



**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de fin de Carrera titulado:**

**Implementación BIM proyecto Polideportivo ARENASPORT**

**ROL LIDER DE ESTRUCTURA**

**Realizado por:**

**FRANCISCO ALEJANDRO GUZMÁN CHÁVEZ**

**Director del proyecto:**

**HECTOR GUILLERMO SIMO CURIEL**

**Como requisito para la obtención del título de:**

**MAGISTER EN GERENCIA DE PROYECTOS BIM**

**QUITO, ABRIL del 2024**

## DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, FRANCISCO ALEJANDRO GUZMÁN CHÁVEZ, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N° 172326406-3, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.



Firmado electrónicamente por:  
FRANCISCO ALEJANDRO  
GUZMAN CHAVEZ

-----  
FRANCISCO ALEJANDRO GUZMÁN CHÁVEZ

C.I.: 172326406-3

## **DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

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

-----

HECTOR GUILLERMO SIMO CURIEL

Master

**LOS PROFESORES INFORMANTES:**

LUIS ALBERTO SORIA NUÑEZ

VIOLETA CAROLINA RANGEL RODRIGUEZ

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

---

Ing. Violeta Rangel

---

Ing. Luis Soria

Quito, 09 de ABRIL de 2024

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



Firmado electrónicamente por:  
FRANCISCO ALEJANDRO  
GUZMAN CHAVEZ

---

FRANCISCO ALEJANDRO GUZMÁN CHÁVEZ

C.I.: 172326406-3



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL**

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

**Implementación BIM proyecto Polideportivo ARENASPORT  
ROL LIDER DE ESTRUCTURA**

Francisco Alejandro Guzmán Chávez

Quito, Abril de 2024

## DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Francisco Alejandro Guzmán Chávez, con cédula de identidad # 1723264063, 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, Abril de 2024



Firmado electrónicamente por:  
**FRANCISCO ALEJANDRO  
GUZMAN CHAVEZ**

---

Francisco Alejandro Guzmán Chávez

Correo electrónico: guzman\_panchito@hotmail.com



## **DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN BIM DEL PROYECTO POLIDEPORTIVO ARENA  
SPORT. ROL LÍDER DE ESTRUCTURA”**

Realizado por:

**FRANCISCO ALEJANDRO GUZMÁN CHÁVEZ**

como Requisito para la Obtención del Título de:

**MAGISTER EN GERENCIA DE PROYECTOS BIM**

ha sido dirigido por el profesor

**HECTOR GUILLERMO SIMO CURIEL**

en conjunto con el profesor co-tutor:

**ELMER MUÑOZ**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

FIRMA



Implementación BIM del Proyecto Polideportivo Arena Sport.

Por

FRANCISCO ALEJANDRO GUZMÁN CHÁVEZ

Abril 2024

Aprobado:

Hector, H, Simon, S, Tutor

Violeta, V, Rangel, R, Presidente del Tribunal

Luis, L, Soria, S, Miembro del Tribunal

Aceptado y Firmado: \_\_\_\_\_ 09, abril, 2024

Violeta, V, Rangel, R.

Aceptado y Firmado: \_\_\_\_\_ 09, abril, 2024

Luis, L, Soria, S.

Aceptado y Firmado: \_\_\_\_\_ 09, abril, 2024

Hector, H, Simo, S.

\_\_\_\_\_ 09, abril, 2024

Violeta, V, Rangel, R.

Presidente(a) del Tribunal

Universidad Internacional SEK



## **Dedicatoria**

A mi Mami, mi Papi y mi Ñaña quienes siempre han sido mi pilar fundamental,  
y a quien le debo todo en esta vida la Michi.



## **Agradecimiento**

No más de una página

Agradezco a mis compañeros de tesis Kim, Kami y Juanpa, por el apoyo brindado para realizar el presente estudio a mis amigos, compañeros, familia y profesores que colaboraron a forjarme como profesional y a Dios que es el que sabe en qué lugar y con qué personas colocarnos.

## Resumen

La implementación de la metodología BIM en un proyecto de construcción nos permite optimizar recursos que pueden mejorar su calidad e incluso incluir criterios de sostenibilidad, los cuales, en el mercado nacional, a menudo implican un costo inicial elevado.

El proyecto en cuestión es un polideportivo para una institución educativa en la ciudad de Quito, Pichincha, Ecuador. Este polideportivo tiene como objetivo albergar a aproximadamente 500 estudiantes para campeonatos deportivos y eventos especiales de la institución. Consta de dos naves principales con canchas de uso múltiple, graderías, y una nave central para el mantenimiento de instalaciones de paneles solares, bodega, cuarto de sonido y baterías sanitarias.

El principal desafío de este proyecto de titulación es el plazo de ejecución, dado que se desarrolla dentro de una institución educativa con un tiempo limitado para utilizar las instalaciones. Sin embargo, se busca ofrecer un proyecto integral al cliente, que incorpore criterios de sostenibilidad para reducir los costos de mantenimiento y consumo de recursos, aprovechando así las ventajas de la metodología sin afectar el presupuesto inicial.

La estructura del proyecto se desarrolló utilizando una combinación de acero y hormigón, con la superestructura en acero debido a sus ventajas y la cimentación en hormigón armado.

Como líder del equipo de estructuras, fue un desafío proponer soluciones que tuvieran en cuenta las necesidades no solo de esta disciplina, sino también cómo se relacionan con otras disciplinas para alcanzar los objetivos del proyecto.

La metodología BIM ofrece la oportunidad de tener un nivel uniforme de información para el desarrollo del proyecto, lo que evita reprocesos en la toma de decisiones, especialmente en la gestión de cambios en el proyecto (niveles, ubicación de elementos, etc.).

*Palabras clave:* Reducción, recursos, tiempo, costo, optimización.

## **Abstract**

The implementation of the BIM methodology in a construction project allows us to optimize resources that can be used to improve its quality and even include sustainability criteria, which often represent a high initial cost within the national market.

The current project is a sports complex for an educational institution located in the city of Quito, Pichincha, Ecuador. It aims to accommodate approximately 500 students for sports championships and special events of the institution. It consists of two main halls with multipurpose courts, bleachers, and a central hall for the maintenance of solar panels, storage, sound room, and sanitary facilities.

The main challenge of this graduation project is the execution period, as it is developed within an educational institution with limited time to use the facilities. However, the goal is to offer a comprehensive project to the client, incorporating sustainability criteria to reduce maintenance costs and resource consumption, thus taking advantage of the benefits of the methodology without affecting the initial budget.

The project structure was developed using a combination of steel and concrete, with the superstructure in steel due to its advantages and the foundation in reinforced concrete.

As the leader of the structures team, it was a challenge to propose solutions that take into account not only the needs of this discipline but also how they relate to other disciplines to achieve the project's objectives.

The BIM methodology provides the opportunity to have a consistent level of information for project development, avoiding reprocessing in decision-making, especially in managing project changes (levels, element location, etc.).



*Keywords:* Reduction, resources, time, cost, optimization.

## Tabla de Contenidos

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	1
1.1. Ubicación Geográfica .....	1
1.2. Diseño Arquitectónico .....	2
1.3. Diseño Estructural .....	3
1.4. Ubicación en el espacio .....	3
1.5. Tiempo de ejecución del proyecto .....	4
1.6. Presupuesto del proyecto .....	5
1.7. Modalidad del Proyecto .....	5
1.8. BIM en el proyecto .....	5
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
2.1. Que es BIM .....	8
2.2. Dimensiones del BIM .....	9
2.2.1. Modelado BIM en 3D .....	9
2.2.2. Planificación de la Construcción con BIM 4D .....	10
2.2.3. Planificación, Monitoreo y Control de Costos con BIM 5D .....	10
2.2.4. Sostenibilidad y Eficiencia Energética en el BIM 6D .....	11
2.3. Fases de implementación BIM .....	12
2.3.1. Fase 1: Inicio .....	12
2.3.2. Fase 2: Planificación e implantación .....	13
2.3.3. Fase 3: Seguimiento .....	15
2.4. Recursos técnicos .....	16
2.4.1. Entorno común de datos .....	16

	11
2.4.2. Interoperabilidad.....	18
2.4.3. Herramientas softwares y hardware.....	19
2.5. Recursos humanos.....	20
2.5.1. Roles .....	20
2.6. Documentos.....	23
2.6.1. Requisitos del cliente.....	24
2.6.2. Requisitos de gestión .....	24
2.7. Estándares.....	24
2.7.1. ¿Qué es la norma ISO 19650? .....	25
2.7.2. Nomenclatura.....	26
<b>CAPÍTULO 3: EMPRESA MASTERBIM.....</b>	<b>27</b>
3.1. Resumen de la empresa Master Bim .....	27
3.2. Contratos.....	28
3.3. EIR.....	30
3.4. BEP .....	30
3.5. Ubicación Geográfica.....	31
3.6. Diseño Arquitectónico.....	32
3.7. Diseño Estructural .....	32
3.8. Ubicación en el espacio.....	33
3.9. Tiempo de ejecución del proyecto.....	33
3.10. Presupuesto del proyecto.....	34
3.11. Modalidad del Proyecto.....	34
3.12. BIM en el proyecto.....	35
<b>Capítulo 4: Rol Líder de Estructuras .....</b>	<b>37</b>
4.1. Actividades del rol.....	37

4.2.	Entregables del Rol Líder de Estructuras .....	37
4.2.1.	Modelo profesional 3d. ....	37
4.2.2.	Planos Estructurales Formales. ....	38
4.2.3.	Presupuesto. ....	38
4.3.	Flujos de Trabajo del rol: Modelado. ....	38
4.4.	Desarrollo del modelado estructural.....	40
4.5.	Flujo de trabajo del rol: Gestión de Interferencias. ....	43
4.6.	Planos de la disciplina estructural. ....	46
4.7.	Presupuesto de la disciplina estructural.....	47
4.8.	Planificación de la disciplina estructural .....	50
<b>Capítulo 5: Rol Líder de MEPS Hidrosanitario .....</b>		<b>52</b>
5.1.	Actividades del rol.....	52
5.2.	Entregables del Rol Líder MEPS Hidrosanitario .....	52
5.2.1.	Modelo profesional 3d. ....	52
5.2.2.	Planos hidrosanitarios profesionales.....	53
5.2.3.	Presupuesto. ....	53
5.3.	Flujo de modelado MEPS Hidrosanitario.....	53
5.4.	Desarrollo del modelado MEPS Hidrosanitario .....	55
5.5.	Resolución de interferencias MEPS Hidrosanitario .....	56
5.6.	Planos hidrosanitarios profesionales. ....	57
5.7.	5D MEPS Hidrosanitario.....	59
<b>Capítulo 6: Conclusiones y Recomendaciones .....</b>		<b>60</b>
6.1.	Conclusiones.....	60
6.2.	Recomendaciones .....	60
<b>Referencias .....</b>		<b>62</b>



## Lista de Ilustraciones

Ilustración 1: Ubicación geográfica del proyecto.....	1
Ilustración 2: Implantación del proyecto. ....	3
Ilustración 3: Logo MASTERBIM.....	27
Ilustración 4: Contrato de trabajo Fuente: MASTERBIM .....	29
Ilustración 5: Implantación del proyecto. ....	31
Ilustración 6: Flujo de modelado estructural. ....	39
Ilustración 7: Estructuras principales del proyecto. ....	40
Ilustración 8: Esquema estructural del proyecto. ....	41
Ilustración 9: Elementos estructurales de la cimentación.....	42
Ilustración 10: Elementos estructurales de los pórticos principales.....	42
Ilustración 11: Flujo para la gestión de interferencias.....	43
Ilustración 12: Incidencias marcadas en el modelo compartido.....	44
Ilustración 13: Incidencias asignadas al líder de estructuras.....	44
Ilustración 14: Modelo entregado. ....	45
Ilustración 15: Plano de secciones estructurales. ....	46
Ilustración 16: Plano de detalles estructurales.....	47
Ilustración 17: Flujo para la elaboración del presupuesto estructural. ....	48
Ilustración 18: Categorías exportadas para presupuestar la disciplina.....	49
Ilustración 19: Ejemplo de precio unitario de la partida acero estructural.....	50
Ilustración 20: Planificación del nivel -1.....	51
Ilustración 21: Flujo de modelado MEPS hidrosanitario. ....	53
Ilustración 22: Modelo MEPS hidrosanitario.....	55
Ilustración 23: Sistema de captación de aguas lluvias.....	56

Ilustración 24: Sección del modelo MEPS hidrosanitario.....	57
Ilustración 25: Plano de planta hidrosanitaria. ....	58
Ilustración 26: Plano de isometría hidrosanitaria. ....	58
Ilustración 27: Presupuesto de la disciplina MEPS hidrosanitario.....	59

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

### 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto nace de satisfacer la necesidad de una unidad educativa, de un área de deportes y recreación en general, que sea cubierta en su totalidad, al mismo tiempo cerrada en su perímetro, con graderíos para espectadores, con la respectiva área de servicios higiénicos, cuarto de control para equipos electrónicos, vestidores por género y bodega de elementos deportivos.

Se determina un área de construcción total de aproximadamente 1.500 m<sup>2</sup> para la totalidad del proyecto, la misma que engloba las dos canchas de medidas reglamentarias de basquetbol, siendo una de ellas identificada como principal y otra secundaria que puede ser dividida en dos independientes de voleibol sin más que el trazado al interior de la misma cancha.

#### 1.1.Ubicación Geográfica



*Ilustración 1: Ubicación geográfica del proyecto.*

La unidad educativa se encuentra en el Cantón Quito, Valle de los Chillos, es decir en la sierra centro del Ecuador, con un clima cálido húmedo, con las

particularidades que esto significa; a 2.500 msnm, y estando aun la mitad del mundo, la radiación solar es considerada como muy fuerte teniendo días con el nivel de radiación a nivel de peligro para la salud, al estar en el valle de los chillos por su cercanía a las reservas naturales de bosques nublados la cantidad de precipitaciones es mayor que el resto del Distrito Metropolitano y se tiene como estimado dentro del período de clases más del 50% del período como invierno de distintos niveles.

Siendo los dos puntos más importantes por los que se detalla la necesidad del proyecto construcción del Polideportivo ARENASPORT.

### **1.2.Diseño Arquitectónico**

Es importante indicar que la parte arquitectónica de manera general se encuentra resuelta, en un diseño concepto que ya fue presentado y aprobado, tomando en cuenta un diseño en el que dos naves de tipo galpones se encuentran unidos por una construcción intermedia, lo que es claramente diferente del modelo ordinario de un polideportivo en el que una cancha se encuentra rodeada de graderíos todo dentro de la misma estructura de galpón, como criterio de diseño se tiene en cuenta el cambio de concepto para que un graderío principal se encuentre en medio de dos canchas de deportes y diferenciando a una de las canchas como la principal a la que se orientará el graderío central además de completar con graderíos adicionales secundarios para cumplir con el requerimiento de número de espacios para asistentes. La idea de diseño está claramente priorizada por el funcionamiento y uso de los espacios deportivos, más que por el número de espectadores a los eventos a desarrollar en esa infraestructura, ya que en el área estimada de construcción, se tomó en cuenta incluir otro espacio de cancha con lo que se duplicó el área de práctica deportiva, siendo esa área la de uso continuo y diario por los estudiantes a diferencia de los graderíos que se los redujo considerablemente ya que son usados eventualmente y con mucho menos frecuencia

que las canchas, también se toma en cuenta que en el caso de necesidad de más lugar para asistentes a un evento, siempre hay la opción de ubicar mobiliario de sillas adicionales para cumplir con la necesidad.

### **1.3.Diseño Estructural**

Para la resolución estructural se plantea el requerimiento de una estructura metálica y que los espacios de cada nave sean completamente abiertos sin apoyos estructurales intermedios, con una aclaración al requerimiento para usar las columnas de tipo cercha y así generar elementos estructurales con cierto nivel de transparencia, los mismos que no impidan la visibilidad en lo posible a los espectadores que en algunos puntos de los graderíos.

Al tener como referencia el diseño arquitectónico de las naves con una sola caída en cada cubierta, se considera a las vigas acerchadas de una notable proporción y segmentos notoriamente grandes que para motivos de diseño es parte de la propuesta.

### **1.4.Ubicación en el espacio.**



*Ilustración 2: Implantación del proyecto.*

En área general la parte definida como zona deportiva o verde de la unidad educativa, dispone de aproximadamente 10.000 m<sup>2</sup> de superficie, la misma que es de forma cuadrada en dimensiones aproximadas de 100 m de frente por 100 m de fondo. En esta área actualmente se encuentran las canchas deportivas a cielo abierto de la unidad educativa, una cafetería, algunas construcciones livianas para bodegas, juegos infantiles tipo parque y un huerto de árboles limoneros. Siendo la zona de bodegas, huerto y juegos, en donde se encuentra la implantación del proyecto de polideportivo. También es importante un portón y una vía de ingreso, que son de uso exclusivo para esta zona y permite una independencia total del área educativa.

Para esta área deportiva, con su ingreso independiente también se dispone de servicios básicos independientes con sus respectivos medidores y acometidas, lo que simplifica las conexiones de los sistemas del proyecto a las redes de servicios públicos.

### **1.5. Tiempo de ejecución del proyecto.**

Para este proyecto de construcción en la etapa de ejecución constructiva se tiene un período de diez meses con una prórroga de hasta un mes más debidamente justificado sin multas, este es el punto más importante para la ejecución o no del proyecto, ya que, al ser en una unidad Educativa, y tener áreas cercanas y de uso simultáneo de los estudiantes, el riesgo de accidentabilidad es demasiado alto, así mismo como la incomodidad que se generaría tanto a estudiantes y sus representantes.

Dentro de los requerimientos en este punto, se tiene que se establezca un cronograma de trabajos tomando en cuenta los tiempos de receso de actividades escolares, vacaciones e incluso de ser oportuno una suspensión de proyecto o estructurarlo por etapas.

### **1.6.Presupuesto del proyecto.**

Se determinó un presupuesto aprobado de aproximadamente cuatrocientos ochenta mil dólares (\$480.000,00) el mismo que fue tratado como un monto de inversión generalizado y sin mayor detalle, también se encuadra en el monto disponible dentro de la línea de inversión solicitada a una entidad financiera, razón por la cual no puede ser modificado de manera considerable.

### **1.7.Modalidad del Proyecto.**

Dentro del valor del proyecto se detalla que es de modalidad llave en mano, es decir se tiene de manera total el diseño, la planificación y la ejecución. Para esto se aclara que están incluidos todos los estudios y requerimientos formales de construcción, tomando en cuenta lo necesario para la obtención de permisos y licencias.

La entrega será tomando en cuenta una primera entrega de manera parcial, con todos los sistemas trabajando y funcionando, pero de haber alguna observación o novedad se determina un plazo de un mes para resolver, mejorar o concluir cualquier trabajo, una vez concluido ese tiempo se realizará la entrega recepción definitiva del proyecto.

### **1.8.BIM en el proyecto.**

Es importante tener en cuenta que no todos los proyectos de construcción pueden catalogarse como candidatos ideales a la aplicación de la metodología BIM, sea esto por su dimensión, escalabilidad o también porque su realidad de costos frente a los beneficios no se justifica. Por estas razones y más aún en nuestro medio de construcción en donde la metodología todavía no se encuentra en aplicación, es primordial que se puedan establecer claramente desde un principio cuales son los

beneficios esperados de la aplicación de BIM para que el enfoque del proyecto como tal pretenda llevar a revelar que la metodología puede ser la diferencia entre un proyecto viable o no. Después del análisis del proyecto tal como fue presentado se obtienen los dos puntos medulares por lo que se puede determinar la viabilidad del mismo; Tiempo y Costo.

El tiempo es lo más importante que tener en cuenta por su particularidad de ser en una Unidad educativa, lo que limita considerablemente los períodos de trabajo y ejecución del mismo a tal punto de ser la razón por la que puede no realizarse el proyecto. Es en este punto donde la aplicación de BIM toma protagonismo y mediante la planificación a detalle, la resolución virtual de conflictos y la gestión de coordinación, se puede reducir considerablemente el tiempo del proyecto, para que de esa manera se lo pueda catalogar como viable.

El costo es el segundo punto álgido de decisión, y vuelve a tomar estelaridad la aplicación de BIM, al tener como resultado esperado una estimación de costos no solo más reales en cantidades y valores, sino al tener la planificación previa completamente costeadada permite llegar a negociaciones más beneficiosas para el proyecto, pero lo que es más interesante es el no gasto en rubros innecesarios y con la resolución virtual de conflictos, los costos derivados de los mismos ya no son una opción. Teniendo en cuenta el ahorro en los costos del proyecto podemos decir que no proporciona valor el cuál se verá compensado con los gastos adicionales de la aceleración en el tiempo de entrega, que sin duda genera más costo.

Aplicación de criterios de Sostenibilidad, BIM nos abre el abanico de opciones para hacer de los proyectos más atractivos para su desarrollo, uno de las dimensiones que nos interesa tener en cuenta es la de Sostenibilidad Ambiental. Teniendo en cuenta una reducción del presupuesto por la gestión BIM, podemos mejorar ciertos sistemas

para que el proyecto entre en la categorización de sostenible, siempre tomando como base la información generada de los modelos y por medio de los programas de análisis de la misma se logra esta evaluación de opciones tanto en sistemas como en materiales.

## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Que es BIM

BIM Building Information Modeling, es una metodología que nos permite abordar el diseño, construcción y gestión de las edificaciones de una forma diferente, se puede decir que es la revolución de la industria de la construcción.

La forma convencional de manejar un proyecto de construcción contribuye a que se generen pérdidas innecesarias y errores en su ejecución, esta ineficacia se debe a un pobre flujo de información que se tiene entre las diferentes disciplinas del proyecto. (Gámez, 2014)

En la industria de la construcción la interoperabilidad de los equipos de trabajo generalmente se complican por no tener acceso a la información necesaria de forma rápida y precisa, lo que genera retrasos.

Precisamente BIM es un conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizadas por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua, empleando uno o más modelos compatibles que contengan toda la información en lo referente al proyecto que se pretende diseñar, construir u operar. (Gámez, 2014)

El objetivo de BIM es disminuir al mínimo la pérdida de valor de la información a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, lo que obliga un mayor esfuerzo en la producción de información para las distintas fases de este, lo que mantiene una línea de constante crecimiento del valor de la información en comparación con la metodología tradicional. (Gámez, 2014)

El uso de BIM posibilita una operativa sostenible y eficiente, generando un entorno de trabajo que fortalece la integración y reduce significativamente los costos asociados a la ejecución de proyectos. Esta metodología optimiza la inversión al facilitar la simulación, navegación y prevención de posibles problemas durante el desarrollo del proyecto, anticipándose. Asimismo, contribuye a evitar errores y a reducir los plazos de entrega. (Oussouboure, 2017)

Más allá de la planificación en 3D, el BIM permite la vinculación de datos de cada elemento del proyecto, asegurando que cualquier modificación, por pequeña que sea, se realice de manera integral y colaborativa entre todos los participantes e interesados. Este enfoque no sólo conlleva una disminución de costos, sino también garantiza el cumplimiento de los plazos de entrega establecidos por el cliente. (Oussouboure, 2017).

## **2.2. Dimensiones del BIM**

Un proyecto de construcción se puede interpretar de mejor forma si se conocen las diferentes dimensiones que se pueden abordar a través de la metodología BIM, dentro del presente proyecto se van a desarrollar las siguientes dimensiones.

### **2.2.1. Modelado BIM en 3D**

La Tercera Dimensión (3D) se emplea para generar conjuntos de puntos interconectados que forman cuerpos tridimensionales, como líneas, curvas y planos. Estos objetos tridimensionales pueden representarse como entidades físicas en el espacio real, ópticamente como representaciones tridimensionales (hologramas) o mediante simulaciones computacionales. En la metodología BIM, el término 3D se refiere al modelado estático, es decir, a un modelo de información de construcción con tres niveles de detalle definidos por la geometría de los elementos de construcción. A

diferencia de los modelos CAD 3D no BIM, el modelo BIM 3D proporciona información adicional que resulta beneficiosa no solo en las etapas de diseño y construcción, sino también a lo largo de toda la vida útil del edificio (PIASECKIENÉ, 2021).

### **2.2.2. Planificación de la Construcción con BIM 4D**

La Cuarta Dimensión (4D) se refiere a la representación tetradimensional en la cual el cuerpo tridimensional se vincula al tiempo. En la metodología BIM, 4D implica el diseño 3D más tiempo, es decir, un modelo de información de construcción que incorpora datos tridimensionales de los elementos de construcción, junto con un parámetro temporal cuyas variaciones afectan a otros parámetros del modelo. En la literatura, la dimensión 4D suele asociarse con el tiempo, es decir la planificación (PIASECKIENÉ, 2021).

### **2.2.3. Planificación, Monitoreo y Control de Costos con BIM 5D**

La Quinta Dimensión (5D) se enfoca en el diseño e integra la gestión del tiempo y los costos (4D + costos) a través de un modelo de información basado en objetos que representa tridimensionalmente los costos de construcción. Este modelo consiste en objetos definidos tridimensionalmente, que son elementos de construcción vinculados al tiempo y a los recursos necesarios para colocar el elemento en su posición proyectada, con parámetros específicos (PIASECKIENÉ, 2021).

Las herramientas 5D BIM son fundamentales para determinar con precisión los requisitos de presupuesto, alcance y cambios en los materiales, proporcionando al equipo del proyecto pronósticos exactos de flujo de efectivo y un análisis detallado de los riesgos del proyecto. Dado que la estimación de costos es una etapa crucial que

abarca desde la selección de opciones de proyectos alternativos hasta la finalización del proyecto, las herramientas 5D BIM adquieren especial relevancia. Estas herramientas ofrecen la capacidad de ajustar y perfeccionar datos durante todo el ciclo de vida del proyecto, actualizando de manera regular los informes de costos. Al emplear las herramientas 5D BIM, es posible colaborar con las partes interesadas para crear diferentes escenarios de diseño en las primeras fases, facilitando la elección de soluciones más rentables (PIASECKIENÉ, 2021).

#### **2.2.4. Sostenibilidad y Eficiencia Energética en el BIM 6D**

El Modelado de Información de Edificios, también conocido como BIM en sus seis dimensiones, desempeña un papel crucial al analizar el consumo energético de un edificio y anticipar los gastos energéticos futuros desde las fases iniciales de diseño. Al calcular diversos períodos en la vida de la estructura, el BIM 6D asegura una estimación precisa de las necesidades energéticas, ofreciendo una perspectiva completa sobre los costos totales del activo y la asignación eficiente de fondos para lograr sostenibilidad y eficiencia económica (PIASECKIENÉ, 2021).

Es posible obtener un modelo energético del edificio que simula las auténticas características de uso de energía y los sistemas de iluminación, lo que permite a los diseñadores tomar decisiones concernientes al diseño y operación del edificio, así como elegir soluciones adecuadas para la modernización de edificios existentes. El BIM 6D facilita el análisis del impacto de las renovaciones en edificios modernizados en el consumo de energía e iluminación (PIASECKIENÉ, 2021).

## **2.3.Fases de implementación BIM**

Independientemente del tamaño de la empresa o proyecto al cual se plantee la opción de desarrollarlo bajo la metodología BIM, es necesario definir los pilares fundamentales para llevar a cabo dicho proceso:

**Procesos:** es necesario definir procesos, actividades y procedimientos que se encuentren alineados al desarrollo del proyecto y con los objetivos BIM seleccionados, para esto es necesario definir las tareas de seguimiento y control de procesos.

**Recursos:** se debe definir de forma clara las designaciones que tendrá el personal, además de dar la información adecuada junto con las herramientas tecnológicas y logísticas necesarias para un ambiente de trabajo adecuado.

**Estructura organizacional:** se debe definir las responsabilidades y roles de cada persona que va a intervenir dentro del proyecto, al igual que las autoridades y el flujo de comunicación dentro de la organización.

**Documentos:** todos los formatos plantillas procedimientos entre otros que permitan la operación eficaz y eficiente de los procesos que se desarrollan dentro de la organización.

Una vez que se han definido los elementos que integran una implementación BIM es necesario dividir este proceso por fases.

### **2.3.1. Fase 1: Inicio**

En esta fase es necesario realizar un levantamiento de información para conocer el estado actual de la empresa o proyecto que se desea realizar la implementación, conocer a fondo los procesos, responsables de área, además de recopilar toda la documentación que esté relacionada con la política de la empresa, cuál es su visión. Objetivos y resultados que se han obtenido a lo largo de su trayectoria.

Una vez que se cuenta con la información de inicio se realiza una evaluación de esta en la cual se establece el alcance de la implementación, donde se detalla los objetivos reales medibles y cuantificables acotados en el tiempo de la metodología BIM. Para esto se analizan los procesos de trabajos actuales, como se realiza la toma de datos y cómo se controla el cumplimiento de estos, al igual que el manejo de cambios su control y revisión, de qué forma interactúan las diferentes disciplinas de los proyectos en la empresa, arquitectura, estructura, MEP, etc.

También se revisan los estándares de calidad existentes dentro de la empresa, si se tienen documentos que controlen los procesos y las actividades de la empresa, definición de los tipos de proyectos que se manejan, gestión documental y de comunicaciones.

A continuación, se realiza una estimación de costos de la implementación en cuanto a capital humano y recursos materiales que serán necesarios para que se pueda ejecutar, donde se determina por ejemplo la organización del trabajo por equipos y roles, así como las responsabilidades y tareas tipo.

Necesidades logísticas para el correcto desarrollo del proyecto, sistemas de redes y cableado, hardware y software.

Con toda la información mencionada anteriormente se redacta un informe de la evaluación el cual se transforma en la base para definir el plan de implementación, donde se especifican los principales hitos detectados y los elementos de control a establecer.

### **2.3.2. Fase 2: Planificación e implantación**

En esta etapa se define un plan de implementación, como primer punto se debe establecer un responsable de este, o la comisión que tomará las decisiones que agilicen la ejecución del mismo. Se realiza un modelo global de trabajo en el cual se describen

los procesos que se realizan dentro del proyecto o empresa con sus fases y tareas detalladas.

Se crea una hoja de ruta en la cual se define la planificación con hitos que deben ser completados identificando los procesos críticos, prioridades planes de acción, etc. Se incluyen los objetivos que se desean alcanzar por medio de la implementación, se especifica los recursos necesarios por puesto en cuanto a hardware y software, su configuración y actualización.

Se genera un sistema de gestión documental en el cual se describe la administración de los archivos y las diferentes responsabilidades que tendrán para acceder, editar y observar cada uno de ellos.

Se establecen los flujos de trabajo, cómo se realizan y los involucrados en cada etapa, al igual que los requisitos y entregables de cada proceso.

Se crea un plan de formación específica para cada uno de los miembros del equipo, de tal forma que se cubran las necesidades del usuario final, tomando en cuenta los roles, planificación de proyectos, los objetivos de la implantación, en esta etapa también se define la necesidad de incorporar nuevos colaboradores a la empresa o proyecto.

La fase de implantación se convierte en el eje principal para el control de proyectos BIM, tomando como base el plan de implementación de tal forma que se desarrolle dentro de las siguientes etapas:

Inicialización del proyecto: donde se pone en marcha y se realiza la toma de decisiones establecidas en el plan de implantación, se organizan recursos, la logística, la documentación BIM, la gestión de datos y la organización del proyecto.

### 2.3.3. Fase 3: Seguimiento

En la etapa de auditoría se cumple con el control y calidad del proyecto, se establecen los sistemas de control monitoreo y de garantías de cumplimiento con los requisitos que se plantearon para el proyecto a nivel de normativas o de estándares, para esto se definen los siguientes ejes de control:

Control sobre los datos: se deben establecer procesos y tipos de control de tal forma que no saturen a sus encargados, lo más optimo seria que se desarrolle un departamento de control de proyectos.

Cuadro de mandos: un tablero de control basado en indicadores que faciliten la toma de decisiones, así como un sistema de análisis de estos.

Indicadores: serán las medidas que se tomen a lo largo del proyecto para saber a ciencia cierta cómo está marchando el mismo, que permita evaluar los resultados su evolución y la toma de decisiones.

Matriz de responsabilidades: en esta se definen los roles, responsables y tareas encargadas a cada persona de la organización.

La fase de cierre da seguimiento al proyecto, ya que esta es una de las fases más importantes para la mejora continua dentro de la implementación, ya que se pueden identificar puntos débiles y plantear nuevas propuestas de mejora en cuanto a los procesos del proyecto, se deben revisar aspectos como:

Realización del proyecto: se debe verificar el cumplimiento de la calidad a nivel de gestión modelo empresa coordinación y ciclo de vida.

Mejoras: se deben analizar las posibles mejoras para todos los proyectos de la empresa, mediante nuevos usos BIM, traspaso de conocimiento, publicación de resultados y presentando la curva de aprendizaje.

Vigilancia tecnológica: siempre estar a la vanguardia, buscar herramientas que ayuden a mejorar los puntos débiles del proyecto.

## **2.4. Recursos técnicos**

Si bien el factor humano dentro de la gestión BIM es de suma importancia, empezaremos hablando sobre los recursos técnicos, los cuales se refieren a lo material, utilizados dentro de la metodología ya que estos son determinantes a la hora de trabajar en colaboración y obtener resultados eficientes y estratégicos.

### **2.4.1. Entorno común de datos**

“El entorno de datos común (CDE) es la única fuente de información que se utiliza para recopilar, gestionar y difundir la documentación, el modelo gráfico y los datos no gráficos para todo el equipo del proyecto” (Pozo, s.f.). En otras palabras, el CDE es un repositorio digital donde la información se reúne como parte de un flujo de trabajo típico de modelado de información de construcción (BIM).

El entorno común de datos (CDE, por sus siglas en inglés) es una parte fundamental de la metodología BIM y sirve como el centro de almacenamiento y colaboración para toda la información relacionada con un proyecto BIM. Este presenta las siguientes características:

- **Acceso controlado.** El CDE tiene herramientas de gestión de acceso para controlar quién puede ver, editar o agregar información a los modelos BIM. Esto es fundamental para garantizar la integridad y seguridad de los datos y para cumplir con los requisitos normativos y de privacidad.

- Integración de datos: El CDE integra datos de diversas disciplinas y fuentes, como arquitectura, ingeniería, construcción y gestión de instalaciones. Permite la colaboración entre equipos interdisciplinarios al proporcionar un espacio centralizado para compartir y acceder a la información.
- Control de versiones. Mantiene registros de versiones de modelos BIM y otros documentos relacionados. Facilita el seguimiento de cambios, depuración y revisión de proyectos en diferentes etapas de desarrollo.
- Reglas y estándares. Sigue reglas y estándares establecidos para garantizar la compatibilidad y coherencia de la información. Esto puede incluir estándares BIM específicos del país o de la industria para garantizar la coherencia en la representación y el intercambio de datos.
- Seguimiento y auditoría. Proporciona capacidades de seguimiento y auditoría para monitorear quién accedió al sistema, qué cambios se realizaron y cuándo. Esto es esencial para garantizar la rendición de cuentas y la transparencia en el desarrollo de proyectos.
- Seguridad de información. Implemente sólidas medidas de seguridad para proteger la información confidencial y protegerla contra el acceso no autorizado.
- Gestión del ciclo de vida del proyecto. El CDE cubre todo el ciclo de vida del proyecto, desde el concepto hasta la construcción y la gestión post-construcción. Garantiza la continuidad de la información y la disponibilidad de datos relevantes en todas las etapas del proyecto.

### 2.4.2. Interoperabilidad

Hasta hace pocos años era impensable que un software específico pudiera interpretar la información de otro software totalmente diferente, sin embargo, BIM ofrece la posibilidad de trabajar con un principio de interoperabilidad. En un entorno de trabajo BIM, la interoperabilidad hace referencia a la capacidad de intercambiar datos entre software BIM, permitiendo unificar el flujo de trabajo y facilitando la automatización de los distintos procesos durante el ciclo de vida del proyecto.

La interoperabilidad es esencial para maximizar los beneficios de BIM al facilitar la colaboración entre diferentes disciplinas, equipos y fases del proyecto. Para esto, la interoperabilidad se basa en la adopción de estándares y protocolos comunes. Estos estándares incluyen la categoría Industry Foundation (IFC), un formato de intercambio neutral que permite transferir materiales entre diferentes plataformas BIM.

Algunos beneficios de la interoperabilidad son:

- Facilita la colaboración entre equipos multidisciplinares como arquitectos, ingenieros civiles, ingenieros MEP y otros profesionales implicados en un proyecto. Esto permite una integración más eficiente de diferentes aspectos del diseño y la construcción.
- Garantiza un flujo de trabajo fluido durante todo el proyecto, desde la planificación y el diseño hasta la construcción y la operación. Esto evita la duplicación de trabajo y la pérdida de datos al pasar entre diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto
- Ofrece la capacidad de intercambiar información en tiempo real, permitiendo que múltiples usuarios y equipos colaboren en modelos BIM al mismo tiempo, incluso si están ubicados en diferentes ubicaciones geográficas.

- Garantiza que los cambios realizados en una fase del proyecto se reflejan de manera precisa y fluida en todas las demás fases y disciplinas involucradas.

### **2.4.3. Herramientas softwares y hardware**

El software hace referencia a la parte intangible de la tecnología que utilizamos pero que gestiona la mayor parte de la creación y maduración del proyecto, desde la idea misma hasta los documentos que se llevará a la construcción. Así pues, han sido subdivididos de acuerdo con su funcionalidad:

#### Softwares de producción

Son aquellos que permiten gestionar la elaboración del proyecto como tal, desde el modelado, los cálculos, pruebas de interferencias, simulaciones entre otros.

#### Softwares de comunicaciones

Otra clase de softwares importantes dentro del desarrollo de un proyecto BIM son aquellos que permiten gestionar las comunicaciones de manera clara y eficiente. Es importante recordar que la metodología BIM se caracteriza por trabajar en colaboración con varios profesionales que pudiesen estar ubicados geográficamente en distintas partes del mundo, por lo tanto, la comunicación juega un rol indispensable en el éxito del proyecto.

En cuanto hardware podemos decir que esto se refiere a las características recomendadas de los equipos tecnológicos a utilizar en función del tipo de proyecto y usuarios, así mismo los costos que estos representan para la empresa. Por ejemplo, nos referimos al CPU, monitores, discos duros, memoria RAM, de video, y todas las piezas físicas del equipo tecnológico que sea capaz de soportar y gestionar los softwares que se elijan para trabajar en cada proyecto.

## **2.5. Recursos humanos**

Lo más importante de un proyecto son las personas. Para conseguir el éxito es necesario contar con un buen equipo y además coordinar bien sus esfuerzos.

Los proyectos requieren expertos en temas concretos en cada momento de su desarrollo. Probablemente, la composición del equipo deberá cambiar dependiendo de la fase del proyecto y de su objetivo concreto, para adaptarlo a las necesidades específicas del momento. Sin embargo, otros integrantes del equipo deberán formar parte de él desde el principio hasta el final del proyecto para garantizar la continuidad (Viteri, s.f.).

### **2.5.1. Roles**

La asignación de roles claros y definidos en la metodología BIM mejora la eficiencia, la calidad, la optimización del tiempo y la comunicación, lo que conduce a un proyecto de construcción más exitoso.

El establecer roles en metodología BIM favorece a los proyectos en los siguientes aspectos: clarificación de responsabilidades, coordinación eficiente, mejora de la calidad, optimización del tiempo, mejora de la comunicación (Viteri, s.f.).

#### **Bim manager**

El papel principal de un BIM manager es supervisar y coordinar la implementación y uso del Modelo de Información de la Construcción (BIM) en proyectos de construcción. Esto incluye:

- Establecer los procesos y planes para el desarrollo de un proyecto de construcción. plan de ejecución BIM (PEB)

- Establecer los protocolos y estándares BIM: el BIM Manager debe desarrollar un conjunto de protocolos y estándares BIM que se ajusten a las necesidades del proyecto y aseguren que los modelos BIM sean consistentes y estén bien estructurados.
- Implementar los procesos en el proyecto: el BIM Manager debe coordinar con el equipo de diseño y construcción.
- Coordinar la interoperabilidad del modelo BIM: el BIM Manager debe trabajar con el equipo de diseño y construcción para asegurarse de que los diferentes sistemas y plataformas utilizados en el proyecto puedan intercambiar información de manera efectiva.
- Gestionar la calidad del modelo BIM: el BIM Manager debe garantizar que el modelo BIM cumpla con los estándares y requisitos del proyecto.

### **Bim coordinador**

El coordinador BIM es responsable de asegurar la colaboración y la integración eficiente de los diferentes equipos involucrados en un proyecto de construcción utilizando la tecnología BIM (Building Information Modeling). Algunas de sus responsabilidades incluyen:

- Mantener los estándares y procedimientos BIM para el proyecto.
- Auditar los modelos, mediante el análisis de colisiones y anotaciones.
- Coordinar y supervisar la creación y actualización de los modelos BIM por parte de los diferentes equipos.
- Asegurarse de que los modelos BIM cumplen con los requisitos del proyecto están actualizados.

- Resolver conflictos y problemas técnicos relacionados con el uso de la tecnología BIM.
- Facilitar la colaboración entre los diferentes equipos y asegurarse de que los modelos BIM estén disponibles para todas las partes interesadas.

### **Líder BIM**

El Líder BIM en proyectos de construcción es el encargado de liderar el proceso de diseño en un proyecto de construcción. Su función principal es gestionar y liderar el equipo de diseño para asegurar que el proyecto se diseñe de manera efectiva, eficiente y a tiempo.

Además de las responsabilidades mencionadas anteriormente, el Líder BIM también puede tener las siguientes tareas específicas en un proyecto de construcción:

- Identificación de requisitos de diseño: el Líder BIM es responsable de identificar los requisitos de diseño del proyecto.
- Creación del concepto de diseño: el Líder BIM es el encargado de crear el concepto de diseño.
- Creación de documentación de diseño: Líder BIM es responsable de crear y mantener documentación de diseño detallada.
- Coordinación con otros profesionales: el Líder BIM debe coordinar el trabajo del equipo de diseño con otros profesionales involucrados.
- Supervisión de la implementación del diseño.

El Líder BIM es un profesional altamente especializado que lidera el proceso de diseño en un proyecto de construcción.

### **Consultor BIM**

El consultor BIM es un profesional que brinda asesoramiento especializado en la implementación y el uso de la metodología BIM en proyectos de construcción. El objetivo principal del consultor BIM es ayudar a los clientes a adoptar el enfoque BIM para mejorar la eficiencia, la calidad y la rentabilidad en la gestión de proyectos de construcción.

Sus actividades son:

- Asesoramiento en la implementación de BIM: Ayudar a los clientes a definir y establecer objetivos para la implementación de BIM.
- Desarrollo de planes y protocolos BIM: Crear planes y protocolos BIM personalizados para proyectos específicos.
- Capacitación y educación: Brindar capacitación y educación sobre la metodología BIM .
- Análisis y resolución de problemas: Identificar problemas potenciales y proponer soluciones.
- Evaluación y mejora continua: Evaluar la efectividad de la implementación de BIM.

### **2.6.Documentos**

En este apartado vamos a conocer acerca de las guías que se necesitan para la gestión de un proyecto desarrollado con metodología BIM. Estos documentos nos ayudan al avance eficaz y eficiente de los procesos BIM y de su organización.

Para comenzar con un proyecto con la metodología BIM se necesitan de documentos previos para conocer el desarrollo que va a tener la metodología.

### **2.6.1. Requisitos del cliente**

En el acercamiento inicial el cliente nos va a facilitar detalles particulares del proyecto como materiales, acabados, distribución de espacios, programa arquitectónico, etc.

- EIR o Employer's Information Requirements
- Pliegos y anexos

### **2.6.2. Requisitos de gestión**

El contratista por su parte debe detallar los siguientes documentos después del primer acercamiento con el cliente, ya que facilitará el trabajo coordinado interno de la empresa con el proyecto a desarrollar:

- BEP
  - Protocolo BIM
  - Libro de estilo
  - Plantillas
  - Librerías

## **2.7. Estándares**

Los estándares o normas son aplicables de manera obligatoria para los desarrollos de proyectos en BIM pero siempre es importante tener en cuenta que son y para que se los emplea, de tal manera que se pueda adoptar la que más se fusione con los requerimientos tanto del cliente como del mercado.

Así que, una norma es un modo establecido y acordado de hacer una cosa, siendo de tratarse para fabricar un producto, gestionar un proceso, prestar un servicio o suministrar materiales.

Los estándares y normas son potentes herramientas que pueden ayudar a fomentar la innovación y aumentar la productividad. Pueden hacer que las organizaciones tengan más éxito y que las vidas de la gente sean más sencillas, seguras y saludables.

### **2.7.1. ¿Qué es la norma ISO 19650?**

La norma ISO 19650 es una norma internacional de gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo construido utilizando el modelado de información para la edificación (BIM o Building Information Modelling). Contiene todos los mismos principios y requisitos de alto nivel que Ciclo de vida de Activos BIM y está estrechamente alineado con los estándares británicos actuales 1192.

La norma mencionada tiene apartados que señalan específicamente ciertos aspectos para cada uso o ejecución, es así que:

BS EN ISO 19650-1: Organización y digitalización de la información relativa a trabajos de edificación y de ingeniería civil, incluyendo BIM. Parte 1: Conceptos y principios (ISO, 2018).

BS EN ISO 19650-2: Organización y digitalización de la información relativa a trabajos de edificación y de ingeniería civil, incluyendo BIM. Parte 2: Fase de producción de los activos (ISO, 2018).

BS EN ISO 19650-3:2020: Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluyendo BIM. Gestión de la información mediante la modelización de la información de los edificios (ISO, 2018).

BS EN ISO 19650-5:2020: Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluyendo BIM. Gestión de la información mediante la modelización de la información de los edificios. Enfoque de seguridad en la gestión de la información (ISO, 2018).

### **2.7.2. Nomenclatura**

Manual de Nomenclatura de Documentos al utilizar BIM. El uso de una estructura fija de codificación y de metadatos para la identificación de los diferentes documentos de un determinado proyecto aporta una serie de beneficios:

- Información del proceso a los agentes intervinientes.
- Disponer de un identificador único para cada documento.
- Búsquedas de información más eficientes.
- Mejora el intercambio de información entre agentes a lo largo de todo el ciclo de vida del activo construido.

Esta codificación acordada debe formar parte de los diferentes manuales que rigen el modo de trabajo en un proyecto o en una organización, como puede ser un Pliego de Prescripciones Técnicas, un Plan de Ejecución BIM o un Manual BIM corporativo. (Building Smart, 2021)

## CAPÍTULO 3: EMPRESA MASTERBIM

### 3.1. Resumen de la empresa Master Bim



*Ilustración 3: Logo MASTERBIM*

MASTERBIM es una empresa ecuatoriana, domiciliada en la ciudad de Quito DM, se encuentra dentro del segmento de mercado AECO, en particular en el de servicios técnicos especializados para la construcción, con un enfoque más específico en la aplicación de la metodología BIM tanto para empresas como para proyectos puntuales.

Se conforma por cuatro socios, los mismos que también participan en el desarrollo de los proyectos.

#### **Misión**

Proporcionar los servicios para la implementación de la metodología BIM de manera local, contando con profesionales y procedimientos a nivel de cualquier país del mundo. Así llevar a la construcción al siguiente nivel estando a la vanguardia de la tecnología.

## Visión

Ser el referente en el mercado privado y público para la implementación BIM, proveyendo de los mejores servicios, especialmente en los proyectos más destacados nacionales, colaborando con la adopción de la metodología a nivel local.

## 3.2. Contratos

Se refiere a la protocolización de la relación laboral especificando la relación de dependencia y los entregables para cada profesional, orientados al cumplimiento del BEP y comprometiendo al empleado a la entrega profesional de su trabajo. (Ver Anexo 1). Por ejemplo:

En Quito DM, 15 de Noviembre del 2023

### REUNIDOS:

Por una parte, la srta. Kamila Alejandra Rodríguez Mosquera, con cédula de identidad no. 1724149313, de estado civil soltera, residente en el Distrito Metropolitano de Quito, de Profesión Arquitecta, legalmente respaldada y legalizada en las entidades de control correspondiente. Quien para este instrumento legal se la denominará "Empleado".

Por otra parte, el Ing Juan Patricio Medina, con cedula de identidad no. 1716752454, de estado civil casado, residente en el Distrito Metropolitano de Quito, en representación de la empresa MASTERBIM, con la documentación de respaldo. Quien para este instrumento legal se lo denominará "Empleador".

Ambas partes bajo su responsabilidad personal y civil declaran que sus facultades no le han sido revocadas ni limitadas, y siguen vigentes en el día de la fecha. Así, reconociéndose mutuamente la capacidad legal necesaria para el otorgamiento del presente contrato.

### EXPONEN:

I.- La empresa de Construcción MASTERBIM, con su representante Ing. Juan Patricio Medina, va a desarrollar un proyecto constructivo con la implementación de la metodología BIM (Building Information Modelig), dicho proyecto se ubicará en el cantón Quito, Valle de los Chillos. El Proyecto motivo del presente contrato, se determina como un Polideportivo de aproximadamente 1500 m2 de área, el mismo que se encuentra conformado por dos naves tipo Galpones unidos por una construcción intermedia que alberga a los graderios y areas de servicio. Dicho proyecto tomará en cuenta el ciclo de vida estimado y las etapas en las que se desarrolla y ejecuta la metodología BIM.

II.- Para el correcto desarrollo del proyecto se establecen las siguientes:

### CLAUSULAS:

Primera.- Objeto.

La empresa MASTERBIM, contrata al empleado en calidad de:

Analista de Sostenibilidad, siendo su principal actividad laboral, la de conocer, evaluar y proponer procesos de mejora enfocados a los principios de sostenibilidad para el proyecto motivo del contrato. El empleado declara tener los conocimientos de la metodología BIM para aplicarlos en el proyecto

Segunda.- forma.

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

**Tercera.- comunicación.**

Se determina un sistema dual de comunicación para el proyecto, teniendo una plataforma informal con una sala de chat de Whatapp, la misma que será evidenciada en documentos al ser necesario, y una plataforma formal de gestión del proyecto, usando a TRELLO para tener una secuencia de actividades.

Asi mismo se establece que las comunicaciones dentro de la plataforma colaborativa de ACC, son válidas y evidenciarán el trabajo en el proyecto.

Tambien se especifica que las comunicaciones por email son viables solo si las mismas se encuentran en los servidores institucionales o a las cuentas proporcionadas or la organización.

**Cuarta.- Hardware.**

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

Por lo que el empleado debe tener el hardware necesario y adecuado para los programas o software a usarse. El mismo equipo será especificado en un anexo por parte de la coordinación del proyecto.

**Quinta.- Software.**

El empleado de manera obligatoria debe tener las licencias formales de los programas a ser usados en su trabajo en el proyecto, las mismas que se detallarán características y versiones en un anexo por parte de la coordinación del proyecto.

Para la plataforma de trabajo colaborativo Autodesk Construction Cloud se establece que la empresa será la encargada de proporcionar su acceso y el empleado deberá desarrollar sus labores en la misma para ser revizada y gestionada.

**Sexta.- Tiempo**

El presente contrato es por un tiempo de seis meses calendario, siendo el tiempo máximo para el desarrollo del proyecto, pero de ser necesaria una prorroga del tiempo se la justificará con un informe respectivo de situación, la misma ampliación del tiempo no será mayor a un tercio del tiempo estimado total y servirá de base directamente proporcional para la compensación salarial respectiva.

**Septima.- Entregables**

Se establecen los siguientes entregables:

- Análisis climatológico
- Análisis de asoleamiento
- Análisis de confort mediante diagramas psicométricos.
- Análisis de iluminancia de espacios interiores del proyecto
- Estrategias pasivas para control de iluminación interior
- Estrategias para Eficiencia Energética, aplicación Insight
- Análisis de autogeneración energética con paneles fotovoltaicos
- Análisis de captación de agua lluvia para riego de jardines

Se determina que se debe trabajar continuamente con todas las disciplinas para diseño y planificación aportando los criterios y principios de sostenibilidad.

**Octava.- Remuneración**

Se determina que al ser una remuneración de \$1,00 un dólar americano, que será cancelada al termino del contrato y la entrega a satisfacción del proyecto.

**Novena.- controversia.**

En caso de controversia los suscritos, empleado y empleador se someten al tribunal de lo civil y laboral de Quito.

**Decima.- Aceptación**

Para expresar la aceptación de todo lo indicado anteriormente firman



Ing. Juan Patricio Medina

Empleador MASTERBIM



Arq. Kamila Rodriguez

Empleado

*Ilustración 4: Contrato de trabajo Fuente: MASTERBIM*

### **3.3.EIR**

El EIR o Exchange Information Requirements, es un documento previo a la licitación que contiene las necesidades del cliente para cada fase del proceso constructivo del proyecto y es la base del BEP. (Ver Anexo 2). El documento se divide en tres partes:

- Requisitos técnicos: contiene los formatos de entrega, el Entorno Común de Datos, los LODS y la formación necesaria para los líderes de cada disciplina.
- Requisitos de gestión: donde se definen los roles, sus responsabilidades y los entregables por líder de cada disciplina. También contiene los procesos de interoperabilidad y comunicación.
- Requisitos comerciales: Contiene los hitos de entrega y la información de cada resultado.

### **3.4.BEP**

El Plan de Ejecución BIM es un documento contractual desarrollado por parte de la empresa licitada en donde se definen las bases, normas internas y toda la información necesaria de un proyecto que se va a desarrollar con la metodología BIM, incluyendo las fases del proyecto, coordinación, entregables, recursos, costos y plazos de entrega. (Ver Anexo 3)

El proyecto nace de satisfacer la necesidad de una unidad educativa, de un área de deportes y recreación en general, que sea cubierta en su totalidad, al mismo tiempo cerrada en su perímetro, con graderíos para espectadores, con la respectiva área de servicios higiénicos, cuarto de control para equipos electrónicos, vestidores por género y bodega de elementos deportivos.

Se determina un área de construcción total de aproximadamente 1.500 m<sup>2</sup> para la totalidad del proyecto, la misma que engloba las dos canchas de medidas reglamentarias de basquetbol, siendo una de ellas identificada como principal y otra secundaria que puede ser dividida en dos independientes de voleibol sin más que el trazado al interior de la misma cancha.

### 3.5.Ubicación Geográfica

La unidad educativa se encuentra en el Cantón Quito, Valle de los Chillos, es decir en la sierra centro del Ecuador, con un clima cálido húmedo, con las particularidades que esto significa; a 2.500 msnm, y estando aun la mitad del mundo, la radiación solar es considerada como muy fuerte teniendo días con el nivel de radiación a nivel de peligro para la salud, al estar en el valle de los chillos por su cercanía a las reservas naturales de bosques nublados la cantidad de precipitaciones es mayor que el resto del Distrito Metropolitano y se tiene como estimado dentro del período de clases más del 50% del período como invierno de distintos niveles.

Siendo los dos puntos más importantes por los que se detalla la necesidad del proyecto construcción del Polideportivo ARENASPORT.



*Ilustración 5: Implantación del proyecto.*

### **3.6.Diseño Arquitectónico**

Es importante indicar que la parte arquitectónica de manera general se encuentra resuelta, en un diseño concepto que ya fue presentado y aprobado, tomando en cuenta un diseño en el que dos naves de tipo galpones se encuentran unidos por una construcción intermedia, lo que es claramente diferente del modelo ordinario de un polideportivo en el que una cancha se encuentra rodeada de graderíos todo dentro de la misma estructura de galpón, como criterio de diseño se tiene en cuenta el cambio de concepto para que un graderío principal se encuentre en medio de dos canchas de deportes y singularizando a una de las canchas como la principal a la que se orientará el graderío central además de completar con graderíos adicionales secundarios para cumplir con el requerimiento de número de espacios para asistentes. La idea de diseño está claramente priorizada por el funcionamiento y uso de los espacios deportivos, más que por el número de espectadores a los eventos a desarrollar en esa infraestructura, ya que en el área estimada de construcción, se tomó en cuenta incluir otro espacio de cancha con lo que se duplicó el área de práctica deportiva, siendo esa área la de uso continuo y diario por los estudiantes a diferencia de los graderíos que se los redujo considerablemente ya que son usados eventualmente y con mucho menos frecuencia que las canchas, también se toma en cuenta que en el caso de necesidad de más lugar para asistentes a un evento, siempre hay la opción de ubicar mobiliario de sillas adicionales para cumplir con la necesidad.

### **3.7.Diseño Estructural**

Para la resolución estructural se plantea el requerimiento de una estructura metálica y que los espacios de cada nave sean completamente abiertos sin apoyos

estructurales intermedios, con una aclaración al requerimiento para usar las columnas de tipo cercha y así generar elementos estructurales con cierto nivel de transparencia, los mismos que no impidan la visibilidad en lo posible a los espectadores que en algunos puntos de los graderíos.

Al tener como referencia el diseño arquitectónico de las naves con una sola caída en cada cubierta, se considera a las vigas acerchadas de una notable proporción y segmentos notoriamente grandes que para motivos de diseño es parte de la propuesta.

### **3.8.Ubicación en el espacio.**

En área general la parte definida como zona deportiva o verde de la unidad educativa, dispone de aproximadamente 10.000 m<sup>2</sup> de superficie, la misma que es de forma cuadrada en dimensiones aproximadas de 100 m de frente por 100 m de fondo. en esta área actualmente se encuentran las canchas deportivas a cielo abierto de la unidad educativa, una cafetería, algunas construcciones livianas para bodegas, juegos infantiles tipo parque y un huerto de árboles limoneros. Siendo la zona de bodegas, huerto y juegos, en donde se encuentra la implantación del proyecto de polideportivo. También es importante un portón y una vía de ingreso, que son de uso exclusivo para esta zona y permite una independencia total del área educativa.

Para esta área deportiva, con su ingreso independiente también se dispone de servicios básicos independientes con sus respectivos medidores y acometidas, lo que simplifica las conexiones de los sistemas del proyecto a las redes de servicios públicos.

### **3.9.Tiempo de ejecución del proyecto.**

Para este proyecto de construcción en la etapa de ejecución constructiva se tiene un período de diez meses con una prórroga de hasta un mes más debidamente

justificado sin multas, este es el punto más importante para la ejecución o no del proyecto, ya que al ser en una unidad Educativa, y tener áreas cercanas y de uso simultáneo de los estudiantes, el riesgo de accidentabilidad es demasiado alto, así mismo como la incomodidad que se generaría tanto a estudiantes y sus representantes.

Dentro de los requerimientos en este punto, se tiene que se establezca un cronograma de trabajos tomando en cuenta los tiempos de receso de actividades escolares, vacaciones e incluso de ser oportuno una suspensión de proyecto o estructurarlo por etapas.

### **3.10. Presupuesto del proyecto.**

Se determinó un presupuesto aprobado de aproximadamente cuatrocientos mil dólares (\$400.000,00) el mismo que fue tratado como un monto de inversión generalizado y sin mayor detalle, también se encuadra en el monto disponible dentro de la línea de inversión solicitada a una entidad financiera, razón por la cual no puede ser modificado de manera considerable.

### **3.11. Modalidad del Proyecto.**

Dentro del valor del proyecto se detalla que es de modalidad llave en mano, es decir se tiene de manera total el diseño, la planificación y la ejecución. Para esto se aclara que están incluidos todos los estudios y requerimientos formales de construcción, tomando en cuenta lo necesario para la obtención de permisos y licencias.

La entrega será tomando en cuenta una primera entrega de manera parcial, con todos los sistemas trabajando y funcionando, pero de haber alguna observación o novedad se determina un plazo de un mes para resolver, mejorar o concluir cualquier

trabajo, una vez concluido ese tiempo se realizará la entrega recepción definitiva del proyecto.

### **3.12. BIM en el proyecto.**

Es importante tener en cuenta que no todos los proyectos de construcción pueden catalogarse como candidatos ideales a la aplicación de la metodología BIM, sea esto por su dimensión, escalabilidad o también porque su realidad de costos frente a los beneficios no se justifica. Por estas razones y más aún en nuestro medio de construcción en donde la metodología todavía no se encuentra en aplicación, es primordial que se puedan establecer claramente desde un principio cuales son los beneficios esperados de la aplicación de BIM para que el enfoque del proyecto como tal pretenda llevar a revelar que la metodología puede ser la diferencia entre un proyecto viable o no. Después del análisis del proyecto tal como fue presentado se obtienen los dos puntos medulares por lo que se puede determinar la viabilidad del mismo; Tiempo y Costo.

El tiempo es lo más importante que tener en cuenta por su particularidad de ser en una Unidad educativa, lo que limita considerablemente los períodos de trabajo y ejecución del mismo a tal punto de ser la razón por la que puede no realizarse el proyecto. Es en este punto donde la aplicación de BIM toma protagonismo y mediante la planificación a detalle, la resolución virtual de conflictos y la gestión de coordinación, se puede reducir considerablemente el tiempo del proyecto, para que de esa manera se lo pueda catalogar como viable.

El costo es el segundo punto álgido de decisión, y vuelve a tomar estelaridad la aplicación de BIM, al tener como resultado esperado una estimación de costos no solo más reales en cantidades y valores, sino al tener la planificación previa completamente

costeada permite llegar a negociaciones más beneficiosas para el proyecto, pero lo que es más interesante es el no gasto en rubros innecesarios y con la resolución virtual de conflictos, los costos derivados de los mismos ya no son una opción. Teniendo en cuenta el ahorro en los costos del proyecto podemos decir que no proporciona valor el cuál se verá compensado con los gastos adicionales de la aceleración en el tiempo de entrega, que sin duda genera más costo.

Aplicación de criterios de Sostenibilidad, BIM nos abre el abanico de opciones para hacer de los proyectos más atractivos para su desarrollo, uno de las dimensiones que nos interesa tener en cuenta es la de Sostenibilidad Ambiental. Teniendo en cuenta una reducción del presupuesto por la gestión BIM, podemos mejorar ciertos sistemas para que el proyecto entre en la categorización de sostenible, siempre tomando como base la información generada de los modelos y por medio de los programas de análisis de la misma se logra esta evaluación de opciones tanto en sistemas como en materiales.

## **Capítulo 4: Rol Líder de Estructuras**

La función del líder de estructuras en un proyecto de Modelado de Información para la Construcción (BIM) es de vital importancia para asegurar el éxito y la eficiencia en el desarrollo de la infraestructura de un edificio.

### **4.1. Actividades del rol**

Para el presente proyecto el líder de estructuras se encargó de desarrollar las siguientes actividades:

- Modelado estructural profesional.
- Generación de planos estructurales.
- Resolución de interferencias con otras disciplinas.
- Asesoría estructural con otras disciplinas para la resolución de dudas con respecto al desarrollo del proyecto.

### **4.2. Entregables del Rol Líder de Estructuras**

Para poder cumplir con las funciones asignadas al rol de líder de estructuras se plantean entregables asociados a las diferentes dimensiones del proyecto, y para las distintas etapas de este, mismos que se encuentran de acuerdo con el contrato bajo el cual se oficializó la relación de dependencia con la empresa MASTERBIM, y que se encuentra orientada con los parámetros descritos en el BEP del proyecto.

#### **4.2.1. Modelo profesional 3d.**

Está prevista la entrega de un modelo profesional 3d mediante una herramienta BIM, específicamente REVIT 2024, dentro del cual se van a plasmar los criterios

establecidos en el BEP, EIR, y respetando el protocolo de modelado al igual que el libro de estilos entregado para el desarrollo de este.

El modelo se construyó en un LOD 300 de tal forma que permita el análisis y desarrollo de las demás dimensiones BIM en las que se va a incursionar en el proyecto.

#### **4.2.2. Planos Estructurales Formales.**

Se requiere una entrega de los planos constructivos del proyecto, para lo cual se desarrolló un paquete de planos de implantación, cortes y detalles para el desarrollo del polideportivo.

#### **4.2.3. Presupuesto.**

Se desarrollo el presupuesto de la disciplina con base en los diferentes elementos estructurales modelados, las cantidades y las etapas constructivas propuestas.

El líder de estructuras desempeña un papel fundamental en la exitosa implementación de la metodología BIM, asegurando una coordinación eficiente entre los diversos equipos y disciplinas, y contribuyendo al desarrollo de un modelo preciso y completo que sirva como base para la construcción y gestión del edificio a lo largo de su ciclo de vida.

#### **4.3. Flujos de Trabajo del rol: Modelado.**

A continuación, se muestra el esquema del flujo que se cumplió para el desarrollo del modelado estructural 3d:

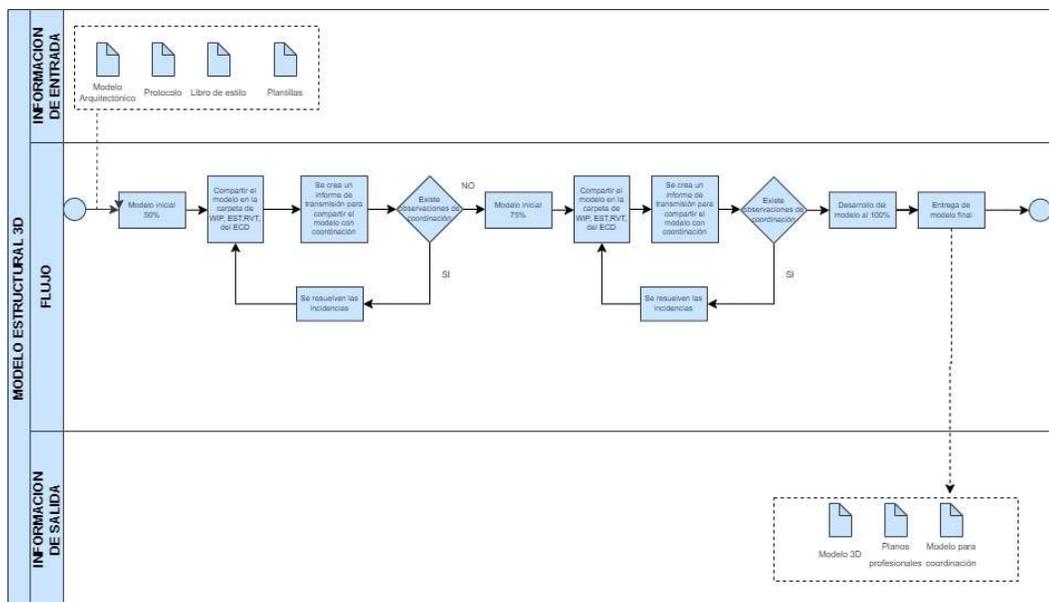


Ilustración 6: Flujo de modelado estructural.

Para poder llevar a cabo el rol de líder de estructuras dentro del proyecto BIM que se desarrolló, fue necesario desarrollar e implementar flujos de trabajo para cada una de las etapas del proyecto en las que se vio involucrado.

El flujo de modelado de la parte estructural tiene documentos de entrada que son comunes con las demás disciplinas entre ellas el protocolo, las plantillas, el libro de estilo y además con los lineamientos solicitados por parte de las demás disciplinas.

Para comenzar con el modelado propiamente se estableció que era prioritario definir los espacios necesarios por la disciplina de arquitectura para poder colocar los elementos estructurales en función de las luces y disposición de estos.

Una vez que se tiene completa la información de entrada se vincula el archivo arquitectónico compartido mediante el entorno común de datos y se copian los elementos de interés para el desarrollo del modelo, como son niveles y ejes.

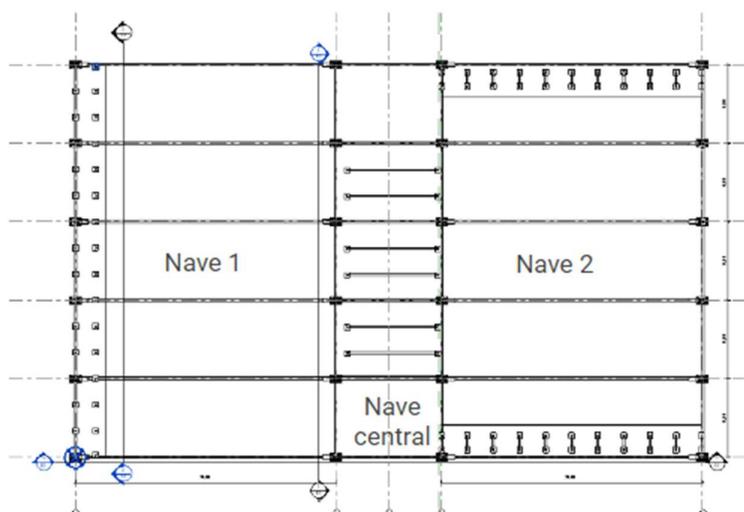
Se desarrolla el modelo hasta un porcentaje de avance considerable en este caso el 50% para la primera entrega y se comparte el modelo en el entorno común de datos y

se crea un informe de transmisión para coordinación de tal forma que las demás disciplinas tengan el modelo para su consumo.

La coordinación del proyecto entrega las observaciones acerca del modelado marcando incidencias en el mismo y se resuelven, volviendo a compartir el modelo para revisión y continuar con el modelado hasta el 75% de avance en donde nuevamente se carga el modelo en el entorno común de datos para consumo y se repite el proceso hasta conseguir el 100% de avance y la resolución del 100% de incidencias marcadas.

#### 4.4.Desarrollo del modelado estructural

El proyecto como tal consta de 3 estructuras principales, la Nave 1 que es la que tiene el graderío principal, la nave 2 y la nave central en la cual se emplazara el graderío principal y servirá como espacio de almacenamiento y de logística para el mantenimiento de los elementos que se colocaran en la cubierta.



*Ilustración 7: Estructuras principales del proyecto.*

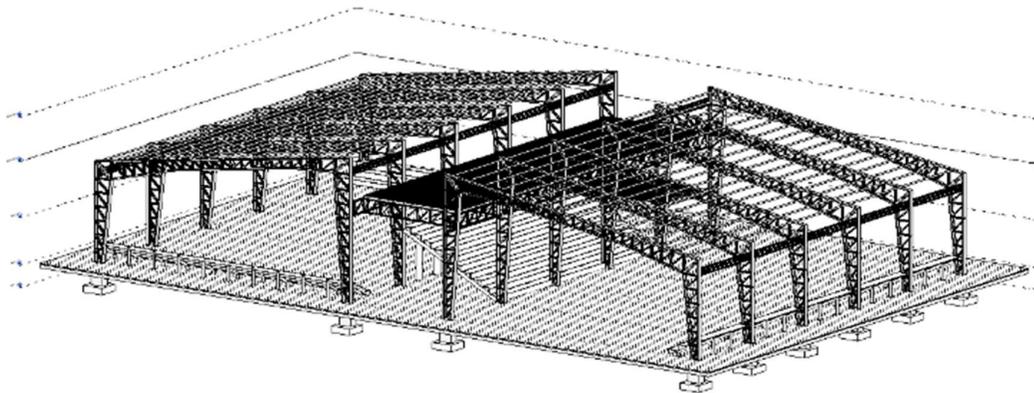
El proyecto nace con la idea de contar con elementos que permitan que sea sostenible en cuanto a consumo energético y de agua, por lo que se solicitó que se

tomen en cuenta el peso que incluirían para la estructura la instalación de paneles solares en la cubierta y que se pueda transitar en la misma para su mantenimiento.

De igual forma uno de los retos que se propuso es conseguir un sistema estructural que permita un rápido montaje y versatilidad para cubrir las grandes luces con la que cuentan las naves.

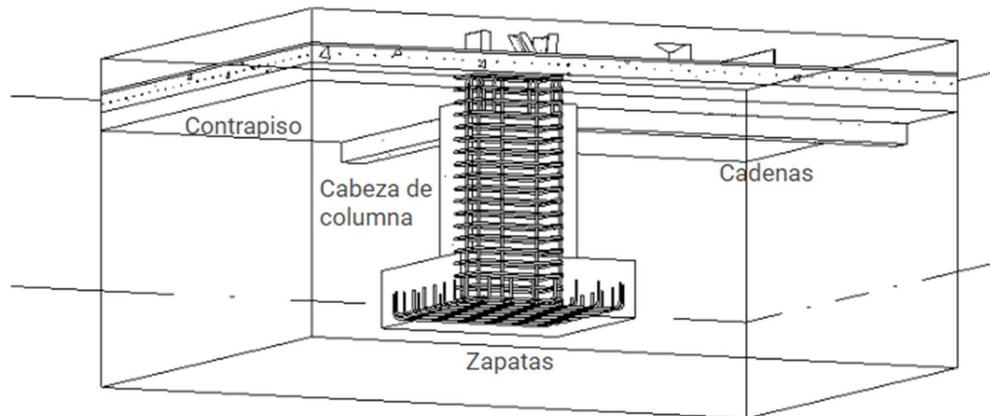
Además, debía ser un sistema que no sea macizo si no que permita la visibilidad desde el graderío hacia las canchas.

Por lo que decidí el empleo de estructura metálica acerchada tanto en los pilares de los pórticos principales como en las vigas del mismo, ya que es un sistema estructural que favorecía las condiciones de luz, velocidad de montaje y la permeabilidad visual necesaria para poder observar los espectáculos desde el graderío sin mayor incidencia.



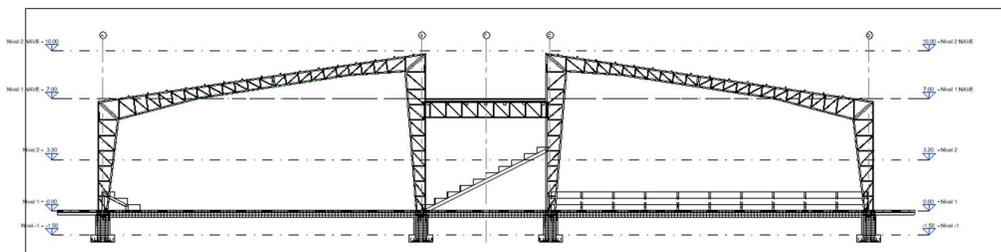
*Ilustración 8: Esquema estructural del proyecto.*

La estructura como tal se encuentra dividida en: cimentación, la cual es de hormigón armado e incluye las cabezas de columna, un sistema de cadenas de cimentación y un contrapiso de hormigón alisado que servirá como elemento estructural y de soporte para el acabado final de las canchas deportivas, permitiéndonos reducir tiempos de ejecución del proyecto.



*Ilustración 9: Elementos estructurales de la cimentación.*

Los pórticos que ya se mencionaron que constan de perfiles metálicos acerchados tanto en sus pilares, como en las vigas, el sistema de correas en el cual está contemplada la carga necesaria para la colocación de paneles solares y el tránsito de personas para su mantenimiento, y la estructura de la nave central para soportar la losa del cuarto de equipos y control y la losa de cubierta del graderío central y para el acceso al mantenimiento de los paneles solares.



*Ilustración 10: Elementos estructurales de los pórticos principales.*

Una de las ventajas que nos presenta la metodología BIM es el trabajar con modelos integrados, uno de los más importantes es el modelo integrado arquitectura estructura, el cual me permitió observar y entender el proyecto de una forma general y no solo desde el punto estructural, de tal manera que se pudo comprender como están

relacionándose las disciplinas y los conflictos que se podían generar en el desarrollo del modelo.

#### 4.5. Flujo de trabajo del rol: Gestión de Interferencias.

La resolución de interferencias viene definida por el siguiente flujo de trabajo.

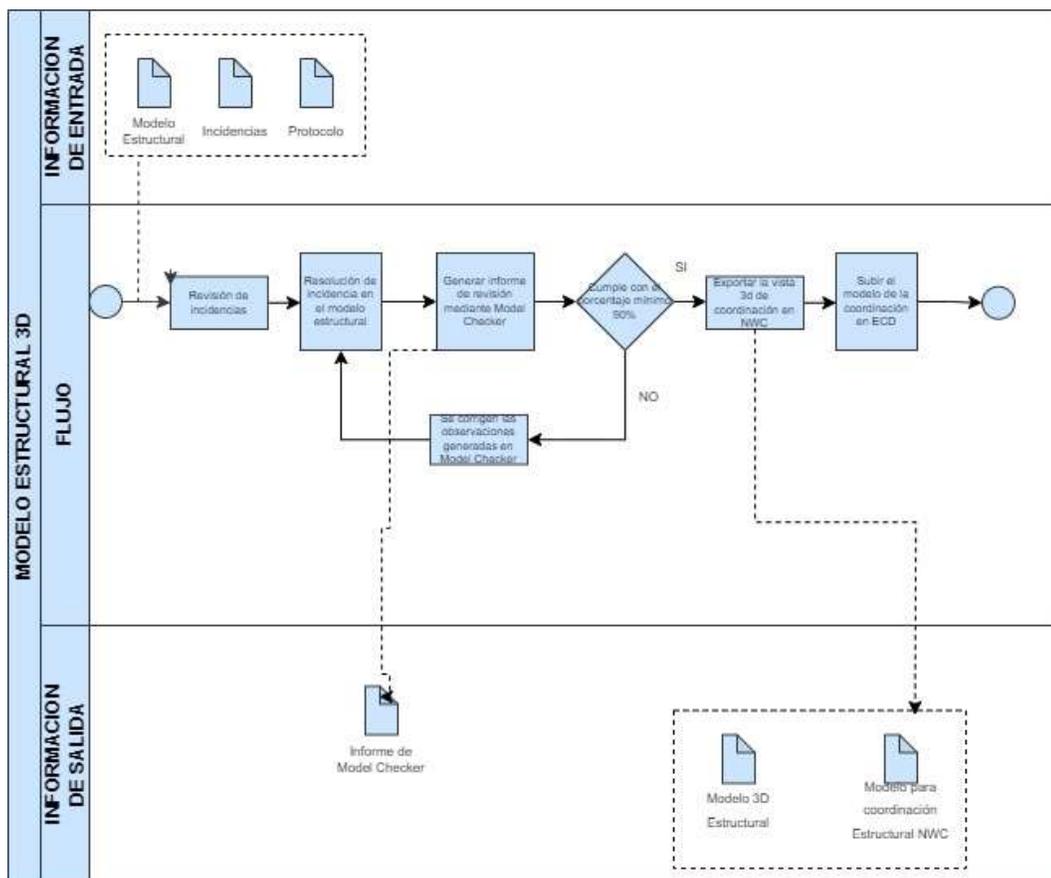


Ilustración 11: Flujo para la gestión de interferencias.

Se tiene como información de entrada el modelo estructural que se está desarrollando, el informe de incidencias o las incidencias marcadas en el ACC y el protocolo de modelado.

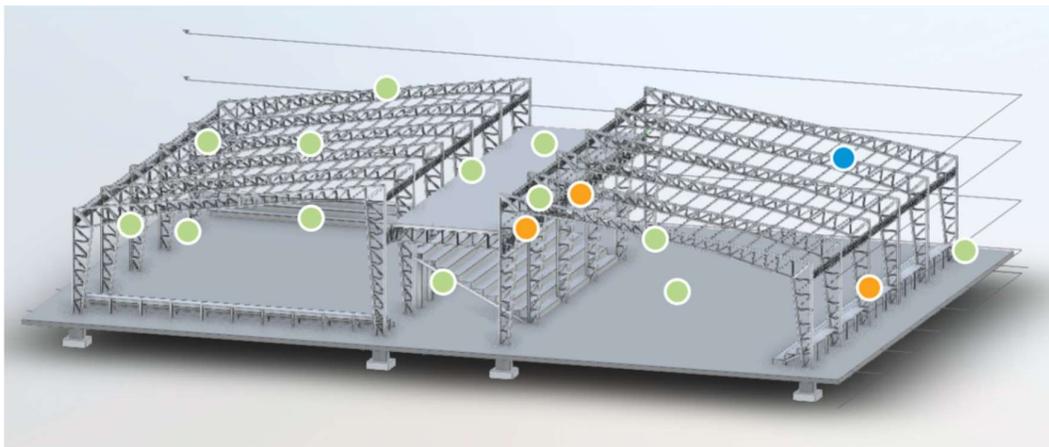


Ilustración 12: Incidencias marcadas en el modelo compartido.

Incidentes

Incidentes suprimidos

+ Crear incidencia

Exportar (36) filtrado

Buscar por título o ID de

Filtros (1)

Titulo	ID	Estado	Tipo	Asignado a
Work to Complete	#130	Lerraga	DWC Work to C...	francisco guzman
Work to Complete	#134	Completada	DWC Work to C...	francisco guzman
Work to Complete	#133	Completada	DWC Work to C...	francisco guzman
Work to Complete	#132	Completada	DWC Work to C...	francisco guzman
Work to Complete	#131	Completada	DWC Work to C...	francisco guzman
Clash	#84	Completada	CL Clash	francisco guzman
ARQ - EST	#66	Completada	DWC Work to C...	francisco guzman

Mostrando 1 - 36 de 36

Incidencia n.º 84

Detalles Registro de actividad

Anular publicación Suprimir

Miniatra de la incidencia

Titulo  
Clash

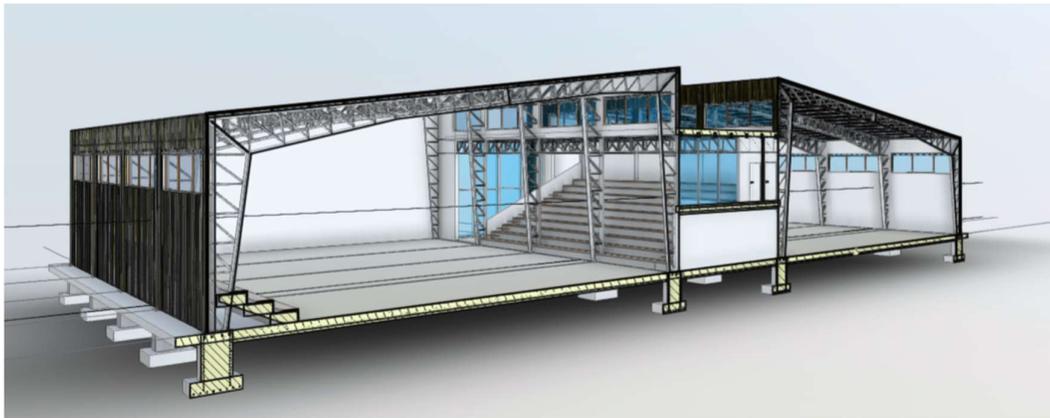
Estado  
Completada

Tipo  
Coordination > Clash

Descripción  
Revisar niveles de cubierta de la versión

Ilustración 13: Incidencias asignadas al lider de estructuras.

Se analizan las incidencias marcadas por coordinación, se realizan los cambios en el modelo que permitan la resolución de la misma y se corre el verificador del estado del modelo mediante la herramienta model checker de REVIT, se genera un informe de revisión en la herramienta el cual debe cumplir por lo menos con el 90%, para considerar que el modelo está lo suficientemente saludable para su consumo, de no cumplirse con este porcentaje mínimo se corrigen las observaciones del informe y se vuelve a correr la herramienta, para poder generar un modelo NWC, que se compartirá en el entorno común de datos para coordinación.



*Ilustración 14: Modelo entregado.*

La resolución de interferencias nos permite generar lineamientos para continuar con el modelado de una forma más fluida, ya que de apoco se va creando conciencia de como interactúan las disciplinas con el modelo que se está desarrollando y evitar que se creen nuevas incidencias por no considerar donde se encuentran ubicados los elementos de las demás disciplinas o para que se va a emplear un determinado espacio.

También nos permite comprender como fue evolucionando el modelo, cuantos y que cambios fueron necesarios desarrollar para cumplir el objetivo de no tener incidencias que involucren un costo adicional en obra para el proyecto.

Para el caso concreto de nuestro proyecto se incluyó dentro de la disciplina de estructura el modelado del graderío, ya que la coordinación realizo la observación inicial a la disciplina de arquitectura la generación de interferencias con la estructura principal de las naves, pórticos, llegando a un consenso común de que una estructura muy rígida como el hormigón fundido en sitio para este fin afectaría al proyecto en el sentido estructural y además en tiempo y costo que son los objetivos del proyecto, por lo que se decidió realizar el cambio de tipo estructural para este elemento y se desarrolló en estructura metálica liviana para que tenga las mismas consideraciones que lo demás de la estructura y se optimice los recursos del mismo.

#### 4.6. Planos de la disciplina estructural.

Una vez que se ha logrado un nivel de desarrollo del modelado estructural del 90% se desarrollaron los planos profesionales del proyecto. De tal forma que se tenga la información necesaria para la ejecución del proyecto, en el cual se detalla la implantación estructural, cortes, detalles de cimentación, y descripción de los elementos estructurales de cada una de las naves del polideportivo (Ver anexo 4).

El desarrollo del modelo en una herramienta BIM, como REVIT, permitió un desarrollo fluido para la elaboración de los planos ya que se incluían de forma automática dentro de las laminas generadas, los cambios generados debido a las interferencias con las demás disciplinas.

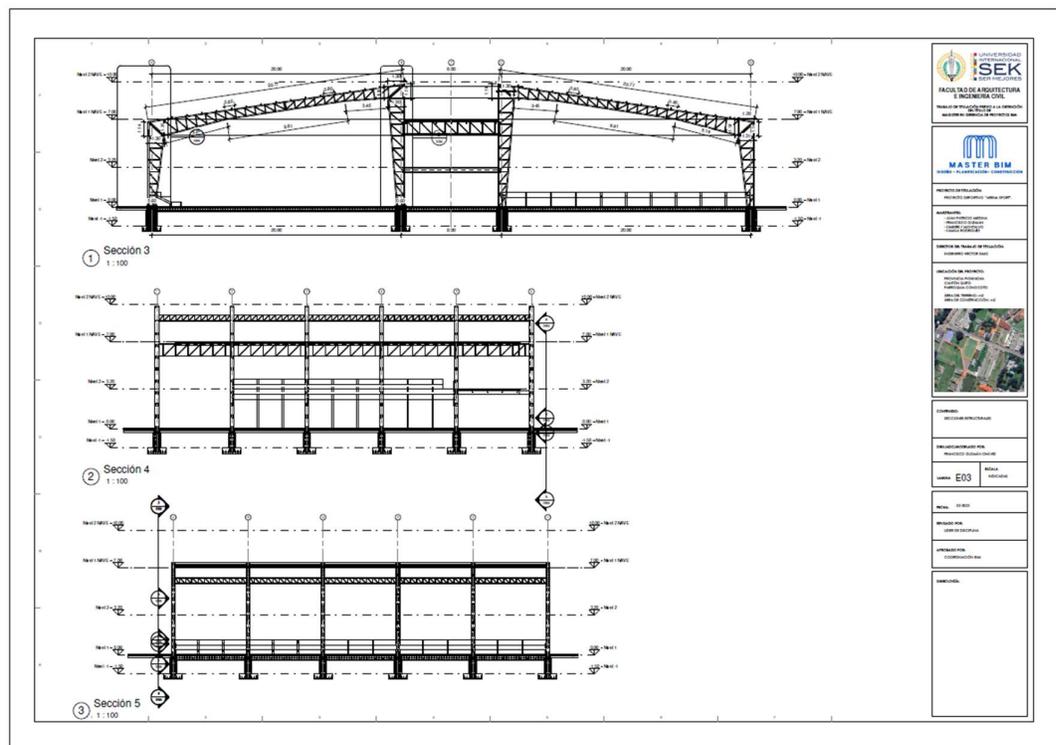


Ilustración 15: Plano de secciones estructurales.

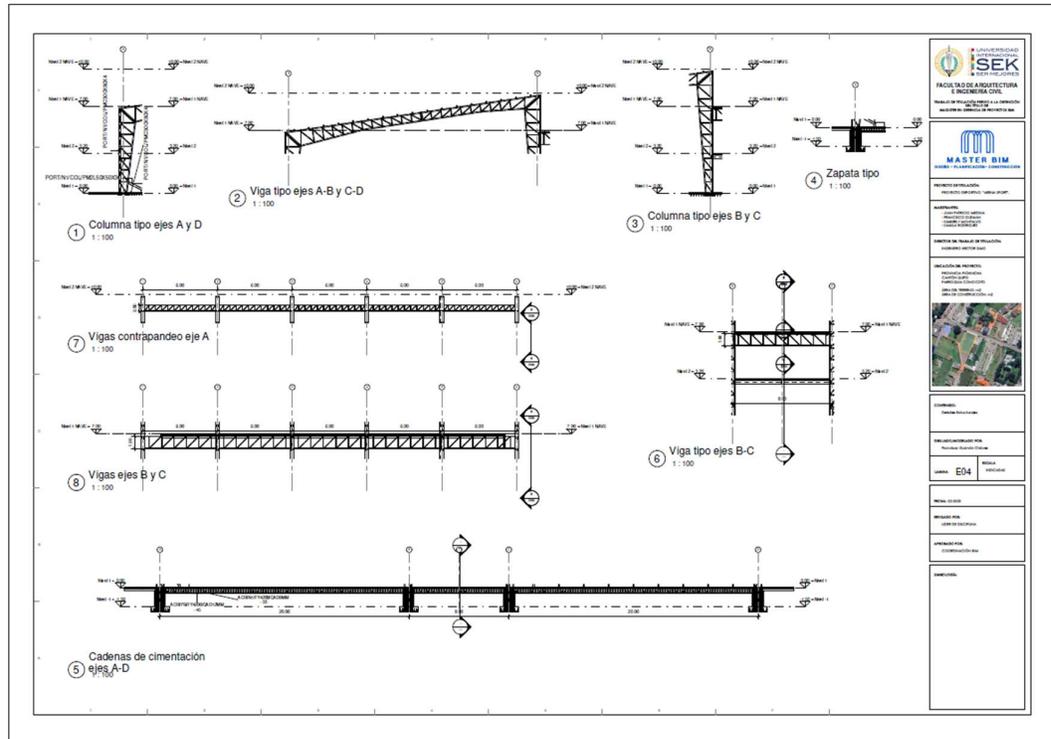


Ilustración 16: Plano de detalles estructurales.

#### 4.7. Presupuesto de la disciplina estructural

Una vez que el modelo ya tiene un buen nivel de desarrollo en el caso particular de estructuras se consideró el 90% de desarrollo para comenzar a generar los planos del modelo, en los cuales se detallan las medidas y tipos de elementos que se colocaran en el proyecto.

A continuación, se muestra el esquema del flujo para la elaboración del presupuesto de la disciplina:

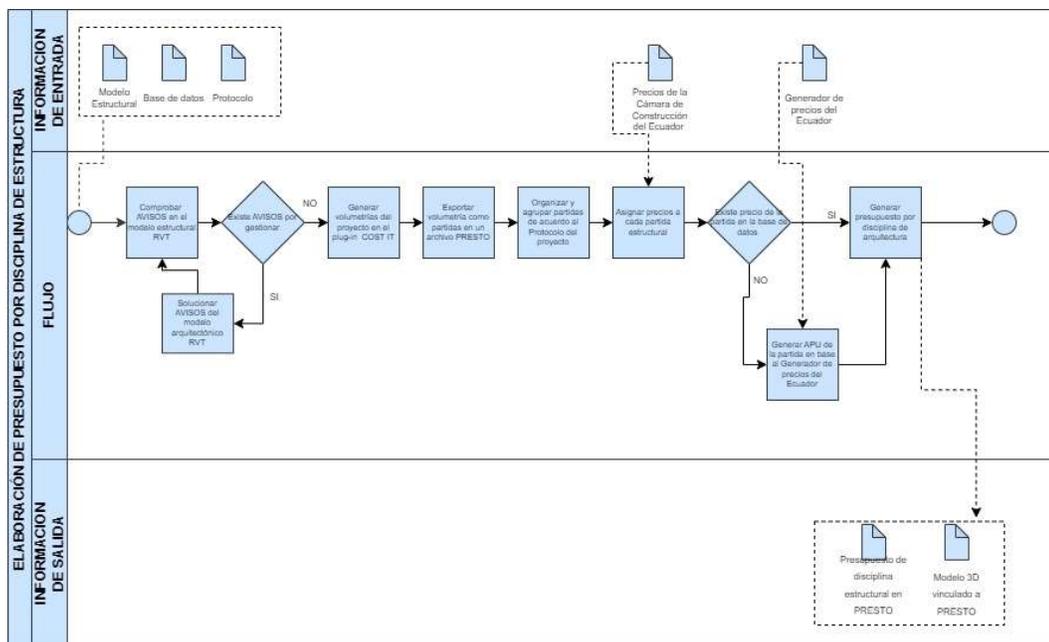


Ilustración 17: Flujo para la elaboración del presupuesto estructural.

El flujo para la elaboración tiene como información de entrada el modelo estructural, la base de datos de costos y el protocolo de modelado.

El presupuesto de la disciplina está desarrollado mediante la herramienta presto, en la cual se revisan si existen avisos por gestionar del modelo, si existieran deben resolverse, se generan las volumetrías del modelo en las categorías que se desean exportar, tomando en cuenta las unidades en las que se necesita medir para la cuantificación del proyecto, se exportan las volumetrías como partidas, una vez exportadas se organizan y se agrupan de acuerdo al protocolo del proyecto y se asignan precios a cada partida generada, si no existiera el precio o análisis de precios en la base de datos del proyecto se genera un APU o se asigna un precio a dicha partida para poder generar el presupuesto de la disciplina.

Dentro de la herramienta presto ha permitido el entendimiento del modelo que se está desarrollando para poder usarlo como base para una cuantificación que ayude al desarrollo del presupuesto, la selección de los elementos necesarios para la exportación y cómo van a ser considerados, por ejemplo para el caso de los elementos de hormigón

armado, se decidió exportar directamente el armado estructural que le corresponda ya que en el modelo se incluyó la cantidad de varillas necesarias para su seguridad estructural en lugar de asumir una cuantía en función del volumen del elemento que también nos permite calcular el programa.

La exportación también nos permite verificar la cantidad de elementos que se tiene en cada categoría y visualizar si efectivamente ese es el elemento de nuestro interés para exportar.

En el caso de la disciplina estructural tenemos las siguientes categorías: cimentación, armadura, armazón estructural, pilares estructurales y suelos.

Definiendo las unidades para su exportación, por ejemplo, para la cimentación nos interesa conocer el volumen de hormigón que tendrá mientras que los pilares armazón y armadura nos interesa conocer su peso para poder definir su costo.

▲	ID	Categoría	Etiqueta	Sub	Elementos	Códi	Di	Materiales	Color	Unidad	Medida
11	2001...	Cimentación estructural	Model	<input type="checkbox"/>	24			<input type="checkbox"/>	2578303	m3	Volu... ▾
17	2001...	Armazón estructural	Model	<input type="checkbox"/>	1841			<input type="checkbox"/>	2580351	kg	Peso ▾
20	2009...	Armadura estructural	Model	<input type="checkbox"/>	500			<input type="checkbox"/>	2582143	kg	Usu... ▾
21	2001...	Pilares estructurales	Model	<input type="checkbox"/>	154			<input type="checkbox"/>	2582906	kg	Peso ▾
25	2000...	Suelos	Model	<input type="checkbox"/>	3			<input type="checkbox"/>	2582866	m3	Volu... ▾

*Ilustración 18: Categorías exportadas para presupuestar la disciplina.*

A continuación, podemos ver un ejemplo del análisis de precios unitarios de una de las partidas que es de interés para el proyecto que consta en la base de datos de precios que contamos para el desarrollo del presupuesto en el cual se incluye materiales, mano de obra herramientas.

4	04		MOVIMIENTO DE TIERRAS
5	05		ESTRUCTURA
5.1	05.01		HORMIGÓN
5.2	05.02		ACERO
5.2.1	05.22		ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 8-12 MM CON ALAMBRE GALV. N°18
5.2.2	05.23		ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 14-32 MM CON ALAMBRE GALV. N°18
5.2.3	05.24		ACERO ESTRUCTURAL A-36, INC. MONTAJE CON GRÚA
	MAQ001		Herramienta menor (5% M.O.)
	MAQ014		Amoladora
	MAQ011		Equipo oxicorte
	MAQ027		Soldadura eléctrica 300A
	MAQ009		Compresor de aire 250 cfm
	MAQ028		Grúa

*Ilustración 19: Ejemplo de precio unitario de la partida acero estructural.*

El cual se va asignando a cada una de las partidas exportadas para generar el presupuesto total.

El presupuesto de la disciplina está contemplado en 171.994,25

#### **4.8. Planificación de la disciplina estructural**

La planificación de la disciplina también se la desarrollo mediante el programa presto una vez que se contaba con las partidas exportadas y con los precios de cada una.

Se coloco el tiempo estimado de cada una de las actividades y se las organizo por niveles.

Una vez que se comenzó a desarrollar la planificación de la disciplina se pudo observar que se podía mejorar la descripción de cada elemento modelado, para poder colocarlo dentro de la etapa constructiva que realmente le corresponde, y también me permitió verificar la nomenclatura de cada uno de los elementos y como nos facilita entender a qué elemento realmente se refiere y donde está ubicado y que etapa constructiva le corresponde.

Podemos observar por ejemplo en el caso del nivel -1 que corresponde al de cimentación que se encuentran en primer lugar las varillas de armado, después el

armado de las cabezas de columna, una vez que se tiene esto se coloca el hormigón de zapatas y cabezas de columna, generan un orden coherente de construcción.



*Ilustración 20: Planificación del nivel -1.*

Una vez que se logró tener todas las partidas asignadas con su duración y en un orden constructivo lógico se realizó la exportación a Project para poder generar el presupuesto y planificación generales del proyecto.

## **Capítulo 5: Rol Líder de MEPS Hidrosanitario**

La función del líder de MEPS en un proyecto de Modelado de Información para la Construcción (BIM) es de vital importancia para asegurar el éxito y la eficiencia en el desarrollo de la infraestructura de un edificio.

### **5.1.Actividades del rol**

Para el presente proyecto el líder MEPS Hidrosanitario se encargó de desarrollar las siguientes actividades:

- Modelado estructural profesional.
- Generación de planos.
- Resolución de interferencias con otras disciplinas.
- Asesoría MEPS Hidrosanitaria con otras disciplinas para la resolución de dudas con respecto al desarrollo del proyecto.

### **5.2.Entregables del Rol Líder MEPS Hidrosanitario**

Para cumplir con las actividades asignadas como líder MEPS Hidrosanitario se establecen entregables que se encuentran asociados a las diferentes dimensiones del proyecto, mismos que se encuentran en concordancia con el contrato bajo el cual se legalizo la relación laboral con la empresa MASTERBIM y, orientados hacia los parámetros descritos en el BEP del proyecto.

#### **5.2.1. Modelo profesional 3d.**

Está prevista la entrega de un modelo profesional 3d mediante una herramienta BIM, específicamente REVIT 2024, dentro del cual se van a plasmar los criterios establecidos en el BEP, EIR, y respetando el protocolo de modelado al igual que el libro de estilos entregado para el desarrollo de este.

El modelo se construyó en un LOD 200 de tal forma que permita el análisis y desarrollo de las demás dimensiones BIM en las que se va a incursionar en el proyecto.

### 5.2.2. Planos hidrosanitarios profesionales.

Se requiere una entrega de los planos constructivos del proyecto, para lo cual se desarrolló un paquete de planos de implantación e isometrías para el desarrollo del polideportivo.

### 5.2.3. Presupuesto.

Se desarrollo el presupuesto de la disciplina con base en los diferentes elementos modelados, las cantidades y las etapas constructivas propuestas.

### 5.3. Flujo de modelado MEPS Hidrosanitario

A continuación, se muestra un esquema del flujo que se definió para el desarrollo del modelado de la disciplina MEPS Hidrosanitaria.

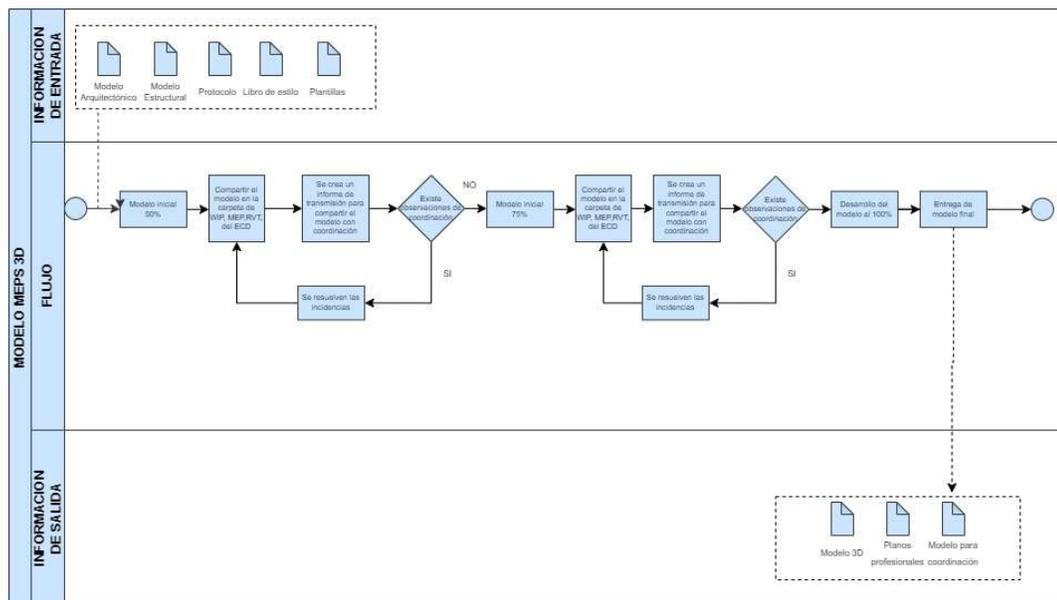


Ilustración 21: Flujo de modelado MEPS hidrosanitario.

Como información de entrada contamos con los modelos de la disciplina arquitectónica y estructuras, además de la plantilla, libro de estilo y protocolo de modelado que fueron entregados por la coordinación del proyecto.

Para el inicio del flujo de modelado MEPS se requería un porcentaje de avance considerable de las disciplinas arquitectura y estructura, de tal forma que se encuentren definidas las ubicaciones de los elementos principales que componen las mismas.

Debido a la jerarquía de disciplinas descrita en el protocolo de modelado, para no generar interferencias por algún cambio en el proyecto.

Una vez que se cuenta con la información de entrada necesario se desarrolló el modelo de acuerdo con los lineamientos del proyecto hasta el 50% y, se compartió el modelo en el entorno común de datos en la carpeta respectiva.

Se generó un informe de transmisión para enviar el modelo a coordinación y se pueda realizar las observaciones necesarias de colisiones e incidencias con las demás disciplinas.

De existir dichas observaciones se deben corregir previo a continuar con el modelado, caso contrario se avanza hasta obtener un 75% de avance.

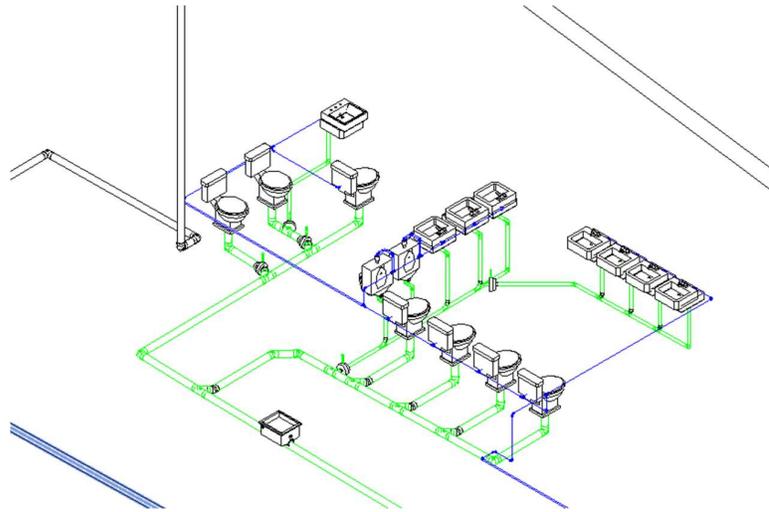
Una vez alcanzado el 75% de avance se vuelve a subir el modelo y se genera un informe de transmisión de tal forma que la coordinación pueda realizar el análisis de colisiones e incidencias en el modelo, de existir dichas observaciones por parte de la coordinación se deben resolver, caso contrario se continua con el modelado hasta lograr el 100% de avance.

Se sube el modelo al entorno común de datos, generando un nuevo informe de transmisión de tal forma que llegue a la coordinación para que pueda por ultima vez realizar la revisión de colisiones e incidencias, de existir observaciones se deberá

corregir caso contrario se puede generar la entrega del modelo final junto con los modelos NWC para coordinación.

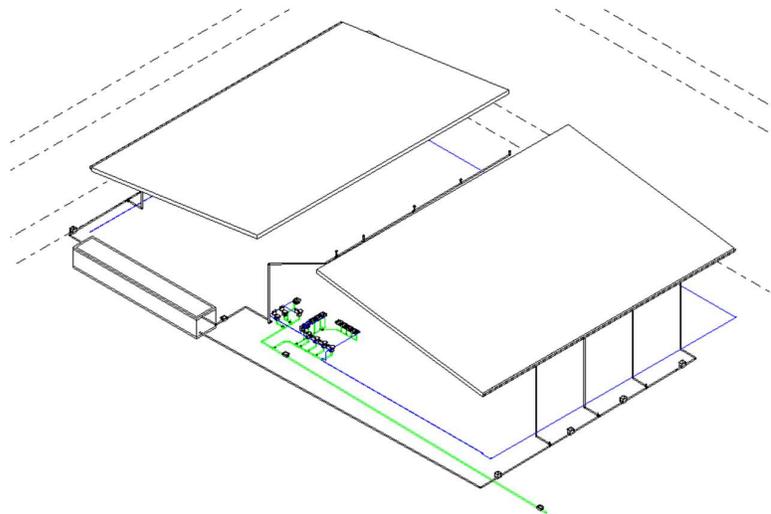
#### 5.4.Desarrollo del modelado MEPS Hidrosanitario

El proyecto ARENA SPORT, cuenta con un área de baños en la planta baja dividida en dos espacios uno para mujeres y otro para hombres, para el caso particular de esta infraestructura no va a contar con área de duchas, por solicitud del cliente, por lo que únicamente contara con inodoros lavamanos y para el caso del baño de varones urinarios, además de un baño para personas con movilidad reducida.



*Ilustración 22: Modelo MEPS hidrosanitario.*

Cabe mencionar que el polideportivo como tal, cuenta con criterios de sostenibilidad por lo que se incluyó un sistema diferenciado de captación de aguas lluvias en las cubiertas de las naves del polideportivo y en la nave central, para su posterior aprovechamiento.



*Ilustración 23: Sistema de captación de aguas lluvias.*

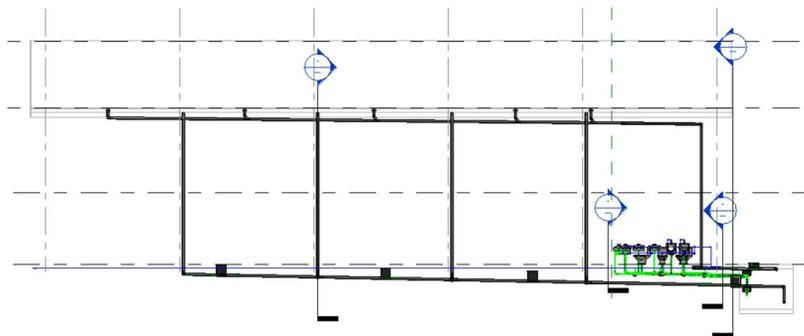
Por lo que en el modelado contamos con aparatos sanitarios tuberías de agua potable, sanitarias y de aguas lluvias, además de cajas de revisión para el sistema de aguas lluvias y sanitarias.

A diferencia del modelado estructural el modelado MEPS represento un reto diferente ya que en cuanto a jerarquía contaba con dos precedencias, es decir ya se encontraban definidos los elementos estructurales y arquitectónicos por lo que fue mas complicado verificar que no se generen colisiones con los elementos de las demás disciplinas.

### **5.5.Resolución de interferencias MEPS Hidrosanitario**

Para esta disciplina como tal no se desarrollo un flujo como tal de resolución de interferencias, sin embargo, se siguió el mismo esquema de trabajo que para la disciplina de estructuras.

Lo que si es importante recalcar es que, debido a la jerarquización de las disciplinas, cuando existían colisiones con elementos de la disciplina de arquitectura y de estructura era necesario plantear soluciones para resolverlo, ya que la parte de instalaciones MEPS presentan menos dificultad para resolver estas incidencias.



*Ilustración 24: Sección del modelo MEPS hidrosanitario.*

Por lo que, pese a lo pequeño de las instalaciones demandó cierta inversión en tiempo y calidad de la resolución para evitar la colisión con las demás disciplinas, por ejemplo, se decidió que las instalaciones de agua lluvia vayan por fuera de la envolvente del edificio para que no genere colisiones.

#### **5.6. Planos hidrosanitarios profesionales.**

al igual que en la disciplina estructural se debió tener un avance del 90% del modelado para generar los planos hidrosanitarios, cabe recalcar la facilidad que brinda la herramienta REVIT, para crear esta información (Ver anexo 5).

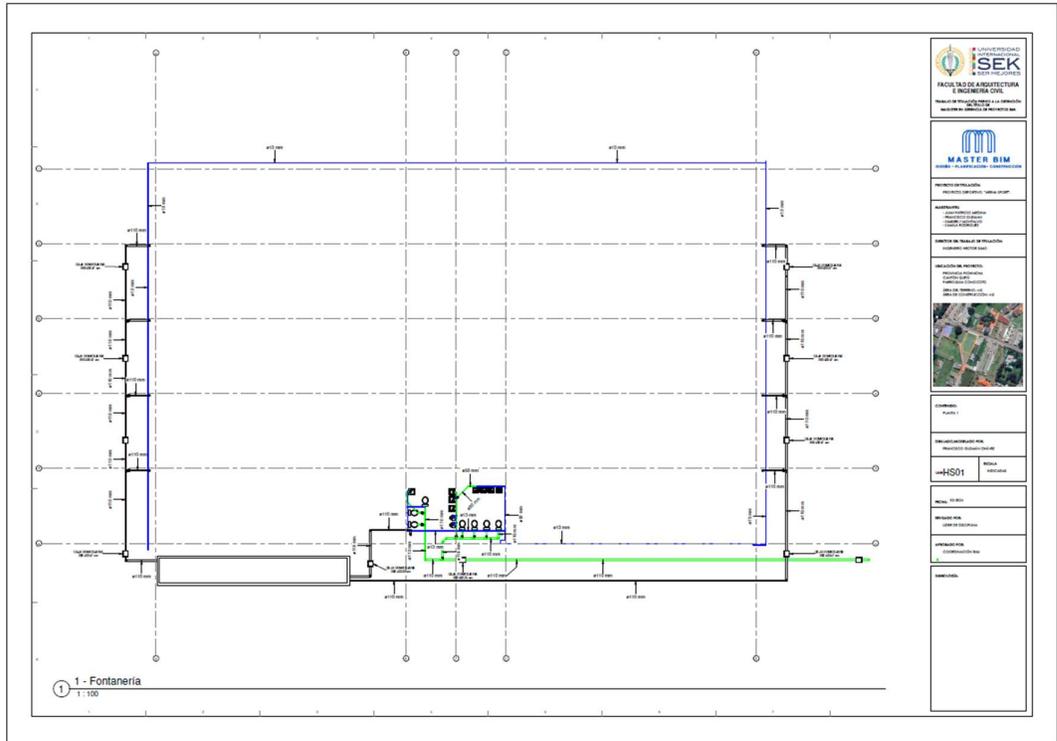


Ilustración 25: Plano de planta hidrosanitaria.

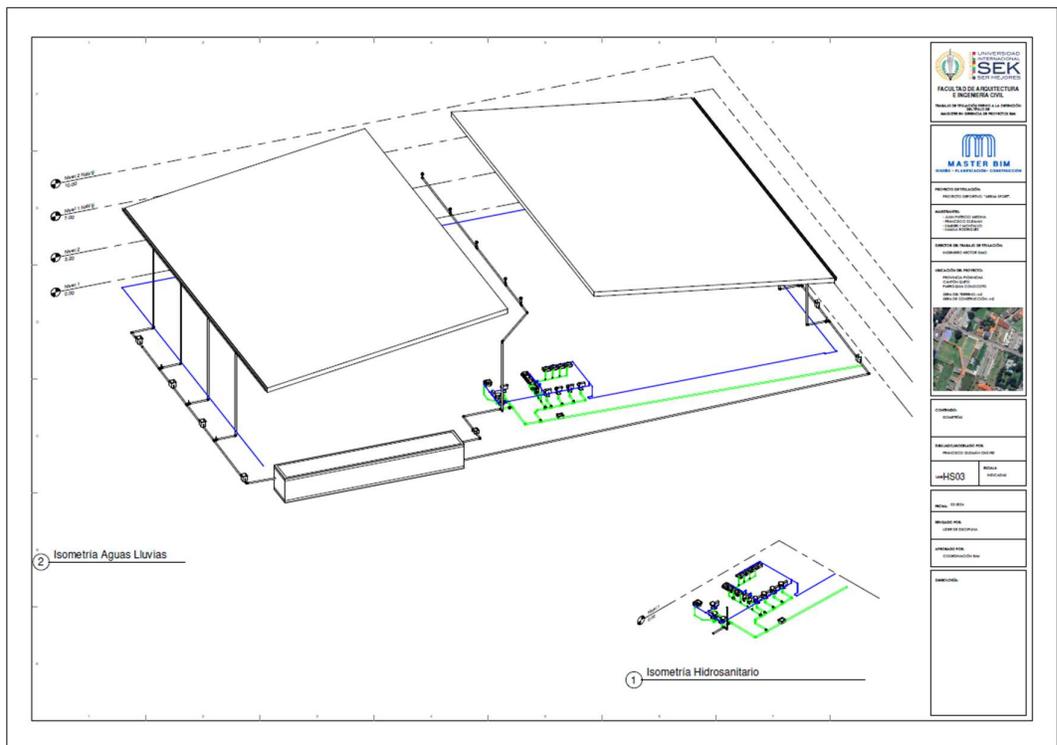


Ilustración 26: Plano de isometría hidrosanitaria.

### 5.7.5D MEPS Hidrosanitario

Para el desarrollo del presupuesto de la disciplina, se empleo de igual forma la herramienta PRESTO, en la cual se seleccionaron del modelo únicamente los elementos modelados como aparatos sanitarios y tuberías.

Para el caso de la cisterna y la instalación del sistema de bombas se usaron valores referenciales de la base de datos del proyecto.

Obteniendo un presupuesto de la disciplina de \$ 29,914.55

	Revit		ARENA SPORT		1	29,914.55	29,914.55
▷ 1	2008044		Tuberías	0	1	3,169.60	3,169.60
▷ 2	2001160		Aparatos sanitarios	0	1	2,744.15	2,744.15
▷ 3	03.07		Canalones	0	1	500.80	500.80
▷ 4	05		Cisterna	0	1	20,000.00	20,000.00
▷ 5	06		Bombas	0	1	3,500.00	3,500.00

*Ilustración 27: Presupuesto de la disciplina MEPS hidrosanitario.*

## **Capítulo 6: Conclusiones y Recomendaciones**

### **6.1.Conclusiones**

Se logro optimizar los recursos tiempo y costo con la aplicación de la metodología ya que se resolvieron interferencias constructivas con las demás disciplinas, lo que genera un ahorro para la ejecución del proyecto.

Se facilito la generación de información relevante para el proyecto gracias a la interoperabilidad de las herramientas que se emplearon, para el caso del presupuesto al exportar directamente los elementos de cada disciplina la elaboración de este se simplifico ostensiblemente reduciendo el tiempo de esta tarea.

La generación de planos de planta, secciones y detalles se simplifica al estar ligado con el modelo desarrollado y no representa un retrabajo cuando se tiene que incluir cambios por interferencias con otras disciplinas.

El empleo de la metodología permitió concebir el proyecto de una forma integral, entendiendo como se interrelacionan las disciplinas y dar soluciones integrales que apoyen al objetivo del proyecto en reducción de costo y tiempo.

El contar con flujos de trabajo claros y bien desarrollados facilita la generación e intercambio de información para el proyecto.

### **6.2.Recomendaciones**

El contar con un protocolo de modelado orientado más hacia la parte constructiva y de ejecución del proyecto permite la resolución de interferencias inclusive antes del modelado y análisis de estas.

Al tener un libro de estilos se facilita la representación grafica del proyecto, y la generación de planos de una forma estandarizada.

Contar con canales de comunicación que permitan la gestión del proyecto facilita saber el estado de la información, y los plazos para su generación y entrega, por lo que mantenerlos actualizados es primordial.

Entender que no existe una separación en el equipo de trabajo pese a que el intercambio de información formal se debe realizar únicamente a través del entorno común de datos, las decisiones siempre se toman como equipo de trabajo.

Contar con una nomenclatura adecuada para los diferentes elementos del modelo permite no solo la identificación de este para el presente y futuros proyectos, si no también relacionarla con procesos constructivos para su correcta planificación y asociarla a la partida correcta para un presupuesto más acertado.

## Referencias

- Oussouboure, G. (2017). La asignación de recursos en la Gestión de Proyectos orientada a la metodología BIM. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 11.
- PIASECKIENĖ, G. (2021). DIMENSIONS OF BIM IN LITERATURE: REVIEW AND ANALYSIS. *Mokslas – Lietuvos ateitis / Science – Future of Lithuania*, 11.
- BSIGROUP. (s.f.). *BSIGROUP*. Obtenido de BSIGROUP:  
<https://www.bsigroup.com/es-ES/building-information-modeling/bim-diseno-construccion/descarga-little-book-of-bim/>
- buildingSMARTSpain. (s.f.). *buildingSMARTSpain*. Obtenido de buildingSMARTSpain: <https://www.buildingsmart.es/bim/>
- ESEVERRI, A. E. (20 de junio de 2019). *ESPACIOBIM*. Obtenido de ESPACIOBIM:  
<https://www.espaciobim.com/interoperabilidad>
- Poza, E. (s.f.). *TD SYNTEX Datech*. Obtenido de TD SYNTEX Datech:  
<https://www.datech.es/software/entorno-de-datos-comun/#>
- Viteri, C. (s.f.). *Arkadis Architecture and Design Center*. Obtenido de <https://www.arkadis.net/post/cuales-son-los-roles-en-bim>
- ISO. (2018). Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) Information management using building information modelling Part 1: Concepts and principles (ISO 19650-1:2018).  
<https://www.iso.org/standard/68078.html>

**Anexo 1: Contratos de trabajo**

**Anexo 2: EIR**

**Anexo 3: BEP**

## Anexo 4: Planos Estructurales