

Práctica empresarial como ingeniero de apoyo para el uso del modelado 3D en la planificación y ejecución de proyectos de construcción en la empresa Difargo Construcciones S.A.S.

Ender Alexis Prada Landinez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Homer Armando Buelvas Moya

Magister en ingeniería estructural y gestión de proyectos

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico - Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

Para mi abuela y mi madre que con su amor y apoyo incondicional y desinteresado me convirtieron en un hombre resiliente.

Agradecimientos

Muchas gracias, a la Universidad Industrial de Santander por su contribución en mi formación profesional, al director del proyecto Homer Armando Buelvas M. por su orientación y el conocimiento brindado durante el desarrollo de este proyecto, a los ingenieros Juan Herrera y Jeysson Pinzón por compartir sus conocimientos y orientarme técnicamente para abordar el proyecto de manera idónea.

Tabla de Contenido

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. OBJETIVOS.....	12
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
2. MARCO DE REFERENCIA	13
2.1 MARCO CONCEPTUAL	13
2.2 MARCO LEGAL	14
2.3 MARCO TEORICO.....	15
2.3.1 Metodología BIM.....	15
2.3.2 Modelado 3D.....	17
2.3.3 Modelado 4D.....	17
3. METODOLOGIA DE LA PRACTICA	18
3.1 EMPALME EN EL PROYECTO.....	18
3.2 ASIGNACIÓN DE ACTIVIDADES PROYECTO MONET	18
3.3 RED DEL PROYECTO MONET.....	20
3.4 OBJETIVOS BIM.....	20
3.5 VENTAJAS DEL MODELADO 3D EN INTERVENTORIA	20
3.6 ROL DEL MODELADOR BIM.....	21
3.7 USOS DEL MODELO	22
3.8 APOYO EN LA GESTIÓN DE LA INFORMACION EN MODELOS 3D	22
3.8.1 Organización de la información.....	22

4.	DESARROLLO DE LA PRACTICA.....	24
4.1	TOMA DE MEDICIONES EN CAMPO PARA ADAPTAR LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN 2D-CAD EN MODELOS 3D	25
4.1.1	Registro fotográfico.....	26
4.1.2	Modelado en el software Revit	28
4.2	ACOMPANAMIENTO AL SEGUIMIENTO DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA EMPRESA DIFARGO CONSTRUCCIONES S.A.S.	31
4.2.1	Visitas de seguimiento.....	31
4.2.2	Avance del modelado 3D con respecto a la construcción	31
4.2.3	Tabla de cantidades a partir del modelo 3D	32
4.3	PROCESOS DE GESTION DE LA INFORMACIÓN DE MODELOS 3D PERTENECIENTE A LA EJECUCION DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN	34
4.3.1	Proceso de gestión asociado.....	34
4.3.2	Elaboración de planos.....	35
4.3.3	Simulación constructiva 4D.....	36
4.3.4	Vincular modelos (NWC).....	36
4.3.5	Establecer cronograma de trabajo	38
4.3.6	Vincular y enlazar cronograma a Navisworks	38
4.3.7	Simulación constructiva.....	39
4.4	LECCIONES APRENDIDAS BIM.....	40
5.	CONCLUSIONES.....	41
6.	RECOMENDACIONES	42
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	43

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Nomenclatura de carpetas para el proyecto</i>	23
Tabla 2 <i>Diámetros de tubería modelados</i>	26
Tabla 3 <i>Parámetros empleados</i>	33

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Google maps (s.f.). [Ubicación del Proyecto]</i>	19
Figura 2 <i>Autodesk Inc. (s.f.). [Ejemplo real de modelado 3D]</i>	21
Figura 3 <i>Gestión de la información</i>	24
Figura 4 <i>Metodología empleada</i>	24
Figura 5 <i>Mediciones in situ</i>	25
Figura 6 <i>Registro fotográfico</i>	27
Figura 7 <i>Planos 2D en formato CAD</i>	28
Figura 8 <i>Modelado arquitectónico – piso tipo</i>	29
Figura 9 <i>Modelado hidráulico – piso tipo</i>	30
Figura 10 <i>Red hidráulica - Comparación construido vs modelado</i>	30
Figura 11 <i>Red hidráulica –construido vs modelado</i>	32
Figura 12 <i>Tabla de planificación de tuberías hidráulicas</i>	33
Figura 13 <i>Diagrama de flujo para crear una simulación constructiva</i>	36
Figura 14 <i>Vínculo entre modelos Revit y Navisworks</i>	37

Figura 15 *Conjuntos de selección en Navisworks*37

Figura 16 *Cronograma C*38

Figura 17 *Time liner*.....39

Figura 18 *Simulación constructiva 4D*.....40

Resumen

Título: Practica empresarial como ingeniero de apoyo para el uso del modelado 3D en la planificación y ejecución de proyectos de construcción en la empresa Difargo construcciones S.A.S.*

Autor: Ender Alexis Prada Landinez**

Palabras Clave: Modelado, Gestión, Planificación, Control, Interferencias, Cuantificar.

Descripción:

El modelado 3D es una herramienta utilizada en el trabajo colaborativo de proyectos que anexa información para la gestión de la construcción con el fin de crear un entorno digital con datos de las actividades necesarias para realizar seguimiento por parte de todos los interesados en el proyecto. Por medio de este artículo se muestra las actividades ejecutadas en la práctica empresarial como ingeniero de apoyo para el uso del modelado 3D para la ejecución y seguimiento de proyectos de construcción en la empresa Difargo Construcciones S.A.S, desempeñando tareas de apoyo en la gestión de la información en modelos 3D de redes hidráulicas ,anexando los datos recopilados en campo y de registros fotográficos, logrando evidenciar que el manejo de la información de manera ordenada con programas de modelado que permiten llevar una ejecución óptima del proyecto en las fases de estructuras y manejo de redes hidrosanitarias, ya que permiten detectar interferencias en la construcción de elementos, cuantificar y verificar cantidades de materiales y mejorar los procesos constructivos del proyecto antes de que estos inicien. Al finalizar el proyecto se entregan los planos hidráulicos récord correspondientes a la construcción del proyecto y toda la información recopilada durante el desarrollo de este.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Homer Armando Buelvas Moya. Magister en ingeniería estructural y gestión de proyectos. Codirector: Jeysson Camilo Pinzon Castillo, Ingeniero Civil.

Abstract

Title: Business practice as a support engineer for the use of 3D modeling in the planning and execution of construction projects in the company Difargo construcciones S.A.S. *

Author(s): X Ender Alexis Prada Landinez**

Key Words: Modeling, Management, Planning, Control, Interferences, Quantify,

Description:

The 3D modeling is a tool used in collaborative project work that attaches information for construction management in order to create a digital environment with data of the activities necessary for monitoring by all stakeholders in the project. This article shows the activities performed in the business practice as a support engineer for the use of 3D modeling for the implementation and monitoring of construction projects in the company Difargo Construcciones S.A.S, performing support tasks in the management of information in 3D models of hydraulic networks, attaching the data collected in the field and photographic records, achieving to demonstrate that the management of the information in an orderly manner with modeling programs that allow an optimal execution of the project in the phases of structures and management of hydraulic and sanitary networks, since they allow to detect interferences in the construction of elements, quantify and verify quantities of materials and improve the constructive processes of the project before they start. At the end of the project we deliver the record hydraulic plans corresponding to the construction of the project and all the information gathered during the development of the project.

* Degree work

**Faculty of Physical Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Homer Armando Buevas Moya. Master in structural engineering and project management. Codirector: Jeysson Camilo Pinzon Castillo, Civil Engineering.

INTRODUCCIÓN

La innovación en el uso de tecnologías de la información ha impulsado en la industria de la construcción mejorar los procesos constructivos en obras de ingeniería y optimizar la relación entre disciplinas en las respectivas etapas de diseño, ejecución y operación de los proyectos.

La aplicación de la metodología BIM es una herramienta de creación y ejecución de proyectos que permite el manejo de información de todas las áreas y especialidades que intervienen en un proyecto generando una visión tridimensional del resultado esperado, la cual contribuye en la mejora de la planificación, diseño, construcción y mantenimiento del proyecto (Granados, 2018).

Los problemas en la construcción generados por la falta de comunicación entre las especialidades interesadas en el proyecto permiten plantear nuevas alternativas para dar solución a conflictos en la gestión y ejecución de proyectos. Mediante metodologías de trabajo que permiten mejorar la comunicación durante la planificación, ejecución y seguimiento, como lo es Building Information Modeling (BIM) se permite la optimización de estos recursos aminorando los costos y el tiempo de construcción del proyecto (Pinzon, 2021).

La metodología BIM permite la creación, ejecución y control de proyectos, pero tiene un componente de modelado que permite recrear elementos y proyectos en un desarrollo espacial que incluye tres dimensiones, generando la disminución de la incertidumbre en términos de materiales, cantidades y geometrías a ejecutar. No obstante, BIM también permite realizar recreaciones que incluyan la planificación de la construcción (4D), gestión de costos y presupuestos (5D), parámetros de sustentabilidad (6D) y control de mantenimiento y operación de los proyectos (7D), teniendo como objetivo principal el control total del proyecto sin omitir

información para una correcta recreación del proyecto a lo largo del ciclo de vida de estos (Amaya, 2021).

Este documento expone las actividades ejecutadas durante la práctica empresarial como ingeniero de apoyo en el modelado 3D para la planificación y ejecución del proyecto de interventoría al cambio de la montante hidráulica del edificio Monet, en la empresa DIFARGO CONSTRUCCIONES c., empresa que se encuentra en proceso de estructuración para la formación de sus profesionales en la metodología BIM.

Las actividades principales de la práctica incluyen la aplicación de herramientas de modelado 3D en las áreas de arquitectura, mecánica y fontanería (MEP, por sus siglas en inglés), etapa considerada por DIFARGO como la interventoría al cambio de la red hidráulica dentro del buitrón principal del proyecto de mejora del edificio Monet, ubicado en la ciudad de Bucaramanga, se realizó inicialmente una recopilación y organización de la información existente para posteriormente elaborar un informe que detalla las actividades realizadas por el contratista, el manejo que este le dio a los recursos y la cantidad de recursos que dispuso para satisfacer las necesidades del proyecto. Esta gestión de la información facilitó la creación del modelo 3D del proyecto con la ayuda de mediciones en campo y registros fotográficos con el fin de dar un seguimiento y control de los recursos empleados.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Apoyar el uso del modelado 3D en la planificación y ejecución de proyectos de construcción en la empresa DIFARGO CONSTRUCCIONES S.A.S.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la toma de mediciones en campo para adaptar los proyectos de construcción 2D-CAD en modelos 3D en la empresa DIFARGO CONSTRUCCIONES S.A.S.
- Realizar el acompañamiento al seguimiento de los proyectos de construcción de la empresa DIFARGO CONSTRUCCIONES S.A.S.
- Apoyar los procesos de gestión de la información de modelos 3D perteneciente a la ejecución de los proyectos de construcción de la empresa DIFARGO CONSTRUCCIONES S.A.S.

2. MARCO DE REFERENCIA

En esta sección se definen los conceptos más relevantes del desarrollo de la práctica empresarial en la empresa Difargo Construcciones S.A.S.

2.1 MARCO CONCEPTUAL

Coordinador BIM. Encargado de coordinar el trabajo a fin de que se cumplan los requerimientos acordados. Llevando procesos de control y de calidad con el objetivo de crear una relación entre todas las disciplinas, además, define el alcance del trabajo que desarrolla el rol de modelador BIM y audita la calidad de los entregables. (CAMACOL BIM Kit, 2019)

Modelador BIM. Se apoya en software de modelado para desarrollar las actividades propias de su disciplina integrando sus entregables con los de las otras especialidades. Modela los elementos agregando o actualizando la información requerida y crea nuevos componentes de acuerdo con las necesidades de cada proyecto. (CAMACOL BIM Kit, 2019)

Ambientes virtuales de trabajo (AVT). Es un espacio en línea, para gestionar la información digitalmente con los interesados en el proyecto. (Fernandez, 2016)

Implementación BIM. BIM por sus siglas en inglés de Building Information Modeling o su evolución Building Information Management, busca gestionar de forma eficiente la información de un proyecto a lo largo de todas sus etapas teniendo en cuenta a todos los involucrados, apoyándose en modelos 3D paramétricos integrados. (BuildingSMART, 2020)

Nivel de desarrollo (LOD). nivel de detalle (Level of Development - LOD), Proceso de desarrollo enfocado al detalle de la información no grafica de los elementos, es decir los datos asociados a los elementos que me permiten luego aplicar todos los usos. (CAMACOL BIM Kit, 2019)

Gestión. Realizar actividades propias al beneficio de una acción, profesión, negocio, ejercicio o de cualquier actividad; capacidad de una organización para definir, alcanzar y evaluar sus propósitos, con el adecuado uso de los recursos disponibles. (Pons, 2021)

Plan de ejecución BIM (PEB). El plan de ejecución para realizar el proyecto BIM (BIM Execution Plan - BEP) es el documento que define las pautas y métodos de un proyecto que se va a desarrollar bajo la metodología BIM. Este documento será de carácter contractual y debe integrar los procesos y términos necesarios que involucren a todos los integrantes en el proyecto. (CAMACOL BIM Kit, 2019)

Mep. El modelado (o diseño) MEP se ocupa de gestionar las tres áreas de intervención de la ingeniería de instalaciones mecánicas, eléctricas e hidráulicas. (Autodesk inc, 2023)

2.2 MARCO LEGAL

Camacol. Es una asociación gremial que reúne a nivel nacional empresas y personas naturales relacionadas con la cadena de valor de la construcción. Con el fundamento de velar por los intereses de la industria de la construcción.

Iso 19650. La Iso 19650 es una norma que explica cómo debe organizarse y digitalizarse la información en obras de ingeniería civil que utilizan BIM. Se categoriza en Parte 1: Conceptos y principios. (ISO 19650-1:2018), que da pautas para que la información y el intercambio de datos en el CDE se gestionen de forma estructurada y segura y la Parte 2: Fase de desarrollo de los activos. (ISO 19650-2, 2021), que establece las pautas para gestionar la información en un proceso de contratación.

BIM kit. El BIM kit es una recopilación de documentos que acompañan el paso a paso que deben seguir las empresas para tener una implementación de BIM exitosa que articula a todos los

actores de BIM en un mismo lenguaje, nivelando el conocimiento a través de documentos técnicos. (CAMACOL BIM Kit, 2019)

Difargo construcciones S.A.S. es una empresa que tiene como propósito dar soluciones especializadas y confiables en proyectos de ingeniería civil mediante el diseño e instalación de redes hidráulicas, sanitarias, gas y contra incendios, que cumplan con la normatividad vigente y requerimientos específicos del cliente, contando con un excelente equipo humano calificado y con actitud de servicio.

Misión: Diseñar, instalar y asesorar proyectos enfocados a la implementación de las redes de servicio hidráulicas, sanitarias, gas y contra incendios, a nivel nacional, generando proyectos de calidad en el cliente y en el medio.

Visión: En el 2028 nos consolidaremos como la empresa líder en prestación de servicios especializados en el diseño y construcción de redes hidrosanitarias, gas y contra incendios comprometida con la sostenibilidad, distinguida por su alta calidad, excelencia operacional e integración digital.

2.3 MARCO TEORICO

2.3.1 Metodología BIM

Dentro de la metodología BIM el trabajo colaborativo es una de las piezas más importantes y representa uno de los más grandes cambios del uso BIM dentro de la organización, por esto es indispensable definir los aspectos más importantes para tener en cuenta al momento de intercambiar información con grupos de trabajo de la misma compañía (a nivel interno) o con terceros subcontratados para trabajos de diseño (a nivel externo)

La metodología BIM consiste en la compilación y modelado colaborativo de la información de un determinado proyecto, en dicho contexto, al aplicar la metodología referida se produce un modelo

digital con toda la información necesaria para materializar un proyecto de construcción, en el cual se condensan todas las características físicas, operativas, ambientales, económicas y de tiempo, lo que permite la coordinación multidisciplinar en las diferentes fases del proyecto generando como consecuencia la optimización del flujo laboral y de los recursos del proyecto (CAMACOL, 2020)

Según la guía para la adopción BIM en las organizaciones en su sección 8 (Hoja de ruta para la implementación BIM (CAMACOL BIM Kit, 2019)) las etapas de la metodología BIM incluyen:

- **Inicio:** Corresponde a las actividades de preparación inicial antes de anunciar una implementación en la organización. Son tareas como estudiar y definir responsables, consultar documentos técnicos de soporte y realizar un diagnóstico inicial. Estas actividades preparan el terreno para ejecutar las siguientes etapas.
- **Planeación:** Es la etapa en donde se delimita el plan de implementación. Aquí se elegirá el alcance y la estrategia según los objetivos de la organización para poder establecer objetivos y responsabilidades puntuales a asignar dentro del equipo
- **Ejecución:** Es el momento de poner en marcha las acciones como consecuencia de las decisiones de las etapas anteriores. En esta etapa se involucra a las personas responsables de la operación e inician los cambios en infraestructura, procedimientos y empiezan los proyectos piloto
- **Medición y seguimiento:** La etapa describe prácticas útiles durante toda la implementación para medir su eficacia, siempre buscando identificar oportunidades de mejora e incentivar la participación de más personas en la organización

- **Retroalimentación:** Es la etapa final en donde se procesan las mediciones y comentarios sobre procedimientos y entregables. El objetivo es mejorar continuamente en un proceso iterativo que sugiere volver a visitar toda la hoja de ruta buscando rectificar la estrategia.

(PMI, 2017)

2.3.2 Modelado 3D

El modelado 3D es una tecnología que consiste en la capacidad de producir una representación tridimensional y modificarla, alterarla y reformularla, mediante un entorno informático adecuado, en función de las necesidades futuras. (L.Vargas, 2019)

Dibujar va más allá de especificar la geometría de los elementos del modelo. Es plasmar el objetivo del diseño y las relaciones lógicas entre los elementos que forman el proyecto, capturando el propósito del diseño hidráulico y las conexiones de fontanería entre los elementos que forman el modelo. Revit puede estimar las vistas del modelo 2D (planos, selecciones, alzados, etc.), esto quiere decir que las modificaciones ejecutadas en una vista de planta, de perfil o tridimensional automáticamente se hacen visibles en todas las vistas del modelo de una forma rápida y eficiente ya que todas las vistas están sincronizadas

2.3.3 Modelado 4D

Al momento de ejecutar la gestión de proyectos empleando la metodología BIM, se realiza la asociación entre un modelo 3D y la programación de un proyecto, este vínculo se denomina modelo 4D, el cual representa tres dimensiones espaciales y una cuarta dimensión que la constituye el tiempo, este vínculo entre la programación de obra y el modelo 3D se emplea para generar una simulación constructiva. (Lopera, 2015)

3. METODOLOGIA DE LA PRACTICA

3.1 EMPALME EN EL PROYECTO

El alcance de este documento surge debido a las frecuentes fallas en el montante hidráulico dentro del buitrón principal en el condominio Monet, un proyecto que se construyó en el 2014 (consta de una torre con 21 plantas de las cuales 4 sirven como parqueadero del condominio, 16 son apartamentos de uso residencial y 1 corresponde a la zona social del condominio). Debido a que al momento de construir la red hidráulica no se siguieron a cabalidad los criterios establecidos en el diseño hidráulico por ende se debía realizar cambios en la construcción hidráulica del condominio.

A raíz de esta problemática la firma constructora del edificio Monet ha reparado en varias ocasiones de manera localizada el montante hidráulico, pero estas reparaciones no han solucionado los problemas generados desde su construcción. Por ende, y mediante un proceso legal que ganaron los residentes del condominio, el constructor se comprometió legalmente a realizar el cambio la red según lo establecido en el diseño y planos hidráulicos aprobados por parte del acueducto.

Durante la ejecución de la obra se realizaron actividades de demolición, desmonte de tubería existente e instalación de nueva tubería hidráulica de suministro a los apartamentos en la zona del buitrón principal del edificio. Se previó la instalación de una tubería de agua provisional que garantice el servicio de agua mientras se ejecuta el arreglo de la red de tal manera que los residentes no se vean afectados.

3.2 ASIGNACIÓN DE ACTIVIDADES PROYECTO MONET

Difargo Construcciones S.A.S. siendo la firma de interventoría contratada por la administración del condominio Monet solicito personal de apoyo para el modelado y gestión de la

información, además de asistir en obra al ingeniero residente de interventoría de este proyecto en ejecución ubicado en la carrera 30 # 34-39 en la ciudad de Bucaramanga-Santander.

Figura 1

Google Maps (s.f.). [Ubicación del Proyecto]



Nota. recuperado el 11 de abril de 2023 de <https://www.google.com/maps/place>

Se identificó las instalaciones del proyecto donde se estaba realizando la interventoría al cambio de la red hidráulica dentro del buitrón principal del condominio Monet. La obra se encontraba finalizando las actividades de instalaciones hidráulicas. Surge debido a las frecuentes fallas en el montante del buitrón principal, ya que la tubería del montante en los primeros pisos tiene mucha presión y ha provocado fisuras en las tuberías, mientras que en los últimos pisos el montante tiene poca presión, debido a que al momento de construir la red hidráulica no se siguieron a cabalidad los criterios establecidos en el diseño hidráulico.

Se asignó un lugar de trabajo dentro del condominio para hacer seguimiento y control de las actividades ejecutadas por el contratista para posteriormente incorporar la información recopilada al modelo 3D. Para ello fue necesario garantizar el flujo de trabajo en un entorno común de datos (OneDrive) que permitiera el acceso a la información del equipo de interventoría, así como la definición de un software base de modelado, el software Revit versión estudiantil 2023.

Se define también el rol de modelador BIM con el fin de representar tridimensionalmente la red hidráulica construida agregando y actualizando la información del proyecto en el modelo para vincularlo posteriormente al software Navisworks versión estudiantil 2023 de modo que permitiera una representación en 4D del proyecto. En esta oportunidad, el modelado 3D tiene un componente de revisión pues se modelaría posterior o a la par de la construcción.

3.3 RED DEL PROYECTO MONET

El condominio emplea un sistema estructural de resistencia sísmica combinado en concreto reforzado (Muros estructurales y pórticos), los muros estructurales se encuentran distribuidos simétricamente con respecto a la longitud más corta del edificio, las losas de entrepiso son aligeradas en una dirección, sin torta inferior. Cuenta con sistemas independientes de agua lluvia, sanitaria, contraincendios e hidráulica los cuales se pueden visualizar desde el sótano 2 hasta el piso 2, desde el piso 3 a la cubierta las tuberías se encuentran entre la losa y el cielo raso de cada piso.

3.4 OBJETIVOS BIM

- Recopilar información que permita representar el estado de la construcción.
- Analizar interferencias entre los elementos de construcción antes de que estas sucedan en obra.
- Emplear la información generada para llevar un seguimiento de obra, que garantice el intercambio de información con el equipo de trabajo

3.5 VENTAJAS DEL MODELADO 3D EN INTERVENTORIA

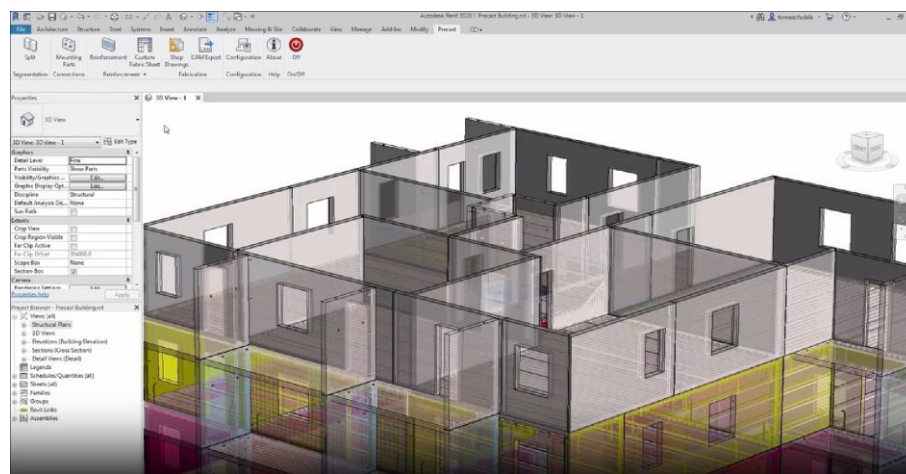
Las principales ventajas de emplear el modelado 3D como herramienta de trabajo en la interventoría de proyectos permite.

- Obtener mayor precisión en el seguimiento y construcción del proyecto.

- Explicar con mayor facilidad a los interesados del proyecto el avance y las particularidades de este.
- Realizar modelos récord registrando la información más relevante de los componentes empleados durante la ejecución de este.

Figura 2

Autodesk Inc. (s.f.). [Ejemplo real de modelado 3D]



Nota. recuperado de <https://latinoamerica.autodesk.com/products/revit/mep>

3.6 ROL DEL MODELADOR BIM

El modelador BIM es el encargado de emplear BIM como herramienta para desarrollar las actividades propias de su disciplina. Atendiendo los parámetros establecidos por el coordinador BIM con el fin garantizar una coordinación efectiva entre disciplinas. (CAMACOL BIM Kit, 2019).

En base a los conocimientos adquiridos de instalaciones hidrosanitarias en edificaciones, se desarrolló el uso de la herramienta software Revit, para la creación del modelo 3D - Hidráulica, siguiendo los parámetros especificados en el PRE-PEB (ver anexo A – Nomenclatura BIM),

realizando un intercambio de información en programas como Microsoft Excel, Microsoft Project y Autodesk Navisworks. (CAMACOL, 2020).

3.7 USOS DEL MODELO

El uso de modelos 3D, aplicando metodología BIM, permite al contratante recibir como entregables de información modelos record del proyecto, en diferentes formatos de representación; planos hidráulicos, documentos y datos generados durante el desarrollo de este, además de estimar costos constructivos, cantidad de materiales empleados y detectar posibles interferencias antes de que sucedan, permitiendo eliminar los conflictos en la obra.

Se llevó a cabo la verificación de cantidades de obra, midiendo la cantidad de tubería instalada por el contratista en función de su diámetro y longitud, además de verificar los rendimientos y productividad del personal suministrado por el contratista y realizar una revisión de calidad en los materiales empleados según las especificaciones técnicas de la NTC 1500 (ICONTEC, 2022), para ejecutar las actividades propuestas en el cronograma de trabajo con la finalidad de realizar un seguimiento de obra y presentar al condominio un comparativo entre el avance de obra programado y el ejecutado, con el propósito de dar a conocer a la administración del condominio Monet cualquier circunstancia que directa o indirectamente pueda tener algún efecto nocivo.

3.8 APOYO EN LA GESTIÓN DE LA INFORMACION EN MODELOS 3D

3.8.1 Organización de la información

Mediante esta práctica empresarial se espera centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes de intervención. (CAMACOL BIM Kit, 2019). Para el desarrollo del proyecto se garantizó que los espacios compartidos de trabajo sigan un estándar de organización y nomenclatura de sistemas del Consejo Profesional

Nacional de Arquitectura y sus Profesiones auxiliares, publicado en el documento “Guía y estándares para el desarrollo grafico del proyecto” y la norma ISO 19650. En la tabla 1 se muestra la nomenclatura adoptada para carpetas:

Tabla 1

Nomenclatura de carpetas para el proyecto

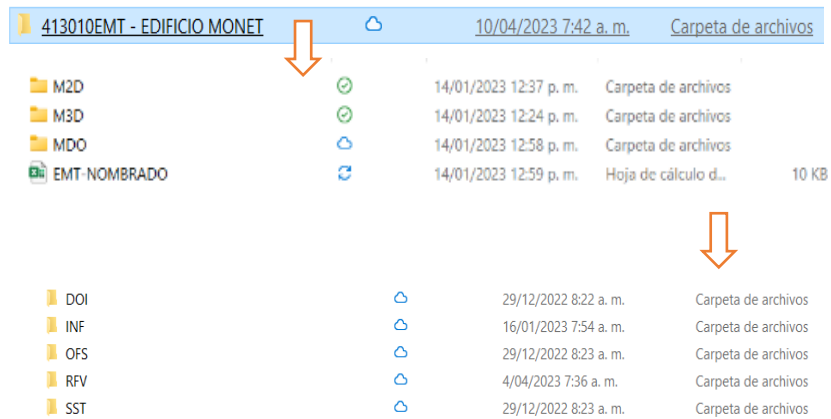
1 NIVEL DE INFORMACION	
413010EMT	Edificio Monet
2 NIVEL DE INFORMACION	
M2D	Información gráfica 2D
M3D	Información gráfica 3D
MDO	Información y documentos
3 NIVEL DE INFORMACION	
HID	Hidráulica
ARQ	Arquitectura
ACT	Actas
OFS	Oficios
RFV	Registro fotográfico y de video
SST	Seguridad y salud en el trabajo
INF	Informes
DOI	Documentos iniciales
DLO	Datos logísticos

Nota. Elaboración propia

Empleando OneDrive como el entorno común de datos, se plantea un orden para las carpetas como las mostradas en la Figura 3, Donde se observa que la información mostrada, está asociada a un nivel de información superior, siguiendo el estándar de organización.

Figura 3

Gestión de la información



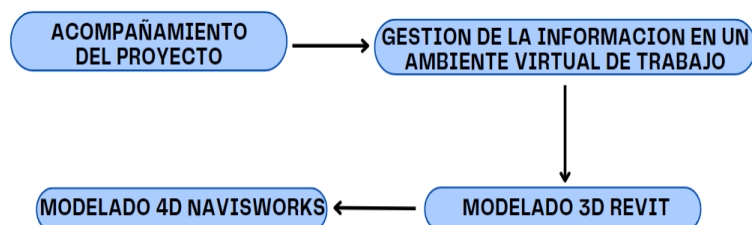
Nota. Elaboración propia

4. DESARROLLO DE LA PRACTICA

Para el desarrollo de las actividades se plantea 4 etapas que implican la gestión de la información en el proyecto. Como se observa en la Figura 4 se inicia por el acompañamiento del proyecto, luego por la gestión de la información en un CDE, después el modelado 3D en el software Revit y finaliza con el modelado 4D en el software Navisworks.

Figura 4

Metodología empleada



Nota. Elaboración propia

4.1 TOMA DE MEDICIONES EN CAMPO PARA ADAPTAR LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN 2D-CAD EN MODELOS 3D

Se revisan los planos existentes y se lleva a cabo inspecciones en obra donde se verifica que el diámetro y material de las tuberías cumpla con los requisitos del diseño hidráulico plasmados en los planos e informes hidráulicos del condominio para posteriormente anexar esta información al proyecto y al modelo 3D. En la Figura 5 se observa una tubería de 4” de diámetro que corresponde al montante principal del condominio ubicada en el piso 2 de este.

Figura 5

Mediciones in situ



Nota. Elaboración propia

En la tabla 2 se puede observar una relación de diámetros de tubería empleados según el diseño hidráulico en función del montante y el piso en el que se instalan.

Tabla 2

Diámetros de tubería modelados

Piso	Diámetros de tubería empleados		
	Montante 1(CM-P11)	Montante 2(P12-P18)	Salida de alimentación en la montante
Piso 3	4"	3"	1 - 1/2"
Piso 4	3"	3"	1 - 1/2"
Piso 5	3"	3"	1 - 1/2"
Piso 6	3"	3"	1 - 1/2"
Piso 7	3"	3"	1 - 1/2"
Piso 8	2 - 1/2"	3"	1 - 1/2"
Piso 9	2 - 1/2"	3"	1 - 1/2"
Piso 10	2 - 1/2"	3"	1 - 1/2"
Piso 11	2"	3"	1 - 1/2"
Piso 12	1"	3"	1 - 1/2"
Piso 13	1"	3"	1 - 1/2"
Piso 14	1"	2 - 1/2"	1 - 1/2"
Piso 15	1"	2 - 1/2"	1 - 1/2"
Piso 16	1"	2"	1 - 1/2"
Piso 17	1"	1 - 1/2"	1 - 1/2"
Piso 18	1"	1"	1"
Cubierta	1"	1"	-

Nota. Elaboración propia

4.1.1 Registro fotográfico

Es el registro fotográfico de la construcción del proyecto Monet, se presenta la documentación en imágenes y video del desarrollo de la obra en la carpeta RFV (registro fotográfico y de video según el PRE-PEB) ver anexo A – Nomenclatura BIM. Es una herramienta de documentación útil para todos los interesados en el proyecto, ya que además de ser un elemento de registro histórico, permite a los equipos de trabajo involucrados en el proyecto analizar y monitorear el avance de obra, entender cómo se está llevando a cabo su ejecución conforme a la planeación, controlar actividades, reconocer situaciones que aparecen en la construcción y encontrar soluciones para los posibles problemas.

Para dar respuesta a estas necesidades, se hizo un registro fotográfico de las condiciones iniciales del proyecto, del avance del proyecto y de los detalles de la obra incluyendo visitas técnicas, equipos y vehículos empleados. En la figura 6 se observa la conexión tipo entre el montante hidráulico y la red de distribución en los pasillos de cada piso.

Figura 6

Registro fotográfico



Nota. Elaboración propia

Este registro se encuentra almacenado en la carpeta RFV con un tamaño de 2.4Gb, que a su vez cuenta con 10 subcarpetas, las cuales corresponden a todas las actividades realizadas para el cambio de la red hidráulica dentro del buitrón principal del condominio Monet, que contienen archivos en formato jpg y mp4, comprendidos entre el 20 de agosto de 2022 y el 26 de febrero de 2023.

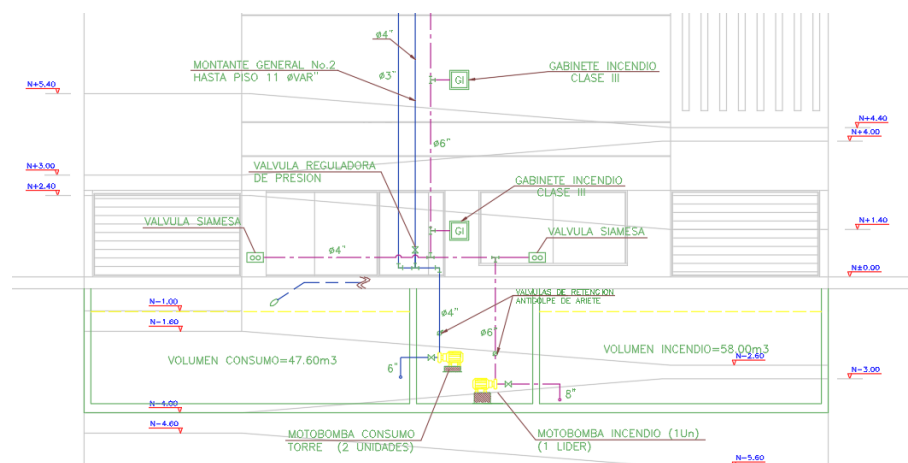
4.1.2 Modelado en el software Revit

Durante la práctica se utilizó el software Revit 2023 como herramienta de modelado en su versión estudiantil con Id de Autodesk: ender2185509, con fecha de caducidad del sábado 9 de septiembre de 2023.

Dado que uno de los objetivos de Difargo construcciones S.A.S consistía en la interventoría al arreglo constructivo de la red hidráulica, se revisó y verifico que el diseño hidráulico cumplía con los parámetros especificados en la normativa por ende se consideró el diseño hidráulico inicial del condominio el cual contaba con sus respectivos planos hidráulicos en formato CAD 2D (ver anexo C – Planos 2D Suministrados) que se tomaron como base para la elaboración de la proyección tridimensional, como se observa en la Figura 7.

Figura 7

Planos 2D en formato CAD



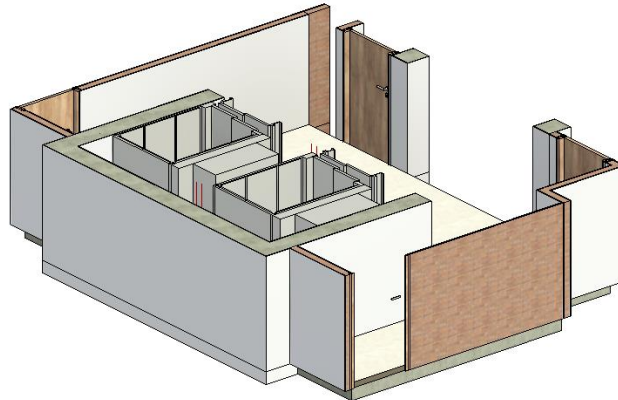
Nota. Suministrado por: administración condominio Monet

En primera instancia se realizó el esquema arquitectónico de los elementos aledaños a la red hidráulica intervenida estableciendo los niveles de referencia de cada entrepiso y la

distribución de ejes en planta. Como se observa en la figura 8 se modelaron los muros, suelos, puertas de entrada a los apartamentos y ascensores.

Figura 8

Modelado arquitectónico – piso tipo



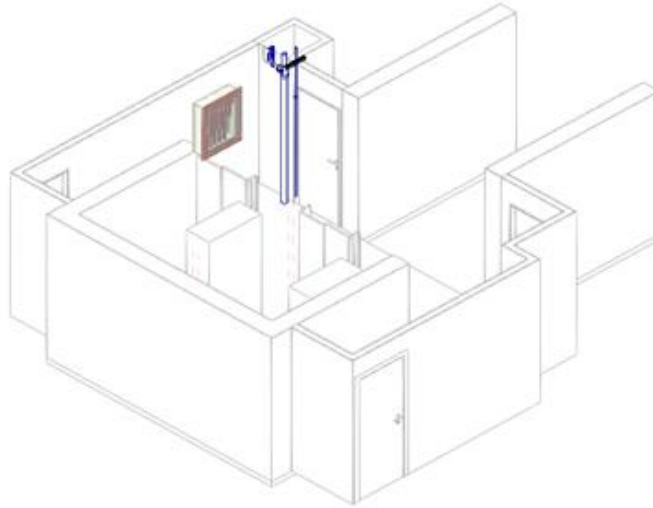
Nota. Elaboración propia

Se presentó un procedimiento de coordinación mediante la herramienta copiar supervisar, la cual consiste en vincular el modelo arquitectónico al modelo hidráulico, para que sirva de punto de partida tomando como referencia los ejes y niveles arquitectónicos

Luego se realizó el modelado de la red hidráulica en orden ascendente desde el cuarto de bombas ubicado en el sótano 2 hasta la cubierta teniendo como base el esquema arquitectónico realizado anteriormente, cabe resaltar que se realizó la instalación de la red hidráulica con el mayor detalle posible siguiendo las especificaciones que fueron establecidas en el esquema hidráulico, modelado en el programa Revit 2023. Como se observa en las Figuras 9 y 10 se realizó la representación tridimensional de la red hidráulica teniendo en consideración el tipo de tubería, accesorios y demás elementos empleados en su construcción para asemejar el modelo a la realidad. Para asemejar el modelo a la construcción se emplearon las librerías de Pavco Wavin, con la intención de obtener una representación física y paramétrica de los materiales empleados en el proyecto.

Figura 9

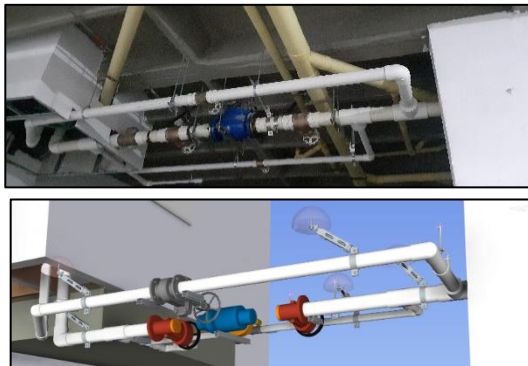
Modelado hidráulico – piso tipo



Nota. Elaboración propia

Figura 10

Red hidráulica - Comparación construido vs modelado



Nota. Elaboración propia

Se puede establecer que las ventajas del modelado 3D, permitió identificar las condiciones hidráulicas existentes y futuras del condominio, además de detectar interferencias en la red antes de que sucedieran en obra adelantando el modelo 3D a la construcción d esta.

Se cumple con el objetivo BIM de recopilar información que permita representar el estado de la construcción al realizar el registro fotográfico y mediciones en campo que permitieron realizar el modelo tridimensional de la red hidráulica, a la par de revisar interferencias en los elementos modelados antes de la construcción de estos.

4.2 ACOMPAÑAMIENTO AL SEGUIMIENTO DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA EMPRESA DIFARGO CONSTRUCCIONES S.A.S.

4.2.1 Visitas de seguimiento

Durante las visitas se tomaron medidas del área afectada por la construcción de la red hidráulica, además se verifico la cantidad de tubería instalada por el contratista en función de su diámetro y longitud. Dentro de los cambios a la red existente resaltan:

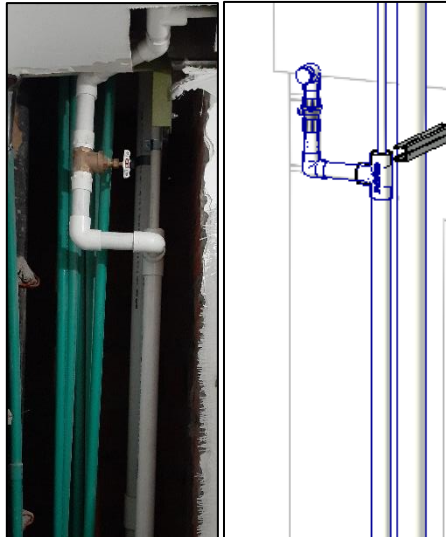
- La instalación de tubería y accesorios Pavco con RDE 21.
- Anclaje de la red cada 3 m, para evitar el desplazamiento de la tubería por la presión del agua.

4.2.2 Avance del modelado 3D con respecto a la construcción

Durante el modelado se logró evidenciar la colisión entre tuberías hidráulicas antes de que estas se manifestaran físicamente en obra, lo cual permitió implementar estrategias constructivas para evadir esta interferencia, con el fin de evitar retrasos en el proyecto. Como se observa en la Figura 11, se empleó otra alternativa a la modelada para el empalme del montante y la red del pasillo tipo, a fin de evitar interferencias constructivas con la red eléctrica.

Figura 11

Red hidráulica –construido vs modelado



Nota. Elaboración propia

4.2.3 Tabla de cantidades a partir del modelo 3D

La creación de un modelo BIM representa, además, la posibilidad de usar la información relacionada con la geometría de los elementos y actividades a medir. Con frecuencia se usa al momento de modelar vistas graficas como lo son los planos de planta, elevación y secciones para visualizar las propiedades de los elementos, sin embargo, se puede acceder a esta información implícita en el modelo por medio de tablas de planificación.

En las tablas de planificación se puede apreciar información de la geometría y construcción de los elementos, también permiten visualizar propiedades añadidas intencionalmente para complementar el proyecto. Los cambios realizados en el modelo serán actualizados de manera inmediata en las tablas de planificación o por el contrario si se realizan cambios en las tablas de planificación estos se actualizarán consecuentemente en el modelo. Por ende, las tablas de planificación resultan ser otro tipo de vista dentro del modelo.

Para la creación de las tablas de planificación del proyecto fue necesario añadir los parámetros mostrados en la Tabla 3. con el objetivo de discriminar los elementos por piso y fase constructiva permitiendo una visualización de las características de la tubería modelada. En la Figura 13 se observa la tabla de planificación de tubería en función del diámetro, material y piso en que se requiere instalar.

Tabla 3

Parámetros empleados

PARAMETROS CREADOS EN EL MODELO		
SheduleWork	EDT del cronograma	
ConstructionMode	Piso en el cual se modelo el elemento	
Phase	EX	Existente
	NC	Nueva Construcción

Nota. Elaboración propia

Figura 12

Tabla de planificación de tuberías hidráulicas

<Tabla de planificación de tuberías Totales por piso>				
A	B	C	D	E
ConstructionMode	Phase	Material	Tamaño	Longitud
P01	NC	Pavco Presion PVC	4"ø	6 m
P02	NC	Pavco Presion PVC	2"ø	3.65 m
P02	NC	Pavco Presion PVC	3"ø	4.31 m
P02	NC	Pavco Presion PVC	4"ø	5.61 m
P03	NC	Pavco Presion PVC	1 1/2"ø	0.35 m
P03	NC	Pavco Presion PVC	3"ø	2.8 m
P03	NC	Pavco Presion PVC	4"ø	2.48 m
P04	NC	Pavco Presion PVC	3"ø	5.77 m
P05	NC	Pavco Presion PVC	1 1/2"ø	0.37 m
P05	NC	Pavco Presion PVC	3"ø	5.19 m
P06	NC	Pavco Presion PVC	1 1/2"ø	0.42 m
P06	NC	Pavco Presion PVC	3"ø	5.7 m
P07	NC	Pavco Presion PVC	1 1/2"ø	0.39 m
P07	NC	Pavco Presion PVC	2 1/2"ø	2.81 m
P07	NC	Pavco Presion PVC	3"ø	3 m
P08	NC	Pavco Presion PVC	1 1/2"ø	0.39 m
P08	NC	Pavco Presion PVC	2 1/2"ø	2.77 m
P08	NC	Pavco Presion PVC	3"ø	3 m
P09	NC	Pavco Presion PVC	1 1/2"ø	0.39 m
P09	NC	Pavco Presion PVC	2 1/2"ø	2.77 m
P09	NC	Pavco Presion PVC	3"ø	3 m

Nota. Elaboración propia

4.3 PROCESOS DE GESTION DE LA INFORMACIÓN DE MODELOS 3D PERTENECIENTE A LA EJECUCION DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

4.3.1 Proceso de gestión asociado

Iniciación. En esta etapa se especificó el alcance del modelado 3D (Obtener planos récord) y se autorizó por parte de los interesados en el proyecto iniciar el modelo. En el caso del proyecto Monet no se contaban con estudios o diseños acordes a la metodología BIM, por lo tanto, se recopiló la información disponible (planos 2D, informes de obra, registro fotográfico y de video) y se manejó en un ambiente virtual de trabajo.

Ejecución. Se definió el plan de ejecución BIM precontractual, el cual contiene información general del proyecto, el alcance de este, las fechas en las cuales se revisará el modelado y los objetivos BIM a cumplir a lo largo de la práctica, (ver anexo A – Nomenclatura BIM), se estableció los pasos a seguir que se muestran en la figura 3 para cumplir con los objetivos BIM.

Seguimiento y control. En esta etapa se supervisó regularmente el avance del proyecto, para reconocer cuanto se ha avanzado y cuanto falta para alcanzar los objetivos planteado.

En el caso de la práctica empresarial, el seguimiento consistía en comparar la construcción real con el modelo 3D en la herramienta digital. Para ello se emplearon en el modelo las familias de tubería Pavco, las cuales tienen las mismas características que las tuberías y accesorios instalados en el proyecto. Semanalmente se verificaba los diámetros y elementos instalados en obra y se proyectaba en el modelo 3D la instalación de la red en la semana siguiente, con el fin de detectar interferencias para alertar en las reuniones semanales que se llevaron a cabo el primer día laboral de cada semana al residente de interventoría antes de que estas sucedieran.

4.3.2 Elaboración de planos

A partir del modelo 3D se generan los planos en 2D necesarios para la presentación del proyecto, dos plantas que contienen la red hidráulica en el sótano 2, el tren de regulación en el piso 2, el piso tipo de parqueaderos y el piso tipo de los pasillos de los pisos 3 al 17, un plano en alzado con el corte este y oeste que incluyen la montante hidráulica de todo el edificio y un plano isométrico con tres vistas, el tren regulación, el suministro hidráulico de la montante y el cuarto de bombas, todos los planos referidos anteriormente poseen tablas de convenciones y especificaciones de las tuberías y accesorios empleados para su instalación. Estos planos se encuentran enlazados entre sí, para actualizarse de forma inmediata una vez se generan cambios en cualquier vista del modelo (ver anexo D – Planos Record).

Se evidencio un menor nivel de detalle en los planos suministrados en el software Cad, en comparación con los generados en el software Revit, ya que este permite definir de manera detallada los materiales y accesorios empleados con un nivel alto de exactitud con respecto a su construcción asemejando con más precisión los planos generados en Revit a la realidad, Adicional a esto, se alimentó el modelo con información paramétrica de ejemplar como:

- Nivel de la EDT
- Piso en el cual se modelo el elemento
- Fase de la construcción

Esta información se asignó a todos los elementos modelados en el proyecto correspondientemente a los parámetros creados que se muestran en la Tabla 3, lo cual permitió gestionar el proyecto enlazando la herramienta de simulación constructiva con el modelo y el cronograma de trabajo.

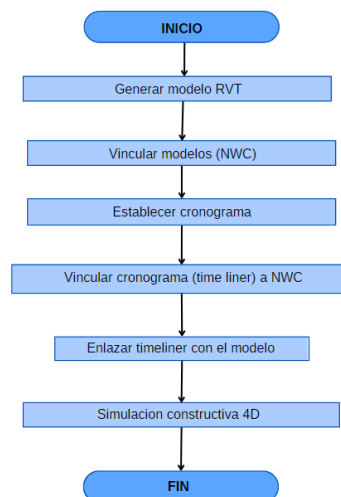
4.3.3 Simulación constructiva 4D

Mediante la gestión BIM se busca la mejora de la calidad de los proyectos de construcción haciendo uso de herramientas tecnológicas, una de estas herramientas es el software Navisworks, dado que este es compatible con diferentes softwares de modelado, ya que convierte estos archivos independientes de formato nwc a un formato de archivo donde estos modelos están conectados (nwf), para posteriormente gestionar el proyecto.

Para desarrollar la simulación constructiva en 4D se empleó el software Navisworks Manage en su versión estudiantil 2023 y se siguieron los pasos que se muestran en la Figura 13.

Figura 13

Diagrama de flujo para crear una simulación constructiva



Nota. Elaboración propia

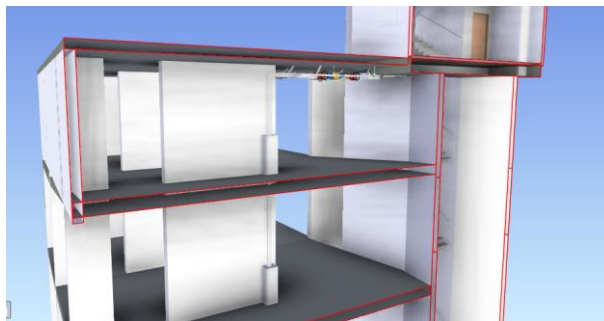
4.3.4 Vincular modelos (NWC)

Una vez estuvieron parcialmente terminados el modelo MEP y el modelo de arquitectura se procedió a exportar desde el software Revit individualmente cada modelo en formato nwc. Luego en el software Navisworks se añadieron estos modelos y se convirtieron a formato nwf con

la finalidad de gestionar el proyecto, como se observa en la Figura 14, además de actualizar de manera automática los cambios realizados en el software de modelado Revit.

Figura 14

Vínculo entre modelos Revit y Navisworks

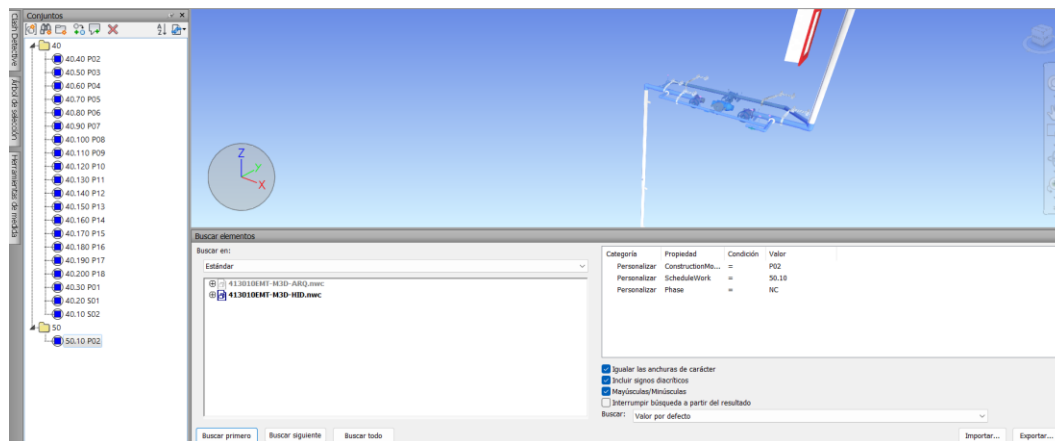


Nota. Elaboración propia

Posteriormente se realizó una selección de los elementos en los modelos MEP y Arquitectura con la función buscar elementos de Navisworks, con el fin de crear conjuntos de selección en base a los parámetros asignados en el software Revit, dicha selección se muestra en la Figura 15.

Figura 15

Conjuntos de selección en Navisworks



Nota. Elaboración propia

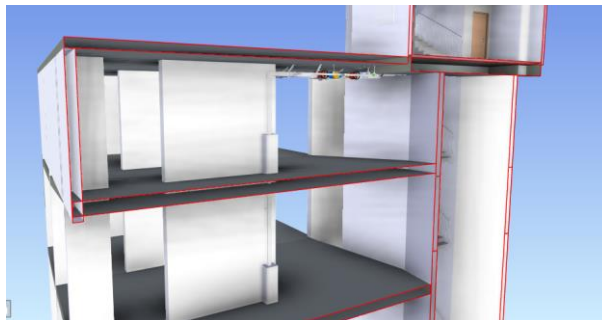
4.3.5 Establecer cronograma de trabajo

Para el desarrollo del proyecto se trabajó con 3 cronogramas (A, B y C) los cuales se muestran en el anexo B – Cronograma de Obra.

El cronograma A corresponde a la programación de obra establecida por el contratista antes de iniciar la ejecución, El cronograma B concierne al cronograma real de lo ejecutado en obra y el cronograma C es la programación de obra del cronograma A incorporando las duraciones medidas en campo de las actividades realizadas por el contratista de ejecución (cronograma B), como se muestra una parte en la Figura 16, con la finalidad de realizar un comparativo entre la metodología BIM y la metodología tradicional (juicio de expertos) en la ejecución del proyecto.

Figura 16

Cronograma C



Nota. Elaboración propia

4.3.6 Vincular y enlazar cronograma a Navisworks

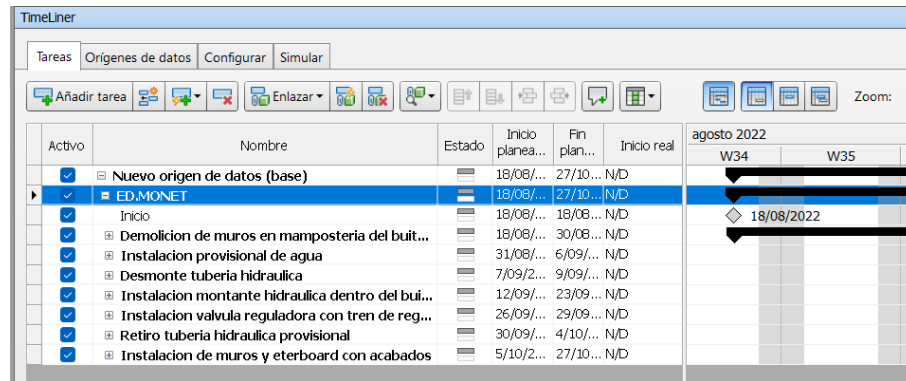
La herramienta TimeLiner de Navisworks es la que permite importar programaciones de obra de una gran variedad de fuentes como Microsoft Excel, Microsoft Project y Primavera.

Para este proyecto el cronograma de trabajo C fue el vinculado desde Microsoft Project a Navisworks. A las actividades en este cronograma se enlazaron los elementos de los modelos MEP

y Arquitectura para ver los efectos de la programación en el modelo, como se observa en la Figura 17.

Figura 17

Time liner



Nota. Elaboración propia

4.3.7 Simulación constructiva

El modelado de información de construcción en 4D, combina modelos tridimensionales con datos de tiempo presentes en cronogramas, programas de obra o modelos logísticos para crear una construcción virtual, es decir la adición de información de tiempo a modelos tridimensionales, lo cual da como resultado un modelo en 4D.

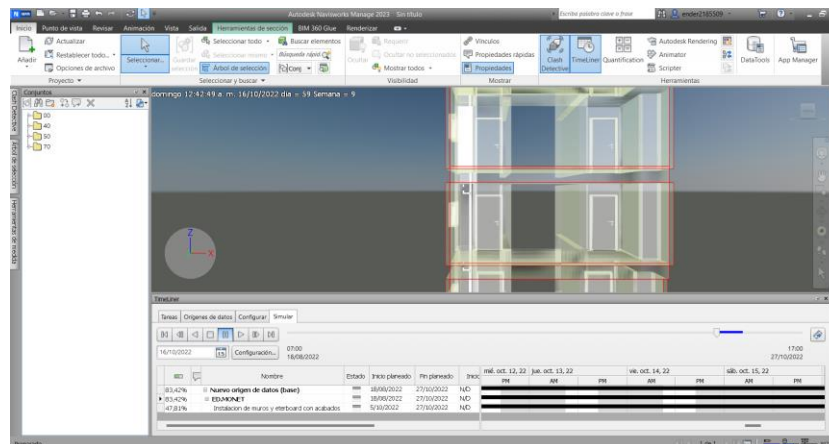
En consecuencia, el modelo en 4D se puede emplear para crear simulaciones constructivas en función del tiempo, con el objetivo de reconocer y visualizar el avance de las actividades en el tiempo, además de ofrecer a los interesados la posibilidad de analizar, identificar y prevenir problemas relacionados con la construcción del proyecto.

Una vez conectadas las tareas en la programación de obra con los elementos de los modelos MEP y Arquitectura, se procedió a realizar la simulación constructiva teniendo en consideración

las configuraciones de fase (Existente y Nueva construcción) para tener una correcta representación visual de la secuencia constructiva del proyecto, como se muestra en la figura 18.

Figura 18

Simulación constructiva 4D



Nota. Elaboración propia

De lo anterior, también se obtuvo ventajas como la conexión de los interesados en el proyecto, mediante un ambiente virtual de trabajo que garantiza el flujo de trabajo y datos durante todo el ciclo de vida del proyecto, lo cual permitió descubrir una forma de trabajo más eficaz y obtener mejores resultados.

4.4 LECCIONES APRENDIDAS BIM

Mediante la recopilación de información existente en formatos 2D y durante el seguimiento de obra se logró representar tridimensionalmente la construcción de la red hidráulica, al mismo tiempo se analizaron interferencias entre los elementos de construcción en el modelo, antes de que estas sucedieran en obra, lo cual permitió generar los planos récord del proyecto y gestionar la información generada enlazando la representación tridimensional con programas de planificación

y visualización constructiva como las herramientas Microsoft Project y Autodesk Navisworks, cumpliendo los objetivos BIM referidos anteriormente.

5. CONCLUSIONES

Se demostró que el uso de herramientas tecnológicas como lo son los softwares de modelado y gestión de proyectos (Revit, Navisworks y Project) permite detectar las características de las actividades a desarrollar con antelación obteniendo mayor eficiencia en todas las fases de los proyectos de construcción, evidenciando en obra una oportunidad de comparar el modelo 3D adaptado y un modelo 2D normal con lo ejecutado, el cual, inicialmente carecía de información ya que los planos 2D no tienen en cuenta y de manera detallada las propiedades de los materiales como tuberías, muros, soportes y accesorios. lo cual genera desperdicios de material y por ende sobreestimaciones en los costos de construcción que son percibidos generalmente en la ejecución de la obra.

Las cuantificaciones de materiales facilitaron el seguimiento del proyecto, ya que permitieron organizar, corroborar y visualizar de manera rápida las cantidades y materiales empleados en obra. Se demostraron las ventajas de que se pueden clasificar y filtrar considerando diferentes parámetros, lo que permite desde la extracción de totales discriminados por zonas hasta la determinación de los totales generales de materiales del proyecto, con el fin de disminuir la brecha antes existente entre los diseños de ingeniería y la materialización del proyecto

Las actividades realizadas durante la práctica empresarial corresponden al apoyo en los procesos de gestión de información de modelos 3D en la ejecución de proyectos de construcción, haciendo uso de las herramientas tecnológicas, para definir, alcanzar y evaluar los objetivos del

proyecto con el uso adecuado de los recursos disponibles, demostrando que el modelado 3D facilita planificar, ejecutar y dar seguimiento al proyecto de construcción referido en este documento.

6. RECOMENDACIONES

Tal como se presenta en este artículo es imperativo que la nueva generación de ingenieros civiles emplee la metodología BIM en su metodología de trabajo de modo que facilite la gestión de proyectos haciendo uso de softwares de modelado y planificación, para dar soluciones rápidas a problemas e imprevistos y cumplir con los objetivos previstos en proyectos de ingeniería.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Amaya, L. C. (2021). Estimacion de los beneficios economicos de la construcción sostenible en edificaciones multifamiliares durante el ciclo de vida del activo, con base en modelos BIM 7d. 80.
- Autodesk inc. (2023). AUTODESK. Obtenido de BIM tools for MEP engineers, detailers, and fabricators: https://www.autodesk.com/products/revit/mep?us_oa=dotcom-us&us_si=4699d269-5b52-428a-ab4f-6e36f915ac11&us_st=revit%20mep
- BuildingSMART. (2020). The home of BIM. Obtenido de <https://www.buildingsmart.org/>
- CAMACOL. (2020). Hoja de ruta para la implementacion BIM.
- CAMACOL BIM Kit. (2019). Guias para la adopcion BIM en las organizaciones.
- Fernandez, J. R. (2016). LA GESTIÓN Y CALIDAD DEL PROYECTO BIM Y SU CICLO DE VIDA.
- Granados, M. B. (2018). Cambiando el chip en la construcción, dejando la metodologia tradicional de diseño cad. Bogota: Universidad Catolica de Colombia.
- ICONTEC. (2022).Codigo colombiano de fontaneria. Bogota.
- ISO 19650-2. (2021). Organización y digitalización de la información en obras de ingenieria civil, incluyendo el BIM. Gestión de la información usando el BIM. Parte 2: Fase de entrega de los activos.
- L.Vargas, A. D. (2019). Modelado 3D, una introducción al proceso para construir y transformar imágenes.
- Lopera, G. A. (2015). MODELADO 4D Y MONITOREO DE PRODUCTIVIDAD IP EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN .

Pinzon, J. C. (2021). formulación de un documento guia que integre tecnologia BIM con un proyecto de diseño. 47.

PMI. (2017). Guide to the Project Management Body of Knowledge. Project Management Institute.

Pons, J. F. (2021). LEAN CONSTRUCTION.