elementos incongruentes e innecesarios en el modelo.	
Punto de origen	El proyecto deberá adquirir las coordenadas georreferenciadas establecidas en el levantamiento topográfico.	



Identificación del modelo	Colocar nombre del proyecto y su ubicación.	
Nombres de niveles	El proyecto deberá tener los nombres de planta en todos los niveles.	
Identificación de objetos y nivel de información	Nombrar los objetos modelados de acuerdo con los estándares definidos y con el nivel de información requerida.	

Tabla 38: Parámetros de Revisión de Diseño de los Modelos (Elaboración Propia)

Revisión Diseño		
Componente	Condiciones de cumplimiento	S/N
Tamaño del modelo	Menos a 300 Mgb.	
Linderos	Los linderos arquitectónicos deben coincidir con los estructurales.	
Congruencia en modelos	El modelo arquitectónico coincide con el estructural.	
Nomenclatura	Los elementos cumplen con el estándar establecido en el libro de estilo.	
Textos	Los textos cumplen con el estándar establecido en el libro de estilo.	
Nombres y numeración de láminas	Las láminas cumplen con el estándar establecido en el libro de estilo.	
Vista de planos	Las vistas de planos cumplen con el estándar establecido en el libro de estilo.	
Uso de elementos	Existen elementos sin uso.	
Gestión de advertencias	El número de advertencias es nulo o justificado.	
Navegador	El uso del navegador está de acuerdo con lo establecido en el protocolo.	
Tablas	Todas las tablas se encuentran en uso.	
Vínculos	Los archivos externos se encuentran correctamente justificados e insertados.	

Tabla 39. Revisión de Modelos. (Elaboración Propia)

Revisión de Modelos		
Componente	Condiciones de cumplimiento	S/N
Interferencias	Se han corregido los errores e interferencias en el modelo	
Estándares	Los modelos cumplen con los estándares acordados	
Elementos geométricos	Los elementos están correctamente posicionados y cumplen la función para la que fueron modelados	
Requerimientos del Cliente	Los requerimientos solicitados por el cliente se están cumpliendo	
Vistas y planos	Existen vistas o planos sin usarse	



Grupos	Existen elementos agrupados innecesarios	
Limpieza del archivo	Se ha purgado el modelo	
Auditoría del archivo	Se ha auditado el modelo	

Tabla 40. Revisión MEP (Elaboración Propia)

Revisión MEP		
Componente	Condiciones de cumplimiento	S/N
Congruencia en modelos	El modelo MEP coincide con los modelos arquitectónicos y estructurales.	
Equipos	Todos los elementos modelados MEP se muestran en planos y tablas de cuantificación.	
Coordinación MEP	El modelo ha sido auditado	

5.10 Necesidades de infraestructura tecnológica

5.10.1 Hardware

Tabla 41. Hardware a utilizar por el Equipo. (Elaboración Propia)

Propietario	Modelo	Especificaciones
BIM Manager	Alienware 13	Procesador: Intel® Core™ i7-8850h CPU @2.40GHz; Memoria RAM: 16.0 GB; Disco Duro: 250 GB SSD, 500 GB SSD; Tarjeta Gráfica: NVIDIA GeForce GTX 960M 8 GB; Sistema operativo: Windows 10 Pro 64bit
Coordinador BIM	Alienware 15	Procesador: Intel® Core™ i7-9750H CPU @2.60GHz; Memoria RAM: 16.0 GB; Disco Duro: 500 GB SSD, 500 GB ; Tarjeta Gráfica: NVIDIA GeForce GTX 1660Ti 6 GB; Sistema operativo: Windows 10 Pro 64bit
Líder Arquitectura	Dell Precision 7730 Mobile Workstation	Procesador: Intel® Core™ i7-8850h CPU @2.60GHz; Memoria RAM: 16.0 GB; Disco Duro: 521 GB SSD ; Tarjeta Gráfica: ADM Radeon Pro WX 4150 4 GB; Sistema operativo: Windows 10 Pro 64bit
Líder Estructura	Lenovo Yoga	Procesador: Intel® Core™ i7-1165G7 CPU @2.80GHz; Memoria RAM: 16.0 GB; Disco Duro: 500 GB SSD, 500 GB ; Tarjeta Gráfica: Gráficos Intel® Iris® Xe integrados; Sistema operativo: Windows 10 Pro 64bit

Líder MEP	Alienware 13	Procesador: Intel® Core™ i7-8850h CPU @2.40GHz; Memoria RAM: 16.0 GB; Disco Duro: 250 GB SSD, 500 GB SSD; Tarjeta Gráfica: NVIDIA GeForce GTX 960M 8 GB; Sistema operativo: Windows 10 Pro 64bit
-----------	--------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5.10.2 Software

Tabla 42. Softwares a utilizar por el Equipo. (Elaboración Propia)

Disciplina	Uso	Software	Versión	Icono
Todos	Gestión BIM proyecto	Trello	Siempre actual	
Entorno Común de Datos (CDE)	Intercambio de información y colaboración	Autodesk Construction Cloud	Siempre actual	
Arquitectura	Diseño y auditoria	Autodesk Revit	2023	
Estructura	Diseño y auditoria	Autodesk Revit	2023	
MEP	Diseño y auditoria	Autodesk Revit	2023	
Coordinación	Detección de interferencias y simulación constructiva	Autodesk Naviswork	2023	
Todos	Edición de texto	Microsoft Word	2019	
Todos	Hojas de cálculo	Microsoft Excel	2019	
Todos	Presentaciones	Microsoft Power Point	2019	
Todos	Diagrama de flujos	Microsoft Visio	2019	
Todos	Reuniones	Google Meets	Siempre actual	

5.10.3 Entorno común de datos (CDE)

En el proyecto, se ha seleccionado el Autodesk Construction Cloud como el entorno común de datos para facilitar el intercambio de información BIM en tiempo real. Este entorno brinda una plataforma colaborativa integral que permite a los diferentes actores del proyecto compartir, visualizar y gestionar eficientemente los



modelos BIM, los documentos y otros datos relevantes. Con el uso del Autodesk Construction Cloud, se promueve la interoperabilidad entre los equipos de diseño, ingeniería y construcción, asegurando que todos tengan acceso a la información actualizada en tiempo real. Además, esta plataforma ofrece herramientas de revisión y comentarios, permitiendo una comunicación fluida y una mayor coordinación entre los participantes del proyecto.

Tabla 43. Entorno Común de Datos (CDE) - Plataforma ACC. (Elaboración Propia)

Nombre del CDE	Autodesk Construction Cloud
Proveedor del CDE	Autodesk
Link del CDE	https://acc.autodesk.com/projects

5.11 Estructura del modelo

5.11.1 Estructura de nombres de archivo

Para codificar los archivos generados en el proyecto, la nomenclatura utilizada seguirá el siguiente formato:

Tabla 44. Estructura de nombres de Archivos. (Elaboración Propia)

Campo	Definición	Requerimiento	Longitud
Proyecto	Identificar el proyecto a desarrollar	Requerido	2 a 4
Creador	Organización creadora del documento	Requerido	2 a 4
Disciplina	Ámbito al que se corresponde el documento	Requerido	2 a 3
Descripción	Texto que describe el documento y su contenido	Requerido	Sin límite
Revisión	Versión del documento	Opcional	2 a 4



Ejemplo:

Tabla 45. Ejemplo de nombramiento de Modelos. (Elaboración Propia)

Proyecto	Creador	Disciplina	Descripción	Revisión
MB	G2	ARQ	MODELO	RV-01
MB	G2	EST	MODELO	RV-01
MB	G2	MEC	MODELO	RV-01

5.11.2 Coordenadas del proyecto

La ubicación georreferenciada del proyecto se registrará a las siguientes coordenadas:

Tabla 46. Coordenadas del Proyecto. (Elaboración Propia)

Coordenadas del proyecto	
Origen del proyecto N/S	9882423.462
Origen del proyecto E/O	504566.3878
Elevación	2890 m
Angulo a norte real	283.70 °

El proyecto se alinearán con las coordenadas establecidas por el catastro municipal aprobado por las entidades municipales mediante el sistema TQM-DATUM WGS 84.

Nota: Las coordenadas establecidas en el proyecto servirán como referencia para la elaboración de los modelos de las diferentes disciplinas que intervienen en el proyecto, tomado como norma mandataria el punto “base del proyecto” y el “punto de reconocimiento”, para la georreferenciación de los modelos en el modelo federado.

5.11.3 Estándares del modelo

En este apartado se encontrarán las normas, anexos y estándares a nivel nacional e internacional para la implementación de la metodología BIM, así como también otros procesos de calidad que garanticen el correcto desarrollo de los modelos. Cabe recalcar que en nuestro país no existen normas oficiales para la implementación de esta



metodología, por lo que el proyecto se desarrollara mediante normas internacionales basadas en la ISO 19650 series.

Tabla 47. Estándares de Modelado (Elaboración Propia)

Uso	Estándar	Descripción
Gestión de la información	ISO 19650 series	Proporción de directrices para la gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, estableciendo los requisitos para la organización, estructuración y entrega de la información durante las fases de diseño, construcción y operación de un edificio o infraestructura.
Nomenclatura de archivos BIM	Building Smart Spain (ISO 19650)	Proporciona una estructura de codificación y metadatos para identificar los diferentes documentos de un determinado proyecto
Nomenclatura de elementos BIM	BIM Learning (ISO 19650)	Proporciona una estructura de codificación para los elementos modelados, con el objetivo de facilitar el trabajo en equipo, manteniendo un sistema de nomenclatura claro y conocido por todos los participantes
Estructuración y clasificación de la información	COBie, IFC, OmniClass, Unifomat	Estándares y protocolos complementarios para categorizar el alcance de trabajo y los entregables de los diferentes modelos

5.12 Entregables del proyecto

Tabla 48. Entregables del proyecto (Elaboración Propia)

Disciplina	Entregables	Formatos
Arquitectura	Planos de anteproyecto (Edificio Completo)	PDF
	Planos constructivos (piso nivel de quirófanos)	PDF
	Simulación Constructiva (piso nivel de quirófanos)	MP4
	Presupuesto (piso nivel de quirófanos)	PDF
	Cronograma (piso nivel de quirófanos)	PDF



Estructura	Planos de anteproyecto (Edificio Completo)	PDF
	Planos constructivos (piso nivel de quirófanos)	PDF
	Simulación Constructiva (piso nivel de quirófanos)	MP4
	Presupuesto (piso nivel de quirófanos)	PDF
	Presupuesto comparativo de losas alivianadas y postensadas	PDF
	Cronograma (piso nivel de quirófanos)	PDF
MEP	Planos constructivos (piso nivel de quirófanos)	PDF
	Simulación Constructiva (piso nivel de quirófanos)	MP4
	Presupuesto (piso nivel de quirófanos)	PDF
	Cronograma (piso nivel de quirófanos)	PDF
Coordinación	Comparativa de la metodología tradicional vs BIM	PDF
	Simulación Constructiva unificada (piso nivel de quirófanos)	MP4
	Presupuesto unificado (piso nivel de quirófanos)	PDF
	Cronograma unificado (piso nivel de quirófanos)	PDF

5.13 Estrategias de entregables

Tabla 49. Estrategias de Entregables. (Elaboración Propia)

Estrategias	Descripción
Definir los entregables	Mediante la parte contractual se desarrollarán entregables concretos y tangibles que reflejen el trabajo realizado para el que Medical BIM fue contratado
Establecer hitos de entrega	Se establecerán tres hitos de entrega previo a la entrega final, con el objetivo de que el cliente vea el avance del proyecto y las ventajas de la aplicación de la metodología BIM en este proyecto
Coordinación y colaboración	Crear canales de comunicación entre el cliente y Medical BIM para abordar cualquier problema o conflicto antes de la entrega final



Planificación de recursos	Nos aseguramos de contar con los recursos necesarios para producir y entregar la documentación acordada de manera oportuna
Gestión y control de la calidad	Se han establecido estándares que garanticen la calidad de los entregables mediante la revisión interna para corregir inconsistencias antes de entregar la documentación final al cliente
Empaquetado y documentación	Se organizarán los entregables de una forma lógica y estructurada mediante el uso de una estructura de carpetas y una correcta codificación de los archivos a entregar
Entrega y seguimiento	Se enviarán los entregables mediante transferencias electrónica y en la plataforma colaborativa, así como también de forma física asegurándonos de que los entregables sean adecuados para el uso del cliente
Archivado y documentación final	Se elaborará un informe en donde se registrarán los entregables incluyendo fechas, versiones y responsables



Capítulo 6: Detalle del rol – Líder de Estructura

6.1 Introducción

Para la ejecución de las fases de planificación y diseño del proyecto “*Clinica de Especialidades*”, bajo la implementación de la metodología BIM, se conforma un equipo de trabajo compuesto por los siguientes roles: BIM Manager, Coordinador BIM, Líder de Arquitectura, Líder de Estructura y Líder MEP.

En el presente capítulo se detalla y caracteriza el rol “*Líder de Estructura*”, donde se detalla sus responsabilidades, objetivos específicos y alcances dentro de la aplicación de la metodología BIM para el desarrollo del proyecto “*Clinica de Especialidades*”. Además, se muestra los flujos de trabajo utilizados y la forma de comunicación e intercambio de información para diligenciar los entregables preestablecidos en el BEP, desde el punto de vista del rol “*Líder de Estructura*”.

Asimismo, se detalla el uso y los procesos de la aplicación del protocolo de modelado, manual de estilo y plantilla de modelado, así como el cumplimiento de procesos de coordinación disciplinar y entregables del rol “*Líder de Estructura*”.

El Líder de Estructura será el encargado del equipo de la disciplina de Estructura y deberá modelar los elementos que conforman la estructura del edificio de la “*Clinica de Especialidades*”, tales como: vigas, columnas, muros, losas, zapatas y refuerzo, en relación con lo solicitado por coordinación y gerencia en el plan de ejecución BEP, para dar cumplimiento a los requerimientos del cliente. Asimismo, se gestionará la información obtenida del modelado, como: tabla de cantidades, materiales y cuadro de áreas indispensables para ejecutar la programación (4D) y presupuesto (5D). Adicionalmente, entregará el modelo estructural auditado juntamente con planos ejecutivos conforme a lo estipulado en el plan de ejecución BIM (BEP).



6.2 Perfil del rol

En el área de la disciplina de estructura, el BIM Manager de la empresa “*Medical BIM*” ha contratado al Ing. Jack Vásquez como Líder de Estructura BIM. Este rol es el responsable del área de la disciplina Estructural, y ha sido contratado para gestionar la información de diseño y modelado de la estructura del edificio “*Clinica de especialidades*”, a la vez que mantiene un canal activo de comunicación con el Coordinador BIM, con el fin de presentar entregables del modelo geométrico, así como la planificación de construcción y costo estimado (3D, 4D y 5D) de la estructura.

El Líder de Estructura debe ser un profesional ingeniero civil con un conocimiento medio a alto de la metodología BIM. Debe entender a la perfección los flujos de trabajo de su disciplina, y socializar los mismos con su equipo para tener un correcto funcionamiento disciplinar.

Además, debe liderar el personal que se encuentra a cargo del cálculo y modelado de la ingeniería estructural de la edificación y es el responsable de entregar a coordinación el modelo auditado y todos los entregables de su disciplina, según detalla el BEP.

6.3 Objetivos del Rol

A través de un entorno colaborativo interdisciplinar aplicando la metodología BIM en la ejecución del proyecto “*Clinica de especialidades*”, el Líder de Estructura debe cumplir con los alcances del proyecto especificados dentro del plan de ejecución BIM (BEP), que dan paso a los objetivos específicos del rol indicados a continuación:

- Modelar la ingeniería estructural del Edificio de la Clínica en LOD 200.
- Modelar la ingeniería estructural del nivel +4.00 área de Quirófanos en LOD 300.



- Modelar la ingeniería estructural de detalle en dos puntos conflictivos por interferencia con otras ingenierías en el nivel +4.00 área de Quirófanos en LOD 350.
- Colaborar con el equipo de Coordinación BIM para la integración del modelo estructural con los distintos sistemas del proyecto.
- Proponer y desarrollar soluciones a las interferencias y/o problemas resultantes de la coordinación del modelo estructural con los distintos sistemas del proyecto.
- Generar cantidades de obra de los rubros estructurales derivados del modelo estructural definitivo.
- Generar el cronograma (4D) de los rubros estructurales modelados.
- Generar el presupuesto (5D) de los rubros estructurales modelados.
- Generar planos, tablas y documentos de construcción derivados del modelo estructural definitivo del nivel de quirófanos.

6.4 Desarrollo del rol

6.4.1 Funciones y Responsabilidades del rol

El Líder de Estructura juega un rol fundamental dentro del desarrollo exitoso de la planificación y diseño del proyecto académico “*Clínica de Especialidades*”. Siendo la estructura de un edificio una de las disciplinas más influyentes en el presupuesto y cronograma de un proyecto, es indispensable que el profesional contratado entienda y cumpla a cabalidad las responsabilidades asignadas a su rol, detalladas a continuación:

- Garantizar el funcionamiento e intercambio de información del equipo de la disciplina Estructural, fomentando el cumplimiento de los flujos de



trabajo internos en su disciplina, así como el manejo adecuado de la información de Modelado en el entorno común de datos.

- Conocer los procesos y flujos de la empresa “*Medical BIM*”, y entender a detalle lo solicitado en el plan de ejecución BIM (BEP) referente a la disciplina Estructural.
- Gestionar adecuadamente la información de su disciplina en el Entorno Común de Datos del proyecto, manteniendo informado al Coordinador BIM sobre los avances y entregas realizadas, acorde a lo solicitado.
- Mantener un canal de información activo con las demás disciplinas a través del coordinador BIM, bajo los lineamientos establecidos previamente en el BEP, esto con el objetivo de evitar interferencias entre los modelos de las diferentes disciplinas con el modelo estructural y agilizar el proceso de trabajo.
- Cumplir con todos entregables solicitados por el Coordinador BIM, en relación con la disciplina Estructural, en tiempo y forma, incluyendo tablas, planos, cronogramas, presupuestos, etc., según lo define el BEP.
- Garantizar el correcto modelado geométrico de la Estructura del edificio, bajo un estricto cumplimiento del Protocolo de Estilos y la correcta aplicación de Plantillas predefinidas por el coordinador BIM.
- Garantizar las buenas prácticas de modelado, a través de auditorías de interoperabilidad en los avances del modelo de estructura, anexando informes al coordinador BIM que garanticen la buena calidad del avance del modelo.



- Realizar la programación de obra “4D” y el análisis presupuestal “5D” de los elementos que conforman la disciplina estructural, para lo cual debe identificar los rubros estructurales y sus cantidades obtenidas del modelado aprobado.
- De ser requerido, es responsable de sugerir alternativas de diseño necesarias para la resolución de colisiones con otras disciplinas.

Es indispensable que el profesional que ejerce el rol de Líder de Estructura conozca a detalle sus responsabilidades durante el desarrollo del proyecto “*Clinica de Especialidades*”, con el fin de garantizar el exitoso intercambio y gestión de la información y modelado de la estructura del edificio, y su armonía con las otras disciplinas.

6.4.2 Organigrama Estructural y Equipo de Trabajo

La estructura organizacional, designada para el desarrollo del proyecto “*Clinica de Especialidades*”, se compone de tres niveles, acorde al rol y funciones en lo que respecta a la Estructura del edificio. El Líder de Estructura, responsable del correcto funcionamiento y desarrollo de entregables de la disciplina correspondiente, tiene a su cargo un equipo de modelación y diseño estructural.

El Líder es el único rol que tiene comunicación con áreas externas a la disciplina Estructural, tanto para realizar entregables, como para intercambiar la información necesaria dentro del Entorno Común de Datos (CDE), para el desarrollo del proyecto. Esta comunicación con el rol de la coordinación Multidisciplinar se da a través de los canales oficiales de comunicación establecidos en el BEP.

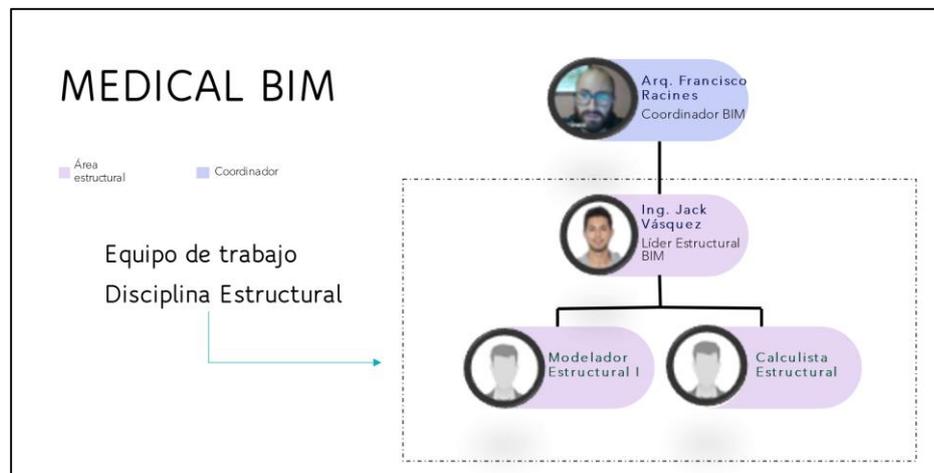


Ilustración 12. Organigrama Organizacional Líder de Estructura. (Elaboración Propia)

Dependiendo de la complejidad y extensión de la estructura, el equipo de trabajo de la disciplina estructural debe ser conformado por modeladores con experiencia en ingeniería estructural y modelado, guiados por el Líder Estructural BIM que es el responsable de la gestión de la información y del modelo federado de la disciplina estructural. Internamente, el Líder Estructural BIM debe auditar los diferentes modelos estructurales entregados por sus modeladores, solicitar los arreglos correspondientes y unir dichas entregas en un solo modelo federado de la disciplina.

Para garantizar una correcta comunicación y fluidez en el intercambio de la información, el Líder Estructural BIM es el único profesional de la disciplina que puede y debe entregar los avances del modelo federado y los correspondientes informes al Coordinador BIM.

6.4.3 Documentos iniciales para el desarrollo del proyecto

La información base correspondiente a planos estructurales y arquitectónicos 2D de la clínica de especialidades, los cuales servirán como punto de partida para el diseño y modelado de la estructura, fueron entregados por el coordinador BIM a través del

entorno común de datos, en la plataforma ACC en la subcarpeta “DOCUMENTOS BASE” en formatos DWG y PDF.

6.4.4 Entorno común de Datos y Trabajo

El grupo MEDICAL BIM, ha definido trabajar con un entorno común de datos en la plataforma de Autodesk Construction Cloud, donde se busca garantizar la interoperabilidad y el intercambio efectivo de información a través de la creación de carpetas y asignación de permisos de uso, cumpliendo los lineamientos indicados en la Norma: ISO-19650-1.

Para la disciplina estructural, se ha asignado el acceso al Líder de Estructura para el comienzo del trabajo en la carpeta “1. Trabajo en Progreso (WIP)”, detallada en la siguiente imagen:

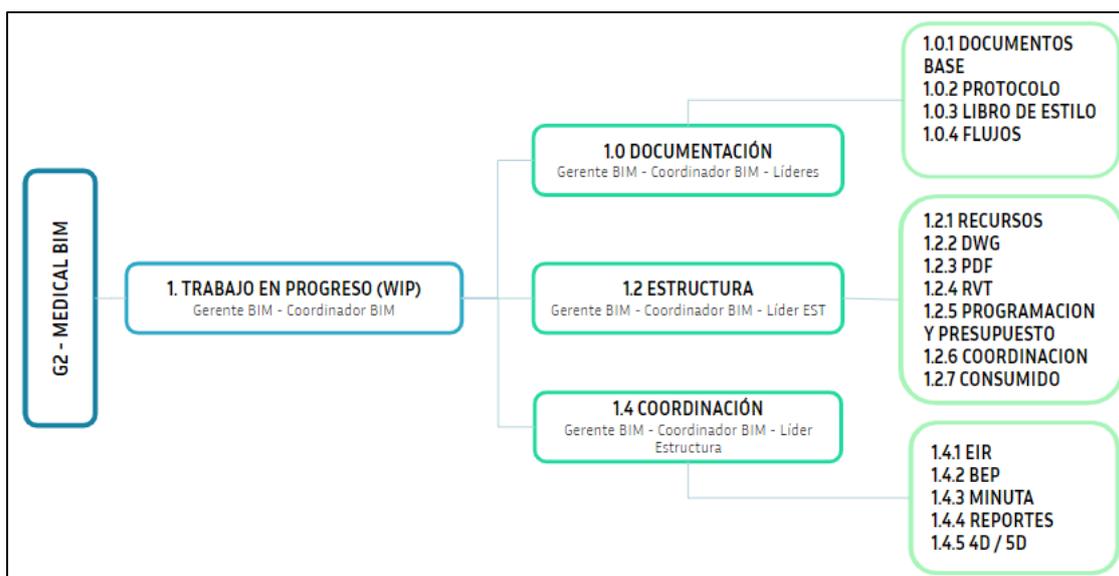


Ilustración 13. Diseño de Carpetas, Disciplina Estructural. Medical BIM. (Elaboración Propia)

Cabe recalcar, que la gerencia BIM a través de la coordinación BIM, solicita un determinado orden y detalle de carpetas adentro de la carpeta “1.2 Estructura”. Asimismo, ningún otro Líder de otra disciplina tiene acceso a dicha carpeta.



6.4.5 Estructura de Carpetas

La estructuración de las carpetas y designación de permisos de uso es de responsabilidad del Coordinador BIM, basándose en lo establecido en el plan de ejecución BEP y los lineamientos de la serie de estándares EN ISO 19659.

El Líder de Estructura es el responsable de la gestión de la información de su disciplina en el CDE. En la carpeta “1.0 DOCUMENTACION”, el Líder tiene acceso a la información de los documentos base, el protocolo, libro de estilos y los flujos generales de trabajo.

En la carpeta “1.2 ESTRUCTURA”, el Líder de Estructura realiza las entregas de los documentos, archivos y modelos auditados solicitados, sus avances, versionamientos propios del CDE y los anexos justificativos. En la siguiente tabla se analiza la funcionalidad de cada subcarpeta contenida:

Tabla 50. Funcionalidad Subcarpetas Estructura. (Elaboración Propia)

SUBCARPETA	DETALLE / FUNCIONALIDAD
1.2.1 RECURSOS	Subcarpeta que contiene los archivos necesarios para el modelado de la estructura, como las Plantillas RTE Estructurales.
1.2.2 DWG	Subcarpeta que contiene los archivos DWG de plantas, fachadas y cortes estructurales.
1.2.3 PDF	Subcarpeta que contiene documentos en formato PDF, que complementan la gestión y modelado estructural.
1.2.4 RVT	Subcarpeta que contiene el modelo estructural de la alternativa inicial con losas aligeradas, y la alternativa 2 con losas postensadas. El formato de los archivos es RVT (Revit).



1.2.5 PROGRAMACION Y PRESUPUESTO	Subcarpeta que contiene la programación y el presupuesto de la disciplina Estructural, en formatos: BC3 (Presto), y sus respectivos anexos.
1.2.6 COORDINACION	Subcarpeta que sirve para el intercambio de información con el Coordinador BIM, sobre la coordinación multidisciplinar y disciplinar. Los formatos son: NWC, NWD Y NWF (Naviswork), HTML Tabular (Informes).
1.2.7 CONSUMIDO	Subcarpeta que dispone los avances de los modelos auditados de las otras disciplinas en formato RVT (Revit), para vincular y consumir en el modelo Estructural.

6.4.6 Hitos del Rol Líder de Estructura

Con la finalidad de llevar un control y monitoreo del proyecto, el Líder de Estructura ha establecido los siguientes Hitos, los cuales serán entregados de acuerdo a la planificación con Coordinación BIM.

Tabla 51. Hitos Internos de la disciplina Estructura. (Elaboración Propia)

HITO	ARCHIVO POR PRESENTAR
Hito1: Modelo estructural auditado de la edificación LOD 200	Modelo Estructural del Proyecto, con Anexos de verificación de modelo auditado.
Hito 2: Modelo estructural auditado, Nivel +4.00, Planta de Quirófanos LOD 300 y sección con LOD 350	Modelo Estructural del Proyecto, con Anexos de verificación de modelo auditado.
Hito 3: Programación de obra y costes de construcción	Cronograma de ejecución de barras y presupuesto por niveles.
Hito 4: Análisis y propuesta de alternativa estructural	Informe de análisis y recomendaciones.
Hito 5: Modelo Estructural auditado de la alternativa (losas postensadas) LOD 200. Y N+4.00 LOD 300.	Modelo Estructural del Proyecto, con Anexos de verificación de modelo auditado.



Hito 6: Programación de obra y costes de construcción nueva alternativa	Cronograma de ejecución de barras y presupuesto por niveles.
Hito 7: Planos profesionales	Planos Estructurales, Fachadas, cortes. Tablas de Cantidades.

6.4.7 Cronograma de Trabajo

El desarrollo integral del proyecto académico y de la disciplina estructural dentro del proyecto “Clínica de Especialidades” está contemplado para ejecutarse desde abril hasta agosto del 2023, es decir, 5 meses.

Tabla 52. Planificación de Trabajo. (Elaboración Propia)

USOS BIM	FECHAS <i>Año 2023</i>	FORMATO
Modelo Estructural	Abril - Mayo	RVT
Coordinación Multidisciplinar	Junio-Julio	NWD, NWC, NWF, HTML TABULAR
Presupuesto y Cronograma	Julio-Agosto	BC3, PDF
Análisis de Alternativa	Julio-Agosto	WRD
Presupuesto y Cronograma Alternativa	Julio-Agosto	BC3, PDF
Modelado Estructural Alternativa	Julio-Agosto	RVT
Planos profesionales	Agosto	PDF

6.4.8 Canal y metodología de comunicación

La plataforma Autodesk Construction Cloud (ACC) se utilizará como el único canal oficial de intercambio de información, documentación y archivos relacionados al proyecto. Por medio de incidencias e informes de transmisión de modelos se informará a



los involucrados de avances del modelado, cambios en los protocolos, interferencias, solicitudes, auditorías y actualización de archivos.

Titulo	ID	Estado	Tipo	Asignado a	Fecha de venc.	Fecha de inicio	Posición
CAMBIO COLUMNAS NIVEL N +0.00	#77	Ablerto	✓	Francisco Racines	16 may 2023	17 may 2023	-
REQ. REUNION URGENTE CON ARQ	#74	Cerradas	✓	Francisco Racines	15 may 2023	15 may 2023	-
COLUMNA DESFASA	#67	En revisión	✓	Francisco Racines	17 may 2023	15 may 2023	-
SOLICITUD DE CORRECTIO EIR	#66	En revisión	✓	Francisco Racines	15 may 2023	17 may 2023	MB_G2_ETR.pdf
Documento de Protocolo	#62	En revisión	✓	JACK VASQUEZ	15 may 2023	13 may 2023	-
CONSULTA ADVERTENCIA AL VINCUL...	#60	En revisión	✓	KEVIN ROMERO	13 may 2023	14 may 2023	-
Duda Protocolo Nomenclatura Funda...	#47	Cerradas	✓	Francisco Racines	11 may 2023	11 may 2023	-
Avance de Modelo Estructural	#46	Cerradas	✓	JACK VASQUEZ	12 may 2023	11 may 2023	-

Ilustración 14. Plataforma Autodesk Construction Cloud (ACC): Sistema de comunicación de incidencias

Cabe recalcar que la empresa ha definido que los informes de transmisión e incidencias son considerados los únicos mecanismos de intercambio oficial de información y archivos dentro del entorno de trabajo en la plataforma ACC.

Informes de transmisión

Estado	ID	Titulo	Enviado por	Destinatarios	Creado el	Archivos
INFORME TRANS. ENV.	31	AUDITORIA AL MODELO ESTRUCTURAL AVANCE 50%	JACK VAS...	Francisco Racines	18 de may de 2023 0...	1
INFORME TRANS. ENV.	30	AVANCE 50% MB_G2_EST_MODELO	JACK VAS...	Francisco Racines	17 de may de 2023 2...	1
INFORME TRANS. ENV.	14	1 reporte auditoria est	JACK VAS...	Francisco Racines	13 de may de 2023 1...	1
INFORME TRANS. ENV.	6	AVANCE: MB_G2_EST_MODELO	JACK VAS...	Francisco Racines	11 de may de 2023 2...	1

Ilustración 15. Informes de transmisión de la disciplina estructural.

Si bien el ACC es el único canal oficial de comunicación y transferencia de archivos, se dispondrá de canales de comunicación complementarios entre los diferentes involucrados del proyecto con el fin de garantizar el éxito de éste.



Para la comunicación de avisos, reuniones y toma de decisiones relevantes respecto del proyecto, una vez generado los informes de incidencias en la plataforma ACC, se utilizará medios digitales como videollamadas por medio de la plataforma Zoom y Google Meet, además de chats grupales de WhatsApp.

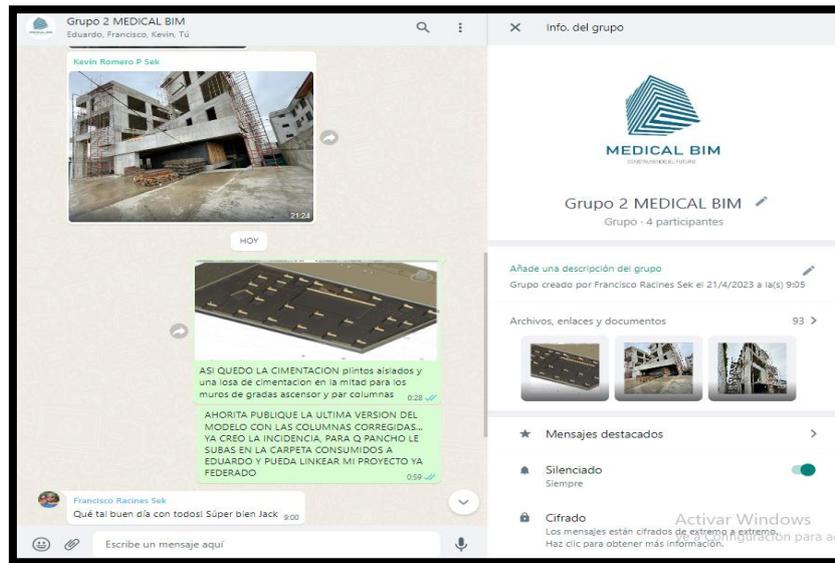


Ilustración 16. Grupo oficial de WhatsApp MEDICAL BIM.

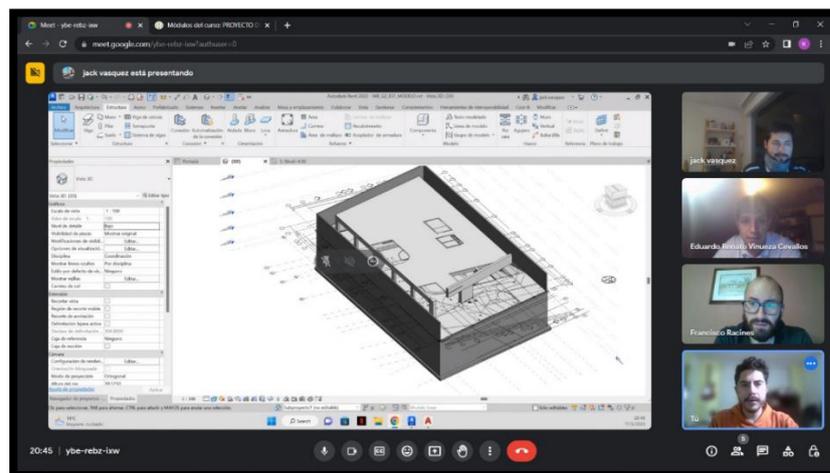


Ilustración 17. Reunión Virtual equipo de trabajo MEDICAL BIM.



6.4.9 Software utilizado

Para una correcta y eficiente aplicación de la metodología BIM en el proyecto es indispensable utilizar y apoyarse en softwares BIM que permitan al equipo de trabajo modelar el proyecto 3D, 4D y 5D, e intercambiar información de una manera rápida y adecuada, con el fin de cumplir lo detallado previamente en el EIR. Los softwares utilizados por la disciplina estructural son:

Tabla 53. Listado de Softwares BIM. (Elaboración Propia)

Uso	Software	Objetivo	Extensión
Dibujos y planos 2D	AUTOCAD 2023	Planos Preliminares	Dwg / pdf
Modelado Estructura	REVIT 2023	Arquitectura REVIT 2023	rvt
Coordinación	NAVISWORK 2023	Coordinación Disciplinar / Multidisciplinar	nwd/ nwf/ nwc
4D	PRESTO 2023	Programación de construcción obra gris	Bc3
5D	PRESTO 2023	Presupuestación de la obra gris	Bc3
Gestor de Documentos	AUTODESK CONSTRUCTION CLOUD	Gestión, monitoreo y control de la información de la disciplina en el proyecto	Todos los formatos anteriormente mencionados

6.4.10 Guía de Modelado Estructural

La guía de modelado se basa en la aplicación del protocolo y manual de estilos entregado por la coordinación BIM al Líder de Estructura. Dicha guía indica la forma de nombrar archivos de modelado y sus elementos, así como los documentos y planos generados durante la ejecución del proyecto.



6.4.10.1 Nomenclatura de archivos y documentos

El modelado de la Estructura se lo realiza bajo estricto cumplimiento del Protocolo de Modelado y Manual de Estilos definido por el BIM Manager juntamente con el Coordinador BIM de la empresa. El documento debe ser gestionado en el entorno común de datos del proyecto y es socializado con los Líderes de cada disciplina.

El Líder Estructural debe aplicar y referirse a los estándares y normativas indicadas en el protocolo. Para la disciplina de Estructura la nomenclatura a utilizar se basará en el estándar internacional EN ISO 19650, por lo que el nombre del archivo se escribirá en mayúsculas, separado por guiones bajos, sin espacios. Si se requiere separar alguna palabra se utilizará el punto “.”.

La nomenclatura de documentos se lo realiza según el siguiente ejemplo:

“MB_G2_EST_MANUAL.ESTILOS”

Donde:

MB: Empresa

G2: # de Grupo

EST: Disciplina

Detalle Adicional requerido

Por otro lado, la nomenclatura de modelos / Archivos se identificará de la siguiente manera:

“MB_G2_EST_MODELO”

“MB_G2_EST_MODELO_LOSA_POSTENSADA”

Donde:

MB: Empresa



G2: # de Grupo

EST: Disciplina

Detalle Adicional requerido

Por último, la nomenclatura de planos se efectuará de la siguiente manera:

“MB_G2_EST_CIM_A01_CONTEXTO.PLANTA. N4”

Donde:

MB: Empresa

G2: # de Grupo

EST: Disciplina

CIM: Subdisciplina

A01: Código

Detalle Adicional requerido

6.4.10.2 Abreviaturas

De acuerdo con el manual de estilos, las siguientes abreviaturas se utilizarán de la siguiente manera:

Tabla 54. Abreviaturas Protocolo y Manual de Estilos

DESCRIPCIÓN	ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN	ABREVIATURA
Acero de Refuerzo	ACR	Losa de Cimentación	CG
Arquitectura	ARQ/A	Muro con Cimentación	MZ
Ejes	AX	Cadenas	CD
Nivel	NVL	Vigas	VG
Escaleras	ESC	Losa Estructural	SE
Estructura	EST/E	Columnas	C
Zapatatas	Z	Hormigón	Hm



Hormigón Armado	HmA	Bloque	Blq
-----------------	-----	--------	-----

6.4.10.3 Nomenclatura y descripción detallada de elementos estructurales

Los elementos estructurales utilizados son: losas, vigas, cimentaciones, columnas, muros estructurales y acero de refuerzo. Para la nomenclatura de elementos se debe tomar en cuenta, además del estándar internacional EN ISO 19650, la normativa de nomenclatura de la BuildingSMART y la EN17412, según lo detalla el manual de estilos y el protocolo de modelado.

En la siguiente tabla se detalla alguno de los nombres definidos por coordinación BIM y el BIM Manager en el protocolo de estilos Anexo 3 “MB_G2_PROTOCOLO.MODELADO”, al cual el modelo debe registrarse:

Tabla 55. Elementos Estructurales y criterios de modelado por cumplir. Fuente: Protocolo de modelado Medical BIM.

Muros Estructurales				
Nomenclatura	M1_S_25cm_HmA			
Criterios Generales				
Tipo	Exterior	Detalles	LOD	MEDICIÓN
Definición por capas	N/A		LOD 200 / 300	M3
Vinculación elementos de referencia	Ejes y Niveles			
Vinculación elementos del modelo	Base – Tope por lógica bidireccional			
Jerarquía Acabados	N/A			
Jerarquía Coordinación	Prioridad 1 - Estructura			
Estrategia	Según proceso constructivo			
Fundaciones / cimentación				

Nomenclatura	Z1_HmA_240_120X120X60cm			
Criterios Generales				
Tipo	Hormigón Armado	Detalles	LOD	MEDICIÓN DE HORMIGÓN
Definición por capas	N/A		LOD 200 / 300	M3
Vinculación elementos de referencia	Niveles	Vincular nivel base y tope desde acabado de piso losa estructural		
Vinculación elementos del modelo	Columnas			MEDICIÓN DE REFUERZO
Jerarquía Acabados	N/A			
Jerarquía Coordinación	Prioridad 1 - Estructura	Volumen y refuerzo por separado		KG
Estrategia	Según proceso constructivo	Cuantificación según adquisiciones		
Columnas				
Nomenclatura	C1_HmA-280_50X50cm			
Criterios Generales				
Tipo	Hormigón Armado	Detalles	LOD	MEDICIÓN DE HORMIGÓN
Definición por capas	N/A		LOD 200 / 300	M3
Vinculación elementos de referencia	Niveles	Vincular nivel base y tope desde acabado de piso losa estructural		
Vinculación elementos del modelo	Columnas			MEDICIÓN DE REFUERZO
Jerarquía Acabados	Prioridad 2			
Jerarquía Coordinación	Prioridad 1 - Estructura	Volumen y refuerzo por separado		KG
Estrategia	Según proceso constructivo	Cuantificación según adquisiciones		

Vigas				
Nomenclatura	VG1_HmA-240_50X100cm			
Criterios Generales				
Tipo	Hormigón Armado	Detalles	LOD	MEDICIÓN DE HORMIGÓN
Definición por capas	N/A		LOD 200 / 300	M3
Vinculación de elementos referencia	Niveles	Vincular nivel base y tope desde acabado de piso losa estructural		
Vinculación del elementos modelo	Columnas			MEDICIÓN DE REFUERZO
Jerarquía Acabados	Prioridad 2			
Jerarquía Coordinación	Prioridad 1 - Estructura	Volumen y refuerzo por separado		KG
Estrategia	Según proceso constructivo	Cuantificación según adquisiciones		
Losa / Piso Estructural				
Nomenclatura	S1_S_e=15CM_HmA-240			
Criterios Generales				
Tipo	Hormigón Armado	Detalles	LOD	MEDICIÓN DE HORMIGÓN
Definición por capas	Por capa		LOD 200 / 300	M3
Vinculación de elementos referencia	Niveles	Vincular nivel base y tope desde acabado de piso losa estructural		
Vinculación del elementos modelo	Columnas			MEDICIÓN DE REFUERZO
Jerarquía Acabados	Prioridad 2			
Jerarquía Coordinación	Prioridad 1 - Estructura	Volumen y refuerzo por separado		KG



Estrategia	Según proceso constructivo	Cuantificación según adquisiciones		
-------------------	----------------------------	------------------------------------	--	--

6.4.11 Flujos de Trabajo

Los flujos de trabajo implementados por la disciplina estructural y la empresa Medical BIM es una herramienta positiva y facilitadora para la aplicación de la metodología BIM y la gerencia de proyectos. Estas representaciones visuales indican clara y concisamente los procesos relacionados a la disciplina Estructural, por lo cual se torna indispensable su desarrollo y aplicación para facilitar y garantizar el correcto intercambio de la información con los involucrados.

Para este proyecto académico, se define tres niveles principales a través de los cuales se desarrollará el flujo, los cuales serán detallados a continuación:

- Información: se trata de la información y documentación base de entrada que recibe el flujo para su determinado proceso.
- Proceso: es el conjunto de proceso y operaciones secuenciales que se deben ejecutar para llevar un cierto orden para obtener el modelo auditado estructural. Cabe recalcar que a partir de este flujo se desglosan varios sub flujos donde se detalla los proceso para generación de cronogramas, presupuesto, tablas, documentación y depuración de planos base.
- Entregable: documentación y archivos generados a partir del proceso realizado en el flujo.

A continuación, se detalla el flujo de trabajo ante los posibles escenarios al momento de trabajar y entregar el modelo estructural, y ante posibles cambios en la estructura.

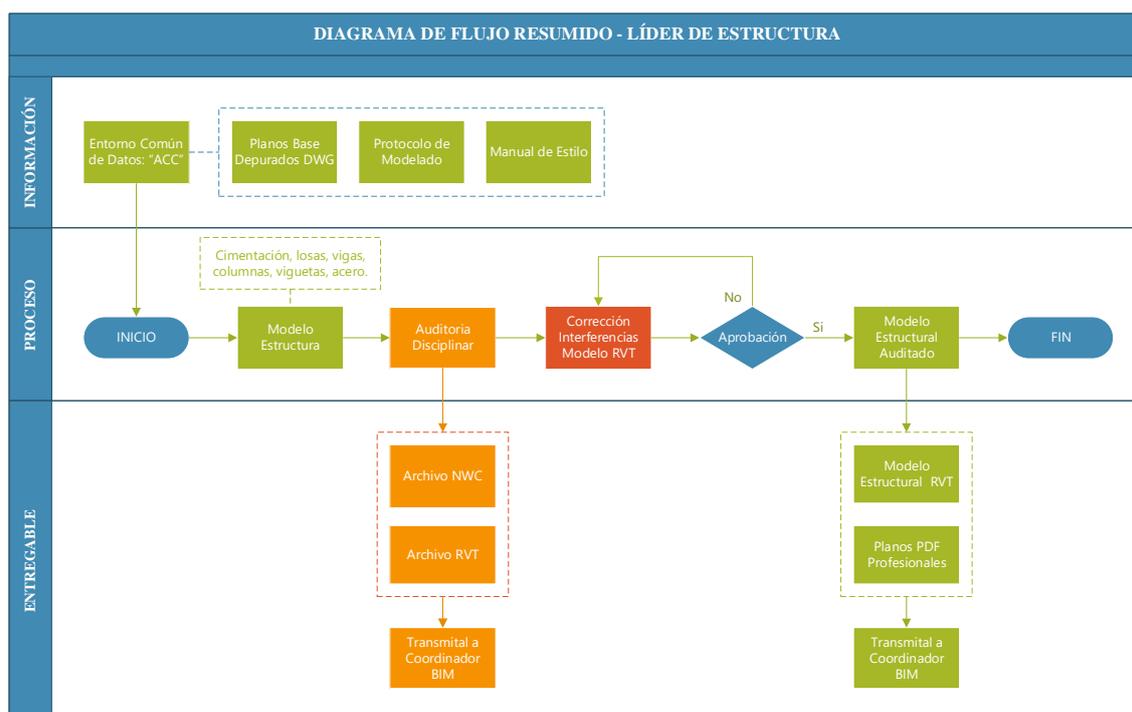


Ilustración 18. Flujo Resumido (Elaboración Propia)

6.5 Descripción de actividades, Proyecto “Clínica de Especialidades”

6.5.1 Inicio del proyecto: Consumibles, recepción de la documentación Base, depuración de planos.

Previo a empezar el modelado del edificio, el Líder de Estructura recibe, a través de un informe de transmisión en el gestor documental ACC por parte del Coordinador BIM, la entrega formal de los documentos necesarios para empezar a trabajar.

En la carpeta “0.1.4 DOCUMENTOS” el coordinador BIM carga el Protocolo de Modelado y el Libro de Estilo, información clave para arrancar a modelar teniendo en cuenta aspectos normados de nomenclatura, abreviatura, etc., bajo los cuales se registrarán todos los modelos de las diferentes disciplinas. En la carpeta “0.1.2 ESTRUCTURA”, de



igual manera es entregado por coordinación los archivos estructurales de la “*Clinica de Especialidades*” en formato CAD y PDF. Finalmente, en la carpeta “1.4 COORDINACION” se dispone del EIR y el BEP para la visualización y consulta del Líder Estructural.

Con la recopilación y análisis de los documentos mencionados, el Líder de Estructura entrega a coordinación una planificación de trabajo interno correspondiente a su disciplina, incluyendo mecanismos de comunicación, reuniones con su equipo y cronogramas de entrega. Es así, como se da inicio al desarrollo del proyecto en fase de planificación y diseño por parte del equipo de Estructura de acuerdo con los flujos de trabajo preestablecidos, para acatar con lo mencionado en el BEP y cumplir con los requerimientos del cliente EIR.

Al recibir la información de la documentación base, previo a iniciar cualquier tipo de modelado Estructural, el Líder de Estructura debe depurar los planos recibidos siguiendo los procesos indicados en el siguiente sub-flujo:

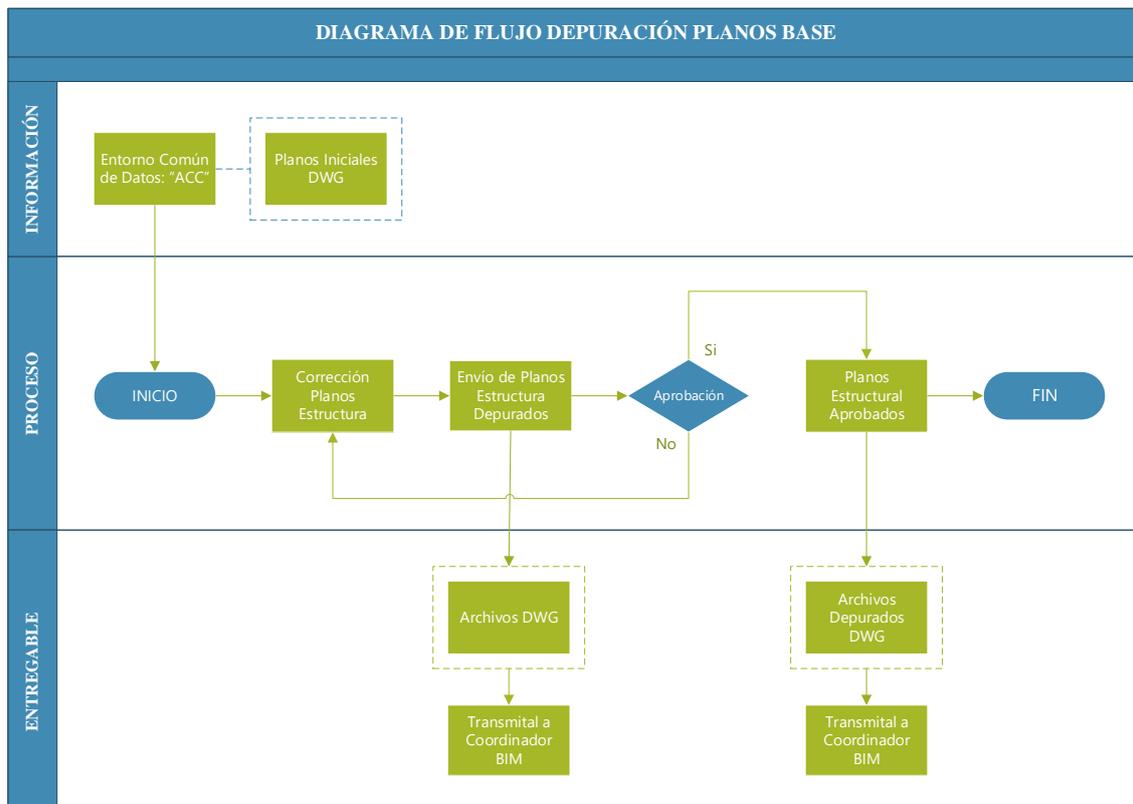


Ilustración 19. Depuración Planos Base. (Elaboración Propia)

Cuando la coordinación aprueba la depuración de estos planos, el Líder de Estructura mediante una incidencia en el gestor documental, da inicio al modelado de la estructura del proyecto “*Clinica de Especialidades*”.

6.5.2 Modelo Estructural BIM (3D)

Con el modelado estructural BIM 3D, se busca representar tridimensionalmente la estructura exactamente igual a como se construirá en obra del proyecto “*Clinica de Especialidades*”. Este proceso permite visualizar, extraer y gestionar la información correspondiente a los elementos estructurales, y facilita el cambio de elementos de forma rápida, según las necesidades.

El Líder de Estructura es el responsable del Modelado Estructural 3D y del éxito del modelo BIM 3D de la estructura, el cual depende del fiel seguimiento del protocolo de modelado previamente establecido por coordinación BIM, la aplicación de plantillas



y el cumplimiento de los requerimientos específicos establecidos en el BEP. El avance del modelo estructural debe ser cargado en el gestor documental de la plataforma ACC en la carpeta designada “TRABAJO EN PORGRESO (WIP)”, y sus actualizaciones deberán venir acompañadas de un informe de transferencia al Coordinador BIM.

Paras iniciar el modelado el Líder Estructural, fiel al protocolo y las normativas indicadas, definió el nombre del archivo del modelo estructural de la edificación de la siguiente manera: “MB_G2_EST_MODELO”.

El archivo central y su versión del modelo serán actualizadas y monitoreadas en el gestor documental, y por ningún motivo se podrá cambiar el nombre o la ubicación del archivo.

6.5.2.1 Unidades definidas en disciplina Estructura y orientación del modelo

Para dar inicio al modelo de la estructura, se definieron las unidades de trabajo de utilizando el Sistema Métrico Internacional utilizado en el país. A continuación, se detalla las unidades del proyecto:

Tabla 56. Unidades del proyecto Estructural 3D. (Elaboración Propia)

Unidad	Nomenclatura	Decimales
Ángulo	[°]	Todas las unidades de medida serán representadas con dos (2) decimales: 0.00
Área	[m ²]	
Longitud	[m]	
Densidad de masa	[kg/m ³]	
Pendientes	[%]	

Volumen	[m3]	
---------	------	--

Una vez definidas las unidades, el Líder de estructura de acuerdo con lo solicitado en el BEP, define las coordenadas de ubicación del proyecto “Clínica de Especialidades” en el software de modelado, para dar inicio al proceso de modelado de la estructura.

Tabla 57. Coordenadas del Proyecto (Elaboración Propia)

LATITUD	N/S 9982423.32
LONGITUD	E/O 504566.35

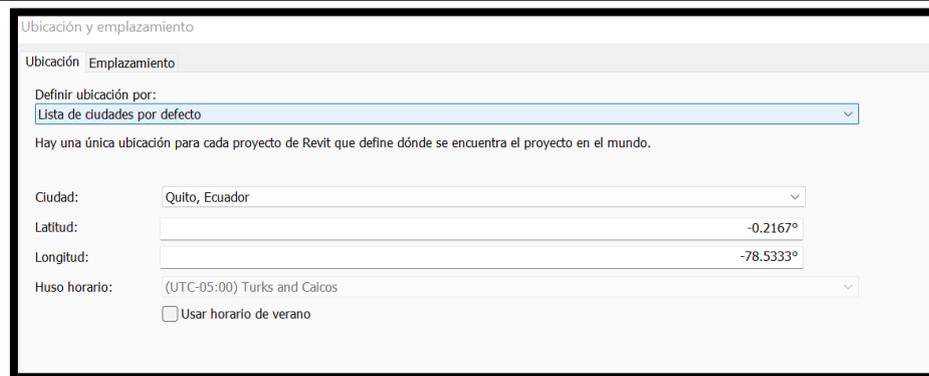


Ilustración 20. Ubicación y emplazamiento del proyecto Estructural 3D. (Elaboración Propia)

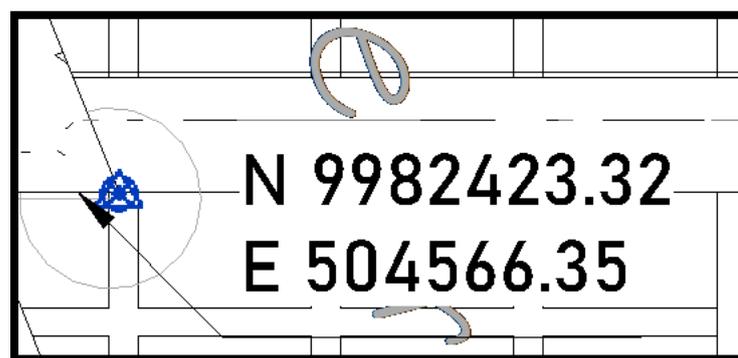


Ilustración 21 Punto Base y Punto de reconocimiento del proyecto Estructural 3D. (Elaboración Propia)



6.5.2.2 Plantilla Estructural

La plantilla Estructural fue trabajada por el coordinador BIM con apoyo técnico del Líder de la disciplina. Cuando ésta fue totalmente definida, a través de un informe de transmisión, fue entregada oficialmente al Líder para su aplicación en el modelo.

El Líder previo a la distribución interna del trabajo carga la plantilla en el software de modelado REVIT, y procede a la designación de tareas de modelado. Esta plantilla controla la visualización deseada de la información generada en el modelo tridimensional, la escala, nivel de detalle, rango de vistas, formato de anotaciones, entre otros elementos detallados a continuación:

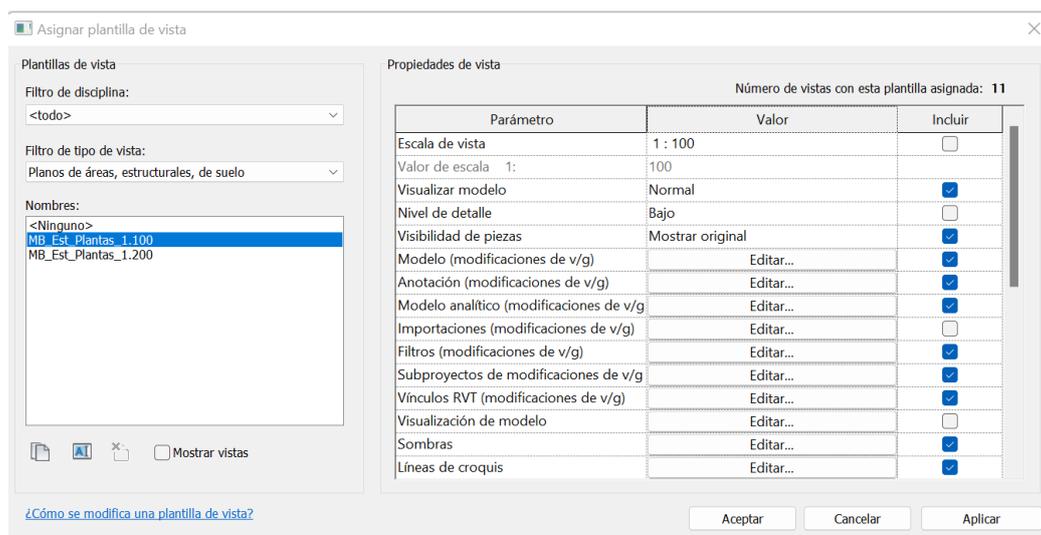


Ilustración 22. Plantilla Estructural 1.100. (Elaboración Propia)

6.5.2.3 Codificación de Elementos

Tanto el Protocolo de Modelado, como el Libro de Estilos, previamente entregados por el Coordinador BIM, deberán ser utilizados para nombrar adecuadamente los elementos estructurales utilizados en el modelo.

Para el proyecto “*Clinica de Especialidades*” se ha analizado el uso de abreviaturas y codificaciones cortas que permitan el fácil y rápido entendimiento del



lector, para todos los elementos estructurales del modelo, tal y como se lo indica en la siguiente tabla:

Tabla 58. Codificación de Elementos. (Elaboración Propia)

Descripción / Identificación	Codificación
GENERALES	
MEDICAL BIM	MB
GRUPO 2	G2
Estructura	EST
1. Nivel – 8.08	NC
2. Nivel -6.68	N1
3. Nivel -3.48	N2
4. Nivel ± 0.00	N3
5. Nivel +4.00	N4
6. Nivel +8.00	N5
7. Nivel +12.00	N6
8. Nivel +16.00	N7
9. Nivel +21.00	N8
CIMENTACIÓN	
LC1_Hma-280_e=60cm	LC1
LC2_Hma-280_e=25cm	LC2
Z1_Hma-280_250x250x60cm	Z1
Z2_Hma-280_450x300x60cm	Z2
Z3_Hma-280_600x60cm	Z3
MUROS ESTRUCTURALES	
Muro básico: M1-S-25cm-HmA-210	M1-S
Muro básico: M2_S_20cm_HmA_210	M2-S
Muro básico: M3_S_10cm_HmA_210	M3-S
Muro básico: M4_S_25cm_HmA_210	M4-S
COLUMNAS	
C1_Hma-280_60X80cm	C1-hma
C1_Irr_Hma-280_80x35x88x45_inc68.21gr	C1-IRR



C2_Hma-280_50X85cm	C2-hma
C2_Irr_Hma-280_165x80x35x35_inc68.21gr	C2-IRR
C3_Hma-280_65X350cm	C3-hma
C4_Hma-280_50X60cm	C4-hma
C5_Hma-280_50X60cm	C5-hma
C6_Hma-280_50X50cm	C6-hma
C7_Hma-280_40X100cm	C7-hma
C8_Hma-280_40X100cm	C8-hma
C9_Hma-280_40X80cm	C9-hma
C10_Hma-280_35X100cm	C10-hma
C11_Hma-280_50X100cm	C11-hma
CT1_Hma-280_60x50cm_inc.107.12gr	Ct3-hma
CT2_Hma-280_87x40cm_inc.107.12gr	Ct2-hma
VIGAS	
VG1_ALIV_HmA-240_10x31cm	VG1_ALIV
VG1_HmA-240_35x40cm	VG1
VG2_HmA-240_40X65cm	VG2
VG3_HmA-240_50x65cm	VG3
VG4_HmA-240_50x70cm	VG4
VG5_HmA-240_35x100cm	VG5
VG6_HmA-240_40x100cm	VG6
VG7_Hma-240_50x100cm	VG7
VG8_HmA-240_25x200cm	VG8
VG9_HmA-240_55x200cm	VG9
VG10_HmA-240_35x65cm	VG10
REFUERZOS	
Acero de Refuerzo $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	M_02 (Varilla Longitudinal); M_T1 (Estribos)

A cada uno de estos elementos estructurales, nombrados de acuerdo con lo indicado en el Protocolo de Modelado, se les asigna además propiedades de tipo de en relación con su composición y material, como se detalla en la siguiente imagen:

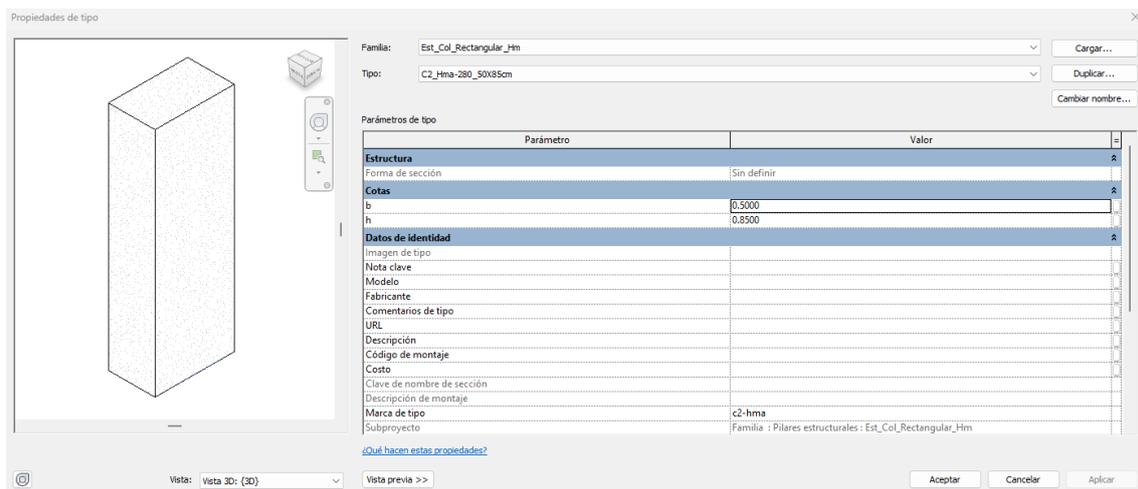


Ilustración 23. Propiedades elemento columna. (Elaboración Propia)

Para tener una mayor precisión del modelo, se ajusta también en las propiedades de tipo el material y grosor de capa que dispondrá cada elemento, de acuerdo con el nivel de detalle solicitado en el BEP.

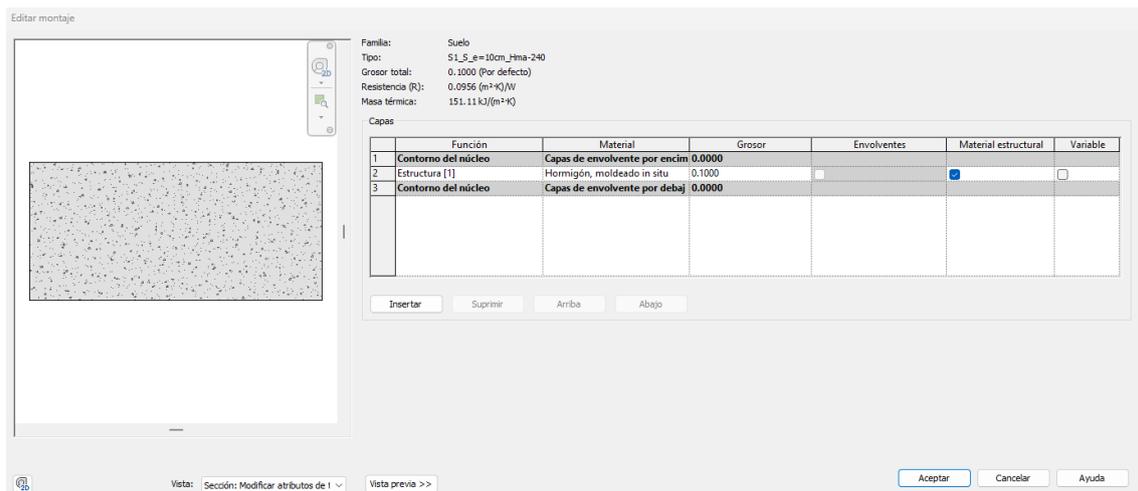


Ilustración 24. Edición capas Elemento. (Elaboración Propia)



6.5.2.4 Niveles, Rejilla de Ejes, y vinculación de planos base DWG

Antes de vincular los planos base CAD al software de modelado, el Líder de Estructura define los niveles y define los ejes reales del proyecto “*Clinica de Especialidades*”, teniendo en cuenta los dos subsuelos, los cuatro niveles superiores y la cimentación.

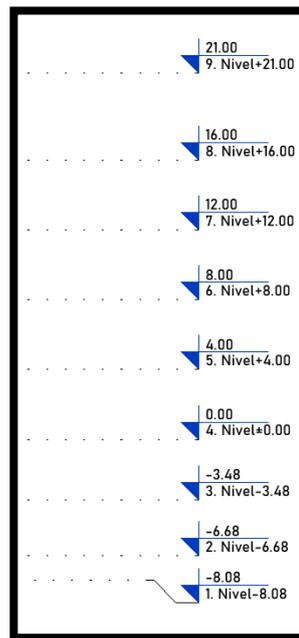


Ilustración 25. Definición de Niveles Estructurales. (Elaboración Propia)

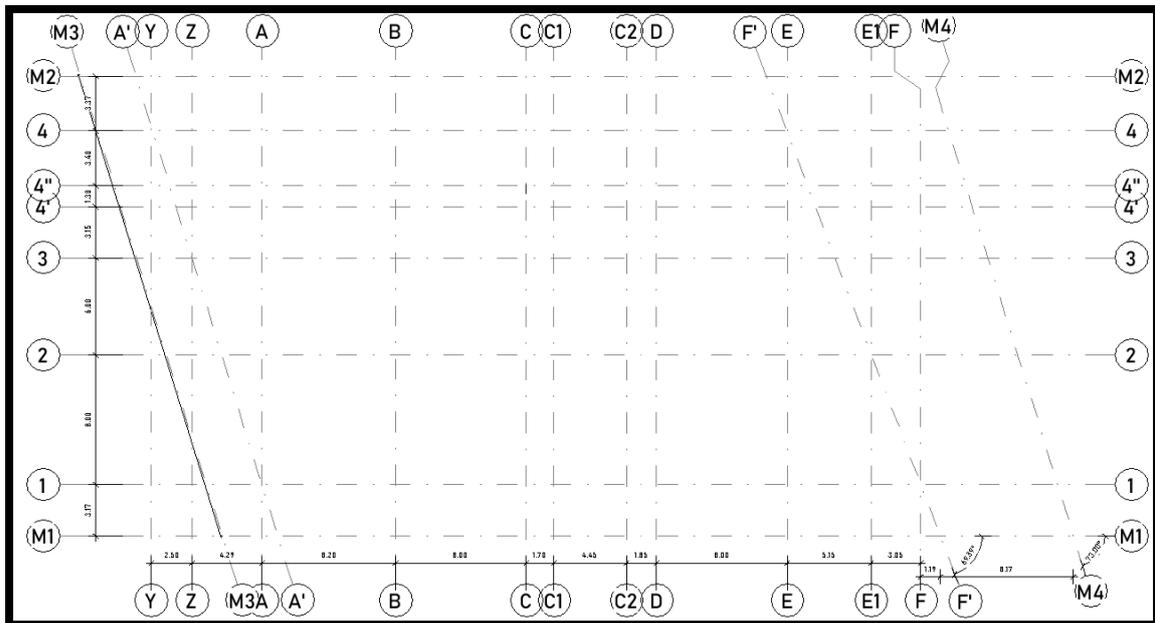


Ilustración 26. Definición Rejillas (Elaboración Propia)

Una vez definidos y aprobados los ejes y niveles, sobre los cuales se arrancará el modelado tridimensional, se vinculan los planos estructurales correspondientes a cada nivel y a la implantación del proyecto.

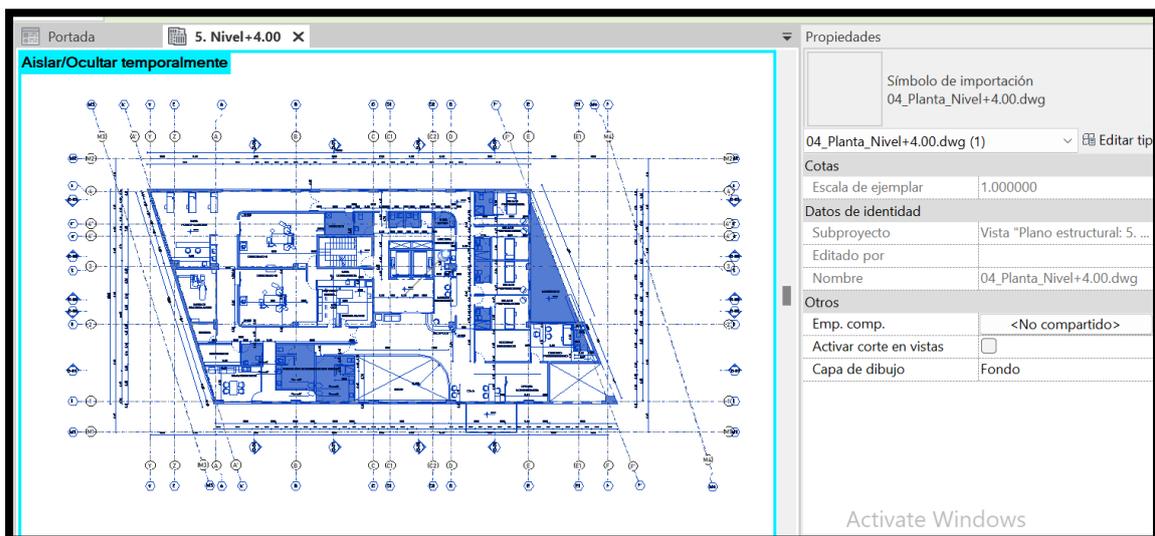


Ilustración 27. Importación Planos Base dwg. (Elaboración Propia)

6.5.2.5 Modelado Estructural Tridimensional por Niveles

Una vez definido el inicio del proyecto, el Líder de Estructura arranca con el proceso de modelado de la estructura, a partir de los planos vinculados por nivel. Los niveles del proyecto son:

1. Nivel -8.08
2. Nivel -6.68
3. Nivel -3.48
4. Nivel ± 0.00
5. Nivel +4.00
6. Nivel +8.00
7. Nivel +12.0
8. Nivel +16.00
9. Nivel +21.00.

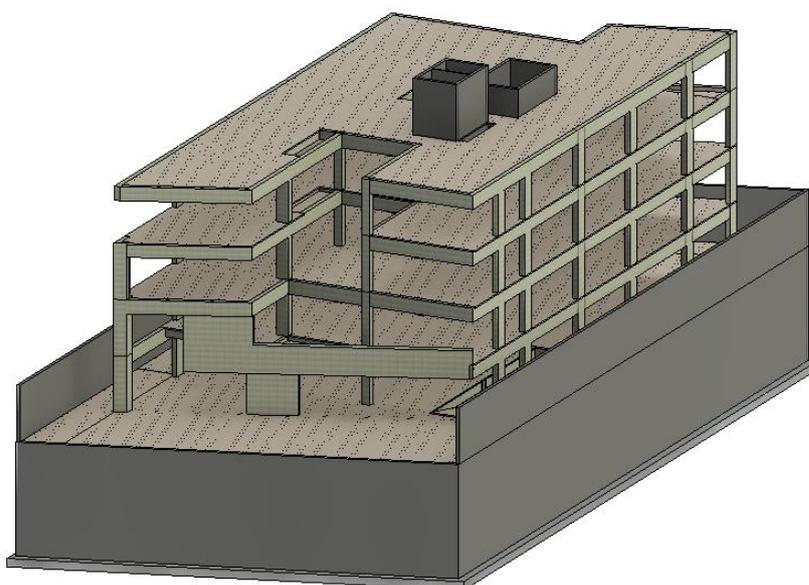


Ilustración 28 Modelo Estructural 3D. (Elaboración Propia)

Cada avance del modelo, correspondiente a los hitos y cronograma de la disciplina, debe ser actualizado en la plataforma del entorno común de datos en la carpeta “Trabajo en Progreso (WIP)”, y a través de un informe de transmisión se realiza la entrega oficial al coordinador BIM del modelo, para su respectiva revisión de interferencias

multidisciplinares. Este proceso permite localizar problemas de interferencias y realizar cambios ágiles que garanticen la fluencia del proyecto en todo momento.

El modelo estructural, además de una representación gráfica detallada, especifica el tipo de sistema estructural del edificio, niveles, materiales y dimensiones de los elementos a construirse. Además, indica el detalle de la ubicación del proyecto mediante georreferenciación. En las imágenes presentadas a continuación, se presenta la distribución de elementos estructurales y la tipología del sistema estructural empleado en el modelo:

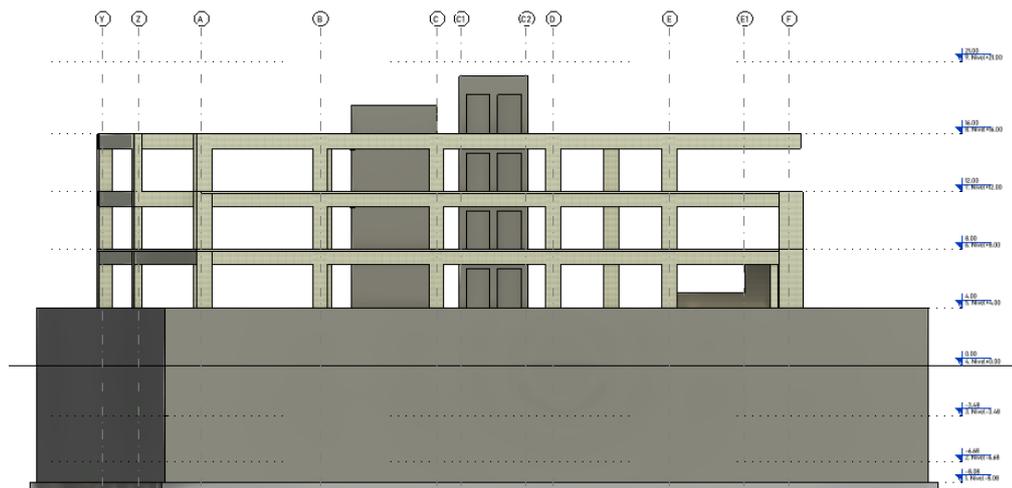


Ilustración 29. Fachada Sur Modelo Estructural 3D. (Elaboración Propia)

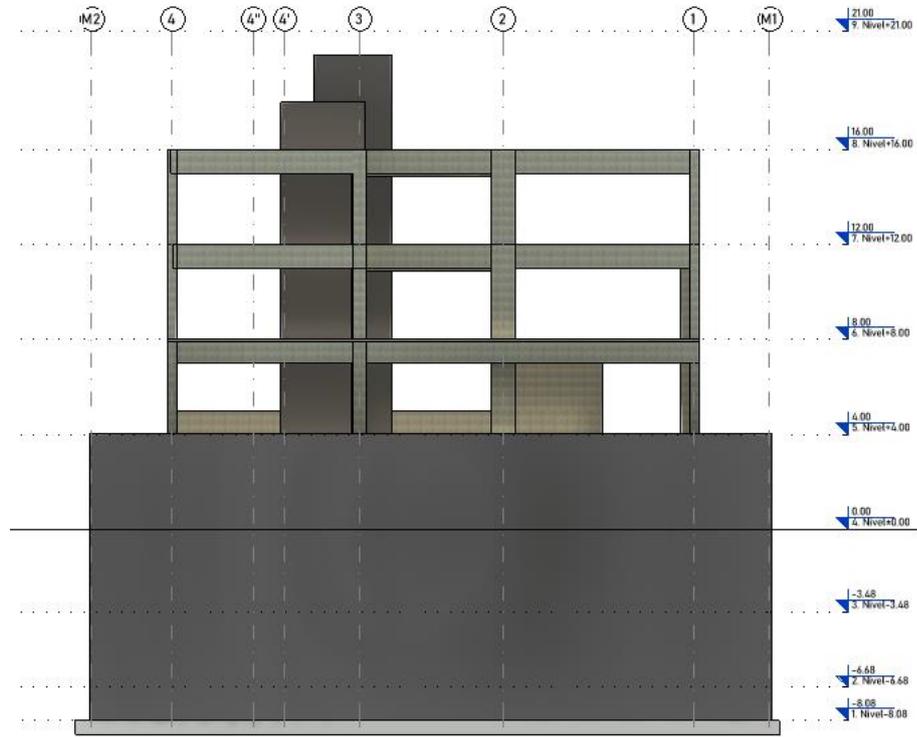


Ilustración 30 Fachada Oeste Modelo Estructural 3D. (Elaboración Propia)

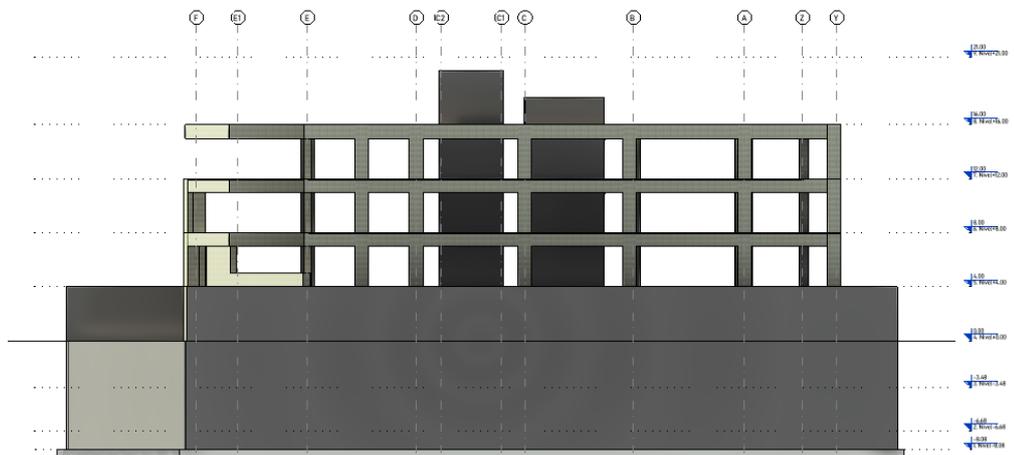


Ilustración 31 Fachada Norte Modelo Estructural 3D. (Elaboración Propia)

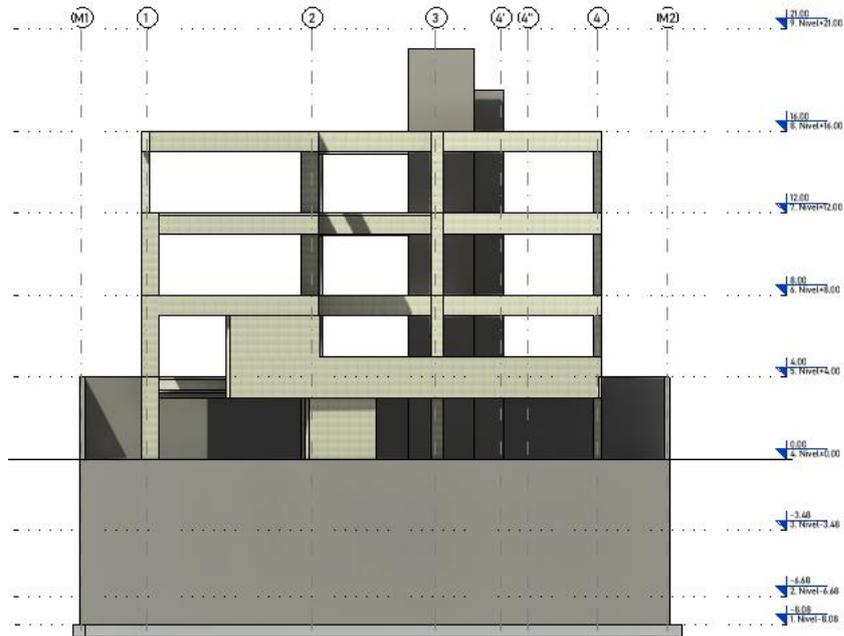


Ilustración 32 Fachada Este Modelo Estructural 3D. (Elaboración Propia)

En la disciplina estructural se define la premisa de que se debe modelar como se construye, por lo que el edificio fue modelado desde la cimentación y por niveles hasta llegar a la terraza. Cabe recalcar, que es indispensable que el Líder de Estructura vincule y trabaje su modelo teniendo en cuenta el avance de los modelos de otras disciplinas, archivos aprobados y cargados por coordinación en la carpeta “1.2.7 CONSUMIDOS”.

Gestionar vínculos						
Nombre del vínculo	Estado	Tipo de referencia	Posiciones no guardadas	Ruta guardada	Tipo de ruta	Alias local
MB_G2_ARQ_MODELO.rvt	Cargado	Enlace	<input type="checkbox"/>	C:\Users\jackv\DC\ACCDocs\	Absoluta	
MB_G2_MEC_MODELO.rvt	Cargado	Enlace	<input type="checkbox"/>	C:\Users\jackv\DC\ACCDocs\	Absoluta	

Ilustración 33. Gestión de Vínculos. (Elaboración Propia)

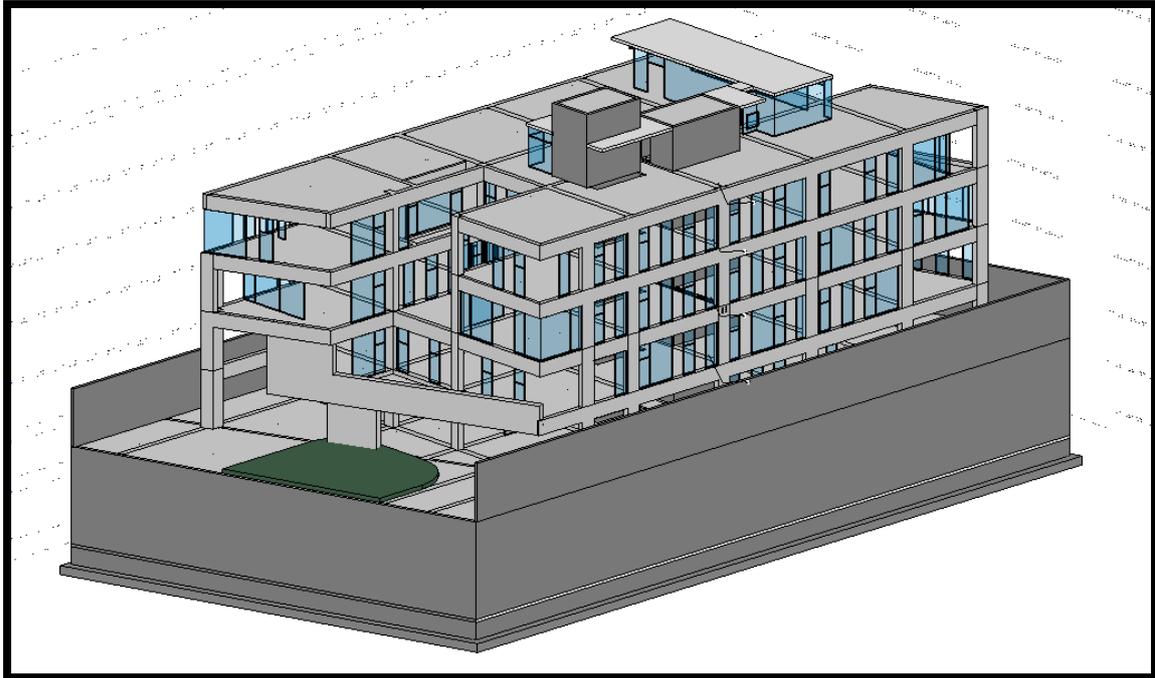


Ilustración 34. Vinculación Modelo Arquitectónico con modelo Estructural. (Elaboración Propia)

Es responsabilidad del Líder de Estructura, verificar que sus avances y modelo final tenga la menor cantidad posible de advertencias de modelado, lo cual garantiza que no se tendrá duplicidad de elementos y errores de cuantificación de rubros para ejecutar satisfactoriamente el modelado 4D Y 5D de la estructura, y evitar colisiones de elementos multidisciplinariamente.

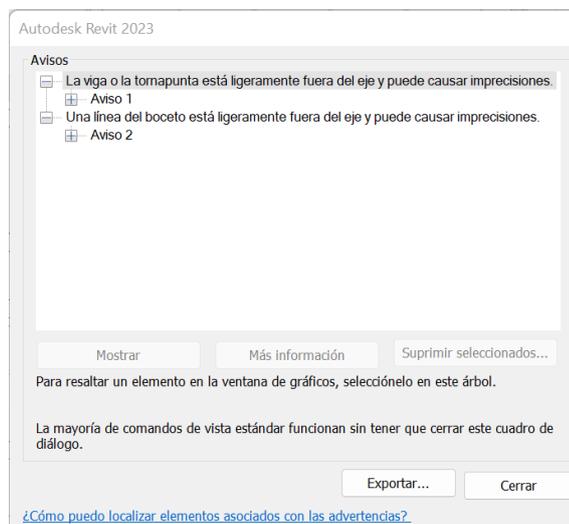


Ilustración 35. Avisos del proyecto Estructural 3D. (Elaboración Propia)

6.5.2.6 Auditoría Interoperabilidad y buenas prácticas de modelo estructural 3D

Es responsabilidad del Líder de Estructura BIM el entregar un modelo sin errores de modelado ni de georreferenciación, para lo cual es indispensable que se realice una auditoría interna de interoperabilidad y buenas prácticas al Modelo 3D estructural.

Para el Modelo 3D estructural de la clínica, se ha utilizado la auditoría de “las mejores prácticas Revit 2023”, la cual revisa íntegramente el modelo con los detalles mostrados en la siguiente imagen:

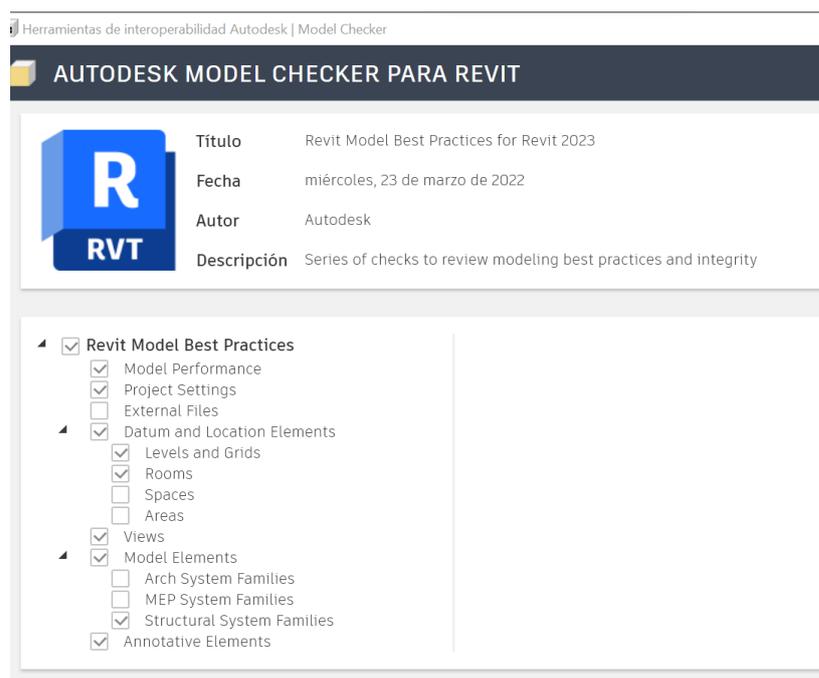


Ilustración 36. Configuración de Auditoría de Interoperabilidad Modelo Estructural (Fuente: Elaboración Propia)

Esta auditoría disciplinar, permite al Líder Estructural garantizar la calidad del modelo 3D de la estructura asegurando: el rendimiento del modelo, las configuraciones del proyecto, elementos de fechas y ubicación, vistas con plantillas, elementos del modelo



y los elementos de anotación. De esta manera, el Líder Estructural entrega un modelo auditado de Estructura al Coordinador BIM, cumpliendo el flujo establecido.

Al realizar la corrida del programa se debe verificar que no se encuentren errores internos en los chequeos realizados para asegurar la calidad del modelo 3D. El resultado de la auditoría es el Informe de Chequeos de buenas prácticas, el cual debe ser entregado al coordinador del proyecto.



Ilustración 37. Resultados Auditoría. (Fuente: Elaboración Propia)

6.5.2.7 Auditoría Disciplinar de Duplicidades: Estructura vs Estructura

Para entregar un modelo auditado, garantizando su calidad y la correcta precisión en la cuantificación de elementos y materiales, es indispensable que el Líder Estructural realice un análisis de duplicidades y colisiones en cada avance de trabajo de la estructura. Desde el punto de vista disciplinar y teniendo en cuenta que para este proyecto académico el modelador fue el Líder de la disciplina, el objetivo de esta auditoría es asegurar que el modelo 3D no presente duplicidades o cuantificaciones erróneas de materiales estructurales, para poder pasar a la siguiente fase de chequeos multidisciplinares.

El proceso de esta auditoría se lo ejecuta siguiendo el siguiente flujo de trabajo:

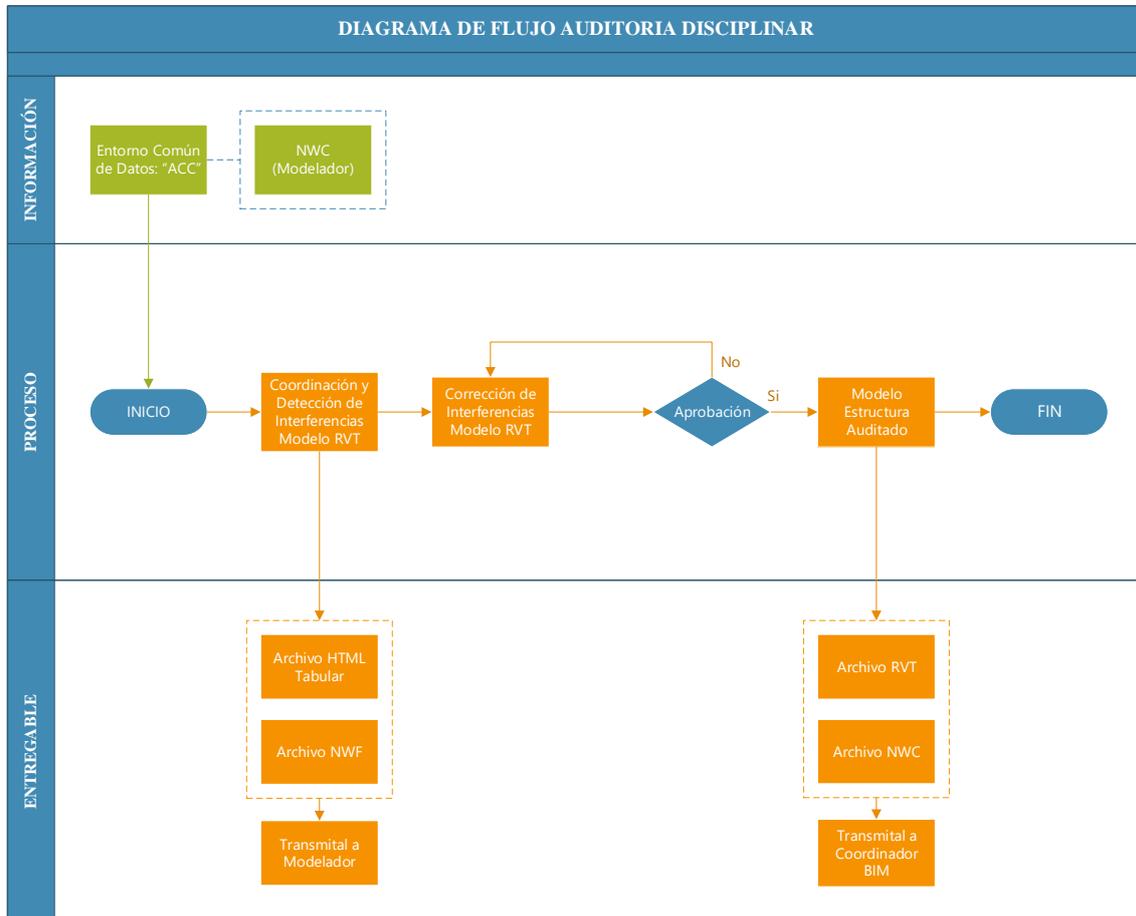


Ilustración 38. Flujo de Trabajo, Auditoría Disciplinar. (Elaboración Propia)

Para realizar este análisis, se ha definido en el BEP que se utilizará el Software BIM “Naviswork”, el cual permite al Líder de Estructura configurar varias pruebas entre elementos estructurales acorde a su necesidad.

Para esto, el modelo estructural es exportado en formato NWC, lo que permite la correcta interoperabilidad entre los softwares utilizados, tanto de modelado, como de análisis de colisiones. El Líder Estructural debe definir los términos y condiciones de la prueba de colisiones que desea, en este caso se buscará duplicidades:



Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Viguetas Alivianamiento vs Vigas	Done	139	0	0	0	0	139
Viguetas Alivianamiento vs Columnas	Done	19	2	0	0	13	4
Vigas principales vs Columnas	Done	194	10	0	0	183	1
Suelos vs Vigas	Done	118	50	0	0	44	24
Suelos vs Columnas	Done	137	61	0	0	65	11
DUPLICIDAD EST VS EST	Done	0	0	0	0	0	0

Ilustración 39. Configuración Tests Duplicidades y colisiones, Estructura versus Estructura. (Elaboración Propia)

La auditoría disciplinar Estructura versus Estructura permite realizar un control de calidad de modelado a través de un informe de colisiones, el cual detalla los códigos de Identificación de cada elemento, los responsables de corrección de la colisión, y la información necesaria para entender la colisión.

AUTODESK NAVISWORKS Clash Report															
Viguetas Alivianamiento vs Vigas															
Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status							
0.050m	138	0	0	6	132	0	Hard (Conservative)	OK							
Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Assigned To	Clash Point	Item 1 ID	Item 1 Name	Item 1 Type	Item 2 ID	Item 2 Name	Item 2 Type	Comments
	Clash14	Reviewed	-0.410	F-2 : 2. Nivel-6.68	Hard (Conservative)	2023/6/9 03:27	Modelador Estructural I	x:8.566, y:25.165, z:-3.820	ID de elemento: 493035	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Sólido	ID de elemento: 448637	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Sólido	#1 - Jackv - 2023/6/9 03:41 Collision fuerte entre Vigüeta y Viga principal. Encargado Modelador Estructural I. Posible solución: Modelar la vigüeta hasta la viga principal, y crear una nueva al otro lado de la viga principal.
	Clash15	Reviewed	-0.410	F-2 : 2. Nivel-6.68	Hard (Conservative)	2023/6/9 03:27	Modelador Estructural I	x:9.366, y:23.113, z:-4.130	ID de elemento: 493034	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Sólido	ID de elemento: 448637	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Sólido	#2 - Jackv - 2023/6/9 03:41 Collision fuerte entre Vigüeta y Viga principal. Encargado Modelador Estructural I. Posible solución: Modelar la vigüeta hasta la viga principal, y crear una nueva al otro lado de la viga principal.

Ilustración 40. Informe de análisis de colisiones, Estructura versus Estructura (Elaboración Propia)

DUPLICIDAD EST VS EST															
Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status							
0.050m	0	0	0	0	0	0	Duplicates	OK							
Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Assigned To	Clash Point	Item 1 ID	Item 1 Name	Item 1 Type	Item 2 ID	Item 2 Name	Item 2 Type	Comments

Ilustración 41. Informe de análisis de duplicidades, Estructura versus Estructura (Elaboración Propia)

En el proyecto “Clínica de Especialidades”, al no contar con modeladores estructurales, sino únicamente con el Líder de Estructura, la auditoría se la realiza solamente para verificar duplicidades o incrustaciones en elementos estructurales. Por lo

que se puede considerar como un trabajo continuo de modelado y revisión de elementos, ya que el mismo Líder de Estructura debe identificar si los resultados obtenidos por el software especializado requieren de una revisión y posterior corrección de elementos o si su existencia es necesaria en el modelo.

AUTODESK NAVISWORKS		Clash Report														
Viguetas Aliviamiento vs Vigas		Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status						
		0.050m	138	0	0	0	132	6	Hard (Conservative)	OK						
Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Assigned To	Clash Point	Item 1 ID	Item 1 Name	Item 1 Type	Item 2 ID	Item 2 Name	Item 2 Type	Comments	
	Clash14	Resolved	-0.410	F-2 -2. Nivel-6.68	Hard (Conservative)	2023/6/9 03:27	Modelador Estructural I	x:8.566, y:25.165, z:-9.820	ID de elemento: 493035	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Sólido	ID de elemento: 448637	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Sólido	#1 - jockv - 2023/6/9 03:42 Colisión fuerte entre Viguetas y Viga principal. Encargado Modelador Estructural I. Posible solución: Modelar la vigueta hasta la viga principal, y crear una nueva al otro lado de la viga principal. #0 - jockv - 2023/6/9 03:41 Assigned to Modelador Estructural I. Colisión fuerte entre Viguetas y Viga principal. Encargado Modelador Estructural I. Posible solución: Modelar la vigueta hasta la viga principal, y crear una nueva al otro lado de la viga principal. #26 - jockv - 2023/6/13 03:54 Se ha dividido las viguetas aliviadas para evitar duplicidad de material e incrustación en la viga principal.	
	Clash15	Resolved	-0.410	F-2 -2. Nivel-6.68	Hard (Conservative)	2023/6/9 03:27	Modelador Estructural I	x:9.366, y:23.113, z:-4.130	ID de elemento: 493034	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Sólido	ID de elemento: 448637	Hormigón, Moldeado in situ, gris	Sólido	#2 - jockv - 2023/6/9 03:41 Colisión fuerte entre Viguetas y Viga principal. Encargado Modelador Estructural I. Posible solución: Modelar la vigueta hasta la viga principal, y crear una nueva al otro lado de la viga principal. #0 - jockv - 2023/6/9 03:41 Assigned to Modelador Estructural I. Colisión fuerte entre Viguetas y Viga principal. Encargado Modelador Estructural I. Posible solución: Modelar la vigueta hasta la viga principal, y crear una nueva al otro lado de la viga principal. #27 - jockv - 2023/6/13 03:55 Se ha dividido las viguetas aliviadas para evitar duplicidad de material e incrustación en la viga principal.	

Ilustración 42. Informe de corrección de colisiones, Estructura versus Estructura (Elaboración Propia)

Con este proceso, el Líder Estructural garantiza que su modelo se encuentra correctamente realizado sin incrustaciones o duplicidades de elementos. De esta manera, debe realizar la entrega formal del avance del modelo auditado en el entorno común de datos de la plataforma ACC y debe realizar el informe de transmisión al coordinador BIM, como se indica a continuación:



Ilustración 43. Informe de transmisión, # 100 - Entrega Auditoria Disciplinar Estructural Archivos NWC y NWF. (Elaboración Propia)

6.5.3 Auditoría Multidisciplinar

Es responsabilidad del Coordinador BIM generar un modelo federado que contenga todas las disciplinas de las diferentes ingenierías involucradas. Para esto, una vez entregado el avance del modelo estructural, el Coordinador BIM realiza el análisis de colisiones multidisciplinar con relación a los Hitos de Coordinación establecidos y a la Matriz de Colisiones. De esta forma, se verifica interferencias de la estructura con otras disciplinas.

Para este proceso, el Líder Estructural entrega al Coordinador BIM, mediante un informe de transmisión en la plataforma ACC, el archivo del modelo exportado en formato NWC. Con este archivo el coordinador BIM debe realizar un análisis de interferencias y colisiones multidisciplinarias, para corregir los modelos en fase de planificación y diseño y evitar problemas futuros en fases constructivas, que genere un gasto mayor en dinero y tiempo.

A continuación, se muestra el flujo de coordinación multidisciplinar, desde el punto de vista del Líder de Estructura:

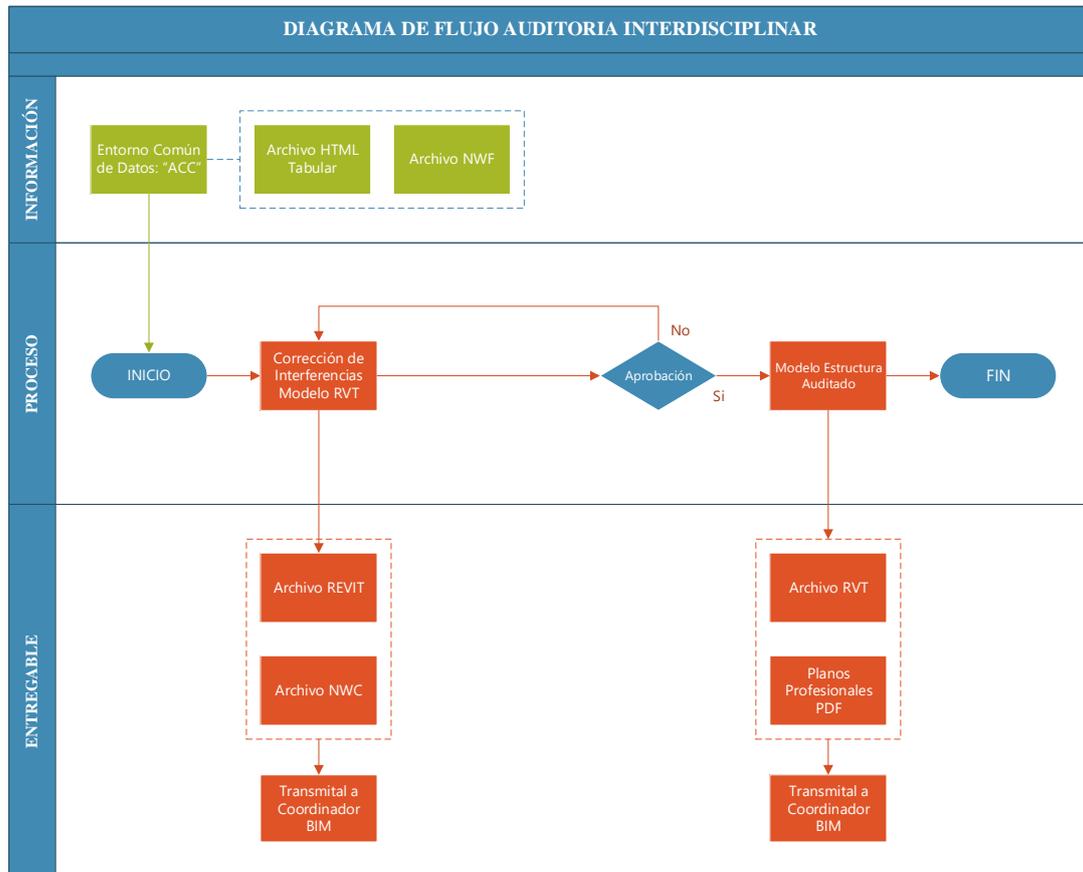


Ilustración 44. Flujo de Trabajo, Auditoría Multi Disciplinar. (Elaboración Propia)

Acorde al flujo de corrección de colisiones, si el coordinador BIM encuentra colisiones que ameriten un cambio en el modelo estructural, debe informar al Líder de Estructura mediante un informe de transmisión, adjuntando el informe de colisiones con la asignación a cada responsable en un archivo en formato Tabular HTML y la auditoría generada en formato NWF, detallando la colisión que debe corregirse.

Cabe recalcar que según lo establecido por el BIM Manager en el BEP, la estructura prima sobre otra disciplina, por lo que no será requerido realizar cambios en el modelo estructural, y de existir colisiones con otra disciplina, el Líder de la otra disciplina deberá resolver la incidencia marcada.



6.5.4 Usos del modelo de Estructura

Una vez concluido y aprobado el modelo estructural se procede a extraer toda la data requerida para presentación de la documentación referente al modelo tridimensional, así como la información necesaria para desarrollar los entregables establecidos en el EIR y el BEP. A continuación, se presentan los usos generales para el modelo estructural:

Tabla 59. Usos del modelo Estructural (Elaboración Propia)

USOS	DESCRIPCIÓN
Tablas de Cantidades	Acorde a lo solicitado por el Coordinador BIM, se cuantifican los rubros de: <ul style="list-style-type: none"> • Cimentaciones • Columnas • Losas • Vigas • Acero de refuerzo (por cuantía)
Planos Profesionales	Acorde a lo solicitado por el Coordinador BIM, se realizan los planos estructurales profesionales de: <ul style="list-style-type: none"> • Plantas • Elevaciones • Cortes • Planos de detalle • Visualizaciones 3D
Programación de la Construcción	Programación de los rubros estructurales mediante una secuenciación de actividades lógicas a través de un Diagrama Gantt.
Simulación Constructiva	Representación digital de la programación constructiva planificada.
Presupuesto de Obra	Desarrollo del coste total de la obra estructural del proyecto.
Aporte BIM	Análisis económico y temporal de alternativas estructurales para corregir problemas graves de colisiones con otras disciplinas en fases de planificación y diseño.

Estos documentos producto de los usos del modelo son agrupados bajo un orden lógico de acuerdo con el manual de estilos entregado por el Coordinador BIM.

6.5.1 Cronograma y planificación de la Disciplina Estructura (4D)

Para dar cumplimiento a lo solicitado en el EIR por el BIM Manager, el Líder de Estructura cuantificó todos los rubros que conforman la estructura del edificio “*Clinica de Especialidades*”. La interoperabilidad entre softwares BIM permitió al Líder de Estructura exportar y vincular la información del modelo 3D en el programa de presupuestación (Presto), el cual facilita la gestión de la información del modelo referente a la programación de obra, simulación constructiva y presupuestación.

Para este proceso de programación de obra se estableció el siguiente flujo de trabajo:

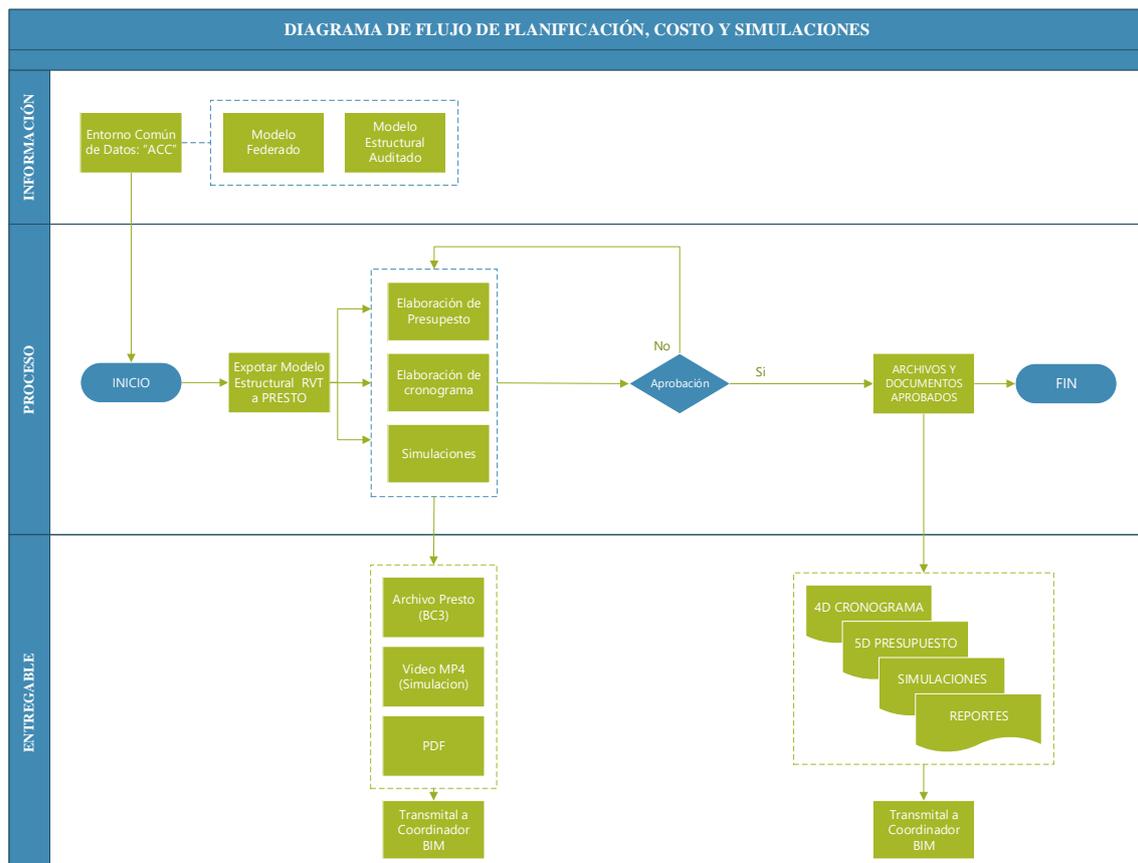


Ilustración 45. Flujo de Trabajo, Programación, Costos y Simulaciones. (Elaboración Propia)



Para la ejecución de la cuarta dimensión del BIM (4D), la cual permite el control y gestión íntegro de la programación de obra de un proyecto, el software utilizado fue PRESTO, por su interoperabilidad con el software de modelado utilizado REVIT, a través del plugin denominado “Cost-IT”. A través de la secuenciación lógica de actividades y creación de precedencias se realizó la programación secuencial de todo el edificio, para su entrega a coordinación, obteniendo las siguientes fechas clave:

Tabla 60. Programación de obra, disciplina estructural. (Elaboración Propia)

Descripción	Fecha Inicio planificada	Fecha final planificada	# de días / meses
MB_G2_PRES_EST_ALT1: Pres. Estructural - Clínica de Especialidades	01/01/24	27/12/24	259 / 9
1. Nivel -8.08	01/01/24	01/03/24	44 / 2
2. Nivel -6.68	29/01/24	13/04/24	55 / 2
3. Nivel -3.48	29/01/24	21/05/24	81 / 3
4. Nivel +0.00	21/05/24	09/07/24	35 / 2
5. Nivel +4.00	09/07/24	23/08/24	33 / 2
6. Nivel +8.00	23/08/24	09/10/24	33 / 2
7. Nivel +12.00	09/10/24	23/11/24	33 / 2
8. Nivel +16.00	25/11/24	18/12/24	17 / 1
9. Nivel +21.00	18/12/24	27/12/24	7 / 1

La programación de la obra durará 9 meses y contemplará todo el levantamiento de la obra gris, contemplando 8 horas de trabajo al día y 22.5 días de trabajo al mes (teniendo en cuenta feriados), con dos cuadrillas completas (1 maestro mayor, 2 albañiles, 10 peones, 2 op. Eq. Liviano). La ruta crítica determinada que la alternativa inicial con losas aligeradas tomará 259 días en construirse.

6.5.2 Simulación Constructiva

Una vez definido el cronograma de construcción, y a través del software PRESTO, se realiza la visualización de una simulación constructiva de la obra gris del edificio, tomando en cuenta las fechas establecidas en el Diagrama Gantt.

La importancia de esta herramienta, no solo se da por permitir al equipo tener una representación visual del proceso constructivo, sino que también permite tomar decisiones para aplicar correctivos necesarios con antelación en fases tempranas de planificación y diseño, mas no en fase constructiva donde usualmente los cambios requeridos son mucho más costosos.

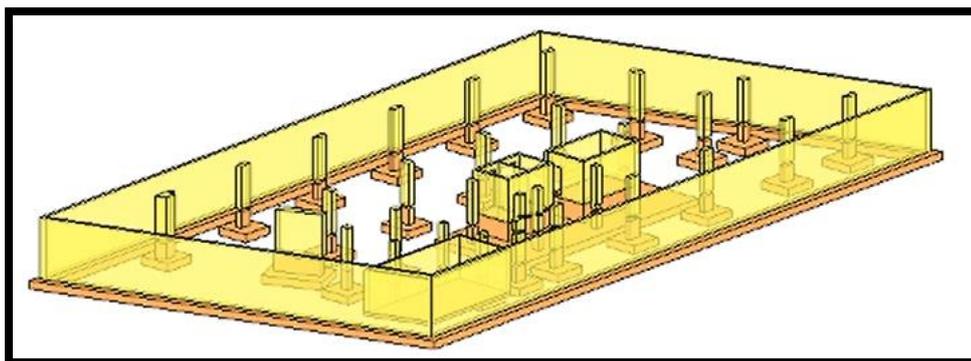


Ilustración 46. Simulación Constructiva, fase inicial (Elaboración Propia)

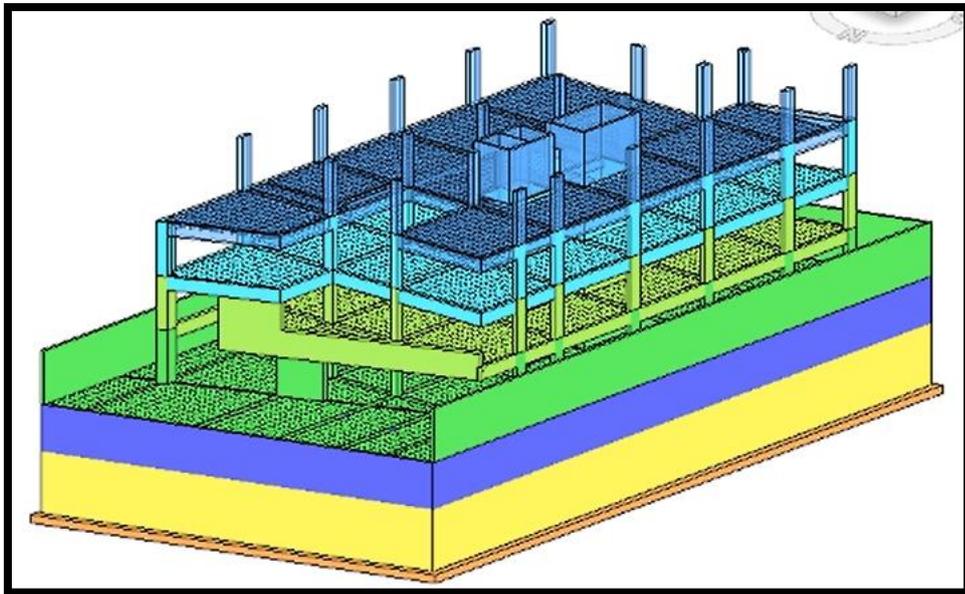


Ilustración 47. Simulación Constructiva, fase intermedia (Elaboración Propia)

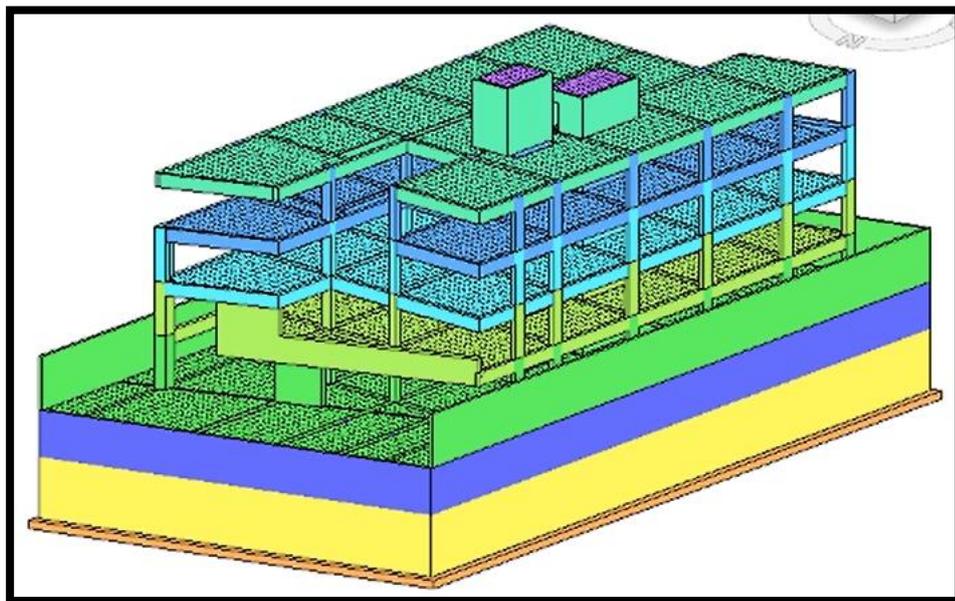


Ilustración 48. Simulación Constructiva, fase final (Elaboración Propia)

El video en formato MP4 se lo puede observar como Anexo de esta disertación.

6.5.3 Cuantificación y gestión de costos en la Disciplina Estructura (5D)

La quinta dimensión (5D) de la metodología BIM permite una gestión total del presupuesto del proyecto. No solo permite la extracción directa y precisa de la información de un software de modelado en un tiempo reducido, sino que también



permite tener el control de costes, flujos de caja y gestión de imprevistos de acuerdo con las necesidades del equipo.

El presupuesto con todos los rubros estructurales ha sido desarrollado en el software PRESTO, con la utilización del plugin “Cost-IT” del software de modelado REVIT. Para los análisis de precios unitarios se tomó en cuenta los códigos establecidos en la base de datos de la Cámara de la Construcción del Ecuador, con actualización de precios de mano de obra y materiales incidentes a la fecha de la presupuestación.

Los elementos estructurales fueron asignados rubros de la base de datos de la Cámara de la construcción de Ecuador, según lo indicado en el diseño estructural a tabla indicada a continuación:

Tabla 61. Designación de materiales y rubros incidentes. (Fuente: Elaboración Propia)

Elemento Estructural	Material	Rubro	Unidad
Columnas	Hormigón F'c=280 kg/cm2	HORMIGÓN PREMEZCLADO F'C=280 KG/CM2 (INC. BOMBA Y ADITIVO)	M3
	Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 14-32 MM CON ALAMBRE GALV. N°18	KG
	Encofrado	ENCONFRADO CON TABLERO CONTRACHAPADO COLUMNA (1 USO)	M2
Vigas	Hormigón F'c=240 kg/cm2	HORMIGÓN PREMEZCLADO F'C=240 KG/CM2 (INC. BOMBA Y ADITIVO)	M3
	Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 14-32 MM CON ALAMBRE GALV. N°18	KG
	Encofrado	ENCONFRADO CON TABLERO CONTRACHAPADO (1 USO)	M2
Suelos	Hormigón F'c=240 kg/cm2	HORMIGÓN PREMEZCLADO F'C=240 KG/CM2 (INC. BOMBA Y ADITIVO)	M3
	Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 14-32 MM CON ALAMBRE GALV. N°18	KG



	Encofrado	ENCONFRADO CON TABLERO CONTRACHAPADO LOSA, INC. VIGAS DE MADERA	M2
Cimentaciones	Hormigón F'c=280 kg/cm2	HORMIGÓN PREMEZCLADO F'C=280 KG/CM2 (INC. BOMBA Y ADITIVO)	M3
	Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 14-32 MM CON ALAMBRE GALV. N°18	KG
Muros	Hormigón F'c=210 kg/cm2	HORMIGÓN PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2 (INC. BOMBA Y ADITIVO)	M3
	Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 14-32 MM CON ALAMBRE GALV. N°18	KG
	Encofrado	ENCOFRADO/DESENCOFRADO METÁLICO TIPO RENTECO ALQUILADO PARA MURO	M2

Además, se tomó en cuenta rubros de excavación teniendo en cuenta el área total excavada y la profundidad de la cimentación, con un aproximado de 16,000.00 m³ de excavación.

El Líder Estructural determinó el coste total directo de la obra estructural inicial planificado, incluyendo todas las plantas, con un monto calculado de USD \$ 1,684,904.62. A continuación, se muestra el resultado de la presupuestación de toda la estructura del edificio “*Clínica de Especialidades*” por niveles:

Tabla 62. Resumen Presupuesto disciplina Estructural alternativa inicial. (Elaboración Propia)

Descripción	Importe USD [USD \$]	%
MB_G2_PRES_EST_ALT1: Pres. Estructural - Clínica de Especialidades	1,684,904.62	100
1. Nivel -8.08	232,048.60	13.77
2. Nivel -6.68	259,069.98	15.38
3. Nivel -3.48	283,185.14	16.81
4. Nivel +0.00	286,472.31	17.00
5. Nivel +4.00	172,836.83	10.26



6. Nivel +8.00	161,769.12	9.60
7. Nivel +12.00	151,570.08	9.00
8. Nivel +16.00	134,888.81	8.01
9. Nivel +21.00	3,063.75	0.18

6.5.4 Propuesta de Alternativa – Losa Postensada

Si bien se recalcó que la estructura del edificio prima sobre las otras disciplinas, en el proceso se encontró que no existe suficiente espacio entre la losa estructural y el cielo raso arquitectónico, para la colocación de los sistemas MEPs.

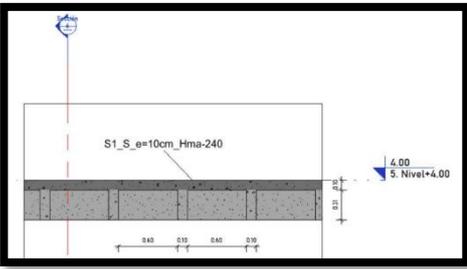
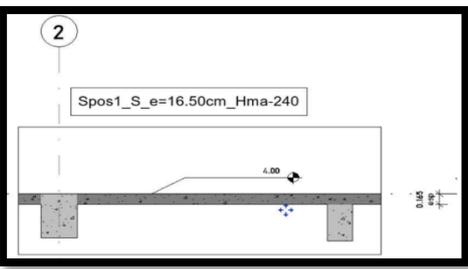
El Gerente BIM a través del Coordinador BIM, y teniendo en cuenta que por funcionalidad no es viable bajar el cielo raso, informó al Líder Estructural la necesidad del incremento de espacio libre entre la losa estructural y el cielo raso, a través de la plataforma ACC, definida como único medio de comunicación válido para intercambio de información del proyecto.

El Líder Estructural, a través de la entrega del informe “*MB_G2_INFORME_ALTERNATIVAS_EST*”, propuso cambiar el sistema de losas alivianadas de 41 cm de espesor, por losas postensadas con cables de espesor 16.5 cm, garantizando la estabilidad estructural y generando 24.5 cm extra de espacio entre la losa estructural y el cielo raso falso arquitectónico para la colocación de los sistemas MEPs.

El resumen de los resultados del análisis se presenta a continuación:

Tabla 63. Resumen Análisis sistemas de losas estructurales. (Elaboración Propia)

Alternativa 1	Alternativa 2
---------------	---------------

 <p><i>Ilustración 49. Alternativa 1, Losa aliviada (Elaboración Propia)</i></p>	 <p><i>Ilustración 50. Alternativa 2, Losa Postensada (Elaboración Propia)</i></p>
Peso=480 kg/m ² de losa	Peso=396 kg/m ² de losa
Costo: 1,684,904.62 \$USD, (Archivo: <i>MB_G2_PRES_EST_ALT1_NIVELES</i>)	Costo: 1,805,956.89 \$USD, (Archivo: <i>MB_G2_PRES_EST_ALT2_NIVELES</i>)
Duración d=259 días, aproximadamente 9 meses. (Archivo: <i>MB_G2_4D_EST_ALT1_V1</i>)	Duración d=221 días, aproximadamente 8 meses. (Archivo: <i>MB_G2_4D_EST_ALT2_V1</i>)

Para la alternativa del sistema de losas postensadas, se realizó la cuantificación y presupuestación obtenida en el documento “*MB_G2_INFORME_ALTERNATIVAS_EST*”. En el proceso se vio la necesidad del incremento de los siguientes rubros:

Tabla 64. Rubros Losa Postensada (Fuente: Elaboración Propia)

Elemento Estructural	Material	Rubro	Unidad
Losa Postensada	Hormigón F ['] c=280 kg/cm ²	HORMIGÓN PREMEZCLADO F'C=280 KG/CM2 (INC. BOMBA Y ADITIVO)	M3
	Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm ²	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 14-32 MM CON ALAMBRE GALV. N°18	Kg
	Encofrado	ENCONFRADO CON TABLERO CONTRACHAPADO LOSA, INC. VIGAS DE MADERA	M2
	Cables De Tensado – Elementos para tensado	CABLE POSTENSADO INC. SISTEMA DE TENSADO. COMPLETO	KG



La duración de la alternativa 2 fue de 221 días (Doc. “MB_G2_4D_EST_ALT2_V1”) y el coste estimado fue de 1,805,956.89 \$USD (Doc. “MB_G2_PRES_EST_ALT2_NIVELES”).

A pesar de que el costo directo de construcción de la alternativa 2 es 121,052.27 \$USD mayor al de la alternativa 1, debido a la complejidad de construcción del sistema de losas postensadas y al alto costo directo de elementos de refuerzo como de cables de tendado y accesorios (3kg de cable/m² de losa), se puede concluir que la alternativa 2 propuesta presenta un ahorro de 38 días de ahorro en la programación de obra, lo que representa el 15% de optimización del tiempo de construcción de la obra gris.

6.6 Entregables del Líder De Estructura

Los entregables solicitados por la coordinación BIM al Líder de Estructura, presentados en el plan de ejecución BIM, son:

Tabla 65. Entregables de la Disciplina de Estructura. (Fuente: EIR y BEP de la empresa MEDICAL BIM)

Ítem	Descripción	Tipo de archivo	Formato
Modelos	Modelado estructural	RVT-IFC	RVT
Planos	Documentación 2D de las disciplinas de estructural	PDF-DWG	A1
Tablas de planificación	Mediciones y cantidades extraídas de los modelos	PDF	A4
Cronograma	Planificación de actividades	PDF	A4
Presupuesto	Planificación de costos	PDF	A4

6.7 Conclusiones del ROL.

Cabe recalcar, que el proyecto original de la “Clínica de Especialidades”, a pesar de que se encuentra en fase de construcción con obra gris terminada, presentó en su proceso de construcción inconvenientes de colisiones lo que requirió buscar, calcular,



analizar y aplicar la alternativa de losas postensadas en lugar del sistema tradicional de losas alivianadas.

Dicho contratiempo técnico, generó un retraso de 3 meses en el levantamiento de la estructura de la clínica, por lo que tomó alrededor de 12 meses su ejecución, generando una pérdida de tiempo del 33.33%, considerando que la estructura había sido planificada para realizarla en 9 meses.

Con la aplicación de la metodología BIM, y al haber encontrado dicha colisión en la fase de planificación y diseño, la empresa Medical BIM pudo corregir dicho contratiempo técnico mucho antes de llegar a la construcción de la estructura, lo que hubiese generado el ahorro del 33.33% del tiempo de construcción de la obra gris.

Además, los 3 meses, en los que se provocó el retraso y se alargó la construcción de la estructura, se gastó alrededor de 144,450.00 \$USD de costos directos extra a lo previsto, considerando únicamente salarios de personal (cuadrilla de 8 trabajadores), alquiler de equipo y oficina. Estos detalles se indican a continuación:

Tabla 66. Costos operativos y administrativos. (Elaboración Propia)



DETALLE MENSUAL	COSTO MENSUAL [\$/MES]
ARRIENDO OFICINA CENTRAL	\$ 1500.00
ARRIENDO BODEGA, CAMPAMENTO	\$ 1,500.00
ALQUILER MAQUINARIA FIJA (ILUM, SANIT, VENT)	\$ 12,500.00
CHARLAS CON LA COMUNIDAD. EXTENSION DE DURACION DE LA EJECUCION DE LA OBRA	\$ 1,500.00
SEGURIDAD OCUPACIONAL	\$ 5,000.00
SEGURIDAD FISICA	\$ 9,000.00
COSTOS ALIMENTACION CUADRILLA	\$ 100.00
PROLONGACION/ PERMISOS/ TRAMITES LEGALES	\$ 5,000.00
COSTOS OPERATIVOS ADMIN. OBRA MEDICAL BIM (INSPECTOR DE OBRA + AYUDANTE, FISCALIZADOR + AYUDANTE+ 3 LIDERES + 1 COORDINADOR + 1 BM)	\$ 11,950.00
SERVICIOS BASICOS	\$ 100.00
COSTOS OPERATIVOS MEDICAL BIM	\$ 48,150.00
AHORRO DE TIEMPO ENTRE LA CONSTRUCCIÓN REAL (METODOLOGÍA TRADICIONAL DURACIÓN 12 MESES) VS LO PLANIFICADO BAJO LA METODOLOGÍA BIM (DURACIÓN 9 MESES) [MES]	3
COSTOS OPERATIVOS MEDICAL BIM AHORRADOS APLICANDO BIM	\$ 144,450.00
TOTAL	

La metodología BIM fue clave para establecer los lineamientos y flujos esenciales a seguir para el manejo e intercambio de la información entre los diferentes equipos de diseño y modelado. Con la metodología BIM se logró desarrollar un modelo federado auditado, el cual incluía todas las disciplinas que intervienen en el proyecto “*Clinica de Especialidades*”.

Por último, de manera efectiva y mediante la propuesta de la alternativa 2 con losas postensadas, se propuso desde el área de Estructura una solución a las colisiones importantes encontradas por el Coordinador BIM de la estructura del edificio con los sistemas MEPs. Al contrastar las dos alternativas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 67. Resultados finales Comparativos de las dos alternativas estructurales. (Elaboración Propia)

ANALISIS ALTERNATIVAS ESTRUCTURALES		DETALLE MENSUAL	COSTO MENSUAL [\$/MES]
ALTERNATIVA 1: PORTICO ESTRUCTURAL SISMORESISTENTE CON LOSAS		ARRIENDO OFICINA CENTRAL	\$ 1500.00
ALTERNATIVA 2: PORTICO ESTRUCTURAL SISMORESISTENTE CON LOSAS		ARRIENDO BODEGA, CAMPAMENTO	\$ 1500.00
PRESUPUESTO ALT 1	\$ 1684,904.62	ALQUILER MAQUINARIA FIJA (LUM, SANIT, VENT)	\$ 12,500.00
PRESUPUESTO ALT 2	\$ 1805,956.89	CHARLAS CON LA COMUNIDAD, EXTENSION DE DURACION DE LA EJECUCION DE LA OBRA	\$ 1500.00
DIF. PRESUPUESTO	\$ 121052.27	SEGURIDAD OCUPACIONAL	\$ 5,000.00
CONCLUSION	LA ALT 2 ES \$ 121052.26 MAS COSTOSA QUE LA ALT 1	SEGURIDAD FISICA	\$ 9,000.00
DURACION CRONO ALT 1 [DIAS]	259	COSTOS ALIMENTACION CUADRILLA	\$ 100.00
DURACION CRONO ALT 2 [DIAS]	221	PROLONGACION/ PERMISOS/ TRAMITES LEGALES	\$ 5,000.00
DIF. DURACION [DIAS]	38	COSTOS OPERATIVOS ADMIN. OBRA MEDICAL BIM (INSPECTOR DE OBRA + AYUDANTE, FISCALIZADOR + AYUDANTE+3 LIDERES + COORDINADOR + 1BM)	\$ 11,950.00
AHORRO TIEMPO EN DIAS	38	SERVICIOS BASICOS	\$ 100.00
AHORRO TIEMPO EN MESES	2	COSTOS OPERATIVOS MEDICAL BIM	\$ 48,150.00
CONCLUSION	SE DISPONE UN AHORRO DE 2 MESES CONSTRUYENDO LA ALTERNATIVA CON LAS LOSAS POSTENSADAS	AHORRO MESES CON ALT 2 [MES]	2
		COSTOS OPERATIVOS MEDICAL BIM	\$ 96,300.00
		TOTAL	
		DIF. PRESUPUESTO ENTRE ALT 1 Y ALT 2 (LA ALT 2 ES \$ 121052.26 MAS COSTOSA QUE LA ALT 1)	\$ 121,052.27
		INVERSION EXTRA REAL PARA EJECUTAR ALT 2	\$ 24,752.27

Con los datos analizados y presentados previamente se puede concluir que, a pesar de que la alternativa 2 propuesta presenta una inversión de costos directos 121,052.27\$USD mayor a la de la alternativa original, se puede ahorrar 2 meses de tiempo de construcción, lo que representa un ahorro de 96,300.00\$USD en costos operativos. De esta manera, se entiende que la inversión extra que realmente debería considerarse al optar por la alternativa 2 sería únicamente de 24,752.26\$USD. Dicho esto, al analizar los resultados desde un punto de vista de costo-beneficio, se puede entender a la alternativa 2 como conveniente y necesaria, debido a que, a pesar de su mayor costo, permitirá a la empresa continuar con la obra sin retrasos ni necesidades de recálculos futuros. Además,



se podrá estar operativos en el mercado mucho antes que la competencia, obteniendo réditos antes de lo previsto y una mejor tarima de exposición al público.

Con los datos antes expuestos y el análisis presentado, se puede concluir que:

1. Se ha modelado satisfactoriamente la ingeniería estructural del Edificio de la Clínica en LOD 200, la ingeniería estructural del nivel +4.00 área de Quirófanos en LOD 300 y la ingeniería estructural de detalle de un punto conflictivo detectado por interferencias con otras disciplinas en el nivel +4.00 área de Quirófanos en LOD 350. El modelo fue entregado acorde al BEP para dar cumplimiento al EIR en el documento *“MB_G2_EST_MODELO_LOSA_POSTENSADA”*.
2. Se colaboró activamente con el equipo de Coordinación BIM para la integración del modelo estructural con los distintos sistemas del proyecto, y se facilitó el desarrollo del proyecto en la fase de planificación y diseño, al proponer una alternativa estructural para solucionar las colisiones fuertes identificadas resultantes de la coordinación multidisciplinar, manteniendo el mismo sistema estructural (pórtico estructural) pero cambiando las losas aligeradas por losas postensadas con un espesor 24.5 cm menor.

A pesar de que la alternativa original (losas aligeradas) es más económica en costo directo con 121,052.27 \$USD, se puede tener un ahorro de 2 meses en la fase de construcción de la obra gris, lo que permite a la empresa Medical BIM ahorrarse tanto en costos operativos como administrativos la suma de 96,300.00 \$USD. Por lo que se concluye que la alternativa 2 (losas postensadas) propuesta requerirá una inversión extra de únicamente 24,752.27 \$USD mayor al de la alternativa original y permitirá optimizar el 15% del tiempo de construcción de



la obra gris. Estos datos encontrados tras el análisis realizado por el Líder Estructural permiten definir, bajo un análisis de costo-beneficio, que la alternativa 2 sugerida con las losas postensadas es totalmente viable, ya que a pesar de su mayor costo nos permitirá continuar con la obra sin retrasos ni necesidad de recalcular futuro.

3. Gracias a la interoperabilidad de los softwares BIM utilizados, se realizó satisfactoriamente la cuantificación de los elementos estructurales derivados del modelo estructural definitivo, para obtener las cantidades de obra correspondientes y necesarias para la ejecución del 4D y 5D. La recopilación de esta información indica que la obra de la “Clínica de Especialidades” requerirá la colocación de aproximadamente 3000.00 m³ de hormigón, 185,000.00 kg de acero de refuerzo, 19,800.00 kg de cable para postensado y la excavación de alrededor de 15,000.00 m³ de suelo.
4. Además, se generó satisfactoriamente la programación del cronograma de obra (4D) de los rubros estructurales modelados, para las dos alternativas, tanto las losas alivianadas como con losas postensadas. La alternativa original con losas alivianadas tiene una duración de la programación de 259 días, aproximadamente 9 meses. Por otro lado, se concluyó que la alternativa 2, a ser construida, con losas postensadas tiene una duración de la programación de obra de 221 días. Por lo antes expuesto, se concluye que la alternativa propuesta tendrá un ahorro de 38 días en fase de construcción versus la alternativa original, lo que representa el 15% de optimización de tiempos, gracias a la aplicación de la metodología BIM.
5. También, se realizó la presupuestación de obra (5D) de los rubros estructurales modelados, para las dos alternativas, tanto las losas alivianadas como con losas



postensadas. La alternativa original con losas alivianadas tiene un costo directo de construcción de 1,684,904.62 \$USD. Por otro lado, la alternativa 2, a ser construida con losas postensadas, tiene un costo directo de 1,805,956.89 \$USD. Por lo antes expuesto, se concluye que el costo directo de la alternativa propuesta será 121,052.27 \$USD mayor al de la alternativa original.

6. El líder de estructura entregó satisfactoriamente planos, tablas y documentos de construcción derivados del modelo estructural definitivo del nivel de quirófanos.
7. El modelo estructural es el armazón inicial a través del cual las otras disciplinas desarrollarán su trabajo, por lo que una de las ventajas más notorias de la metodología y el modelado BIM, es el intercambio de información que permite una constante interacción entre las disciplinas para anticiparse a posibles interferencias y ejecutar cambios necesarios en fase de modelado, evitando así tener inconvenientes fuertes en la fase constructiva.

6.8 Recomendaciones del Rol:

1. Certificar y auditar el modelo estructural, verificando la georreferenciación y el uso de unidades una vez realizado el primer avance de no más del 25% del modelo, para evitar contratiempos a medida que se avanza en los flujos de trabajo específicamente en la coordinación multidisciplinar y el análisis de colisiones del modelo federado.
2. Participar activamente en la cogeneración de la Plantilla de Modelado Estructural, indicando al Coordinador BIM las necesidades indispensables de su disciplina para realizar el modelo y los respectivos planos.



3. Diseñar y socializar el flujo de trabajo general de la disciplina con todo su equipo, asegurándose de que todos los miembros entiendan, los procesos, sus funciones, entregables e información requerida.
4. Realizar el modelar geométrico y la programación de actividades como será ejecutado en la vida real y como se construye.
5. Emitir entregas y transferencia de información únicamente a través del canal oficial establecido por el plan de ejecución, manejando a la precisión el flujo de trabajo de intercambio de información.



Capítulo 7: Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones:

La implementación de la metodología BIM en el proyecto “*Clinica de Especialidades*”, le permitió al equipo MEDICAL BIM y a sus diferentes profesionales trabajar de una manera colaborativa, compartiendo información precisa y actualizada en tiempo real a través un entorno virtual y común de datos.

Gracias a las auditorías multidisciplinares realizadas a los modelos tridimensionales en las fases de diseño y planificación, se pudo detectar de manera temprana conflictos y colisiones entre las distintas disciplinas intervinientes en el proyecto; lo que pudo evitar que, en la fase de construcción se tenga que corregir o solventar dichas complicaciones,

Gracias a la identificación y corrección de colisiones y a la programación de obra desarrollada en la fase de diseño y planificación se demostró que durante la ejecución de la obra gris del proyecto se pudo haber ahorrado un 33.33% de tiempo en el cronograma (3 meses), un valor de \$ USD 144,450.00 en el coste de la estructura y un valor de \$ USD 8.783,73 en la arquitectura del Nivel +4.000 (área de quirófanos); lo que nos encaminaría a un retorno de inversión más rápido, una exposición temprana de la marca en el mercado antes que nuestros competidores y una generación ingresos antes de lo previsto.

Finalmente, se ha podido corroborar que el BIM además de todo lo expresado anteriormente, nos permite una adecuada gestión de los recursos humanos, financieros, materiales y tecnológicos necesarios para la construcción, evitando imprevistos, escasez y retrasos durante la ejecución de un proyecto.



7.2 Recomendaciones:

Se recomienda mantener un canal de comunicación activo entre las partes, con relación a lo establecido en el BEP, para garantizar el correcto desarrollo de todas las ingenierías del proyecto.

Para el desarrollo del manual de estilo, protocolo de modelado y plantillas es indispensable que el coordinador BIM involucre a los diferentes Líderes de cada disciplina previo a la entrega oficial de la documentación y al desarrollo del modelado 3D, para garantizar que las necesidades de cada disciplina sean correctamente programadas en los elementos previamente mencionados, de esta manera se garantiza un trabajo de modelado más fluido y seguro.

Se recomienda definir y aprobar los flujos de trabajo generales y disciplinares, los cuales permitan a todos los miembros del equipo entender claramente la forma de proceder en cada una de sus labores dentro del proyecto, previo al inicio de la generación de información de cada disciplina.

Es indispensable identificar adecuadamente los interesados “Stakeholders” que pueda tener el proyecto a realizar, y garantizar su participación para unificar y garantizar que todas las necesidades sean solventadas con el producto final.

Esta metodología de trabajo para la gestión de un proyecto sin duda es el futuro de la Industria AEC del Ecuador y el mundo, pues nos encamina hacia la eficiencia, logrando que se alcancen parámetros y objetivos determinados incluso por debajo de los plazos establecidos. por lo que se recomienda a los entes gubernamentales profundizar y generar una normativa nacional BIM, que permita a las entidades públicas y privadas optimizar y mejorar los procesos en todas las distintas fases de un proyecto.



Capítulo 8: Referencias Bibliográficas

- ACCIONA. (2020). *BUILDING INFORMATION MODELING BIM*. Obtenido de https://www.acciona.com/es/proyectos/bim/?_adin=02021864894
- Autodesk. (2023). *VENTAJAS DE BIM*. Obtenido de ¿CUÁLES SON LAS VENTAJAS DE BIM?: <https://www.autodesk.mx/solutions/bim/benefits-of-bim#why-is-bim-important>
- Autodesk University. (2022). *Norma ISO 19650, el entorno común de datos y Autodesk Construction Cloud*. Obtenido de <https://www.autodesk.com/autodesk-university/es/article/ISO-19650-Common-Data-Environment-and-Autodesk-Construction-Cloud-2021#:~:text=La%20norma%20ISO%2019650%20establece,con%20ayuda%20de%20la%20tecnolog%C3%ADa>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). *ENCUESTA BIM AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE 2020*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/encuesta-bim-america-latina-y-el-caribe-2020>
- BIMe Initiative. (2019). *BIM Dictionary*. Obtenido de Quality Management (QM): <https://bimdictionary.com/en/quality-management/1>
- BIMe Initiative. (2019). *BIM Dictionary*. Obtenido de Interoperability: <https://bimdictionary.com/en/interoperability/1>
- Building SMART Spain. (Mayo de 2021). *INTRODUCCIÓN A LA SERIE EN ISO 19650*. Obtenido de <https://www.buildingsmart.es/recursos/en-iso-19650/>
- BuildingSMART International. (2023). *Industry Foundation Classes (IFC)*. Obtenido de <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc>



BuildingSMART International. (2023). *What is openBIM®?* Obtenido de <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/openbim-definition/>

BuildingSMART Spain. (2022). *¿Qué es BIM?* Obtenido de <https://www.buildingsmart.es/bim/qu%C3%A9-es/>

BuildingSmart Spain. (2023). *Manual de Nomenclatura de Documentos al utilizar BIM.* Obtenido de <https://www.buildingsmart.es/recursos/nomenclatura-documentos-bim/>

Cekin, E., & Seyis, S. (2020). *BIM Execution Plan based on BS EN ISO 19650-1 and BS EN ISO.* Obtenido de <https://eresearch.ozyegin.edu.tr/bitstream/handle/10679/7657/BIM%20execution%20plan%20based%20on%20BS%20EN%20ISO%2019650%e2%80%901%20and%20BS%20EN%20ISO%2019650%e2%80%902%20standards.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Coloma, E., & Garcés, J.-M. (2022). *Control de calidad de los modelos.* Obtenido de <https://www.buildingsmart.es/recursos/comunicaci%C3%B3n-con-bcf/control-de-calidad-de-los-modelos/>

EN ISO 19650-1. Organización Internacional de Normalización. (2018). *Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling). Parte 1: Conceptos y principios. (ISO 19650-1:2018).*

Hidroplan Cia. Ltda. (2022). *¿Qué es el BIM y por qué es tan importante para el diseño de proyectos?* Obtenido de <https://www.hidroplan.com.ec/post/qu%C3%A9-es->



el-bim-y-por-qu%C3%A9-es-tan-importante-para-el-dise%C3%B1o-de-proyectos

Moon , L. (2019). *¿Qué es un flujo de trabajo y para qué se usa?* Obtenido de <https://blog.trello.com/es/que-es-un-flujo-de-trabajo-ejemplo>

Organización Internacional de Normalización. EN ISO 19650-2. (2018). *EN ISO 19650-2. Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling). Parte 2: Fase de entrega del activo. (ISO 19650-2: 2018).*

Planbim, Comité de Transformación Digital, Corfo. (2019). *Roles BIM y Matriz de Roles BIM.* Obtenido de <https://planbim.cl/documentos/matriz-roles/matriz-roles/matriz-roles-enlace/>

PlanGrid; FMI. (2018). *2018 Industry Report. Construction Disconnected.* Obtenido de https://constructionblog.autodesk.com/wp-content/uploads/2023/03/Construction_Disconnected.pdf

Ruiz, A. (2021). *El crecimiento de la digitalización en construcción y el sector AEC.* Obtenido de <https://checktobuild.com/digitalizacion-en-construccion/#auto-popup>

SACYR. (2023). *DIGITALIZACIÓN E INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA CONSTRUIR EDIFICIOS CON BIM.* Obtenido de <https://www.sacyr.com/-/digitalizacion-e-inteligencia-artificial-para-construir-edificios-con-bim#:~:text=Este%20modelo%20permite%20gestionar%20la,%2C%20renovaci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n.>



- Soto, C., Manriquez , S., Tala, N., Sauznabar, C., & Henriquez, P. (2022). *Guía para la implementación de Building Information Modelling a nivel de pilotos en proyectos de construcción pública*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Guia-para-la-implementacion-de-Building-Information-Modelling-a-nivel-de-pilotos-en-proyectos-de-construccion-publica.pdf>
- United Nations Population Fund. (2022). *World Population Dashboard*. Obtenido de <https://www.unfpa.org/data/world-population-dashboard>
- United Nations. Department of Economic and Social Affairs. (2022). *World Population Prospects 2022*. Obtenido de <https://population.un.org/wpp/>
- Uribe & Schwarzkopf. (s.f.). *Grandes ideas para que logres terminar tu carrera de arquitectura*. Obtenido de <https://blog.uribeschwarzkopf.com/grandes-ideas-para-que-logres-terminar-tu-carrera-de-arquitectura>

Capítulo 9: ANEXOS

Tabla 68. Tabla de Anexos. (Elaboración Propia)

Anexo #	Nombre del Archivo	Contenido	Formato
ANEXO 1	MB_G2_BEP	Plan de Ejecución BIM.	Pdf
ANEXO 2	MB_G2_EIR	Requerimientos del Cliente.	Pdf
ANEXO 3	MB_G2_PROTOCOLO.MODELADO	Protocolo de modelado	Xls
ANEXO 4	MB-G2-Plantilla_Estructural	Plantilla Estructural	Rte
ANEXO 5	MB_G2_EST_FLUJOS	Flujos de trabajo internos área de Estructura	Pdf
ANEXO 6	MB_G2_EST_MODELO	Modelo 3d Alt. 1	Rvt
ANEXO 7	MB_G2_EST_MODELO_LOSA_POSTENSADA	Modelo 3d Alt. 2	Rvt
ANEXO 8	MB_G2_EST_AUDIT_INTERO P_ALT1	Informe de auditoría de interoperabilidad y buenas prácticas Alt. 1	Pdf, xls
ANEXO 9	MB_G2_EST_AUDIT_INTERO P_ALT2	Informe de auditoría de interoperabilidad y buenas prácticas Alt. 2	Psf, xls
ANEXO 10	MB_G2_EST_MODELO	Modelo exportado en formato NWC	Nwc
ANEXO 11	MB_G2_EST_MODELO_LOSA_POSTENSADA	Modelo exportado en formato NWC	Nwc
ANEXO 12	Analisis_Detec_Interf_MB-G2-EST	Análisis de detección de interferencias Estructura vs Estructura	Nwf
ANEXO 13	Informe_Detec_Interf_MB-G2-EST	Informe de detección de interferencias	Pdf
ANEXO 14	Informe_Correccion_Interf_MB-G2-EST	Informe de corrección de interferencias	Pdf
ANEXO 15	Informe_Correccion_Interf_MB-G2-EST_files	Fotos de corrección de interferencias	Carpeta
ANEXO 16	Informe_Detec_Interf_MB-G2-EST_files	Fotos de detección de interferencias	Carpeta

ANEXO 17	MB_G2_EST_4D_5D_ALT1	Presto con análisis 4d y 5d Alt 1	Presto
ANEXO 18	MB_G2_4D_EST_ALT1	Cronograma Alt. 1	Pdf
ANEXO 19	MB_G2_PRES_EST_ALT1_ITEMS	Presupuesto desglosado por Items Alt 1	Pdf
ANEXO 20	MB_G2_PRES_EST_ALT1_NIVELES	Presupuesto por Niveles Alt 1	Pdf, xls
ANEXO 21	MB_G2_PRES_EST_ALT1_PUNIT	Presupuesto por Precio Unitario	Pdf
ANEXO 22	MB_G2_EST_SIMULACION_ALT1	Simulación Constructiva Alt 1	Mp4
ANEXO 23	MB_G2_EST_4D_5D_ALT2	Presto con análisis 4d y 5d Alt. 2	Presto
ANEXO 24	MB_G2_4D_EST_ALT2	Cronograma Alt. 2	Pdf
ANEXO 25	MB_G2_PRES_EST_ALT2_ITEMS	Presupuesto desglosado por Items Alt. 2	Pdf
ANEXO 26	MB_G2_PRES_EST_ALT2_NIVELES	Presupuesto por Niveles Alt. 2	Pdf, xls
ANEXO 27	MB_G2_PRES_EST_ALT2_PUNIT	Presupuesto por Precio Unitario	Pdf
ANEXO 28	MB_G2_EST_SIMULACION_ALT2	Simulación Constructiva Alt. 2	Mp4
ANEXO 29	MB_G2_INFORME_ALTERNATIVAS_EST	Análisis de alternativas estructurales, comparativo precios y costos, viabilidad técnica.	Pdf
ANEXO 30	MB_G2_ANEXO_ANALISIS_BIM_TRADICIONAL	Análisis metodología bim vs metodología tradicional, monetario	Xls
ANEXO 31	MB_G2_EST_ANEXO_ANALISIS_ALTERNATIVAS	Análisis alt1 vs alt 2 estructura, monetario	Pdf
ANEXO 32	MB_G2_INFORME_BIM_TRADICIONAL	Análisis metodología bim vs metodología tradicional	PDF



ANEXO 33	MB_G2_EST_PLANO_E01	Plano: Isometría	Pdf
ANEXO 34	MB_G2_EST_PLANO_E02	Plano: Planta y losa N+4.00	Pdf
ANEXO 35	MB_G2_EST_PLANO_E03	Plano: Columnas N+4.00	Pdf
ANEXO 36	MB_G2_EST_PLANO_E04	Plano: Vigas 1 N+4.00	Pdf
ANEXO 37	MB_G2_EST_PLANO_E05	Plano: Vigas N+4.00 _2	Pdf
ANEXO 38	MB_G2_EST_PLANO_E06	Plano: Vigas N+4.00 _detalle armado	Pdf