



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**

Título del Trabajo de Titulación

**GESTION BIM DEL CENTRO INTERCULTURAL MODULAR – ROL
COORDINADOR BIM**

Diana Ximena Dueñas Carrillo

Quito, octubre de 2023

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, DIANA XIMENA DUEÑAS CARRILLO, con cédula de identidad 171419128-3, 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 2023

Diana Ximena Dueñas Carrillo

Correo electrónico: diana.duenas.arq@gmail.com



DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“GESTION BIM DEL CENTRO INTERCULTURAL MODULAR – ROL
COORDINADOR BIM”**

Realizado por:

DIANA XIMENA DUEÑAS CARRILLO

como Requisito para la Obtención del Título de:

MAGISTER EN GERENCIA DE PROYECTOS BIM

ha sido dirigido por el profesor

LUIS ALBERTO SORIA NUÑEZ

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

FIRMA



**GESTION BIM DEL CENTRO INTERCULTURAL MODULAR- ROL
COORDINADOR BIM**

Por

Diana Ximena Dueñas Carrillo

Octubre 2023

Aprobado:

Ing. Luis Alberto Soria Núñez, Tutor

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Presidente del Tribunal

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Miembro del Tribunal

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Miembro del Tribunal

Aceptado y Firmado: _____ octubre, 2023

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Aceptado y Firmado: _____ octubre, 2023

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Aceptado y Firmado: _____ octubre, 2023

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

_____ octubre, 2023

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Presidente(a) del Tribunal

Universidad Internacional SEK



Dedicatoria

Dedico este trabajo de tesis a mis padres, por ser pilar fundamental de mi formación personal y profesional y a mis hijas por ser el motor de mi vida, mi impulso a ser mejor y a seguir creciendo de manera personal, profesional y espiritual.



Agradecimiento

A mi amada familia, por su apoyo incondicional

A mis profesores de maestría, por compartir su conocimiento y experiencia profesional.

A la Universidad SEK, por brindar las facilidades, instalaciones y soporte para que la enseñanza - aprendizaje haya sido posible.

A mis compañeros de tesis, por aunar esfuerzos, tiempo y trabajo colaborativo para la obtención de este trabajo profesional.

A Dios, mi incondicional compañero de vida.

Resumen

La metodología BIM, de aplicación cada vez mayor a nivel mundial, facilita y optimiza los procesos constructivos de edificaciones, en el sentido de viabilizar los procesos colaborativos intrínsecos que por naturaleza tienen la planificación, diseño y construcción de proyectos edilicios al combinar las distintas disciplinas que los componen. BIM, es una metodología que ha transformado de manera digital el proceso de coordinación multidisciplinar que otrora se llevaba a cabo de manera manual entre las diferentes disciplinas que componen un proyecto, utilizando la normativa ISO 19650, agilizando su proceso y ampliando el espectro del mismo, al abarcar todas las fases del ciclo de vida de los proyectos, desde el planteamiento de sus necesidades, su planificación, construcción, operación, mantenimiento, hasta su derrocamiento y culminación de su vida útil, facilitando procesos y comparativas respecto a los costos y plazos del mismo.

En este documento académico, se describen los procesos, protocolos, actividades y documentación que lleva a cabo y genera el rol de Coordinación BIM, en el cual la coordinación multidisciplinar entre las diferentes disciplinas, y el trabajo colaborativo que implica, permiten la detección oportuna de colisiones en un modelo federado digital. De manera paralela, las auditorías y revisiones, garantizan la calidad del modelo y su posterior uso fiable en obra.

Palabras clave: BIM, ISO 19650, multidisciplinar, coordinación, colaborativo, ciclo de vida

Abstract

The BIM methodology, of increasing global implementation, facilitates and optimizes the construction processes of buildings, in the sense of making viable the intrinsic collaborative processes that by nature have the planning, design and construction of building projects by combining the different disciplines that compose them. BIM is a methodology that has digitally transformed the multidisciplinary coordination process that was once carried out manually between the different disciplines that make up a project, using the ISO 19650 standard, streamlining the process and expanding the spectrum of the same, to cover all phases of the life cycle of projects, from the approach of their needs, planning, construction, operation, maintenance, until its overthrow and completion of its useful life, facilitating processes and comparisons regarding the costs and deadlines of the same.

This academic paper describes the processes, protocols, activities and documentation that the BIM Coordination role carries out and generates, in which the multidisciplinary coordination between the different disciplines, and the collaborative work involved, allow the timely detection of collisions in a digital federated model. In parallel, audits and reviews ensure the quality of the model and its subsequent reliable use on site.

Keywords: BIM, ISO 19650, multidisciplinary, coordination, collaborative, life cycle

Tabla de Contenidos

1	Capítulo 1: Introducción.....	7
1.1	Roles BIM	9
1.1.1	BIM Manager:	10
1.1.2	BIM Coordinator:	10
1.1.3	Líder Arquitectura:	10
1.1.4	Líder MEP:	10
1.1.5	Líder de sostenibilidad:	10
2	Capítulo 2: Descripción del Proyecto	11
2.1	Introducción. -	11
2.2	Antecedentes. –.....	12
2.3	Descripción del proyecto. -.....	15
2.4	Objetivo general del proyecto de tesis.....	23
2.5	Objetivos específicos.....	23
3	Capítulo 3: Metodología BIM.....	24
3.1	Qué es BIM:	24
3.2	Funcionamiento del BIM.....	25
3.2.1	Common Data Environment (CDE).....	25
3.3	Niveles o fases BIM	26
3.3.1	Nivel 0 BIM.....	27
3.3.2	Nivel 1 BIM.....	28
3.3.3	Nivel 2 BIM.....	28
3.3.4	Nivel 3 BIM.....	28
3.4	Niveles de desarrollo	29



3.4.1	LOD 100 - Conceptual	29
3.4.2	LOD 200 - Geometría.....	30
3.4.3	LOD 300 - Construcción	31
3.4.4	LOD 350 - Coordinación y colisiones.....	32
3.4.5	LOD 400 - Fabricación.....	32
3.4.6	LOD 500 - As Built	33
3.4.7	LOD 600.....	34
3.5	Marco Teórico Metodología BIM, Norma ISO 19650.....	35
3.6	Fundamentos de la Norma ISO 19650	39
3.7	Importancia de la metodología BIM en la industria de la construcción.....	43
3.8	Importancia de la Implementación BIM en el Proyecto.....	45
4	Capítulo 4: EIR (EMPLOYER´S INFORMATION REQUIREMENT)	45
5	Capítulo 5: BEP (BIM EXECUTION PLAN)	50
6	Capítulo 6: Detalle de rol – Coordinador BIM.....	53
6.1	Perfil del rol.....	53
6.2	Estructura Organizacional de roles BIM	53
6.3	Responsabilidades del Coordinador BIM.....	54
6.4	Objetivos del Rol de Coordinador BIM	55
6.4.1	Objetivo General	55
6.5	Funciones generales del Coordinador BIM	55
6.6	Actividades dentro del rol	57
6.7	Desarrollo del rol.....	57
6.7.1	Fase inicial del proyecto BIM	58
6.7.2	Fase de desarrollo del proyecto BIM.....	58

6.7.3	Fase de resultados del proyecto BIM	60
6.7.4	Productos obtenidos del rol de Coordinación BIM	60
6.7.4.1	Configuración del Entorno Común de Datos – ECD – CIM	60
6.7.4.2	Provisión de insumos de trabajo a las diferentes disciplinas - CIM	63
6.7.4.3	Protocolo de Modelado - CIM	64
6.7.5	Coordinación y gestión de información grupal	65
6.7.6	Flujos de Trabajo – CIM	66
6.7.7	Revisión y aprobación de modelos BIM	67
6.7.7.1	Auditoría de modelos – CIM.....	67
6.7.8	Coordinación Multidisciplinar – CIM.....	68
6.7.8.1	Hitos de Coordinación - CIM.....	70
6.7.8.2	Matriz de Colisiones/Interferencias – CIM.....	71
6.7.8.3	Reporte de Colisiones – CIM.....	73
6.7.9	Modelo Federado.....	76
6.7.10	Cronograma de construcción del proyecto – Modelo 4D.....	77
6.7.11	Presupuesto del Proyecto - Modelo 5D - CIM.....	79
6.8	Aplicación de criterios de Sostenibilidad - Modelo 6D	80
6.9	Simulación Constructiva	81
6.10	Conclusiones y Recomendaciones	82
6.11	Bibliografía.....	84

Lista de Tablas

Tabla 1 – Coordenadas geográficas del proyecto.....	14
Tabla 2 – Áreas definidas en el proyecto.	16
Tabla 3 – Cuadro de áreas del proyecto.	18
Tabla 4 – Cargas equipos eléctricos.	21
Tabla 5 – Cálculo de cantidad de paneles fotovoltaicos.....	22
Tabla 6 – Modelado por elementos – disciplina Arquitectura	64
Tabla 7 – Hitos de coordinación del CIM.	70
Tabla 8 – Matriz de colisiones - CIM.....	71
Tabla 9 – Matriz de categorización de prioridades – CIM.....	72
Tabla 10 – Reporte de colisiones a atenderse.....	74
Tabla 11 – Reporte de colisiones RESUELTAS.....	75
Tabla 12 – Cronograma del proyecto – Modelo 4D.....	78
Tabla 13 – Presupuesto resumen del proyecto – Modelo 5D.....	79

Lista de Figuras

Figura 1. Container de 20 pies (13.81 m2).....	11
Figura 2. Container de 40 pies (28.15 m2).....	12
Figura 3. Ubicación del terreno donde se implantará el proyecto – Calderón, Quito, Ecuador.....	13
Figura 4. Implantación del terreno del proyecto.	14
Figura 5. Ubicación áreas del Centro Intercultural Modular.....	15
Figura 6. Vista Noreste (Unidad Comercio).....	16
Figura 7. Vista Suroeste (Unidad Intercultural)	17
Figura 8. Implantación del Centro Intercultural Modular	18
Figura 9. Modelo Base – Perspectiva Suroeste del proyecto	19
Figura 10. Modelo Base – Implantación Centro Intercultural Modular.....	20
Figura 11. Modelo Sostenible – Perspectiva Suroeste proyecto	22
Figura 12. Modelo Sostenible –Implantación del proyecto.....	23
Figura 13. Ciclo de la metodología BIM.....	25
Figura 14. Ciclo de la metodología BIM.....	26
Figura 15. Niveles de implementación de la metodología BIM.....	27
Figura 16. Representación modelo LOD 000 - 2D.....	29
Figura 17. Representación modelo LOD 100.....	30
Figura 18. Representación modelo LOD 200.....	31
Figura 19. Representación modelo LOD 300.....	31

Figura 20. Interferencia de una zapata de hormigón con una caja de revisión	32
Figura 21. Representación modelo LOD 400.....	33
Figura 22. Representación modelo LOD 500.....	34
Figura 23. Representación modelo LOD 600.....	34
Figura 24. Volúmenes ISO 19650.....	37
Figura 25. Infografía ISO 19650	38
Figura 26. Representación proyecto con metodología BIM.....	39
Figura 27. Esquema gráfico del contenido del BEP.....	54
Figura 28. Organización de carpetas y subcarpetas en el ECD – Grupo 1.....	62
Figura 29. Plantilla de modelo – disciplina Arquitectura.....	63
Figura 30. Incidencia ejemplo.....	65
Figura 31. Flujo principal de Coordinación BIM.....	66
Figura 32. Resumen de la Auditoría realizada al modelo completo del CIM.....	67
Figura 33. Gestión de modelos auditados.....	68
Figura 34. Gestión de colisiones multidisciplinar entre modelos auditados.....	69
Figura 35. Ejemplo de colisión entre zapata de hormigón y tubería de AA.SS.....	72
Figura 36. Flujo de información del CDE del proyecto.....	76
Figura 37. Cuadro resumen del cronograma del proyecto.....	77
Figura 38. Modelo 6D.....	80
Figura 39. Imágenes avance de construcción del proyecto.....	81

Capítulo 1: Introducción

En los últimos años en Latinoamérica, el sector de la construcción utiliza para el análisis, gestión y seguimiento de sus proyectos, varias herramientas tecnológicas, entre las que se encuentra la metodología BIM (Building Information Modeling) y metodología PMI (Project Management Institute), estas metodologías o herramientas han proporcionado una serie de beneficios significativos para el desarrollo y ejecución de proyectos. Estas herramientas permiten mejorar la eficiencia, la calidad y la colaboración en todas las etapas del ciclo de vida de la construcción, desde la planificación y el diseño hasta la construcción y la operación de los bienes construidos.

La metodología BIM utiliza modelos tridimensionales inteligentes para representar el diseño, la construcción y las operaciones de un proyecto; proporciona una plataforma centralizada para la colaboración entre los diferentes actores (stakeholders) involucrados en los proyectos, como arquitectos, ingenieros, contratistas y propietarios. Algunos beneficios de la aplicación de la metodología BIM en el sector de la construcción son:

1. **Diseño y visualización:** La metodología BIM permite crear modelos tridimensionales detallados que facilitan la comprensión del diseño por parte de todos los interesados, esto ayuda a minimizar errores y conflictos durante la etapa de diseño, lo que a su vez reduce los costos y los re-trabajos en la etapa de construcción.
2. **Coordinación y detección de conflictos:** Al integrar los modelos de diferentes disciplinas, como arquitectura, estructuras y MEP, la metodología BIM ayuda a identificar y resolver conflictos de diseño antes de que ocurran en la construcción

física, esto mejora la eficiencia (menores tiempos de desarrollo) y reduce los problemas durante la ejecución del proyecto.

3. **Programación y planificación:** Las herramientas con las que se cuenta en la metodología BIM, permiten realizar una programación virtual del proyecto, lo que ayuda a identificar posibles retrasos o superposiciones de actividades a lo largo del tiempo de ejecución de la obra. Esto permite optimizar la secuencia de trabajo y mejorar la gestión del cronograma, lo que repercute en ahorros económicos.
4. **Estimación de costos y control:** Mediante las herramientas de la metodología BIM se generan estimaciones de costos más precisas al vincular los elementos del modelo con los precios de los materiales y la mano de obra en tiempo real. Además, durante la construcción, se facilita el seguimiento y el control de los costos mediante la comparación entre el avance real y el planificado de la obra.

Por otro lado, la metodología del PMI se enfoca en la gestión de proyectos, esta metodología es reconocida a nivel internacional por lo que se ha comprobado que proporciona un enfoque estructurado para la planificación, ejecución, seguimiento y control de proyectos. Algunos beneficios del PMI en el sector de la construcción son:

1. **Gestión del alcance:** El PMI ayuda a definir claramente el alcance del proyecto, estableciendo objetivos y entregables específicos. Esto permite evitar cambios no autorizados y mantener el proyecto dentro de los límites establecidos.
2. **Gestión del tiempo:** El PMI utiliza técnicas de programación y planificación, como el diagrama de Gantt, para establecer cronogramas realistas y realizar un

seguimiento del progreso del proyecto. Esto ayuda a evitar retrasos y a cumplir con los plazos establecidos.

3. **Gestión de costos:** El PMI proporciona herramientas y técnicas para estimar y controlar los costos del proyecto, permite desarrollar presupuestos detallados, realizar seguimiento de los gastos y gestionar eficientemente los recursos financieros disponibles.
4. **Gestión de riesgos:** El PMI fomenta la identificación temprana de riesgos y la implementación de estrategias para mitigarlos, esto ayuda a reducir la probabilidad de problemas y a manejar eficazmente los riesgos que se presenten durante la ejecución del proyecto.

Al combinar las fortalezas de la metodología BIM y la metodología del PMI, las empresas del sector de la construcción pueden lograr una gestión más eficiente de los proyectos, reducir los costos, mejorar la calidad y aumentar la satisfacción del cliente. La integración de estas herramientas permite una colaboración más estrecha entre los equipos de diseño y construcción, facilitando la toma de decisiones informadas y la entrega exitosa de proyectos en tiempo y forma.

1.1 Roles BIM

Para el desarrollo del presente proyecto se cuenta con la participación de 5 profesionales de distintas ramas de la ingeniería y arquitectura, estos colaboradores desarrollarán diferentes roles dentro del entorno BIM, estas funciones específicas garantizan el éxito de un proyecto.

A continuación, se presentan breves descripciones de los roles en el contexto de BIM aplicables en el presente proyecto:

1.1.1 BIM Manager: Es responsable de coordinar y supervisar la implementación del proceso BIM en un proyecto. Este rol se encarga de establecer los estándares BIM, capacitar al equipo, coordinar la colaboración entre los diferentes participantes y asegurarse de que se cumplan los objetivos y las entregas en BIM.

1.1.2 BIM Coordinator: Se encarga de gestionar la coordinación entre las diferentes disciplinas y equipos de diseño y construcción involucrados en el proyecto. Su objetivo principal es identificar y resolver posibles conflictos o incompatibilidades en los modelos BIM, asegurando la integración y la coherencia en el diseño.

1.1.3 Líder Arquitectura: Es responsable de crear y desarrollar los modelos tridimensionales en el entorno BIM referente al área de arquitectura, utiliza software especializado para generar elementos constructivos virtuales con información detallada, como geometría, propiedades físicas y datos específicos del proyecto.

1.1.4 Líder MEP: Se enfoca en el diseño y la integración de sistemas específicos, como sistemas hidrosanitarios y eléctricos, su función es garantizar que los sistemas estén correctamente modelados y coordinados, cumpliendo con los estándares y requisitos del proyecto.

1.1.5 Líder de sostenibilidad: Este rol se enfoca en el desarrollo del estudio de sostenibilidad del proyecto, está inmerso en la ubicación geoespacial del proyecto (asoleamiento), realiza comparativas de eficiencia de iluminación, determina

parámetros bajo normativa nacional para poder conocer el grado de sustentabilidad del proyecto.

Capítulo 2: Descripción del Proyecto

2.1 Introducción. -

El proyecto se plantea en base al módulo que generan los contenedores marítimos, para desarrollar un proyecto mixto, comercial y cultural y que por su estructura modular nos permite reducir el tiempo de construcción. Por otra parte, plantea aspectos importantes referentes a la sostenibilidad ambiental, al permitir la reutilización de estos elementos metálicos que caso contrario se convertirían en chatarra. Los contenedores que vamos a utilizar son de 20 pies con un área de 13.81 m² (largo interno 5.90 m, ancho interno 2.34m, altura interna 2.40m) área interna a utilizarse. Con un volumen interno de 33.13 m³.

Figura 1. Container de 20 pies (13.81 m²).

20 pies estándar (dry cargo) 20'x8'x6'



MEDIDAS	EXTERNA		INTERNA		PUERTA ABIERTA	
	Metros	Pies	Metros	Pies	Metros	Pies
LARGO	6.05	20'	5.90	19'4"		
ANCHO	2.43	8'	2.34	7'8"	2.33	7'8"
ALTO	2.59	8'6"	2.40	8'6"	2.29	7'6"

Fuente: Customs-union-services

Y contenedores de 40 pies con un área de 28.15 m² (largo interno 12.03 m, ancho interno 2.34m, altura interna 2.40m) área interna a utilizarse. Con un volumen interno de 67.56 m³.

Figura 2. Container de 40 pies (28.15 m²).

40 pies high cube standard (dry cargo) 40'x8'x9'6"



MEDIDAS	EXTERNA		INTERNA		PUERTA ABIERTA	
	Metros	Pies	Metros	Pies	Metros	Pies
LARGO	12.19	40'	12.03	39'6"		
ANCHO	2.43	8'	2.34	7'8"	2.33	7'8"
ALTO	2.89	8'11"	2.59	8'6"	2.29	7'6"

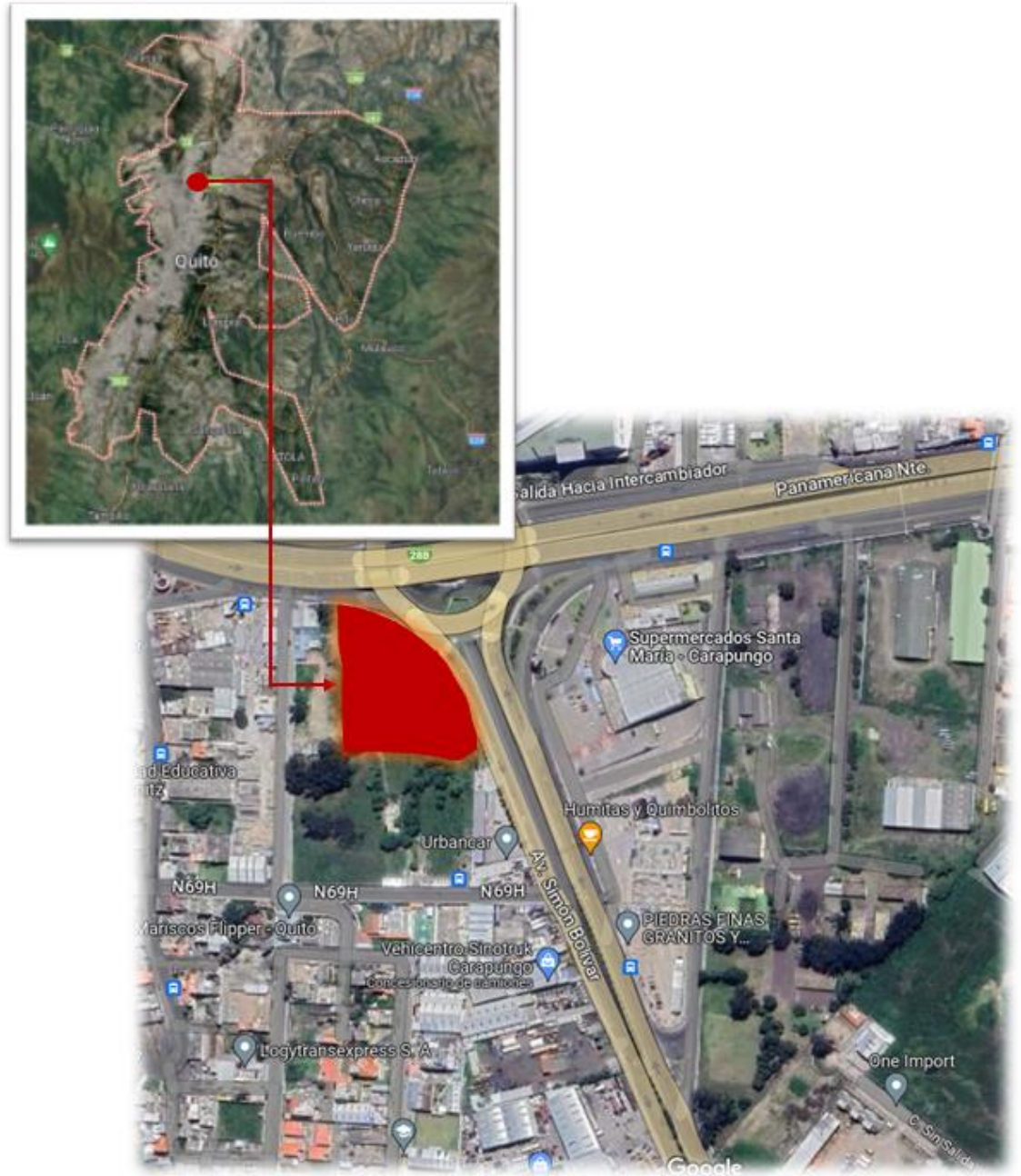
Fuente: Customs-union-services

2.2 Antecedentes. –

El terreno para el Centro Intercultural Modular se encuentra ubicado en la ciudad de Quito, parroquia Calderón, barrio La Eloísa, predio 376491, con un área de 4.269,22 m², en la Av. Simón Bolívar y Av. Panamericana, el ingreso y salida vehicular / peatonal es por la Av. Simón Bolívar.



Figura 3. Ubicación del terreno donde se implantará el proyecto – Calderón, Quito, Ecuador



Fuente: maps.google (<https://maps.google.com>)

Elaboración propia

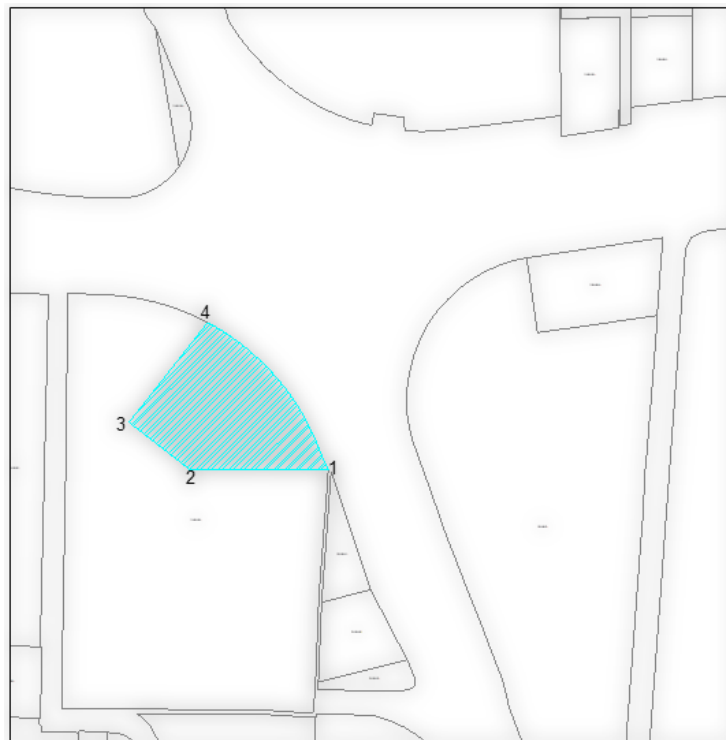
Las coordenadas del terreno son las siguientes:

Tabla 1 – Coordenadas geográficas del proyecto.

LADO		DISTANCIA	FV	COORDENADAS	
EST	PV			N-y	E-x
1	2	12.46	2	9987786.6227	504588.1940
2	3	27.13	3	9987810.1142	504558.1139
3	4	11.52	4	9987859.7155	504596.9201
4	1	27.00	1	9987786.6227	504656.6205
ÁREA LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO = 4.269,22 M2					

Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Implantación del terreno del proyecto.



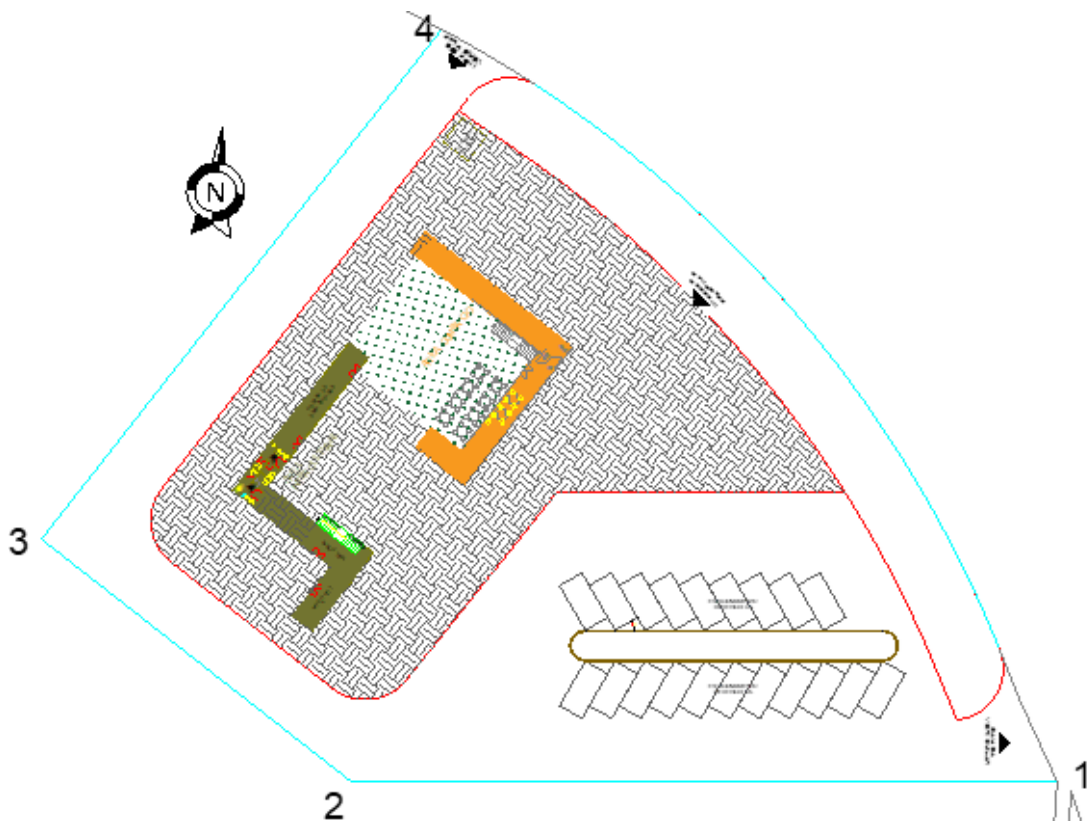
Fuente: Elaboración propia

2.3 Descripción del proyecto. -

El Centro Intercultural Modular (CIM) está constituido de 5 contenedores metálicos de 40 pies (28,15m²) y 4 contenedores de 20 pies (13,806m²), se interactúa las funciones en dos niveles, dando un área total de 266,03 m². Los contenedores marítimos de 20 y 40 pies por su diseño estructural pueden resistir su colocación apilados entre 2 niveles.

El proyecto CIM se encuentra conformado con una unidad comercial y una unidad Intercultural:

Figura 5. Ubicación áreas del Centro Intercultural Modular.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 – Áreas definidas en el proyecto.

ÁREA DE COMERCIO
ÁREA INTERCULTURAL

Fuente: Elaboración propia

La unidad de comercio se ubica al norte del terreno, está desarrollado en 2 plantas. En planta baja se encuentra el restaurante con su comedor interior, baterías sanitarias y en la segunda planta se encuentra un segundo comedor interior con un área exterior, que conforma un mirador espectacular.

Figura 6. Vista Noreste (Unidad Comercio)



Fuente: Elaboración propia

La unidad Intercultural se ubica al sur del terreno, cerca de los estacionamientos, está desarrollado en 2 plantas. En planta baja se encuentra el Centro de Exposiciones, baterías

sanitarias, Ludoteca y Biblioteca y en una segunda planta se encuentra el Teatro con un área exterior.

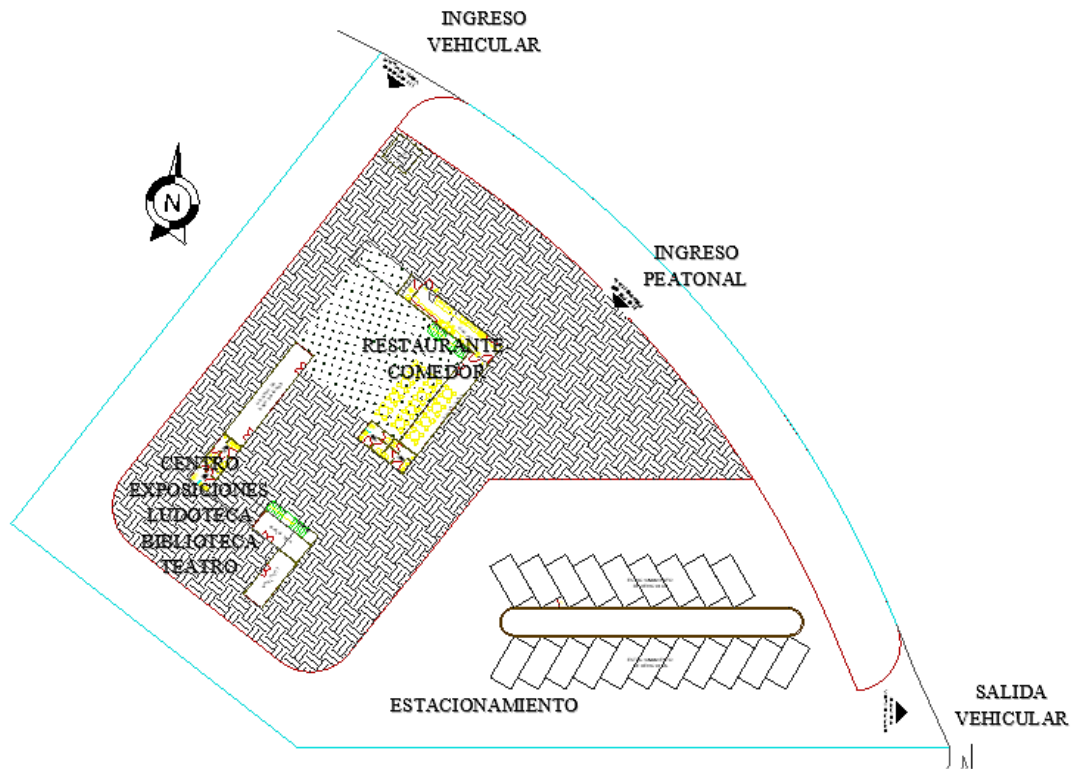
Figura 7. Vista Suroeste (Unidad Intercultural)



Fuente: Elaboración propia

Dentro de la ejecución del proyecto Centro Intercultural Modular hemos implementado el desarrollo BIM para lo cual se ha dividido el trabajo en dos etapas, la primera nuestro MODELO BASE en el cual mostramos la distribución e interconexión de las unidades de comercio, así como el referente a cultura, con sus ingresos, espacios recreacionales, áreas verdes y de estacionamiento. En una etapa posterior, se realiza la implementación de los criterios de Sostenibilidad para el proyecto. El Modelo Base se encuentra distribuido de la siguiente manera:

Figura 8. Implantación del Centro Intercultural Modular



Fuente: *Elaboración propia*

Las áreas del Centro Intercultural son las siguientes

Tabla 3 – Cuadro de áreas del proyecto.

AREAS DE ESPACIOS		
NO	Descripción	m2
1	Cocina	25.96
2	Vestidores	3.66
3	Comedor PB	29.62
4	S.S.H.H.	14.70
5	Comedor PA	29.62

6	Comedor Exterior PA	59.13
7	Centro de Exposiciones	29.62
8	Biblioteca	14.70
9	Ludoteca	14.70
10	S.S.H.H.	14.70
11	Teatro	29.62
	TOTAL	266.03

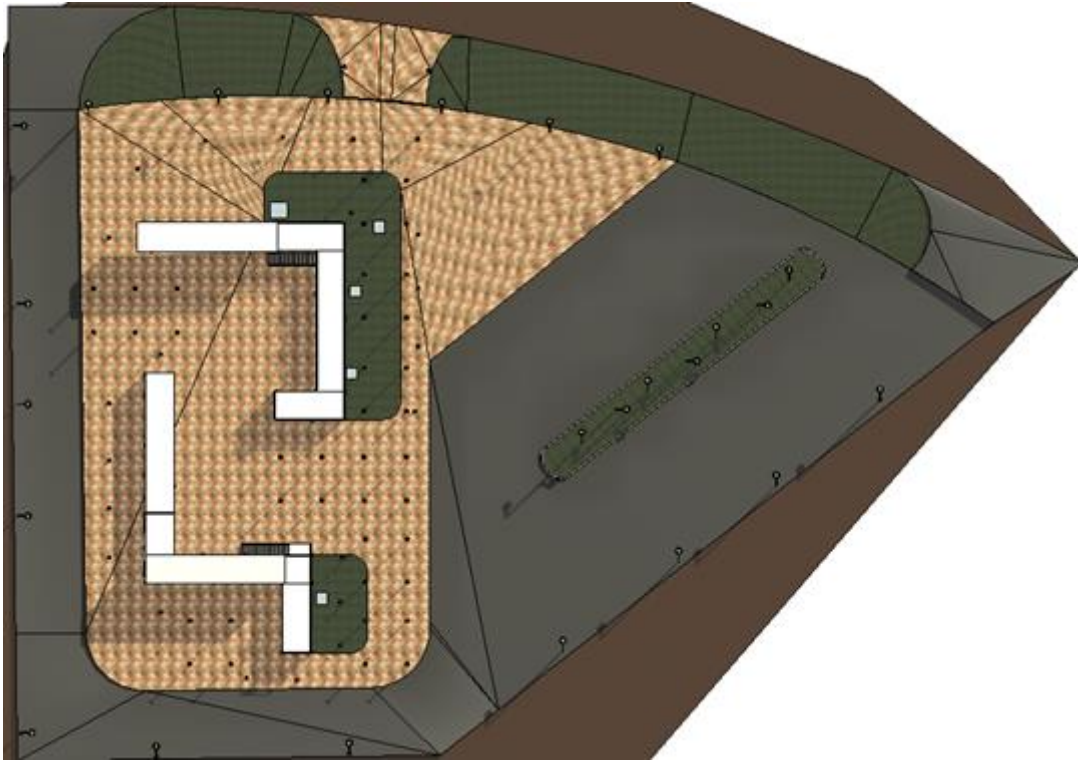
Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Modelo Base – Perspectiva Suroeste del proyecto



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Modelo Base – Implantación Centro Intercultural Modular



Fuente: Elaboración propia

Una vez se ha desarrollado el MODELO BASE, se realizan los estudios de sostenibilidad requeridos. El resultado de estos estudios sugiere estrategias para mejoras que se implementan en el MODELO SOSTENIBLE.

El modelo sostenible, cuenta con protecciones solares repartidas en el proyecto según los requerimientos puntuales de los usos del mismo. Cuenta igualmente con una propuesta de materialidad para mejorar la acústica y confort térmico interior del contenedor del Teatro.


Se implementará adicionalmente la utilización de biodigestores (2 tanques de 4000 litros tipo Plastigama) como tratamiento primario de las aguas servidas del proyecto que se

destinarán al alcantarillado de la ciudad, el caudal que se calcula para obtener los 2 tanques de 4000 litros viene de un estudio previo realizado en el que se ha tomado en cuenta la cantidad de gente que puede llegar a utilizar el inmueble, considerando que el 80% de las aguas de dotación diaria serán aguas negras o grises, también se considera un segundo biodigestor por temas de operación y mantenimiento. Con esta duplicidad de equipos se tendrá siempre en funcionamiento uno de ellos sin que esto afecte al normal funcionamiento del proyecto.

El modelo sostenible cuenta también con la instalación de paneles fotovoltaicos, su objetivo es reducir el gasto energético proveniente de la red local, misma que será la principal fuente de alimentación de energía eléctrica de la unidad.

Para establecer la cantidad de paneles fotovoltaicos se realizó un levantamiento de información donde se consideraron todos los equipos eléctricos que se utilizarán en el proyecto.

Tabla 4 – Cargas equipos eléctricos.

DSISD CONTAINER PROJECT		CARGAS ELÉCTRICAS DEL PROYECTO							
CENTRO CULTURAL MODULAR									
EQUIPOS ELECTRICOS	CANTIDAD	CONSUMO (Wh)	CONSUMO (KWh)	HORAS APROXIMADAS DIARIAS DE USO	HORAS APROXIMADAS MENSUALES DE USO	TOTAL DIARIO (W)	TOTAL DIARIO (KW)	TOTAL MENSUAL (W)	TOTAL MENSUAL (KW)
Luminarias LED	72	9	0,009	7	112	4536	4,536	72576	72,576
Tomacorrientes 110V	54	0	0	0	0	0	0	0	0
Tomacorrientes 220V	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Tv	2	140	0,14	8	128	2240	2,24	35840	35,84
Computadora	2	200	0,2	14	224	5600	5,6	89600	89,6
Licuadaora	2	700	0,7	0,25	4	350	0,35	5600	5,6
Refrigeradora	1	500	0,5	18	288	9000	9	144000	144
Congelador	1	700	0,7	18	288	12600	12,6	201600	201,6
Procesador de alimentos	2	450	0,45	0,25	4	225	0,225	3600	3,6
Batidora	2	300	0,3	0,25	4	150	0,15	2400	2,4
Horno	1	800	0,8	2	32	1600	1,6	25600	25,6
Extractor tipo hongo motor 1.5hp	1	1120	1,12	12	192	13440	13,44	215040	215,04
Celulares	5	20	0,02	8	128	800	0,8	12800	12,8
Secador automático de manos	2	3	0,003	0,25	4	1,5	0,0015	24	0,024
Bomba para sistema hidráulico 2hp	1	1500	1,5	1	16	1500	1,5	24000	24
						52042,5	52,0425	832680	832,68
						W	KWh	W	KWh

Fuente: Elaboración propia

Adicional a ello investigamos las Horas Sol Pico de la región mediante el Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica y analizamos el panel con mayor entrega de potencia, dándonos como resultado la cantidad de veinte paneles solares a utilizarse.

Tabla 5 – Cálculo de cantidad de paneles fotovoltaicos.

CÁLCULOS DE CANTIDAD DE PANELES FOTOVOLTÁICOS		
POTENCIA PANEL (W):	348	NOCT (temperatura de operación nominal de la célula)
HSP (h):	4	Horas aprovechables diarias (donde el panel recibe mas radiación solar)
ENERGÍA DEL PANEL (Wh) =	1392	-
ENERGÍA DEL PANEL (KWh) =	1,392	Generación diaria de energía
	41,76	Generación mensual de energía
NÚMERO DE PANELES =	19,93965517	Cantidad de paneles fotovoltaicos a utilizarse en el proyecto

Fuente: Elaboración propia

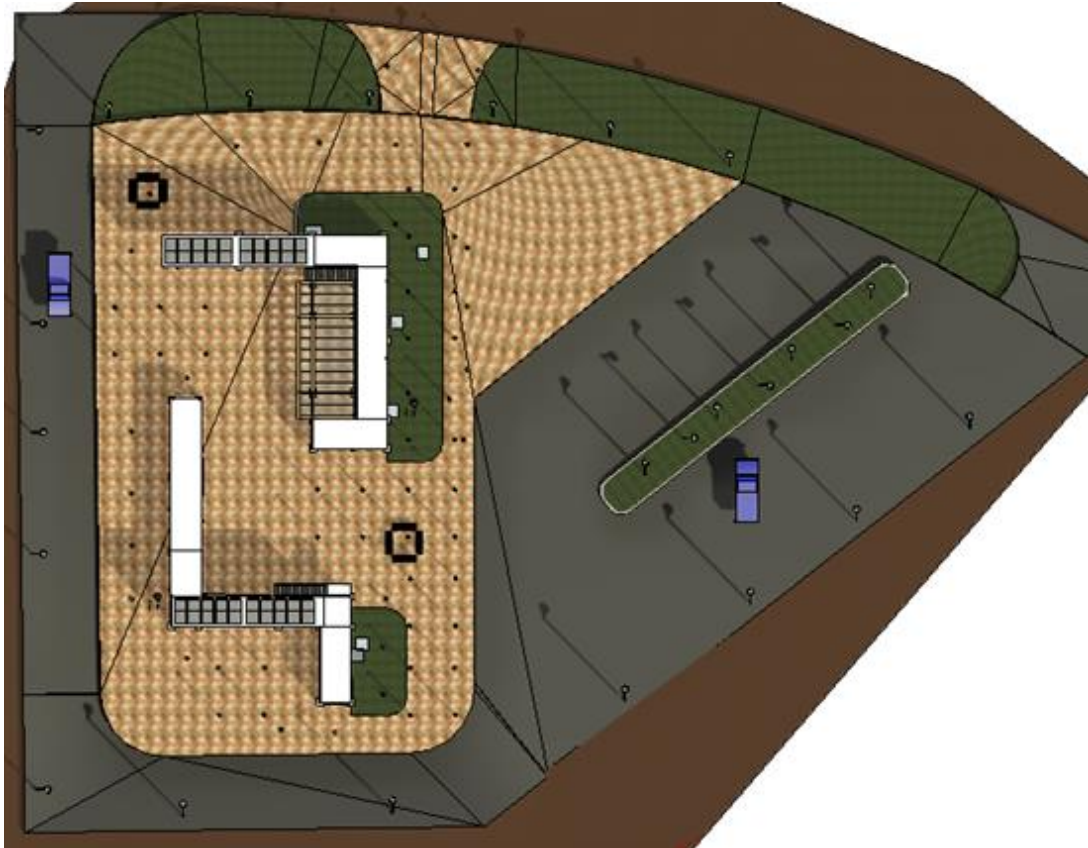
A este modelo se le realizará el cálculo de eficiencia energética con el fin de verificar la incidencia de los elementos de sostenibilidad implementados.

Figura 11. Modelo Sostenible – Perspectiva Suroeste proyecto



Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Modelo Sostenible –Implantación del proyecto



Fuente: Elaboración propia

2.4 Objetivo general del proyecto de tesis

Desarrollar mediante metodología BIM, un proyecto cuyo esquema constructivo plantea el uso de sistemas modulares a través de la reutilización de contenedores marítimos, acortando tiempos de construcción, manteniendo la calidad del producto y buscando la mejor relación costo/beneficio.

2.5 Objetivos específicos

- Elaborar modelos de las diferentes disciplinas que requiere el proyecto a través de software de modelado para obtener un modelo federado sin interferencias.

- Elaborar un modelo base y un modelo con aplicación de criterios de sostenibilidad para realizar análisis de comparativas entre ellos.
- Obtener volúmenes de obra de los modelos desarrollados por medio de los softwares de modelado para obtener el cronograma (4D) y presupuesto (5D) de la obra.
- Obtener comparativas del proyecto respecto a cronograma y presupuesto para el análisis y toma de decisiones gerenciales.

Capítulo 3: Metodología BIM

3.1 Qué es BIM:

Hace aproximadamente 70 años nació el concepto BIM, el pionero fue Phil Bernstein y tiempo después Jerry Laiserin, quien hizo eco de este concepto. En el año de 1987 la empresa Graphisoft a través de su software ArchiCAD realizó la primera implementación BIM.

Building Information Modelling en su abreviatura BIM es el máximo concepto actual usado en la industria de la construcción. Aunque esta metodología existe desde hace más de diez años sigue generando mucho interés a nivel mundial.

El método de trabajo que integra todos los procesos y el flujo de información de forma colaborativa e integrada para gestionar los proyectos de edificación (arquitectura, ingeniería, construcción) se llama BIM, este es el proceso que abarca la generación y gestión de la información física y funcional de un proyecto. Los resultados de estos procesos son los modelos de información que su última instancia viene a ser archivos digitales que describen todos los aspectos del proyecto y apoyan a la toma de decisiones

a lo largo del ciclo del proyecto para garantizar que la planificación, el diseño y la construcción de proyectos sean altamente eficientes.

Para las personas que empiezan a conocer estos conceptos el BIM suele confundirse con un modelado 3D, pero en realidad implica más que eso. Los subconjuntos de sistemas BIM y tecnologías que se han venido desarrollando a lo largo de los años han abarcado 4D (tiempo), 5D (costo), 6D (operación), 7D (sostenibilidad) e incluso 8D (seguridad). “Esta capacidad multidimensional de BIM se ha definido como modelado “nD”, ya que se puede añadir un número casi infinito de dimensiones al modelo de construcción”.

Figura 13. Ciclo de la metodología BIM



Fuente: Wikipedia

3.2 Funcionamiento del BIM

3.2.1 Common Data Environment (CDE)

La información en un modelo BIM se comparte a través de un espacio virtual mutuamente accesible conocido como Common Data Environment (CDE), y los datos recopilados se denominan modelo de información. Los modelos de información se pueden utilizar en todas las etapas de la vida de un edificio, desde su inicio hasta su funcionamiento, e incluso en renovaciones y reacondicionamientos.

Para trabajar en proyectos de construcción en un entorno BIM, es necesario gestionar la información de forma estructurada y el intercambio de datos y documentos. Por tanto, es fundamental contar con un CDE que ofrezca un entorno seguro, ágil y estructurado. Este entorno común de datos es una herramienta que permite a los diferentes agentes implicados en un proyecto trabajar de forma interconectada en la nube. En un CDE, se puede recopilar, gestionar y difundir información y datos de un proyecto entre diferentes equipos.

Figura 14. Ciclo de la metodología BIM



Fuente: Web Seys

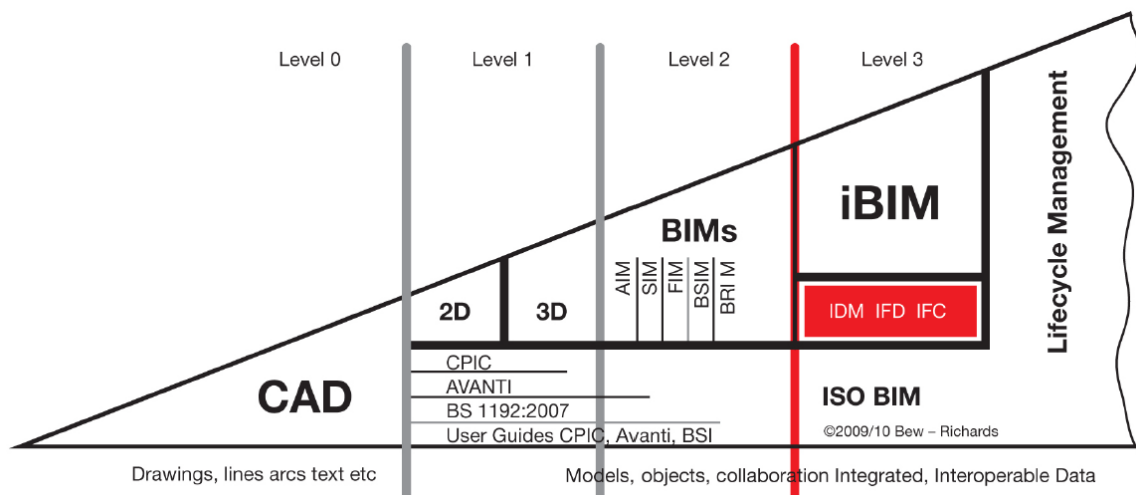
3.3 Niveles o fases BIM

Una de las herramientas estandarizadas para medir el grado de implantación (o madurez) BIM en un proyecto son precisamente los BIM Levels. Se trata de una sencilla escala

creada por el gobierno de Reino Unido (NBS) que nos permite reconocer rápidamente en qué fase estamos con respecto al uso del BIM en nuestros proyectos.

Esta escala viene determinada por cuatro niveles: 0, 1, 2 y 3. Son progresivos y para alcanzar cada uno de ellos es necesario implantar nuevos procesos y mejorar los preexistentes. Vamos a verlos uno por uno.

Figura 15. Niveles de implementación de la metodología BIM



Fuente: Bew-Richards modelo madurez BIM

3.3.1 Nivel 0 BIM

Es el inicio del camino de la implantación BIM. El nivel 0 equivale a una ausencia de colaboración. Se basa en el modelo de trabajo que se ha usado en las últimas décadas: Producción de información en 2D mediante CAD e impresión en papel o en formatos digitales de la información para desarrollar el proyecto.

3.3.2 Nivel 1 BIM

El nivel en el que ya trabajan muchas empresas y estudios. Implica una mezcla de trabajo en 3D para la concepción del proyecto y 2D para el desarrollo de la documentación técnica. El grado de colaboración se da, sobre todo, en el uso de un sistema de compartición de datos del proyecto, normalmente en la nube, sin embargo, el modelo no es compartido entre los miembros del equipo de forma simultánea.

3.3.3 Nivel 2 BIM

Este nivel marca el inicio de la colaboración. Todas las partes trabajan sobre su propio modelo 3D, pero comparten información en el mismo formato lo cual permite la creación de un flujo de trabajo colaborativo. Todos los softwares implicados en el proceso deben ser capaces de exportar la información a un formato común para que el resto de los participantes puedan usarla en sus modelos.

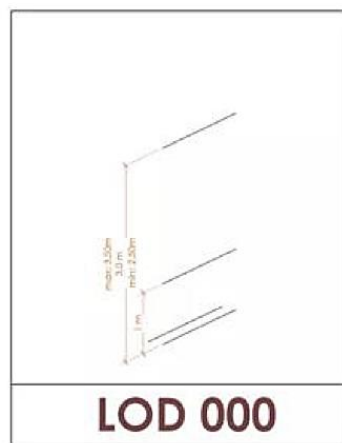
3.3.4 Nivel 3 BIM

Implica el máximo grado de colaboración. Se basa en el trabajo sobre un único modelo que es compartido por todos los participantes. Todas las partes pueden acceder y modificar el mismo modelo, esto permite eliminar la última capa de riesgo por conflictos de información que se daba en fases anteriores a la hora de unificar modelos. Para hacer viable este grado de colaboración es necesario trabajar con soluciones de software que permitan un trabajo simultáneo sobre el modelo común.

3.4 Niveles de desarrollo

LOD (Level of Development) define el nivel de desarrollo o madurez de información que posee un elemento del modelo, y este es la parte de un componente, sistema constructivo o montaje del edificio. Conviene aclarar que el LOD en ningún caso se refiere a la totalidad del proyecto y tampoco tiene vinculación con la fase de desarrollo o construcción. Todos los niveles están determinados por: requerimientos de contenido del elemento, usos autorizados (análisis), coste, programación, coordinación, otros.

Figura 16. Representación modelo LOD 000 - 2D



Fuente: Muralit – Editeca

3.4.1 LOD 100 - Conceptual

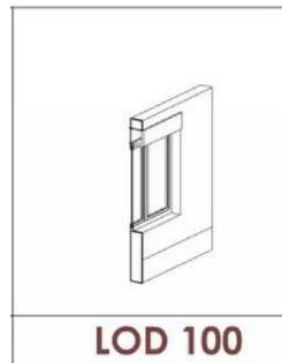
Es el nivel básico en el que se enumeran los elementos conceptuales de un proyecto, con el grado de definición dada por:

El elemento objeto puede estar representado por un símbolo o representación genérica.

No es necesaria su definición geométrica, aunque este puede depender de otros objetos

definidos gráfica y geoméricamente. Muchos elementos pueden permanecer en este nivel de desarrollo en fases muy avanzadas del proyecto.

Figura 17. Representación modelo LOD 100

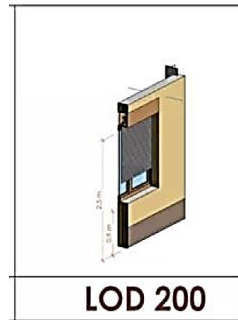


Fuente: Muralit – Editeca

3.4.2 LOD 200 - Geometría

Es el nivel en el que se define gráficamente el elemento, especificando aproximadamente cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto. Puede incluir información no gráfica. El elemento objeto está determinado por su posición y ya posee una definición geométrica no completa. Tiene los datos aproximados de dimensiones, forma, ubicación y orientación. Su uso está vinculado a elementos genéricos o cuyas definiciones detalladas vienen dadas por agentes externos al proyecto. Es el LOD más bajo en el que se indica la posibilidad de incluir información no gráfica de un elemento, como puede ser el coste real (no estimado del LOD 100), así como características de envolventes, pesos, fabricantes y manuales de mantenimiento.

Figura 18. Representación modelo LOD 200

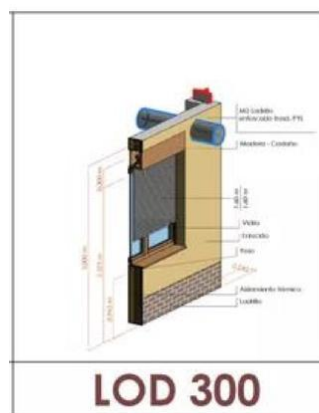


Fuente: Muralit – Editeca

3.4.3 LOD 300 - Construcción

Es el nivel en el que se define gráficamente el elemento, especificando de forma precisa cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto. Puede incluir información no gráfica. El elemento objeto está definido geoméricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación. También se indica la posibilidad de incluir información no grafica vinculada al elemento.

Figura 19. Representación modelo LOD 300

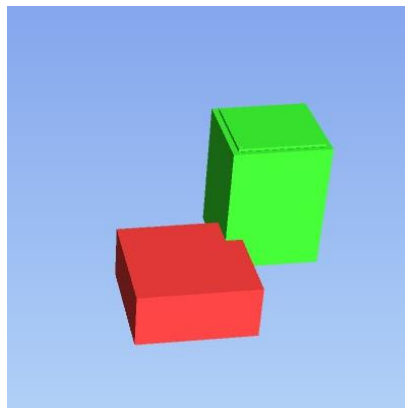


Fuente: Muralit – Editeca

3.4.4 LOD 350 - Coordinación y colisiones

Equivalente al nivel LOD 300 pero incluyendo la detección de interferencias entre distintos elementos. Es propio de proyectos complejos desarrollados independientemente por disciplinas u otra desagregación de proyecto específico. Afecta al análisis, programación y coordinación del proyecto. Ocasionalmente, al coste por elemento y conjunto. Habitualmente, modifica la totalidad del proyecto respecto a LOD 300 según criterios definidos en los que suele ser prioritario el respeto a la estructura frente a instalaciones, y estas frente a arquitectura. Requieren de una perfecta coordinación entre todos los agentes y las distintas disciplinas para una correcta ejecución en obra y una drástica reducción de errores y modificaciones en esta.

Figura 20. Interferencia de una zapata de hormigón con una caja de revisión

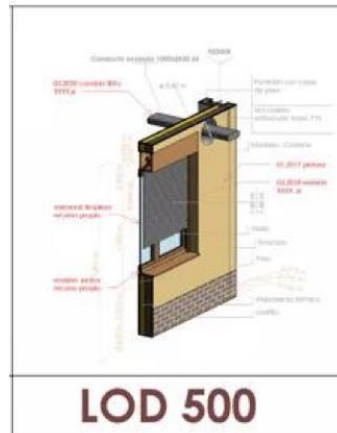


Fuente: Elaboración propia

3.4.5 LOD 400 - Fabricación

El elemento objeto está definido geoméricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación detallada completamente, información de fabricación específica para el proyecto, puesta en obra/montaje e

Figura 22. Representación modelo LOD 500

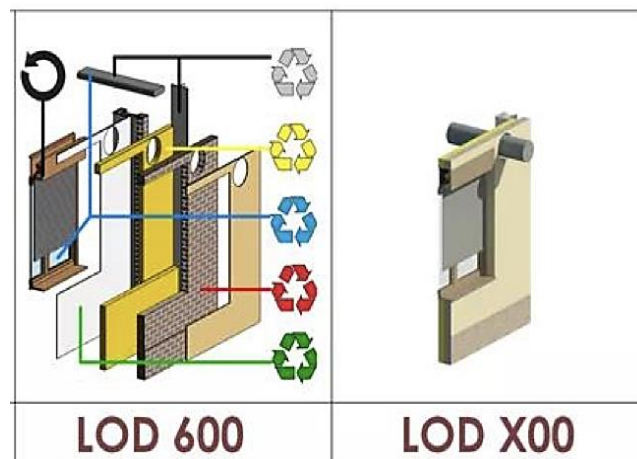


Fuente: Muralit – Editeca

3.4.7 LOD 600

El elemento objeto no está definido geoméricamente en detalle, pero sí lo están sus condiciones de reciclado, como materiales propios, toxicidad, vida útil, básicas, distancia a puntos de fabricación/reciclaje, peso y volumen, formas de traslado y desmontaje, etc. Está basada principalmente en información no gráfica vinculada al elemento.

Figura 23. Representación modelo LOD 600



Fuente: Muralit – Editeca

3.5 Marco Teórico Metodología BIM, Norma ISO 19650

Definición. - Conforme la información recabada, la ISO 19650 “es una normativa internacional que marca las pautas necesarias para realizar la gestión de la información en un proyecto de construcción. Esta normativa es la base para potenciar la transformación digital de la industria de la construcción a través del trabajo colaborativo entre los profesionales de los proyectos de construcción.” Fuente: <https://bit.ly/3nUQ504>
Es decir, es la normativa que establece la manera en que se van a realizar los diferentes procesos de comunicación, gestión de la información, protocolos y procesos, el lenguaje común a usarse, para llevar a cabo el proceso digital del proyecto.

A fin de hacer posible la interacción y el trabajo colaborativo que la metodología BIM requiere, se ha creado la serie UNE-EN ISO 19650, la cual son un conjunto de normas internacionales que abordan la *“Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modeling)”*, compuesta por 5 fases, descritas a continuación:

- Parte 1 (ISO 19650-1, 2018): Conceptos y principios.
- Parte 2 (ISO 19650-2, 2018): Fase de desarrollo de los activos.
- Parte 3 (ISO 19650-3, 2020): Fase de operación de los activos.
- Parte 4 (ISO 19650-4, en desarrollo): Intercambio de información.
- Parte 5 (ISO 19650-5, 2020): Enfoque de seguridad en la gestión de la información.

Parte 1 – Conceptos y Principios (ISO 19650-1)

La Norma ISO 19650-1: comprende los conceptos y principios que deben ser tomados en cuenta a fin de almacenar la información del proyecto en un entorno seguro y

organizado, siendo éste el Entorno Común de Datos - ECD, en el que se almacena y gestiona la información y en la cual se maneja un solo lenguaje común entre los diferentes profesionales que intervienen, haciendo posible la estandarización de los procesos y la trazabilidad del mismo a lo largo de todas las fases del ciclo de vida que éste comprende.

Los involucrados o stakeholders llamados a utilizar esta normativa, son los actores que intervienen tanto en la fase de concepción y puesta en marcha de la obra, así como los involucrados en la fase de mantenimiento de la edificación, una vez ésta concluida.

Parte 2 – Fase de desarrollo de los activos

Esta segunda fase comprende el establecimiento de las necesidades que tiene del proyecto el sponsor o patrocinador del proyecto.

Parte 3 – Fase de operación de los activos

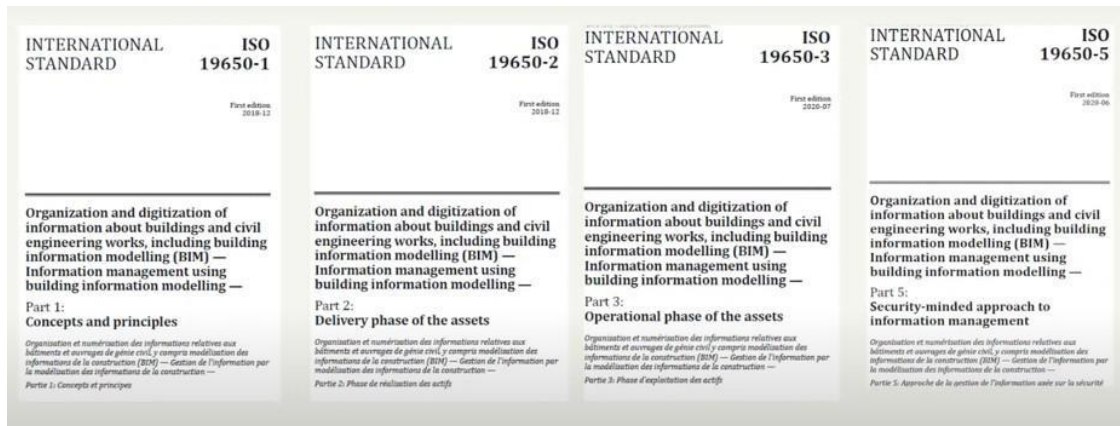
Como su nombre indica, comprende el desarrollo de los activos en continua interacción entre el patrocinador del proyecto y los profesionales involucrados en el desarrollo y gestión del proyecto.

Parte 4 – Intercambio de información.

Según lo investigado, la cuarta etapa está en formación y busca resguardar la seguridad de la información, de manera que proyectos de gran importancia o tamaño, permanezcan seguros con una compartición estricta de sus usuarios.

Parte 5 – Especificación para la Seguridad de Building Information Modeling (ISO 19650-5)

Figura 24. Volúmenes ISO 19650



Fuente: <https://bit.ly/3O0sSEa>

¿Cuál es el objetivo de la norma ISO 19650?

El objetivo de esta norma es la de armonizar la gestión de los objetos que serán utilizados en la edificación, desde la concepción de los mismos hasta su producción.

Esta norma permite a los participantes de un proyecto de construcción tener información de los objetos que son usados en la edificación a lo largo de su vida útil, también trata los términos y definiciones para el BIM, información de proyecto, perspectivas, trabajo colaborativo, definición de requerimientos de información y modelos resultantes, ciclos de entrega de información y las funciones para su manejo adecuado, manejo de la producción colaborativa de la información, etcétera.

Figura 25. Infografía ISO 19650



Fuente: <https://bit.ly/3Ownf1T>

¿Cuáles son las ventajas de la norma ISO 19650?

La ISO 19650 permite a los equipos de trabajo minimizar las actividades improductivas y aumentar la previsibilidad de los costes y el tiempo relacionados con la ejecución de una obra. Esto se consigue mediante un enfoque común de la gestión de la información y la adhesión a los principios fundamentales de la metodología BIM.

La aplicación correcta de la norma ISO 19650 favorece:

- El control de la información requerida por el cliente y los métodos de verificación de dicha información, la definición de los procesos, los plazos y los recursos económicos y temporales a invertir para la realización/gestión/mantenimiento de una obra.
- La correspondencia entre los requisitos definidos en la fase de contratación y los resultados obtenidos al final del proceso.
- El intercambio de información entre los diferentes actores que intervienen en cada fase del ciclo de vida de un proyecto.

Figura 26. Representación proyecto con metodología BIM



Fuente: <https://bit.ly/3a583K2>

3.6 Fundamentos de la Norma ISO 19650

La Norma ISO 19650 cuyo título es “Organización y digitalización de información sobre el ciclo de vida de los activos de construcción e infraestructura, utilizando BIM” es un hito en la gestión de la información en la aplicabilidad de la metodología BIM en la industria de la construcción e infraestructura.

Tanto la construcción como la infraestructura son sectores altamente fundamentales para el desarrollo económico y social de cualquier país o región, sin embargo, por historia, han sido los sectores que han enfrentado desafíos importantes relacionados con la ineficiencia de las actividades, costos excesivos, falta de comunicación entre actores del proyecto e inadecuada gestión de la información, estos problemas a menudo han resultado en proyectos retrasados, proyectos con presupuesto sobrepasado y con una calidad baja.

La metodología BIM surge como una solución para mejorar la gestión y colaboración en proyectos de construcción ya que se refiere a un enfoque colaborativo que se aplica en la planificación, diseño, construcción y operación del activo del proyecto, mediante la utilización de modelos digitales tridimensionales y datos asociados a los mismos para informar y respaldar la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

En este contexto, se desarrolla la Norma ISO 91650 para establecer lineamientos y estándares a nivel internacional que promuevan la adopción eficiente de la metodología BIM en la industria de la construcción; la norma se publica en 2 partes que son la ISO 19650-1 y la ISO 19650-2.

La ISO 19650-1 es la que abarca los conceptos y principios de gestión de la información mediante el uso de metodología BIM, el objetivo de esta primera parte es la estructuración de la información, definición de roles y responsabilidades, colaboración y coordinación, así como también la planificación y ejecución del proyecto.

La ISO 19650-2 en cambio se enfoca en los requisitos para poder realizar el intercambio de información utilizando la metodología BIM, establece directrices para el intercambio de datos entre las diferentes fases del ciclo de vida del activo, asegurando que la información se mantenga coherente y actualizada siempre.

Uno de los aspectos fundamentales de la ISO 19650 es que se enfoca en el ciclo de vida completo del activo, esto permite tener una gestión más integrada y sostenible de los proyectos, garantizando que la información relevante se mantenga siempre actualizada y disponible a lo largo del tiempo, lo que permite aumentar la eficiencia en los procesos del proyecto, así como también poder dar un mantenimiento adecuado a los activos.

La ISO 19650 promueve un enfoque basado en el riesgo para la gestión de la información, es esencial que se identifiquen los riesgos asociados a la información lo que permitirá

tomar decisiones informadas. Al abordar los riesgos desde el inicio, los equipos pueden establecer estrategias que mitiguen estos riesgos y que se pueda evitar situaciones en donde se vean costos no contemplados y perjudiciales para las siguientes etapas del proyecto.

Respecto a la gestión de la información, la norma establece la necesidad de estructurar un proceso para la creación, organización, almacenamiento, recuperación y uso de la información a lo largo del ciclo de vida del activo, para lograr esto, se definen roles y responsabilidades muy claras para los distintos stakeholders del proyecto.

La metodología BIM promueve la colaboración interdisciplinar lo que permite tener una comunicación más efectiva y una toma de decisiones informada, para esto la norma establece requisitos para coordinar la comunicación de la información, asegurándose de que los cambios y actualizaciones sean gestionadas adecuadamente y transmitidas a todos los interesados pertinentes.

La norma hace énfasis en la necesidad de una planificación adecuada para gestionar la información, un plan de comunicación de la información bien definido garantiza que todos los participantes tengan una visión de cuáles son los objetivos, procesos y responsabilidades en cuanto a la gestión de la información, esto también facilita enormemente la asignación de recursos y la identificación de riesgos que podrían surgir a lo largo del proyecto.

Respecto a la seguridad de la información, la norma establece pautas para proteger la misma contra accesos no autorizados y garantizar que solo las personas autorizadas tengan acceso a información sensible.

La estandarización y el intercambio de datos es fundamental ya que, si la metodología BIM no contara con esta estandarización, los actores del proyecto tendrían formatos

diferentes y diferentes estándares para intercambio de datos, con la estandarización se busca integrar la información desde diferentes fuentes y evitar la duplicidad de esfuerzos. Al desarrollar los proyectos bajo norma ISO 19650, existen varios beneficios, uno de ellos es la alta eficiencia en el manejo de la información, lo que conduce a toma de decisiones más informada y oportuna ya que se tiene la información disponible en todos lados a toda hora para los stakeholders, esto evita retrasos y conflictos innecesarios, además la mejora en coordinación y en colaboración entre los diferentes actores llevan a una mayor calidad del producto, la comunicación efectiva y la capacidad de compartir información actualizada entre todos los stakeholders permite detección temprana de problemas así como también su pronta solución.

Si bien es cierto, la norma brinda muchas facilidades y beneficios para el desarrollo de proyectos, pero no hay que olvidarse que también existen desafíos significativos para su aplicación y más en Latinoamérica en donde se mantiene una cultura de desorganización, misma que mediante la aplicación de la metodología BIM en más países deberá ir cambiando, llegando también a una tropicalización de la norma ya que se debe apegar a las necesidades y limitaciones de la región.

Hoy por hoy la transición hacia BIM requiere una gran inversión en capacitación y recursos tecnológicos, así como crear y adaptar nuevos flujos de trabajo y procesos en las empresas que lo implementen.

A pesar de estos desafíos, la implementación de la ISO 19650 representa un avance enorme en la gestión de la información, una mejor gestión de la información y una mayor colaboración entre los actores del proyecto pueden llevar a tener más eficiencia, mejor sostenibilidad y alta rentabilidad del proyecto.

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

La metodología BIM, en esta última década, vino a dar al sector de la construcción el paso que necesitaba para ser más competitivo y eficiente.

El sector de la construcción es el sector que consume más del 40% de la energía mundial, esta cifra refleja la necesidad imperiosa de mejorar el sector. Siendo la construcción un sistema muy complejo de coordinación en el que se involucran muchos equipos de trabajo de ramas distintas, es muy conocido en el medio los errores que se comprueban en obra y el alto costo económico, temporal y material de los mismos.

Work Cited, Niño, Dianny. "Construcción representa el 40% del uso de energía." Revista En Obra, 25 May 2023, <https://www.en-obra.com/es/noticias/construccion-representa-el-40-del-uso-de-energia>. Accessed 18 August 2023.

Gracias al avance de la tecnología, hoy en día tenemos la posibilidad de recibir información de manera instantánea, en el caso de la construcción, incluso directamente en obra. Todo este avance resolvería muchos de los conflictos, caso contrario, no se tratará de la coordinación de múltiples disciplinas en distintos aspectos de un sector tan complejo como el de la construcción. Esto lo logra BIM cuando propone una metodología específica, coordinada, normada e instantánea.

Específica porque da respuesta directamente a los problemas que encuentran en el sector de la construcción, específicas porque que trabaja con modelos colaborativos con capacidad paramétrica para cada elemento incluido en el mismo, específica porque puede

tratarse la interacción entre las disciplinas desde fases tempranas que se escoja donde se reflejan problemas puntuales en cada una de estas interacciones.

Coordinada porque gracias al entorno común de datos y el rol específico de coordinación se logra concentrar todas las actividades propias del manejo de diseños, planos, y transferencia de datos y procesos a través de un solo rol, lo que permite un intercambio de información auditada y validada, este es uno de los puntos neurálgicos que ha modificado la industria de la construcción para siempre.

Normada porque ya no es decisión de cada actor la forma en que se producen todos los elementos del proceso, BIM cuenta ahora con varias normas que pueden regir su desarrollo entre ellas la norma ISO19650.

Instantánea, aunque en los tiempos que corren, esta calidad podría parecer obvia no lo es y sobre todo este es uno de los elementos más importantes de la metodología porque esta información requerida en un momento y lugar determinados puede darse y ya no es motivo para retrasos y justificaciones de los mismos, todo esto se da lugar gracias al uso de los flujos de trabajo y aplicaciones BIM.

Si bien el desarrollo BIM implica un cambio en la metodología de trabajo y organización, pero esto sólo puede lograr con el compromiso de todos los agentes involucrados, sin embargo, el beneficio es palpable en poco tiempo de su implementación, mayor rendimiento energético y calidad de la construcción, sincronización entre el diseño y la planificación lo que influye directamente en la estimación de costos, la que se puede trabajar desde fases tempranas de diseño.

3.8 Importancia de la Implementación BIM en el Proyecto

BIM dentro de nuestro proyecto se implementa en primera instancia el involucrar al equipo de gestión con BIM Manager, Coordinadora, Líder de Arquitectura, Líder MEP y Líder de Sostenibilidad.

Una vez constituida los roles se implementan parámetros tecnológicos software para el desarrollo de la información enviada por el BIM, de manera que se realice bajo los parámetros: protocolo, plantilla y flujos de trabajos, dando resultado de eficacia, colaboración y comunicación en menor tiempo.

Las ventajas que obtenemos de BIM es la efectividad de interacción entre el modelado arquitectónico, MEP y sostenibilidad que sus componentes se pueden visualizar y a la vez verificar colisiones y/o choques, para ser corregidas y los diseños sean entregables con su respectivo análisis.

Al implementar BIM, en el modelado de las diferentes disciplinas se realiza la planificación desde una etapa inicial hasta la final con la finalidad de obtener el cronograma de construcción que nos permite obtener una estimación de costos de construcción más efectiva, esto lo llamamos BIM 5D.

Capítulo 4: EIR (EMPLOYER'S INFORMATION REQUIREMENT)

El EIR (Employer's Information Requirement - por sus siglas en inglés) es el documento inicial para la implementación de la metodología BIM en proyectos de construcción, es una guía detallada que contempla todos los requisitos y expectativas respecto al uso de la metodología BIM a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

El EIR se entiende como un contrato digital que define cómo se llevará a cabo la colaboración, el intercambio de información y la gestión de datos de un proyecto, este contrato contiene una amplia gama de información, desde los objetivos y alcances del proyecto hasta los protocolos para el intercambio de modelos y datos, este documento establece las reglas de juego de la implementación de la metodología BIM en el proyecto.

El EIR generalmente contiene lo siguiente:

- Nombre del contratista.
- Descripción resumida del proyecto
- Integrantes y roles
- Objetivos generales BIM
- Objetivos específicos BIM
- Usos BIM del proyecto
- Plan de entregas de la información
- Plantilla del proyecto BIM
- Niveles de detalle (LOD)
- Plantilla de biblioteca de objetos BIM
- Protocolo de intercambio de la información de construcción
- Protocolo de gestión de la información de la construcción
- Requisitos de responsabilidad
- Protocolo de coordinación BIM
- Estándares de calidad
- Eficiencia energética
- Planificación del proyecto

- Posibles softwares para utilizar
- Entregables

La implementación del EIR en un proyecto es primordial para una correcta aplicación de la metodología BIM a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

En la etapa inicial del proyecto se definen los objetivos específicos del proyecto y los requisitos para implementar la metodología BIM, en colaboración con los stakeholders clave del proyecto, como son los profesionales multidisciplinares que participarán en el mismo.

En el EIR, se describen los objetivos del proyecto en relación a la aplicación directa de la metodología BIM, el alcance que tendrá el proyecto, los usos BIM que se requerirán en el proyecto conforme a los entregables del mismo y durante las fases que abarque el mismo.

A fin de que exista un flujo adecuado de información, se establecen en el EIR, los protocolos de intercambio de información entre las partes, el tipo de archivos a utilizarse conforme a los usos BIM que vayan a darse, la manera de intercambiar información y la periodicidad que deberá tener la misma, de manera que el flujo de información entre todas las partes involucradas, sea coherente, oportuna y precisa.

Importante también indicar que, en el EIR, quedarán establecidos los diferentes roles y responsabilidades que tendrá cada miembro del equipo, de manera que cada integrante tenga conocimiento del papel a desempeñar y de esa manera se eviten reprocesos.

Respecto a los modelos y la información digital que se deberá entregar, se debe dejar sentado en el EIR, el Nivel de Desarrollo que los modelos deberán tener en cada etapa

del proyecto. Para el caso específico de este proyecto académico, se deberá alcanzar el LOD 300, que implica la entrega de planos, detalles constructivos e información que permitan la construcción posterior del proyecto.

En el EIR, se establecen además los flujos de trabajo que se darán en el proyecto y la frecuencia y modalidad de las reuniones que se llevarán a cabo tanto con la coordinación como con la gerencia de proyecto BIM, garantizando una comunicación efectiva y fluida entre el equipo de trabajo.

A fin de tener trazabilidad en el proyecto, se definen en el EIR las herramientas informáticas a utilizarse en el proyecto, de manera que el trabajo colaborativo pueda llevarse a cabo con total eficacia en su proceso.

Respecto a la gestión de los cambios, en el EIR se debería establecer la manera de recibir una solicitud de cambio, la manera de gestionarlo y de esta manera llevar un control eficaz de las modificaciones realizadas a lo largo del proyecto.

En resumen, el EIR es un documento que establece las directrices y protocolos que se deberán llevar a cabo en los proyectos a fin de aplicar de manera correcta la metodología BIM, logrando de esta manera un trabajo colaborativo coherente, ordenado, claro que permitirá al equipo de trabajo la consecución de los objetivos que plantea el proyecto. A continuación, un esquema que resume el contenido del EIR:



GRUPO 1

DSISD CONTAINER PROJECTS

EIR DEL PROYECTO

Contenido

1. Nombre del grupo:	4
2. Descripción de su proyecto: Explicación de su proyecto e intención aplicada al BIM 4	
3. Integrantes y Roles: Datos completos de cada participante incluir teléfono	5
4. Objetivos Generales BIM (General y tres específicos).....	5
5. Objetivos específicos BIM (mínimo 3 - prioridad).....	5
6. Usos BIM del proyecto:.....	5
7. Plan de entregas de información (Information Delivery Plan - IDP): Es un documento que establece los plazos y formatos de entrega de la información requerida en el proyecto. (Tabla de entregables y formatos).....	6
8. Plantilla de proyecto BIM (BIM Project Template): Es una plantilla que establece las configuraciones y normas de modelado para un proyecto de construcción en BIM. La plantilla incluye información como las capas de dibujo, la geometría, la nomenclatura y otros detalles necesarios para unificar el proceso de modelado.	6
9. Niveles de detalle (Level of Detail - LOD): Son los niveles de detalle y precisión geométrica requeridos para los modelos en diferentes etapas del proyecto.....	8
10. Plantilla de biblioteca de objetos BIM (BIM Object Library Template): Es una plantilla que establece los requisitos y formatos para la creación y almacenamiento de objetos BIM. La plantilla incluye información como la geometría, la nomenclatura, los atributos y otros detalles necesarios para la creación de objetos BIM estandarizados. .8	
11. Protocolo de intercambio de información de construcción (Construction Information Exchange Protocol): Es un protocolo que establece los formatos y requisitos para la entrega de información en un proyecto BIM. Los protocolos se utilizan para intercambiar información sobre las características y propiedades de los componentes del edificio.....	8
12. Protocolo de Gestión de la Información de la Construcción (Construction Information Management Protocol - CIMP): Es un protocolo que establece los requisitos de gestión de la información en un proyecto BIM. CIMP establece los procedimientos y herramientas necesarios para la gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.	10
13. Requisitos de responsabilidad (Responsibility Requirements): Son los requisitos para la asignación de responsabilidades en la entrega de información y en la coordinación del proyecto.	11
14. Protocolo de coordinación BIM (BIM Coordination Protocol): Es un protocolo que establece los procedimientos y herramientas necesarios para la coordinación de información entre diferentes partes interesadas en un proyecto BIM. El protocolo define los niveles de detalle y los plazos de entrega de información para garantizar la coordinación y colaboración efectiva en el proyecto.....	12
15. Estándares de calidad (Quality Standards): Son los estándares que se deben cumplir para garantizar la calidad y la precisión de la información entregada en el proyecto.	13
16. Eficiencia energética: BIM se puede utilizar para modelar y analizar la eficiencia energética de los edificios y así mejorar su desempeño energético.....	13
17. Planificación del proyecto: BIM se puede utilizar para optimizar la planificación del proyecto y reducir el tiempo y los costos de construcción, lo que puede reducir el impacto ambiental y social del proyecto.....	13
18. Posibles softwares para utilizar (Solo el ACC es solicitado por cliente).....	13
19. Entregables:.....	14
20. Conclusión.....	14
21. Firma de todos los maestrantes.	14

Capítulo 5: BEP (BIM EXECUTION PLAN)

El BEP (BIM Execution Plan, por sus siglas en inglés) es un documento que establece las estrategias y procesos para la gestión y colaboración del proyecto en el entorno BIM, el objetivo de este documento es asegurar que todos los stakeholders comprendan cómo se utilizará la metodología BIM y el intercambio de información a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

El BEP influye tanto en los stakeholders externos como internos ya que es una hoja de ruta clara para la implementación de la metodología BIM en un proyecto.

El BEP generalmente contiene lo siguiente:

- Descripción del proyecto
- Nombre del contratista
- Integrantes y roles
- Estándares y protocolos de intercambio de información
- Plan de entregas de información
- Niveles de información (LOI)
- Protocolo de intercambio de la información de construcción
- Plantilla del proyecto BIM
- Protocolo de gestión de la información de la construcción
- Plantilla de biblioteca de objetos BIM
- Protocolo de coordinación BIM
- Requisitos de responsabilidad

- Estándares de calidad
- Eficiencia energética
- Planificación del proyecto
- Posibles softwares para utilizar

Dentro del proyecto la aplicación del BEP inicia con la entrega del mismo a los involucrados por parte del contratista para que se enteren de los alcances del proyecto y sus responsabilidades dentro del desarrollo del mismo, con este documento lo que se busca es que los involucrados cuenten con un documento guía para poder desarrollar sus trabajos de forma individual y obtener los avances estipulados en las entregas que también constan en el BEP.

Este documento guía permite que los involucrados tengan actividades definidas, fechas de entrega y consecución de actividades que permitan realizar el trabajo en forma coordinada.

El BEP también ayuda a generar la calidad de los trabajos de los involucrados ya que todos tienen un mismo formato de desarrollo de los documentos, manteniendo un esquema igual en todos los documentos generados, la codificación de los documentos tiene una gran importancia ya que se genera un orden de ubicación de los documentos y esto facilita el control de documentos.



GRUPO 1

DSISD CONTAINER PROJECTS

BEP DEL PROYECTO

Contenido

1. Descripción de su proyecto: Explicación de su proyecto e intención aplicada al BIM 1	
2. Número del Grupo y nombre del equipo:	1
3. Integrantes y Roles: Datos completos de cada participante incluir teléfono	1
4. Estándares y protocolos de intercambio de información (Information Exchange Standards and Protocols): Son los procedimientos y especificaciones técnicas utilizados para intercambiar información entre las partes interesadas del proyecto.	2
5. Plan de entregas de información (Information Delivery Plan - IDP): Es un documento que establece los plazos y formatos de entrega de la información requerida en el proyecto.	2
6. Niveles de información (Level of Information – LOI por disciplina): Son los niveles de detalle requeridos para la información entregada en el proyecto, y varían en función de la etapa del proyecto y el tipo de información.	4
7. Protocolo de intercambio de información de construcción (Construction Information Exchange Protocol): Es un protocolo que establece los formatos y requisitos para la entrega de información en un proyecto BIM. Los protocolos se utilizan para intercambiar información sobre las características y propiedades de los componentes del edificio.	4
8. Plantilla de proyecto BIM (BIM Project Template): Es una plantilla que establece las configuraciones y normas de modelado para un proyecto de construcción en BIM. La plantilla incluye información como las capas de dibujo, la geometría, la nomenclatura y otros detalles necesarios para unificar el proceso de modelado.	6
9. Protocolo de Gestión de la Información de la Construcción (Construction Information Management Protocol - CIMP). Es un protocolo que establece los requisitos de gestión de la información en un proyecto BIM. CIMP establece los procedimientos y herramientas necesarios para la gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto	12
10. Plantilla de biblioteca de objetos BIM (BIM Object Library Template): Es una plantilla que establece los requisitos y formatos para la creación y almacenamiento de objetos BIM. La plantilla incluye información como la geometría, la nomenclatura, los atributos y otros detalles necesarios para la creación de objetos BIM estandarizados.	12
11. Protocolo de coordinación BIM (BIM Coordination Protocol)	14
12. Requisitos de responsabilidad (Responsibility Requirements): Son los requisitos para la asignación de responsabilidades en la entrega de información y en la coordinación del proyecto.....	15
13. Estándares de calidad (Quality Standards): Son los estándares que se deben cumplir para garantizar la calidad y la precisión de la información entregada en el proyecto.	15
14. Eficiencia energética: BIM se puede utilizar para modelar y analizar la eficiencia energética de los edificios y así mejorar su desempeño energético.	16
15. Planificación del proyecto: BIM se puede utilizar para optimizar la planificación del proyecto y reducir el tiempo y los costos de construcción, lo que puede reducir el impacto ambiental y social del proyecto.	16
16. Posible software a utilizar	16
17. Conclusión de su propuesta.....	17

Capítulo 6: Detalle de rol – Coordinador BIM

6.1 Perfil del rol

El Coordinador BIM, es el profesional encargado de gestionar la comunicación y la información entre las diferentes disciplinas, fiscalizar la calidad de los modelos, ya sea a través de auditorías al mismo, así como mediante el análisis de colisiones, planteamiento de soluciones técnicas a las mismas, que representen el menor costo y plazo de ejecución al proyecto, asignación de responsables para efectuar las correcciones del mismo, controlar las fechas de entrega de los trabajos conforme lo establecido en el EIR y encargado de la aprobación de los modelos de manera conjunta con el Gerente de Proyecto.

De otra parte, el Coordinador BIM es la persona encargada de que la metodología BIM sea utilizada durante las fases del proyecto, cumplir y hacer cumplir los usos BIM establecidos en el BEP y EIR del proyecto.

6.2 Estructura Organizacional de roles BIM

Es necesario conocer la estructura organizacional que se establece en un proceso de trabajo con metodología BIM, a fin de conocer la interacción con los diferentes actores que tiene el Coordinador BIM tanto con el BIM Manager, así como con los Líderes de las diferentes disciplinas que requiera el proyecto.

Esta jerarquización es necesaria de establecer a fin de conocer los roles y responsabilidades de cada miembro del equipo, sus entregables y funciones.

A continuación un diagrama de lo indicado:

Figura 27. Esquema gráfico del contenido del BEP



Fuente:BibLus BIM

6.3 Responsabilidades del Coordinador BIM

Conforme la bibliografía del Plan BIM Chile, las responsabilidades del Coordinador BIM, son las siguientes:

- *“Desarrollar el proceso de integración y flujo de información entre los diferentes actores según la etapa de un proyecto.*
- *Validar e integrar modelos de distintas especialidades, prever conflictos y conciliar soluciones.*
- *Comunicarse con los especialistas para recopilar información y asegurar la correcta modelación del diseño.*
- *Organizar sesiones de coordinación entre las disciplinas.*
- *Configurar el entorno de modelación para desarrollar las entregas según lo especificado en el PEB.*

- *Mantener el/los modelo(s) actualizado(s) y liviano(s).*
- *La(s) persona(s) en este rol son el principal punto de contacto entre los modeladores.*

***Experiencia requerida:** Conocimiento y competencias sobre el desarrollo de proyectos, los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a coordinar. Liderazgo de equipos.”*

6.4 Objetivos del Rol de Coordinador BIM

6.4.1 Objetivo General

Aplicar y controlar la aplicación de la metodología BIM en el desarrollo de cada una de las fases del proyecto académico, conforme lo establecido en el PEB, manteniendo una línea abierta y permanente de comunicación con todos los miembros del equipo, a fin de identificar cualquier amenaza potencial al proyecto desde etapas tempranas del mismo.

6.5 Funciones generales del Coordinador BIM

Dentro de las principales funciones de la Coordinación en la gestión del proyecto se tienen las siguientes:

- Trabajar de manera conjunta con el Gerente de Proyecto BIM en la elaboración de BEP y EIR
- Establecer las diferentes disciplinas que se requerirán para el proyecto.
- Crear y organizar carpetas y subcarpetas para las diferentes disciplinas en el Entorno Común de Datos – ECD.

- Elaborar y entregar el Protocolo de Modelado y Manual de Estilo, así como las plantillas de los modelos a utilizarse.
- Elaborar y socializar con el equipo de profesionales, los diferentes flujos de trabajo de manera de evitar contratiempos y reprocesos de trabajo, a fin de que cada miembro conozca su rol y responsabilidades.
- Conformar la matriz de colisiones del proyecto
- Determinar los hitos de coordinación acorde a las particularidades del proyecto
- Desarrollar la coordinación multidisciplinar del proyecto, mediante auditorías y análisis de duplicados de los modelos y gestión de colisiones, para resolución de las mismas.
- Obtener el modelo federado (modelo unificado de todas las disciplinas, sin colisiones), el mismo que permite obtener posteriormente información de cuantificación de materiales que conformarán el presupuesto del proyecto.
- Generar a partir de la información que arroja el modelo federado, el cronograma de ejecución de obra.
- Generar a partir de la información que arroja el modelo federado, el presupuesto de ejecución de obra.
- Elaborar la simulación constructiva en la que se controla a través de una animación en video la construcción virtual del modelo federado, su correcto proceso de construcción, orden, espacio y plazo para la ejecución de los rubros.

6.6 Actividades dentro del rol

Dentro de las actividades más importantes del rol de Coordinador BIM se encuentran las siguientes:

- Cumplimiento y seguimiento al cumplimiento de los estándares y protocolos BIM del proyecto, tanto de parte del Coordinador BIM, como de los miembros del equipo.
- Coordinación de comunicaciones entre BIM Manager y el equipo de trabajo
- Control de calidad de los modelos de las diferentes disciplinas.
- Creación de carpetas y subcarpetas dentro del ECD
- Elaboración de informes periódicos sobre el avance de los modelos para dar a conocer el estado de avance de esta etapa de planificación al BIM Manager.
- Resolución de conflictos tecnológicos que pudieren presentarse en los modelos, así como mantenerse actualizado en los programas y herramientas BIM.
- Supervisión del cumplimiento de los trabajos, conforme a lo establecido en el BEP y EIR del proyecto.

6.7 Desarrollo del rol

Del trabajo académico efectuado, se pudo evidenciar que el desarrollo del rol de Coordinación, se lleva a cabo en toda la etapa de planificación del proyecto, conforme a la evolución del mismo y que se detallan a continuación:

6.7.1 Fase inicial del proyecto BIM

- Una vez que se cuenta con los documentos EIR y BEP, el Gerente de Proyecto – BM, realiza la contratación de su equipo de trabajo, conformado por:
 - o Coordinador BIM
 - o Líderes de las diferentes disciplinas que el proyecto requiera.
- Se recibe de parte del Gerente de Proyecto, el EIR y BEP.
- El Coordinador BIM, se encarga de socializar el BEP al equipo de trabajo, a fin de que el equipo conozca el modo de operación y configuraciones técnicas de cumplimiento, los entregables del proyecto, sus respectivos plazos de entrega por parte de las diferentes disciplinas.
- El Gerente de Proyecto BIM concede a la Coordinación BIM los accesos y permisos al Entorno Común de Datos, a fin de que ésta cree las diferentes carpetas y subcarpetas de trabajo para las diferentes disciplinas.
- La Coordinación BIM es la encargada de definir y socializar al equipo, los diferentes flujos de trabajo que se usarán para los procesos implícitos en el desarrollo del proyecto.
- Se encarga además de elaborar y entregar a los líderes de las disciplinas, el protocolo de modelado, manual de estilo y las plantillas que deberán usarse en el proyecto.

6.7.2 Fase de desarrollo del proyecto BIM

Se refiere a la fase de desarrollo de los modelos de las diferentes disciplinas que involucra el proyecto. En esta etapa, el Coordinador BIM está encargado de:

- Coordinar el correcto flujo e intercambio de la información entre las diferentes disciplinas.
- Controlar la aplicación de la metodología BIM por parte de todas las disciplinas.
- Revisar el desarrollo del proyecto y establecer procesos para aprobación de la calidad de los modelos BIM.
- Organizar reuniones de coordinación conjuntas, a fin de conocer el avance de los modelos, establecer parámetros de trabajo y de desarrollo del trabajo coordinado.
- Recibir la información de la manera establecida en los flujos de trabajo.
- Recibir de parte de los líderes de las diferentes disciplinas, los resultados e informes de las auditorías realizadas a los modelos, a fin de controlar su calidad, conforme a los parámetros establecidos en las herramientas de interoperabilidad (Model Checker).
- Elaborar el cuadro de Hitos de Coordinación, que establecen lo que se va a controlar para garantizar la calidad de los modelos.
- Elaborar la matriz de colisiones que regirá el proyecto, acorde a sus particularidades y las disciplinas que éste comprenda.
- Una vez que los modelos se encuentren en un porcentaje de avance del 80%, y hayan sido auditados, se procede a realizar los análisis de colisiones. En éstos se establecen las prioridades de resolución de colisiones, conforme al grado de impacto técnico y económico que pudieren ocasionar al proyecto.
- Elaborar los respectivos informes de colisiones que contiene el detalle de la o las colisiones, su ubicación, se plantea la mejor propuesta de resolución con el

criterio de menor afectación en plazo y costo al proyecto y se designa los profesionales encargados de dar solución a las mismas

- Una vez que se han revisado y corregido las colisiones, se revisa nuevamente estos modelos sin colisiones enviados por los líderes de las disciplinas del proyecto, y se procede a emitir el Informe de Colisiones resueltas.
- Subir a las carpetas “Compartido” de cada una de las disciplinas, los modelos certificados para que efectúen el trabajo colaborativo.

6.7.3 Fase de resultados del proyecto BIM

- Una vez que se cuenta con un modelo sin colisiones, se conforma el modelo federado, que contiene en sí todas las disciplinas, es decir un solo modelo virtual de la edificación.
- Una vez que se cuenta con el modelo federado, se establece el cronograma del proyecto para la fase de construcción del mismo.
- Posteriormente, se desarrolla el modelo 5D, a fin de contar con el presupuesto del proyecto. Este permite a la Gerencia del mismo, tomar decisiones y realizar ajustes antes de su presentación al cliente/promotor del proyecto.
- Finalmente, dentro del presente ejercicio académico, se realiza una simulación constructiva que comprende el resultado final de los entregables del proyecto.

6.7.4 Productos obtenidos del rol de Coordinación BIM

6.7.4.1 Configuración del Entorno Común de Datos – ECD – CIM

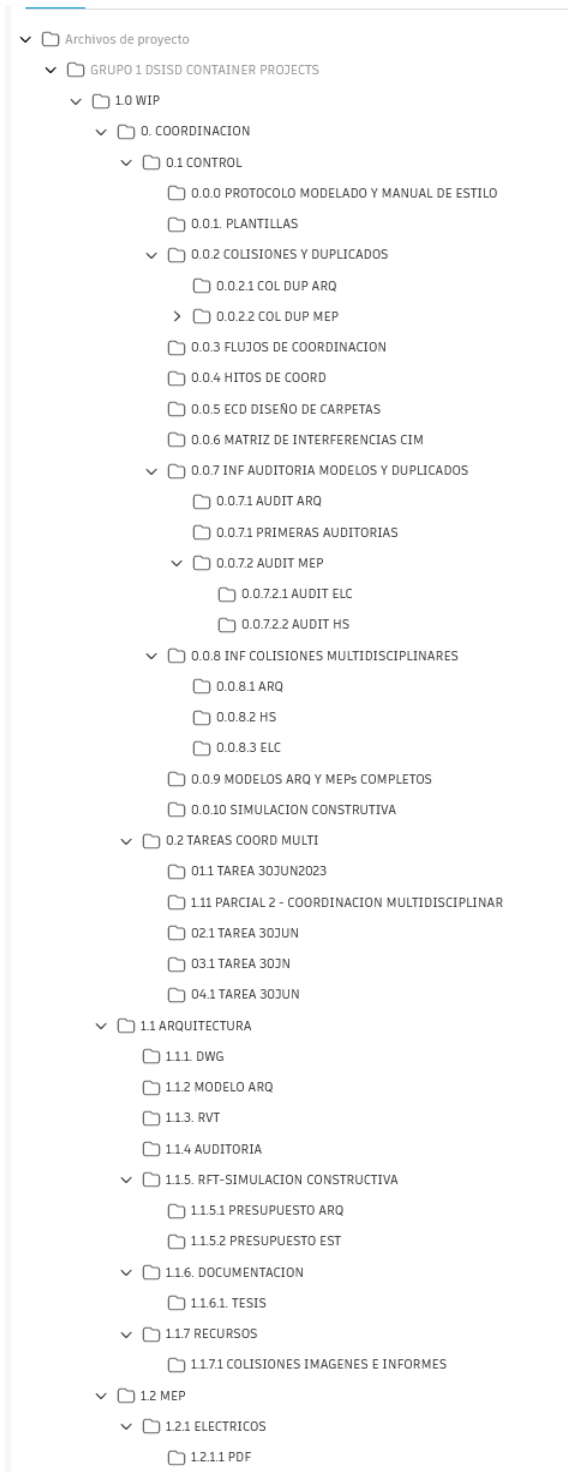
Hace referencia a la plataforma común de datos, en la que se comparte la información, se organizan las carpetas y subcarpetas en las cuales las diferentes

disciplinas contienen su información y los modelos desarrollados, haciendo posible el trabajo colaborativo.

Además, el Coordinador BIM, está encargado de compartir la información recibida ya sea de parte del BIM Manager, como de las disciplinas entre sí, y conocer que información se debe compartir en cada carpeta creada. En el presente ejercicio académico la normativa utilizada para la compartición y sus protocolos, es la ISO 19650.

Se adjunta a continuación la organización de carpetas y sub carpetas de nuestro trabajo de tesis:

Figura 28. Organización de carpetas y subcarpetas en el ECD – Grupo 1

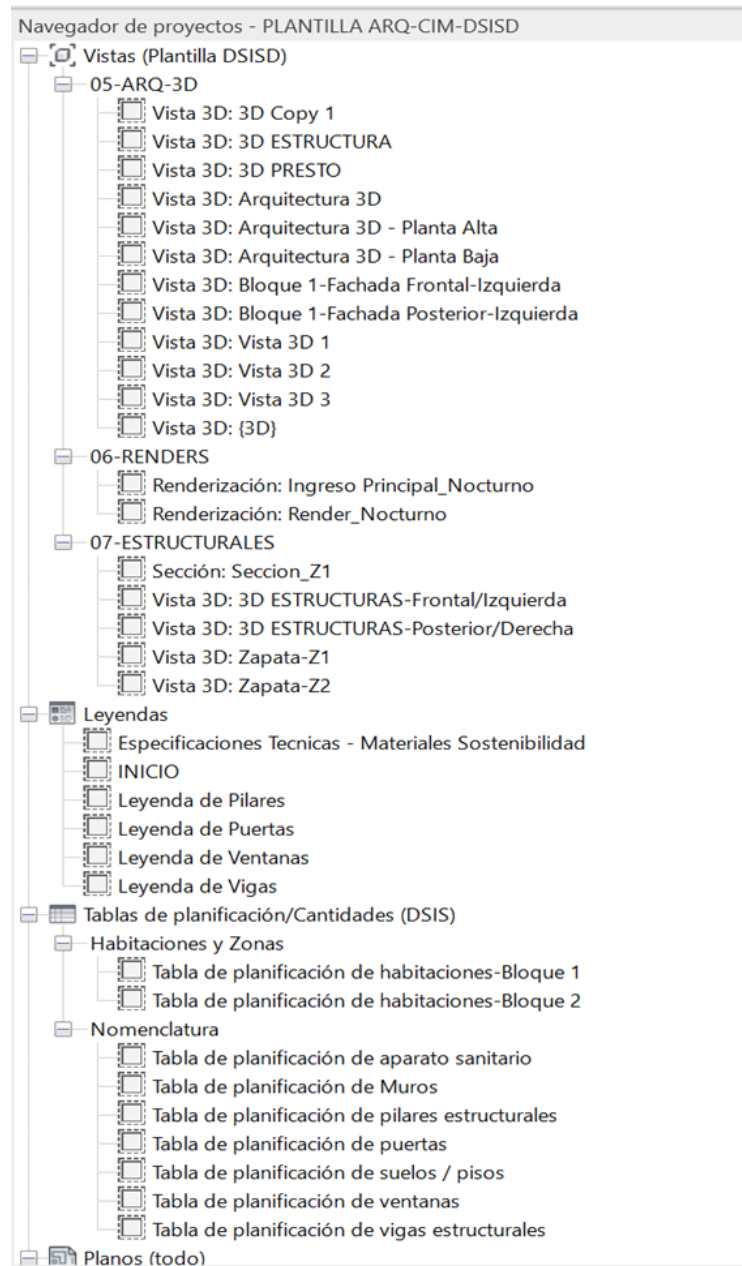


Fuente: Elaboración propia

6.7.4.2 Provisión de insumos de trabajo a las diferentes disciplinas - CIM

Hace referencia a la entrega de archivos e información pdf, editables dwg e información necesaria para el desarrollo de los modelos del proyecto, como las plantillas a utilizarse en los modelos de las diferentes disciplinas. *(Anexo 1)*.

Figura 29. Plantilla de modelo – disciplina Arquitectura



Fuente: Elaboración propia



6.7.4.3 Protocolo de Modelado - CIM

Es el documento que establece las bases y parámetros que se deberán cumplir para el desarrollo de los modelos. Lo indicado se detalla en los adjuntos al presente. *(Anexo n)*

Tabla 6. Modelado por elementos – disciplina Arquitectura

PAREDES METALICAS - CONTAINER: M1_FCH_CHP.GLVZ									
Nomenclatura: Marca de tipo / Clase de Muro / CapaN.MaterialCapaN									
Criterios Generales									
Tipo	Interior y Exterior	Detalles	LOD	MEDICIÓN	FUNCION ESTRUCTURAL		LINEA DE COLOCACION	MODELADO INTEGRADO	UNIONES
					SI	NO			
Definición por capas	N/A								
Vinculación elementos de referencia	Niveles y Ejes								
Vinculación elementos del modelo	Base-Tope por lógica bidireccional	Acabado de pared hasta nivel cielo raso	LOD 300	M2		X	Alineada con cara de columna	SI	Incluidas
Jerarquías Acabados	Prioridad 1								
Jerarquías Coordinación	Prioridad 2-Arquitectura								
Estrategia	Según proceso constructivo								
PAREDES METALICAS+GYPSUM+CERAMICA - BATERIAS SANITARIAS: M5/INT/10cm/PAN.GYPSUM+CHP.GVLZ+PAN.GYPSUM									
Nomenclatura: Marca de tipo / Clase de Muro / Grosor / EspesorCapaN.MaterialCapaN									
Criterios Generales									
Tipo	Interior y Exterior	Detalles	LOD	MEDICIÓN	FUNCION ESTRUCTURAL		LINEA DE COLOCACION	MODELADO INTEGRADO	UNIONES
					SI	NO			
Definición por capas	Multicapa								
Vinculación elementos de referencia	Niveles y Ejes								
Vinculación elementos del modelo	Base-Tope por lógica bidireccional	Acabado de pared hasta nivel cielo raso	LOD 300	M2		X	Alineada con cara de columna	SI	Incluidas
Jerarquías Acabados	Prioridad 1								
Jerarquías Coordinación	Prioridad 2-Arquitectura								
Estrategia	Según proceso constructivo								
PANELES DIVISORIOS ACERO INOXIDABLE - BATERIAS SANITARIAS: M4/INT/CHP.ACE.INOX									
Nomenclatura: Marca de tipo / Clase de Muro / Grosor / EspesorCapa1.MaterialCapa1 + EspesorCapa2.MaterialCapa2 + EspesorCapaN.MaterialCapaN									
Criterios Generales									
Tipo	Interior	Detalles	LOD	MEDICIÓN	FUNCION ESTRUCTURAL		LINEA DE COLOCACION	MODELADO INTEGRADO	UNIONES
					SI	NO			
Definición por capas	N/A								
Vinculación elementos de referencia	Niveles y Ejes								
Vinculación elementos del modelo	Base-Tope por lógica bidireccional	Acabado de pared hasta nivel cielo raso	LOD 300	M2		X	Alineada con cara de columna	SI	Incluidas
Jerarquías Acabados	Prioridad 1								
Jerarquías Coordinación	Prioridad 2-Arquitectura								
Estrategia	Según proceso constructivo								
VENTANAS ALUMINIO: V1/CORR/2H/ALU.NEGRO+VID.ARENADO.4MM/1400X600MM; V4/FIJ/1H/ALU+VID.6MM/800X3000MM; Muro cortina - horizontal									
Nomenclatura: MARCATIPO/APERTURA/NoHOJAS/MATERIAL/ANCHOxALTO									
Criterios Generales									
Tipo	Interior y Exterior	Detalles	LOD	MEDICIÓN	FUNCION ESTRUCTURAL		LINEA DE COLOCACION	MODELADO INTEGRADO	UNIONES
					SI	NO			
Definición por capas	N/A								
Vinculación elementos de referencia	N/A								
Vinculación elementos del modelo	Anfrisión-Parades	Diferentes dimensiones	LOD 300	M2		X	Alineada con fachada cara exterior	SI	Incluidas
Jerarquías Acabados	Prioridad 2								
Jerarquías Coordinación	Prioridad 2-Arquitectura								
Estrategia	Según proceso constructivo								
PUERTAS METALICAS - CONTAINER: P4/EXT/ABAT/1H/900x2100mm									
Nomenclatura: Marca de tipo / Apertura / Número de Hojas / Material / Cerradura / Clasificación de incendios / Ancho x Alto									
Criterios Generales									
Tipo	Exterior	Detalles	LOD	MEDICIÓN	FUNCION ESTRUCTURAL		LINEA DE COLOCACION	MODELADO INTEGRADO	UNIONES
					SI	NO			
Definición por capas	N/A								
Vinculación elementos de referencia	N/A								
Vinculación elementos del modelo	Anfrisión-Parades	Diferentes dimensiones	LOD 300	UNIDAD		X	Alineadas con fachada cara exterior	SI	Incluidas
Jerarquías Acabados	Prioridad 2								
Jerarquías Coordinación	Prioridad 2-Arquitectura								
Estrategia	Según proceso constructivo								

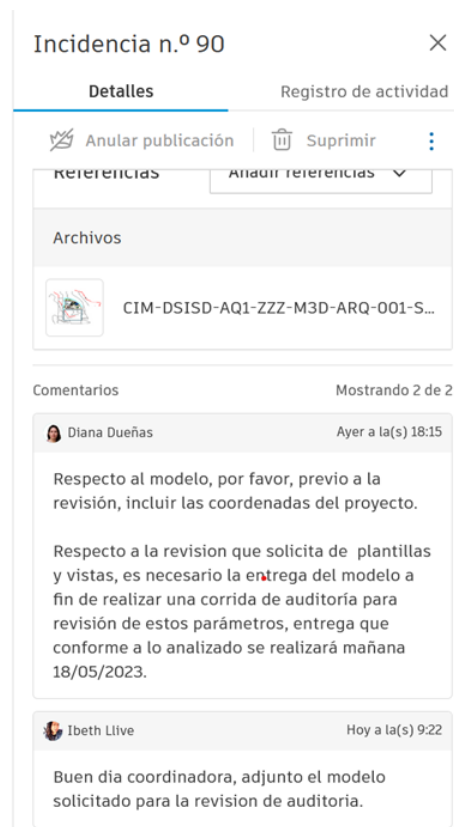
Fuente: Elaboración propia

6.7.5 Coordinación y gestión de información grupal

La Coordinación BIM, es el principal nexo de comunicación entre las diferentes disciplinas y parte del éxito de su trabajo es la comunicación directa, fluida y a tiempo con su equipo de trabajo. En razón de ello, dentro del desarrollo del proyecto se han manejado diferentes modalidades de comunicación, conforme al tipo de requerimiento. Estas se detallan a continuación:

- **Incidencias.** - Utilizadas dentro del ECD para compartir y gestionar información de trabajo. Estas permiten asignar, controlar y detallar el uso que deberá darse a esa información, con la ventaja de que guardan el recorrido de la misma, permitiendo conocer el estado de la información.

Figura 30. Incidencia ejemplo



The screenshot displays a web interface for an incident report. At the top, it shows 'Incidencia n.º 90' with a close button. Below this are two tabs: 'Detalles' (selected) and 'Registro de actividad'. The 'Detalles' tab contains several sections:

- Actions: 'Anular publicación' (with a trash icon) and 'Suprimir' (with a trash icon), followed by a vertical ellipsis menu.
- References: A section titled 'REFERENCIAS' with a dropdown menu 'Añadir referencias'.
- Archivos: A section titled 'Archivos' containing a file icon and the name 'CIM-DSISD-AQ1-ZZZ-M3D-ARQ-001-S...'.
- Comentarios: A section titled 'Comentarios' showing 'Mostrando 2 de 2' comments.
 - Comment 1: From 'Diana Dueñas' on 'Ayer a la(s) 18:15'. The text reads: 'Respecto al modelo, por favor, previo a la revisión, incluir las coordenadas del proyecto. Respecto a la revision que solicita de plantillas y vistas, es necesario la entrega del modelo a fin de realizar una corrida de auditoría para revisión de estos parámetros, entrega que conforme a lo analizado se realizará mañana 18/05/2023.'
 - Comment 2: From 'Ibeth Lliva' on 'Hoy a la(s) 9:22'. The text reads: 'Buen dia coordinadora, adjunto el modelo solicitado para la revision de auditoria.'

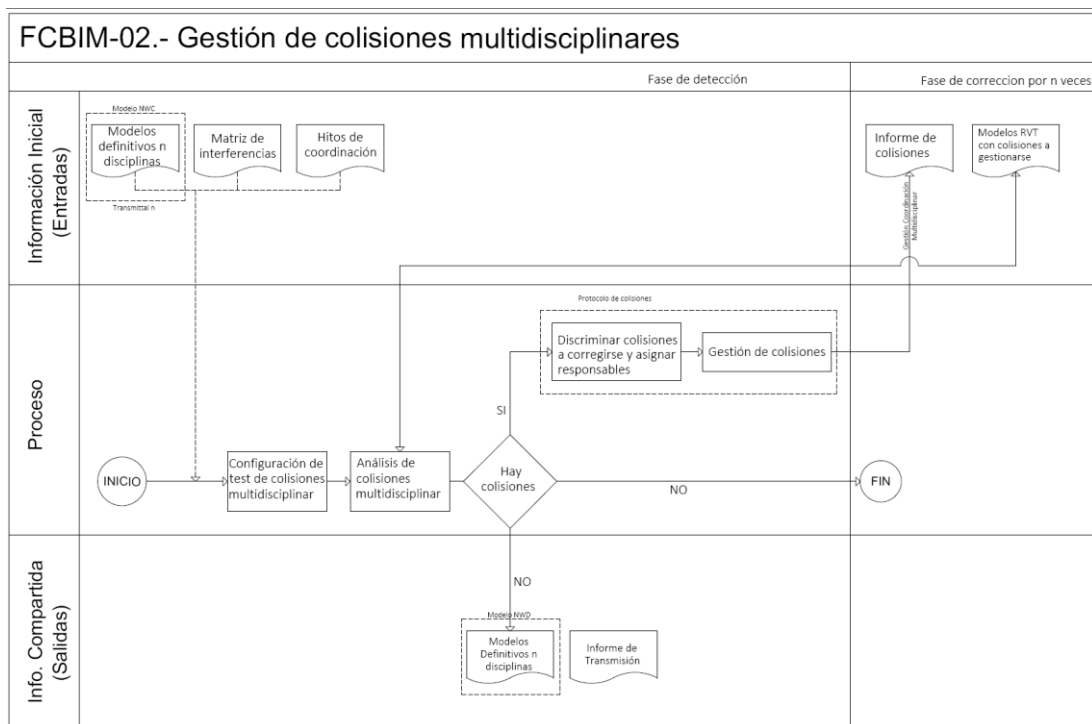
Fuente: Elaboración propia

- **Informe de Transferencia.** – Llamado en el ACC “transmittal”, es utilizado para transmitir / compartir información que ha sido revisada y está aprobada.
- **Reuniones presenciales y/o virtuales.** – Permiten mantener una comunicación directa. Requiere un modelador y tener claros los objetivos a fin de no malgastar tiempo valioso.
- **Aplicaciones de mensajería instantánea.** – Utilizada para comunicación de temas urgentes, informales y que requieren tiempo corto de desarrollo.

6.7.6 Flujos de Trabajo – CIM

- Establecen la información de entrada, su procesamiento y salidas como resultado del proceso. Se plasma a continuación el flujo general de trabajo de la Coordinación:

Figura 31. Flujo principal de Coordinación BIM



Fuente: Elaboración propia

6.7.7 Revisión y aprobación de modelos BIM

6.7.7.1 Auditoría de modelos – CIM

Consisten en controles de auditoría realizados a los modelos a fin de controlar la calidad de la graficación de los mismos, conforme a los parámetros que establecen las herramientas de interoperabilidad – Model Checker que son: *(Anexo 3)*.

- Rendimiento del modelo
- Configuración del proyecto
- Archivos externos
- Elementos de referencia y ubicación
- Vistas
- Elementos del modelo
- Elementos de anotación

El resultado de la auditoría realizado al proyecto de tesis, es el siguiente:

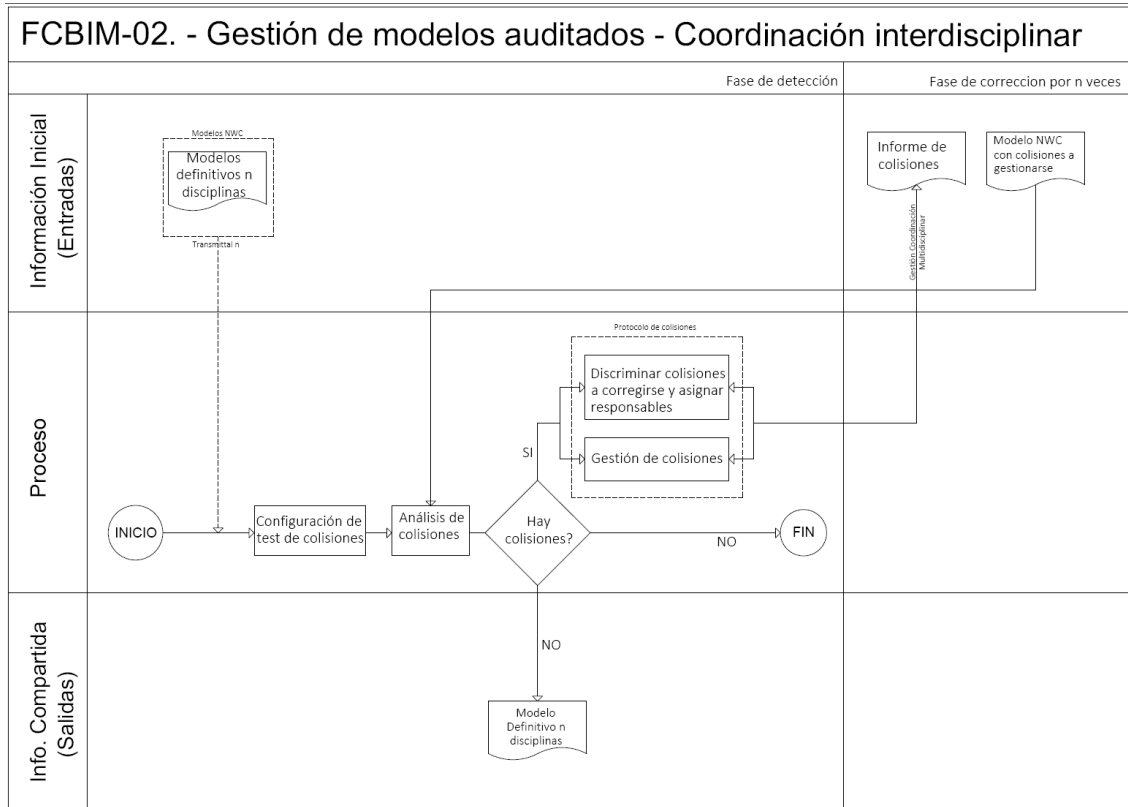
Figura 32. Resumen de la Auditoría realizada al modelo completo del CIM



Fuente: Elaboración propia

A continuación, el flujo de trabajo de los modelos auditados, previo a su remisión a Coordinación para análisis de colisiones multidisciplinar.

Figura 33. Gestión de modelos auditados



Fuente: Elaboración propia

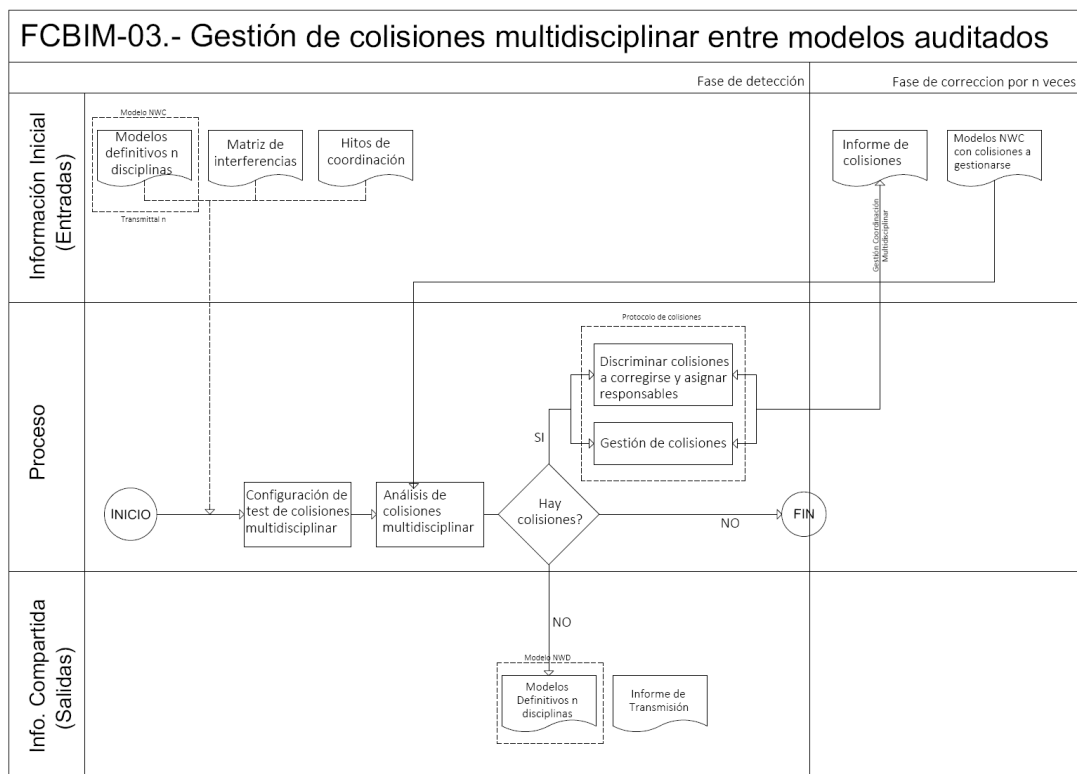
6.7.8 Coordinación Multidisciplinar – CIM

Es la actividad más importante que lleva a cabo la Coordinación BIM dentro de un proyecto que aplique esta metodología, en razón de que permite:

- La detección de colisiones entre los modelos digitales de las distintas disciplinas del proyecto y la resolución de las mismas, en su etapa de diseño y planificación, en lugar de que éstas sean detectadas al momento de su construcción, con el respectivo incremento de costes que esto implicaría.

- Dentro de los protocolos de trabajo establecidos en nuestro proyecto, se encuentra la resolución de colisiones fuertes de manera interdisciplinar, previo a su remisión a la Coordinación. Esto permite que los errores se eviten desde la etapa de modelado de cada disciplina.
- Una vez que se han resuelto las colisiones interdisciplinarias y se cuenta con los modelos auditados y sin duplicados, la Coordinación recibe de parte de los líderes, los modelos definitivos de las diferentes disciplinas a fin de realizar la revisión de colisiones entre disciplinas o multidisciplinar, pues el alcance de la Coordinación es la obtención de información revisada, aprobada y certificada, con la cual todas las disciplinas puedan trabajar de manera colaborativa. A continuación, el flujo de trabajo respectivo:

Figura 34. Gestión de colisiones multidisciplinar entre modelos auditados



Fuente: Elaboración propia

6.7.8.1 Hitos de Coordinación - CIM

Constituyen los entregables de parte de la Coordinación en cada etapa de desarrollo del proyecto. Son importantes en razón de que son los controles de calidad del modelo y se establecen dependiendo de las particularidades de cada proyecto. Los hitos de coordinación del presente proyecto académico se plasman en la matriz a continuación:

Tabla 35. Hitos de coordinación del CIM

MATRIZ DE HITOS DE COORDINACION					
HITO No.	ACTIVIDAD DEL HITO	TIPOS DE HITOS	NIVELES		
			PAVIMENTO	NIVEL 1	NIVEL 2
COORDINACION MULTIDISCIPLINAR					
1	ARQ vs EST	Coordinación ARQ vs EST - Coincidencia de ejes y niveles entre modelos - Que no existan colisiones entre elementos como suelos y vigas, cimientos de hormigón y escaleras metálicas. - Que no existan interferencias entre barandas y la armazón del contenedor - Que no existan interferencias entre los rigidizadores estructurales y las barandas	X	X	X
2	ARQ vs ELC	Coordinación ARQ vs ELC - Que no existan cruces entre las piezas eléctricas y/o el tablero de control y las paredes del contenedor - No existencia de interferencias entre el cielo raso y el cableado para instalaciones eléctricas - Que la ubicación de luminarias no coincida con la de paredes divisorias		X	X
3	ARQ vs HS	Coordinación ARQ vs HS - Que los bajantes de AALL, AASS, AAPP, no coincidan con la ubicación de puertas ni ventanas. - Que los aparatos sanitarios se ubiquen en el nivel correcto de manera que no interfieran con los suelos		X	X
4	EST vs ELC	Coordinación EST vs ELC - Que no exista interferencias entre los armazones de las ventanas y las piezas eléctricas tales como tomacorrientes ni interruptores		X	X
5	EST vs HS	Coordinación EST vs HS - Que no existan colisiones entre el armazón estructural del contenedor y las tuberías de AALL, AASS, AAPP. - Que no existan colisiones entre la armazón del contenedor y los aparatos sanitarios - Que no existan colisiones entre dado la zapata de hormigón y las cajas de revisión	X	X	X
6	ELC vs HS	Coordinación ELC vs HS - Que no existan colisiones entre las cajas de revision y los dados de hormigon	X		
7	COMPLETA	Coordinación ARQ vs EST vs ELC vs HS - Análisis de colisiones de todas las disciplinas del modelo entre si.	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

6.7.8.2 Matriz de Colisiones/Interferencias – CIM

- La revisión de las colisiones del proyecto, se efectúa sobre la base de su matriz de colisiones. Esta contiene los elementos a analizarse de cada disciplina, en ejes verticales y horizontales iguales, de manera que, al cruzarse entre sí, nos permite establecer la prioridad de atención de la colisión entre los elementos que se cruzan. Se cuenta además con una tabla de valoración de prioridades de 1 a 3, siendo 1 las de mayor prioridad, ya que pudieran ocasionar un impacto técnico y económico alto para el proyecto, las de prioridad 2, con impacto medio y 3 para las colisiones que pueden atenderse en obra dado que no representan mayor incidencia en el proyecto.

Tabla 8. Matriz de Colisiones - CIM

Matriz de detección de colisiones - CIM	Arquitectura				Estructura						Electricidad				Fontanería y desagües				
	Suelos	Paredes - divisorias	Cielo Raso	Barandas	Vigas	Dados de hormigon	Escaleras metálicas	Armazon contenedor	Rigidizadores estructurales	Armazon ventanas	Pergola	Cableado/tubos	Luminarias	Piezas eléctricas	Tablero de control	Tuberías	Valvuleria	Aparatos Sanitarios	Cajas de revision
Arquitectura																			
Suelos					NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Paredes - divisorias					NA	NA	NA	2	NA	3	NA	3	2	NA	NA	3	3	NA	NA
Cielo Raso					NA	NA	NA	NA	NA	3	NA	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Barandas					NA	NA	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Estructura																			
Vigas												NA	NA	NA	NA	2	NA	NA	NA
Dados de hormigon												NA	NA	NA	NA	1	NA	NA	1
Escaleras metálicas												NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3
Armazon contenedor												3	3	2	2	NA	3	NA	NA
Rigidizadores estructurales												NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Armazon ventanas												NA	NA	3	3	2	NA	NA	NA
Pergola												NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Electricidad																			
Cableado/tubos																1	NA	NA	NA
Luminarias																1	NA	NA	NA
Piezas eléctricas																NA	NA	NA	NA
Tablero de control																NA	NA	NA	NA
Fontanería y desagües																			
Tuberías																			
Valvuleria																			
Aparatos Sanitarios																			
Cajas de revision																			

Fuente: Elaboración propia

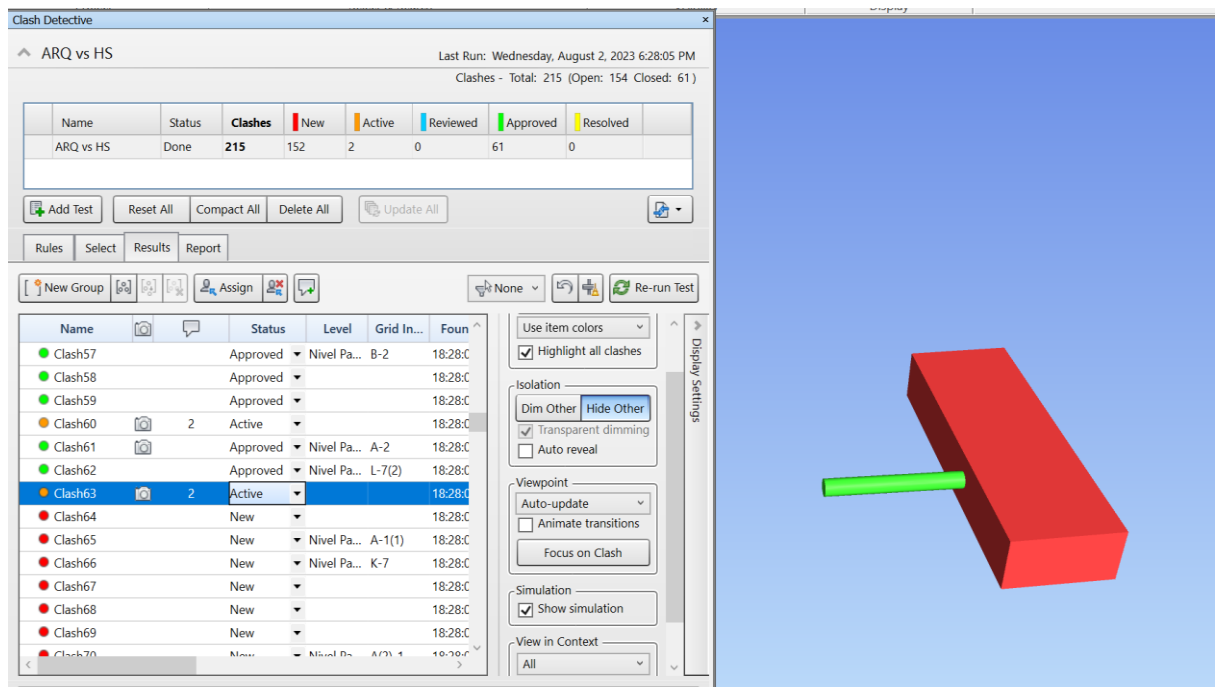
Tabla 9. Matriz de categorización de prioridades – CIM

CATEGORIZACION DE PRIORIDADES - RESOLUCION DE INTERFERENCIAS		
LEYENDA	PRIORIDAD	INTERPRETACION
1	ALTA	Debe atenderse de manera prioritaria. Tiene impacto tecnico y economico alto en el proyecto
2	MEDIA	De impacto tecnico y economico medio en el proyecto. Debe atenderse después de las colisiones de prioridad 1.
3	BAJA	El impacto tecnico y economico en el proyecto es bajo, pueden atenderse y solventarse en construcción.

Fuente: Elaboración propia

- La discriminación de colisiones y no colisiones y su rango de prioridad, debe ser realizada por el Coordinador BIM, quien debe plantear la solución técnica a darse, designar al técnico responsable de resolverla y el tipo de prioridad que tiene conforme a la matriz respectiva.

Figura 36. Ejemplo de colisión entre zapata de hormigón y tubería de AA.SS.



Fuente: Elaboración propia

- Resultado de esta gestión, se obtiene el reporte de colisiones, que se describe a continuación.

6.7.8.3 Reporte de Colisiones – CIM

- Lo indicado en el párrafo anterior, se plasma en un reporte en formato html tabular, el cual resume: la identificación de la colisión, su ubicación en el proyecto, el técnico responsable de atenderla y la solución que debe darse conforme a su prioridad. (*Anexo 4*)
- El Coordinador BIM, es el profesional encargado de discriminar entre las diferentes colisiones que presente el proyecto, ya que el software arroja colisiones que en obra no se presentarían.
- Las colisiones que deben atenderse, se designan al técnico responsable de resolverlas, se indica la forma de resolución que se dará, (conforme el criterio de jerarquía que establece que la estructura no se mueve ni se altera), la prioridad de atención de dicha colisión
- En nuestro proyecto de tesis específico, al realizar un análisis de colisiones entre las disciplinas de Estructura e Instalaciones Hidrosanitarias, se presentó una colisión entre la zapata y la tubería de AASS, como se pudo observar en el gráfico anterior.
- Las colisiones que se hayan presentado al realizar la coordinación multidisciplinar y la gestión que debe darse a las mismas, se resume en el reporte de colisiones que se muestra a continuación:

Tabla 10. Reporte de colisiones a atenderse

Test 1	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.025m	32	0	31	0	1	0	Hard (Conservative)	OK

Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Assigned To	Approved By	Clash Point	Item 1			Item 2			Comments	
										Item ID	Layer	Item Name	Item Type	Item ID	Layer		Item Name
	APROBADAS	Approved	-1.091	L-7 : Nivel Pavimento	Hard (Conservative)	2023/7/24 23:15		diana	x:504606.546, y:9987831.274, z:2537.250	Element ID: 257367	Nivel Pavimento	Adoquin Hexagonal Vegetal	Solid	Element ID: 1297437	Nivel 1	Pipe Types Sanitaria PVC Desagüe	
	Clash57	Active	-0.423	B-2 : Nivel Pavimento	Hard (Conservative)	2023/7/24 23:15			x:504581.708, y:9987818.215, z:2537.300	Element ID: 332692	Nivel 1	Acero ASTM A572	Solid	Element ID: 1292291	Nivel 1	Pipe Types Sanitaria PVC Desagüe	
	Clash59	Active	-0.400		Hard (Conservative)	2023/7/24 23:15			x:504598.891, y:9987814.060, z:2536.500	Element ID: 257367	Nivel Pavimento	Relleno Compactado con Material de Mejoramiento	Solid	Element ID: 1275654	Nivel 1	Hormigón 210 kg/cm ²	
	Clash60	Active	-0.400		Hard (Conservative)	2023/7/24 23:15	LIDER HS		x:504610.274, y:9987828.708, z:2536.300	Element ID: 384858	Nivel 1	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Solid	Element ID: 1297789	Nivel 1	Hormigón 210 kg/cm ²	#0 - diana - 2023/7/24 23:39 Assigned to LIDER HS #35 - diana - 2023/7/24 23:42 RDI 1 / PRIORIDAD 1 / COLISION ENTRE CAJA DE REVISION Y ZAPATA DE HORMIGON. REUBICAR CAJIA DE REVISION Y REVISAR CAMBIOS EN RED DE AASS.
	Clash63	Active	-0.334		Hard (Conservative)	2023/7/24 23:15	LIDER HS		x:504610.009, y:9987828.186, z:2536.135	Element ID: 384858	Nivel 1	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Solid	Element ID: 1304074	Nivel 1	Pipe Types Sanitaria PVC Desagüe	#0 - diana - 2023/7/24 23:48 Assigned to LIDER HS #36 - diana - 2023/7/24 23:49 RDI 2 / PRIORIDAD 3 / TUBERIA AASS ATRAVIESA PLINTO DE HORMIGÓN. REUBICAR TUBERIA AASS.

Fuente: Elaboración propia

- Una vez resueltas estas colisiones en el software de modelado, se revisan nuevamente en Navisworks, a fin de emitir un informe final indicando la resolución de las mismas, como la tabla a continuación:

Tabla 11. Reporte de colisiones RESUELTAS

logo

Clash Report

ARQ vs ELC vs HS	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.025m	706	0	0	0	703	3	Hard (Conservative)	OK

Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Date Approved	Approved By	Clash Point	Item 1				Item 2			
										Item ID	Layer	Item Name	Item Type	Item ID	Layer	Item Name	Item Type
	Clash1	Approved	-1.800		Hard (Conservative)	2023/8/4 01:38	2023/8/4 01:38	diana	x:504577.514, y:9987834.103, z:2536.735	ID de elemento: 959852	03. Nivel_Cimientos Exteriores	Acero, acabado de pintura, gris oscuro, mate	Sólido	ID de elemento: 257144	<Sin nivel>	Tierra	Sólido
	Clash2	Approved	-1.800		Hard (Conservative)	2023/8/4 01:38	2023/8/4 01:38	diana	x:504582.907, y:9987841.003, z:2536.594	ID de elemento: 959852	03. Nivel_Cimientos Exteriores	Acero, acabado de pintura, gris oscuro, mate	Sólido	ID de elemento: 257144	<Sin nivel>	Tierra	Sólido
	Clash3	Approved	-1.800		Hard (Conservative)	2023/8/4 01:38	2023/8/4 01:38	diana	x:504571.479, y:9987826.382, z:2536.892	ID de elemento: 959852	03. Nivel_Cimientos Exteriores	Acero, acabado de pintura, gris oscuro, mate	Sólido	ID de elemento: 257144	<Sin nivel>	Tierra	Sólido
	Clash4	Approved	-1.550	G-5 : Nivel Pavimento	Hard (Conservative)	2023/8/4 01:38	2023/8/4 01:38	diana	x:504589.858, y:9987808.723, z:2537.250	ID de elemento: 395271	00. Nivel_Cimientos de Contenedores	Hormigón - Hormigón moldeado in situ	Sólido	ID de elemento: 257367	Nivel Pavimento	Adoquin Hexagonal Vegetal	Sólido
	Clash5	Approved	-1.400		Hard (Conservative)	2023/8/4 01:38	2023/8/4 01:38	diana	x:504594.217, y:9987787.145, z:2535.750	ID de elemento: 261615	Nivel Pavimento	Relleno Compactado con Material de Mejoramiento	Sólido	ID de elemento: 257886	Nivel Pavimento	Relleno Compactado con Material de Mejoramiento	Sólido
	Clash6	Approved	-1.250		Hard (Conservative)	2023/8/4 01:38	2023/8/4 01:38	diana	x:504570.887, y:9987807.486, z:2536.877	ID de elemento: 257367	Nivel Pavimento	Relleno Compactado con Material de Mejoramiento	Sólido	ID de elemento: 257144	<Sin nivel>	Tierra	Sólido
	Clash7	Approved	-1.200	E-5 : Nivel Pavimento	Hard (Conservative)	2023/8/4 01:38	2023/8/4 01:38	diana	x:504593.868, y:9987796.421, z:2537.150	ID de elemento: 257367	Nivel Pavimento	Relleno Compactado con Material de Mejoramiento	Sólido	ID de elemento: 261615	Nivel Pavimento	Relleno Compactado con Material de Mejoramiento	Sólido

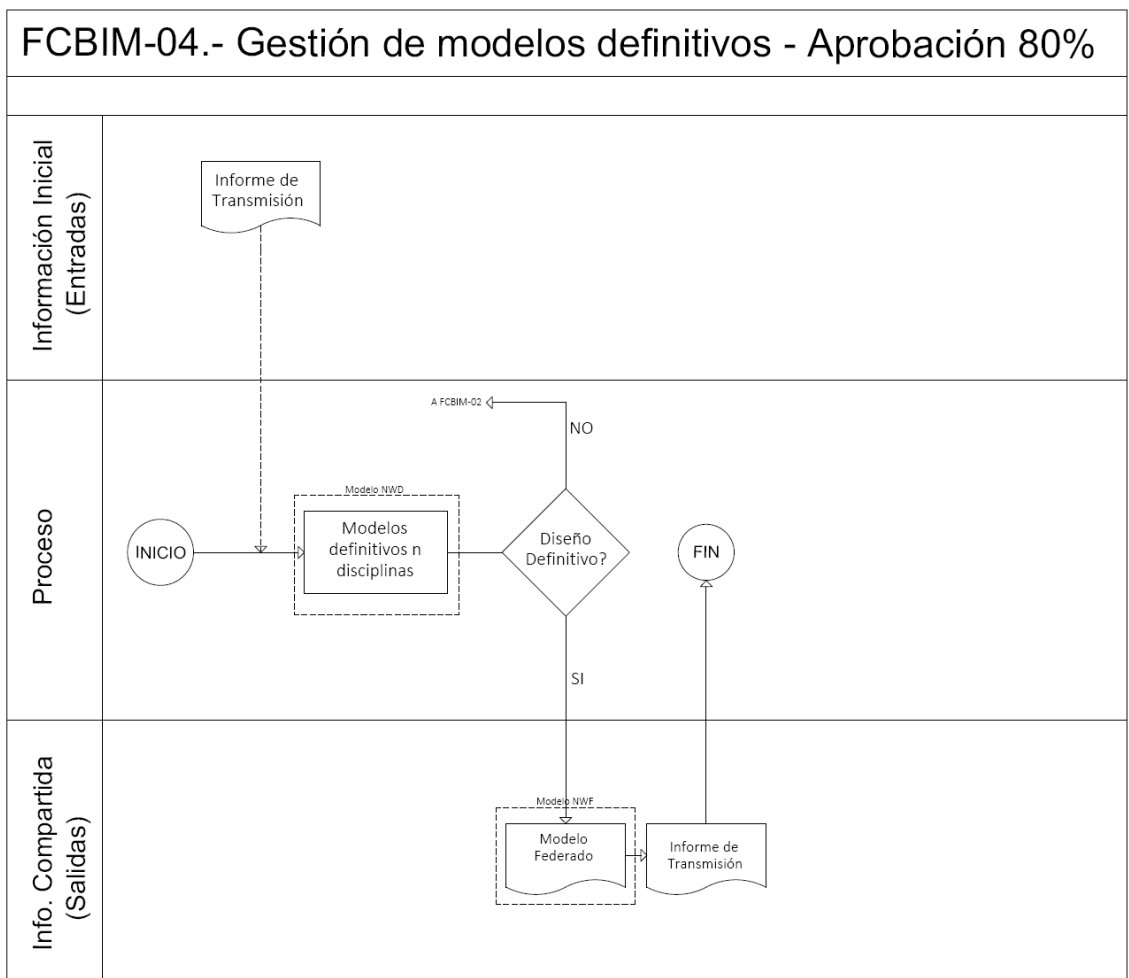
- Fuente: Elaboración propia

6.7.9 Modelo Federado

- El modelo federado, es aquel que contiene todos los modelos que comprende el proyecto SIN COLISIONES. Dicho en otras palabras, representa el modelo digital de la edificación a construirse, con todos sus sistemas y componentes.
- Este modelo ha sido auditado y no presenta colisiones que pudieren darse en la etapa de la construcción real del proyecto, ya que éstas fueron identificadas y resueltas en el modelo digital. *(Anexo 5)*

Su proceso de obtención se resume en el flujo de trabajo a continuación:

Figura 36. Flujo de información del CDE del proyecto.



Fuente: Elaboración propia

6.7.10 Cronograma de construcción del proyecto – Modelo 4D

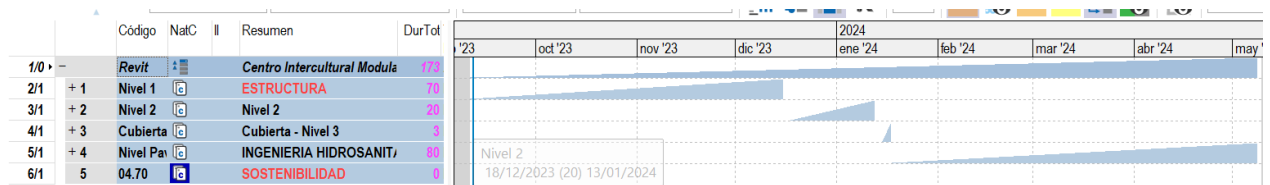
- Una vez que se cuenta con el modelo federado, es posible avanzar a una siguiente dimensión de BIM, la etapa 4D, que hace referencia a la incorporación del factor tiempo en el modelo, es decir determinar el plazo de ejecución del proyecto.

(Anexo 6)

- Para este fin, se organizan los rubros en orden de ejecución y de precedencia, estableciendo tiempos individuales para cada uno, los mismos que sumados, nos dan el plazo total de ejecución.
- El software utilizado para este fin es Presto, que es un gestor de costos y permite a su vez realizar la planificación de obra.

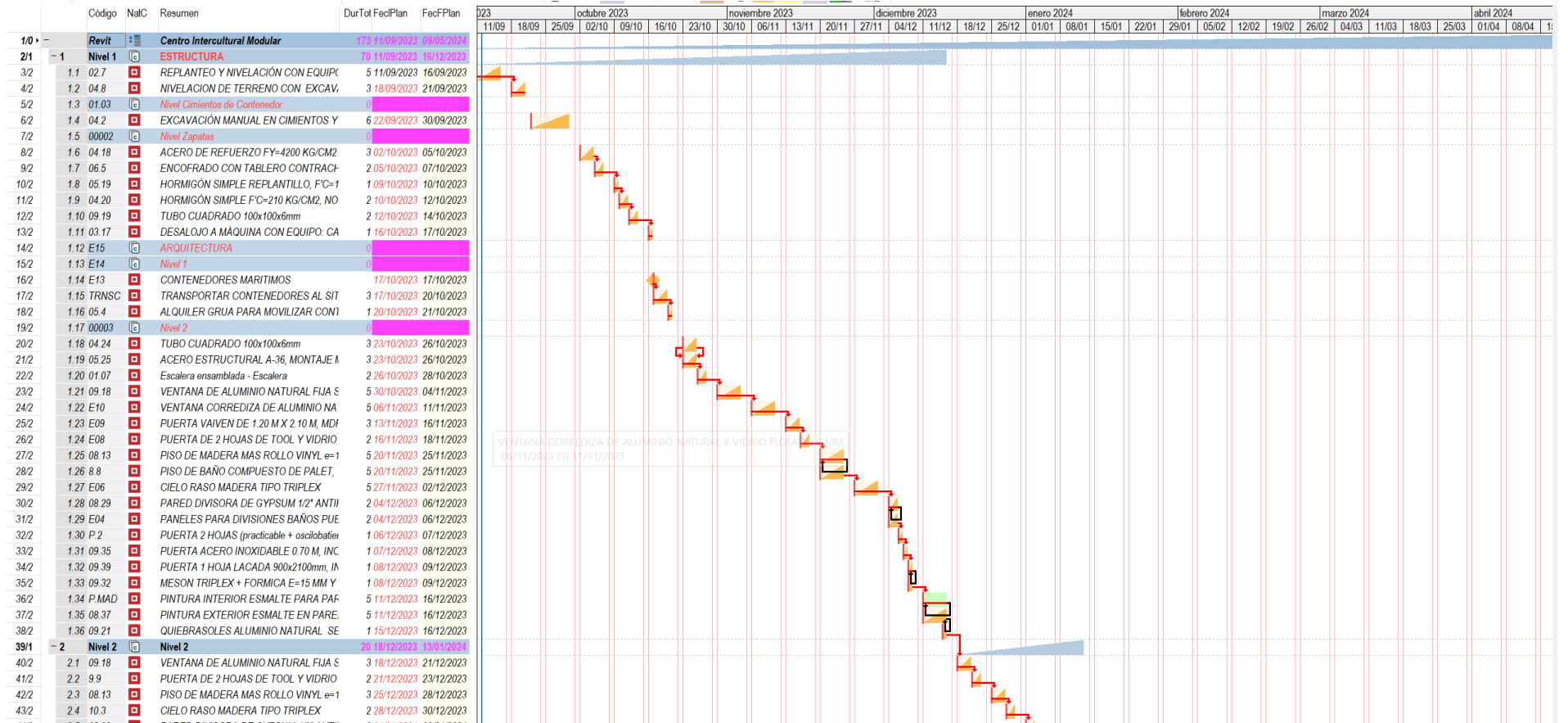
Resultado de lo indicado, es el cronograma resumen y ampliado que se muestran a continuación:

Figura 37. Cuadro resumen del cronograma del proyecto



Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Cronograma del proyecto – Modelo 4D



Fuente: Elaboración propia

6.7.11 Presupuesto del Proyecto - Modelo 5D - CIM

- Esta 5ta dimensión – 5D de BIM, vincula la información de los modelos con un software de gestión de costos (Presto), permitiendo la obtención de cantidades y materiales componentes del modelo, los cuales al vincularlos con una base de datos de precios unitarios del país en que se generará el proyecto, nos permiten obtener el respectivo presupuesto. *(Anexo 7)*
- Se debe configurar de manera correcta las unidades de medida para cuantificación de cantidades, conforme a la base de datos de precios con la que se trabajará.

Tabla 13. Presupuesto resumen del proyecto – Modelo 5D

PRESUPUESTO CENTRO INTERCULTURAL MODULAR - CIM					
Código	Resumen	CanPres	Ud	Pres	ImpPres
ESTRUCTURA					
2001340	Topografía	1		17,752.02	17,752.02
00001	Nivel Cimientos de Contenedor	1		842.37	842.37
00002	Nivel Zapatas	1		10,975.14	10,975.14
00003	Nivel 2	1		3,031.61	3,031.61
ARQUITECTURA					
Nivel 1	Nivel 1	1		85,209.16	85,209.16
Nivel 2	Nivel 2	1		26,271.82	26,271.82
Cubierta -	Cubierta - Nivel 3	1		5,535.90	5,535.90
INGENIERIA HIDROSANITARIA					
2000032	Suelos	1		5,175.04	5,175.04
2008044	Tuberías	1		644.38	644.38
2008049	Uniones de tubería	1		2,849.31	2,849.31
INGENIERIA ELECTRICA					
2001120	Luminarias	1		8,665.13	8,665.13
2001060	Aparatos eléctricos	1		3,534.82	3,534.82
EXTERIORES					
PRESUPUESTO MODELO BASE					294,874.68
COSTOS INDIRECTOS: 20%					58,974.94
COSTO TOTAL CIM (CD + CIND)					353,849.62
SOSTENIBILIDAD					
2001320	Vigas	1		308.01	308.01
09.40	VIGA ESTRUCTURAL DE MADERA TECA INSTALADA	24.158	m	12.75	308.01
2000700	Pergola	1		3,295.95	3,295.95
09.34	PERGOLA DE MADERA Y VIDRIO LAMINADO 8 MM	51.100	m2	64.50	3,295.95
05.17	HORMIGÓN SIMPLE PLINTOS PREFABRICADOS, F'C=210 KG/CM2,		m3	142.74	0.00
2001330	Pilares estructurales	1		118.78	118.78
09.37	PILAR DE MADERA TRATADA EXTERIOR 20X20CM 2400M	1.692	u	70.20	118.78
2000032	Suelos	1		2,422.50	2,422.50
08.14	PISO DE TABLERO OSB ESTRU. INC INSTALACION	30.000	m2	80.75	2,422.50
2000011	Muros	1		4,689.93	4,689.93
08.30	PAREDES DE TABLERO TRIPLEX	65.461	m2	36.72	2,403.73
09.21	QUIEBRASOLES ALUMINIO NATURAL SEMIEUROPEO 12CM	10.536	m2	216.99	2,286.21
2000038	Techos	1		1,013.27	1,013.27
10.3	CIELO RASO MADERA TIPO TRIPLEX	26.095	m2	38.83	1,013.27
2008049	Hidrosanitarias	1		3,202.24	3,202.24
12.16	TANQUE BIODIGESTOR 4000LT. CON KIT DE INSTALACION	2.000	u	1,601.12	3,202.24
2001040	Equipos eléctricos	1		23,826.00	23,826.00
13.8	PANELES FOTOVOLTAICOS 6.90KWP INC INSTALACION	20.000	u	1,191.30	23,826.00
2001360	Vegetación	1		275.13	275.13
18.9	PLANTA - ARBOL	9.000	u	30.57	275.13
PRESUPUESTO MODELO BASE + SOSTENIBILIDAD					334,026.50
COSTOS INDIRECTOS: 20%					66,805.30
COSTO TOTAL CIM (C.D. + C.IND.)					400,831.80

Fuente: Elaboración propia

6.8 Aplicación de criterios de Sostenibilidad - Modelo 6D

- Para la aplicación de criterios de Sostenibilidad, se contó con un modelo base sobre el cual, con el apoyo de software especializado, se analizaron y aplicaron criterios referentes a asoleamiento, ventilación adecuada, reutilización de aguas servidas, aprovechamiento de la energía solar incorporando paneles fotovoltaicos, etc. Estas estrategias fueron posibles de analizar y aplicar, ya que se contó con los respectivos softwares con trazabilidad a Revit, que se utilizaron tales como Insight Lighting.
- El trabajo de Coordinación BIM respecto a esta disciplina, fue el revisar que se apliquen las estrategias de materiales sugeridas por Sostenibilidad, a fin de causar el menor impacto al ambiente y permitir la reutilización de materiales.
- Se coordinó además el presupuesto que implica la aplicación de criterios de sostenibilidad, en razón de ello, se presenta un presupuesto conjunto.

El trabajo a detalle se describe en el trabajo de tesis respectivo.

Figura 38. Modelo 6D

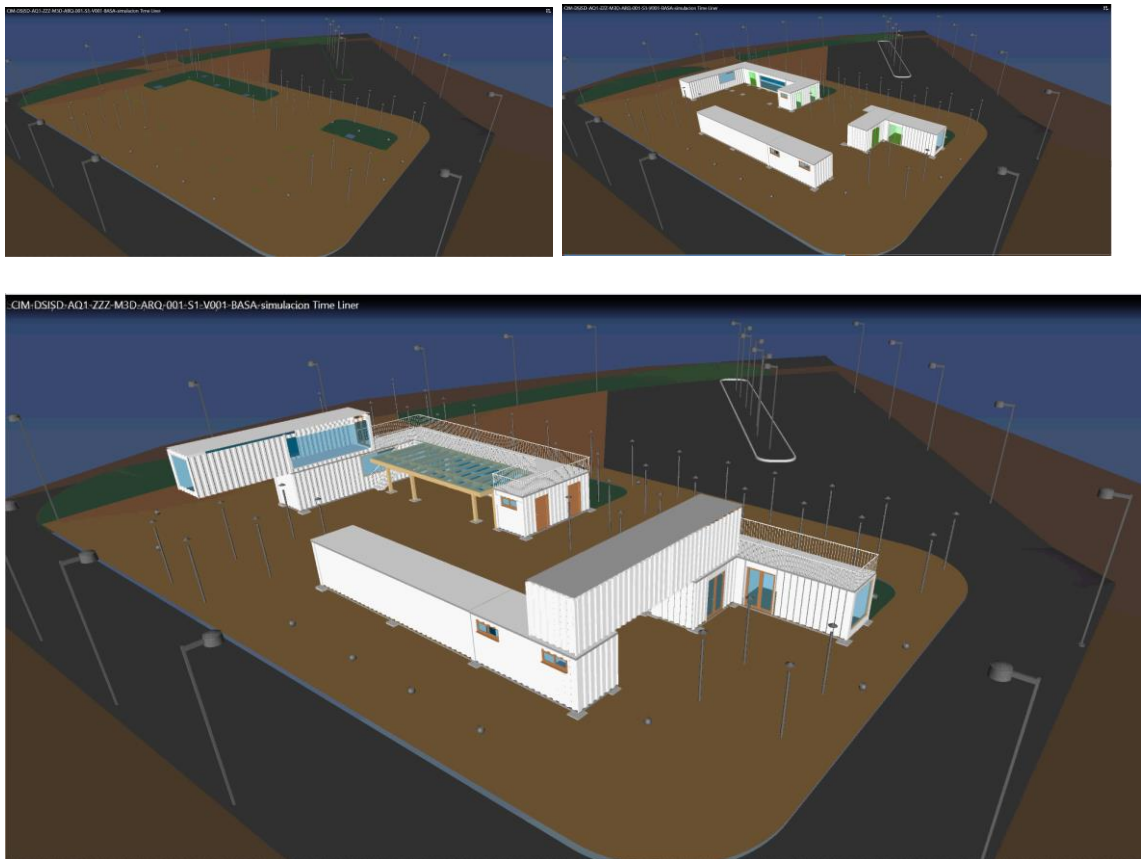


Fuente: Elaboración propia

6.9 Simulación Constructiva

- Finalmente, una vez que se cuenta con los modelos definitivos del proyecto, se realiza la simulación digital de la construcción de la edificación. Esta permite evidenciar el orden del proceso constructivo, que se incluyan los elementos necesarios y los tiempos de ejecución de los rubros de manera que, se realicen los ajustes que sean necesarios, de haberlos.

Figura 39. Imágenes avance de construcción del proyecto



Fuente: Elaboración propia

6.10 Conclusiones y Recomendaciones

- El uso de la metodología BIM le permite a la Coordinación, evidenciar colisiones en un modelo digital, que de la manera tradicional no hubiese sido posible, y que representa en obra cambios que hubiesen tenido un fuerte impacto técnico, económico y de incremento de plazo al proyecto.
- Directamente en el análisis de colisiones del proyecto, se llegó a determinar que éstas se estaban presentando entre la red de descarga de aguas servidas y las zapatas de hormigón de los cimientos. La detección a tiempo en Navisworks, permitió determinar la ubicación de estas colisiones, de manera de resolverlas previo a continuar hacia una etapa posterior BIM, como es el 4D y posteriores.
- Es importante indicar que, si bien cuando se aplica la metodología BIM, la fase de planificación del proyecto toma un tiempo mayor al que ocuparía la metodología tradicional, ya que deben desarrollarse los modelos, auditarse, revisar que no existan colisiones, corregirlas de existir, y gestionar los cambios que hubiere hasta que éstas se resuelvan, y se pueda contar finalmente con el modelo federado, sin embargo, este tiempo no tiene comparación en costo y plazo al que existiría en obra.
- Con BIM, y los procesos propios de la Coordinación, las correcciones se efectúan en un modelo digital, no hay erogación de recursos adicionales y el tiempo de corrección es mínimo, en cambio efectuar las mismas correcciones en obra,

implican reprocesos, desperdicio de material, nuevo material a adquirirse, corrección de trabajos ya realizados, incremento del plazo del proyecto, etc.

- Por otra parte, la metodología de trabajo colaborativa de BIM, permite una mejor fluidez en la gestión de los proyectos, ya que todo el equipo trabaja de manera colaborativa sobre un mismo modelo a la vez.
- El entorno colaborativo, al acoger la información que es compartida por todos los usuarios, facilita la gestión de la comunicación, la revisión de los modelos, agilizando el desarrollo del proyecto.
- Importante también destacar la gestión de softwares complementarios como el gestor de costos, que se vincula directamente con el modelo, permitiendo obtener de manera inmediata cuantificaciones de materiales y posteriormente el presupuesto.
- Otro recurso importante es la simulación constructiva que permite visualizar el proceso, su orden y el plazo de construcción digital del modelo, permitiendo a su vez realizar ajustes en los mismos.
- Referente al modelo 7D - Sostenibilidad del proyecto, las herramientas digitales permiten crear escenarios que permiten tomar decisiones respecto al proyecto a fin de contar con mejores condiciones bioclimáticas y sustentables y realizar los cambios de manera ágil y oportuna.

- Todos estos beneficios significan mejoras sustanciales de tiempo y costes a los proyectos y le permiten a la gerencia del mismo tomar mejores decisiones.
- Por tanto, del análisis efectuado, podemos concluir que las ventajas que ofrece la aplicación de la metodología BIM, en los proyectos, debería ser implementada como política nacional, por las ventajas que presenta.

6.11 Bibliografía

- <https://bimanagement.co/2019/12/23/gerencia-de-proyectos-y-el-ecosistema-del-proyecto-basado-en-bim-ii/>
- <https://www.bimnd.es/plan-de-ejecucion-bim-bep-y-como-funciona-nuestra-experiencia/>
- <https://biblus.accasoftware.com/es/bim-manager-bim-specialist-bim-coordinator/>
- Plan BIM Chile
- <https://plannerly.com/bim-coordinators-responsibilities/>
- https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fbimchannel.net%2Fs%2Fguia-bim-gestion-proyectos-obras%2F&psig=AOvVaw3AWOmHjP6ooZmoKgTxCHR3&ust=1684510853724000&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQjRxqFwoTCICvyKGa__4CFQAAAAAdAAAAABAD