

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES

1.1 Problema

1.1.1 Planteamiento

En los proyectos de construcción, en muchos casos en la etapa de ejecución se presentan retrasos y pérdidas económicas de dinero debido a diversos factores, la mayoría de estos son originados por la falta de información detallada, y que a la vez es poco confiable e imprecisa, la cual genera interrupciones en el flujo natural del trabajo que es necesario para la exitosa ejecución del mismo, un ejemplo claro son las interferencias que generan los planos finales de diseño de las diferentes especialidades como ser arquitectónica, estructural, sanitaria, etc. y que a la hora de construir genera un costo y tiempo adicional que no estaban proyectados al momento de la construcción y que puede poner en peligro el desarrollo de la ejecución del mismo, esto se debe a que no hay una correcta comunicación entre las diferentes disciplinas que trabajan en el desarrollo del proyecto lo cual provoca casi siempre problemas en la ejecución de la obra.

En los últimos años el incremento de las diferentes necesidades de la población fue aumentando mayormente, lo que hizo que las obras civiles requieran a su vez un mayor número de funciones, ocasionando que los proyectos de construcción sean cada vez más complejos y con estándares técnicos cada vez más altos, por lo que los métodos de diseño, administración y ejecución convencionales utilizados por las empresas constructoras parecen volverse inadecuados e ineficientes.

Motivados por esta problemática, diferentes disciplinas de la ingeniería a nivel mundial han tenido la tarea de desarrollar una tecnología capaz de unificar, mejorar y agilizar los diferentes procesos que atraviesa una obra civil desde su concepción; esta metodología, conocida como BIM (Building Information Modeling por sus siglas en inglés) permite el uso de la información de manera coordinada, coherente, computable y continuada, a través de un modelo único mediante el cual pueden acceder todos los miembros del equipo de trabajo.

1.1.2 Formulación

Con base al planteamiento antes descrito se hizo la siguiente pregunta:

¿Se puede mejorar la parte de coordinación multidisciplinaria en el desarrollo de proyectos de construcción aplicando una metodología BIM y como se puede implementar esta?

1.1.3 Sistematización

En esta parte se elaboró una matriz de problemática, causa, efectos y solución **PCES** donde se analizó el problema en general, así como las causas y efectos que origina la falta de manejo adecuado de información de los proyectos así también como sus posibles soluciones. Ver anexo 1

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Analizar la parte de coordinación multidisciplinaria en proyectos de construcción implementando la metodología BIM en el proyecto del nuevo edificio de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

1.2.2 Específicos

- Explicar y comparar la metodología BIM frente al proceso tradicional de desarrollo (CAD) en los proyectos de construcción.
- Reunir y organizar información inicial del proyecto del nuevo edificio de la Facultad de Odontología.
- Revisar la información inicial del proyecto verificando sus falencias e incompatibilidades que existen en la misma.
- Demostrar el proceso de modelación BIM de la edificación a través del Software REVIT, explicando las diferentes etapas de desarrollo del mismo.
- Verificar el grado de errores e incidencias que se presentaron en el desarrollo del proyecto cuantificándolas y analizando sus causas y posibles soluciones.
- Demostrar cómo puede la metodología BIM ayudar corregir los posibles errores que se presenten en el desarrollo del proyecto.

1.3 Justificación

1.3.1 Académica

Este trabajo se basa en la implementación de esta nueva metodología, que ayudara al estudiante a profundizar el conocimiento sobre cómo funcionan y se realizan los proyectos de construcción en el medio, que problemas son los más frecuentes que se presentan y cuáles son las consecuencias que puede tener la falta y mal manejo de información del proyecto, ya que por ser de un carácter más práctico el estudiante puede tener dificultades a la hora de interpretar por la falta de experiencia en el campo, debido a que la mayoría solo tiene conocimiento de manera teórica.

1.3.2 Técnica

Este trabajo está basado en la implementación de esta nueva metodología para construcción lo que implicara un manejo de la información a través de softwares que se están utilizando para una mejor aplicación de este método, el cual ayudara a identificar posibles errores y soluciones de los mismos en todo el desarrollo del proyecto como ser en la etapa de pre inversión e inversión.

Esta nueva plataforma significa el ahorro de tiempo y a su vez, la ganancia de eficacia y calidad ya que mejora la representación de los planos de proyecto. Esta tecnología dejo a un lado la concepción tradicionalista del diseño con trabajos apoyados en formatos planos de papel normalizado y se incluía al ordenador en el proceso metodológico del mismo generando una notable reducción de costes y una optimización del proceso.

1.3.3 Social

De acuerdo al estudio de este proyecto, podrá ayudar a los profesionales de las distintas disciplinas referidas al ámbito de la construcción a poder conocer más sobre esta metodología de trabajo, ayudando a interactuar de mejor manera entre ellos, así también con el cliente ya sea una institución pública o privada al integrarlo de una mejor manera al trabajo que de por si generaría más confianza al poder visualizar el proyecto antes de que se ejecute y tener más seguridad en lo que se está invirtiendo.

1.4 Alcances

1.4.1 General

En este proyecto se tiene previsto dar a conocer todas las características, ventajas y capacidades que tiene la tecnología BIM en la actualidad de manera teórica, se demostrará como es el desarrollo de un proyecto BIM donde solo nos concentraremos en una de las grandes y quizá la más importante ventaja que se tiene al trabajar con BIM como es el análisis de coordinación, para esto realizaremos una aplicación mediante Software REVIT 2019 para el proceso de modelado, tomando en cuenta la información reunida del proyecto para realizar el modelo de estructuras, modelo de arquitectura, modelo de instalaciones hidrosanitarias, modelo de instalaciones mecánicas como ser el aire acondicionado y aire comprimido, cabe recalcar que no se realizará el modelo de instalaciones eléctricas completamente más que solo los elementos más importantes debido a la envergadura del proyecto, tampoco se realizará el modelo de instalaciones de gas debido a la falta de información del proyecto, no se verán temas de análisis de elementos del modelo como ser análisis estructural, análisis energéticos, análisis de sistemas de distribución de agua y análisis mecánicos del modelo ya que no corresponde al tema de estudio.

El software Revit es uno de los más utilizados a nivel mundial porque comprende la mayoría de ventajas que ofrece la metodología BIM como ser computo de volúmenes, cálculo de costos, construcción en tiempo real, análisis estructural e hidráulicos y otras aplicaciones más pero en este trabajo solo veremos una aplicación de la ayuda que nos puede dar el trabajar con BIM como ser el análisis de coordinación multidisciplinaria a través de la comprobación de interferencias que tiene el programa y no se podrá adentrar a los otros temas debido a la envergadura que tiene el proyecto de estudio.

Debido al estado actual en el que se encuentra la obra en estudio no se pudo disponer de toda la información respecto al avance y problemas que se tuvo en el edificio a lo largo de su proceso de construcción, por lo que se realizó un análisis a criterio personal sobre los conflictos o incidencias que se presentaron al realizar el modelado y en las visitas a la obra.

1.4.2 Hipótesis

Se puede evitar la mayoría de errores y cambios en un proyecto de construcción, aplicando la metodología BIM en la parte de coordinación multidisciplinaria como ser: arquitectura, estructuras e instalaciones de servicios.

1.4.3 Análisis de alternativas

Se puede plantear como mejor alternativa cambiar el sistema de la metodología tradicional (CAD) por la metodología (BIM) el cual según en muchos casos la utilización de esta metodología de trabajo rinde buenos frutos en el campo de la construcción.

1.4.4 Resultados logrados

Los resultados obtenidos en la realización de este trabajo de investigación comprueban que las nuevas técnicas y metodologías de trabajo referentes a los proyectos de construcción civiles que se están presentando en el mundo son completamente confiables y factibles a la hora de su aplicación.

1.5 Variables del Proyecto

Variable independiente: Metodología BIM

Definición conceptual: Metodología de trabajo colaborativo encargada de gestionar y generar información en un modelo virtual de la construcción.

Variable Dependiente: Gestión de proyectos (Coordinación multidisciplinaria).

Definición Conceptual: Relación entre modelos de las disciplinas de Estructura, Arquitectura e Instalaciones del proyecto.

1.5.1 Operalización de variables.

Variables	Tipo de Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Metodología BIM	Independiente (x)	Metodología de trabajo colaborativo encargada de gestionar y generar información en un modelo virtual de la construcción.	Identificación de interferencias con la Metodología BIM	Entrada: Planos iniciales del proyecto Herramientas y Técnicas : Uso del Software Revit y Naviswork Salida : Modelo BIM
			Calculo y análisis cuantitativo de interferencias	Entrada: Modelo BIM Herramientas y técnicas: Comprobación de interferencias en el Programa (Clash Detective). Salida : Cantidad de interferencias encontradas por el programa
			Análisis de incidencias presentadas en el proyecto.	Entrada: Cantidad de interferencias encontradas en el proyecto Herramientas y técnicas: Análisis de interferencias de los modelos en el proyecto Salida: Incidencias de las disciplinas en el proyecto.
Gestión de Proyectos (Coordinación multidisciplinaria)	Dependiente (y)	Relación entre modelos de las disciplinas de Estructura, Arquitectura e Instalaciones.	Conflictos e incidencias presentadas en el proyecto	% de incidencia de las disciplinas en el proyecto para el análisis de conflictos.

Tabla 1: Cuadro de Operalización de Variables

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Concepto

Ante la situación de mejora e innovación que sufre el sector de la construcción, nace este nuevo concepto llamado BIM como una alternativa de forma de trabajo.

BIM es el acrónimo de Building Information Modeling, aunque podría ser perfectamente Building Information Management, ya que el BIM tiene mucho que ver con la gestión de la información y no sólo con el modelado. Mucha gente piensa aún que el BIM es un software, frecuentemente se escucha hablar de BIM como si fuera Revit, All Plan, Archicad, o cualquier otra plataforma de las muchas que hay en el mercado. Es importante aclarar que BIM no es un software, aunque obviamente el software forma parte del BIM. Este es un método de trabajo que se define en el contexto de la cultura colaborativa y de la práctica integrada, y supone una profunda transformación que afecta a todos los procesos de diseño, constructivos y de gestión de activos que hemos conocido hasta ahora.

Este nuevo método de trabajo, integra a todos los agentes que intervienen en el proceso de edificación, arquitectos, ingenieros, constructores, promotores, (facilities managers), etc., y establece un flujo de comunicación transversal entre ellos, generando un modelo virtual que contiene toda la información relacionada con el edificio durante todo su ciclo de vida, desde su concepción inicial, durante su construcción y toda su vida útil, hasta su demolición.(KAIZEN Arquitectura e Ingeniería, 2019)

BIM es un proceso que comienza por la creación de un modelo de diseño 3D inteligente y que posteriormente utiliza ese modelo para facilitar la coordinación, simulación y visualización, así como para ayudar a propietarios y proveedores de servicios a mejorar la manera de planificar, diseñar, construir y administrar edificios e infraestructuras. BIM puede aliviar muchos de los desafíos empresariales que los arquitectos, ingenieros y profesionales de la construcción, además de los propietarios, enfrentan, ya que ofrece más información sobre el proyecto desde las primeras etapas del proceso de diseño y construcción para ayudarlos a tomar decisiones mejor fundamentadas. En un proyecto en donde se explotan las ventajas de BIM, la información es coordinada y consistente, lo que se traduce en eficiencia en el ciclo de vida del proyecto. (Bernal, 2018)

BIM también mejora la planeación, la predicción de costos y el control del proyecto, lo que facilita la colaboración y comunicación del equipo.

2.2 Origen del BIM

El BIM es una metodología que abarca un amplio grupo de herramientas y programas, que ha supuesto para el mundo de la arquitectura y de la construcción un cambio en cuanto a la forma de trabajar y de plantear los proyectos. Para poder entender el desarrollo del concepto de BIM, es necesario conocer los procesos de trabajo del CAD y del dibujo asistido por ordenador, por lo que previamente al nacimiento del BIM, salió el proceso CAD.

La aparición de la tecnología CAD (Computer Assited Drawing) por primera vez en 1982 supuso una revolución en la forma de trabajar, no solo en el campo de la arquitectura y construcción, sino en toda la industria en general, ya que solucionaban uno de los mayores problemas del dibujo en el papel, la representación de objetos en diferentes escalas gráficas. De estos procesos CAD, surgieron entonces la representación de objetos virtuales en tres dimensiones.

A mediados de la década de los 70, aparecen los sistemas BDS (Building description System), desarrollado por el profesor Charles Eastman. Eastman señaló la pérdida de tiempo que se producía cada vez que se tenía que modificar un proyecto en las fases de diseño. Este sistema estaba basado en una librería que incluía muchos elementos arquitectónicos que pueden ser ensamblados y mostrar un diseño arquitectónico al completo. Los BDS se mostraban como un claro antecedente al modelaje en BIM.

En el año 1965, se comercializa el primer CAD con un coste de 500.000 US\$, y cuatro años más tarde empresas del mundo del automóvil tales como Ford, Chrysler o General Motors introducen el CAD en sus sistemas de diseño. No obstante, no es hasta 1982, cuando la empresa norteamericana Autodesk, producen un programa CAD para pc con un coste inferior a los 1.000 US\$, herramienta de dibujo más utilizada hasta nuestros días. En ese mismo año se funda la compañía húngara Graphisoft, que seguirá una línea diferente de los softwares 2D, en los que se centraba Autodesk por aquellos años, aportando una visión más global del edificio, que involucrase distintos aspectos. Dos años más tarde, en 1984, Graphisoft comercializa Virtual Building Solution, más conocido como ArchiCAD. Este software, suponía una materialización de lo que se venía teorizando en los años anteriores acerca de la

metodología BIM. Sin embargo, el concepto llegó antes que el nombre, ya que no es hasta 1986 cuando se usa el término BIM por primera vez.

En la década de los 90, gran parte de la teoría BIM se había desarrollado, y poseía una amplia extensión y base entre los expertos de la materia, sin embargo, la fuerza del 2D de Autodesk era la usada por excelencia en la mayoría de empresas. No es hasta 2002, cuando el gigante Autodesk se introduce en el mundo del BIM adquiriendo REVIT.

A medida que el BIM se daba a conocer, más gente se decidía a emplear este nuevo tipo de herramientas. En el año 2008 se asentaron las bases del software en una conferencia y el uso del BIM continúa creciendo a medida que se va conociendo.

2.3 Características del BIM

El modelo constructivo BIM simula el proceso proyecto construcción en un entorno virtual 3D, para el cual es necesario un ordenador y la instalación del software para su desarrollo.

Las principales características del software que cabe destacar son las siguientes:

- El modelo virtual 3D se asemeja al proyecto final que vamos a obtener una vez ejecutado luego nos proporciona una imagen visual tanto del proceso como de su resultado final.
- Toda la información del proyecto es guardada en una única base de datos, lo que permite crear cambios que se guardarán de manera directa en un único modelo.
- La información del modelo es multidisciplinar, ya que cubre todos los aspectos del diseño tales como economía, programación, mantenimiento del edificio...etc.
- La información es multidireccional, es decir, la información que se recibe o envía a través del modelo y todos los cambios que se realizan en el mismo se producen de manera instantánea.
- El modelo nos presenta una información continuada del proyecto. Esto es, se modela desde la etapa de diseño y se lleva un control del proyecto hasta su última fase, la de explotación y mantenimiento del edificio.
- La información del modelo es parametrizada, por lo que se puede editar, eliminar y agregar componentes de manera directa. Está compuesto de objetos “inteligentes”.

- Los objetos paramétricos tienen una entidad y unas características propias. Los objetos se relacionan entre sí con otros componentes del proyecto, lo que nos permite una definición y un control global del modelo. Cada elemento tiene una información propia de su situación en el proyecto e información de sus componentes.
- Inmediatez de la actualización de datos en el modelo, lo que supone ahorro de tiempo y rapidez de la toma de decisiones.

2.4 Estado actual del BIM en el mundo

En los últimos años la industria de la construcción ha sufrido grandes cambios dados por los avances tecnológicos que la nueva era ha traído consigo, y la construcción no podía quedarse atrás. Desde tecnologías emergentes para nuevos procesos constructivos, hasta nuevas formas de gestionar la información de diseños, planeación y construcción en plataformas de datos compartidos como es el caso del BIM.

Es claro que al ser una de las industrias que más influencia tienen en la economía mundial, grandes potencias mundiales han sido partícipes de este cambio, desde organizaciones no gubernamentales patrocinadas por empresas privadas, hasta legislaciones que reglamentan el uso de BIM para proyectos públicos como forma de lograr obras de mejor calidad y procesos de adjudicación de contratos más eficientes. Uno de los ejemplos más importantes lo dan los Estados Unidos y el Reino Unido, quienes han logrado posicionar su normatividad y estándares con National BIM Standards y el BIM Level 2 respectivamente, los cuales dan los lineamientos para poder emitir estrategias gubernamentales como Government Construction Strategy (UK) buscando normalizar las relaciones entre la industria de la construcción y las entidades públicas para lograr avances consistentes y a largo plazo. (Balcazar, 2019)

También podemos ver que en el sector educativo tanto universidades como institutos han reconocido la importancia de trabajar procesos BIM desde la academia, ya que enseña al estudiante a mirar el ciclo de vida de una edificación desde un enfoque integral y no como muchos procesos que tienen que unirse de alguna manera para lograr una obra. Algunos de los casos más importantes, se encuentran en el Reino Unido y Australia en donde varias universidades de gran renombre han constituido programas oficiales a nivel de maestría (MSc), en contenido netamente BIM, enfocado a edificación e infraestructura.

También algunos institutos privados con España como referente han implementado programas académicos en línea especializados en diferentes disciplinas BIM, que, aunque no están totalmente avalados por entidades estatales que regulan la educación, brindan al estudiante las herramientas necesarias para gestionar correctamente un proceso BIM. En otros países las universidades más importantes han implementado temarios generales en sus programas académicos y con la ayuda de empresas especializadas en el manejo de estas herramientas, se ha logrado ampliar el alcance de estos temarios brindando complementos como cursos en línea que facilitan el acceso a esta información para el estudiante.(Balcázar, 2019)

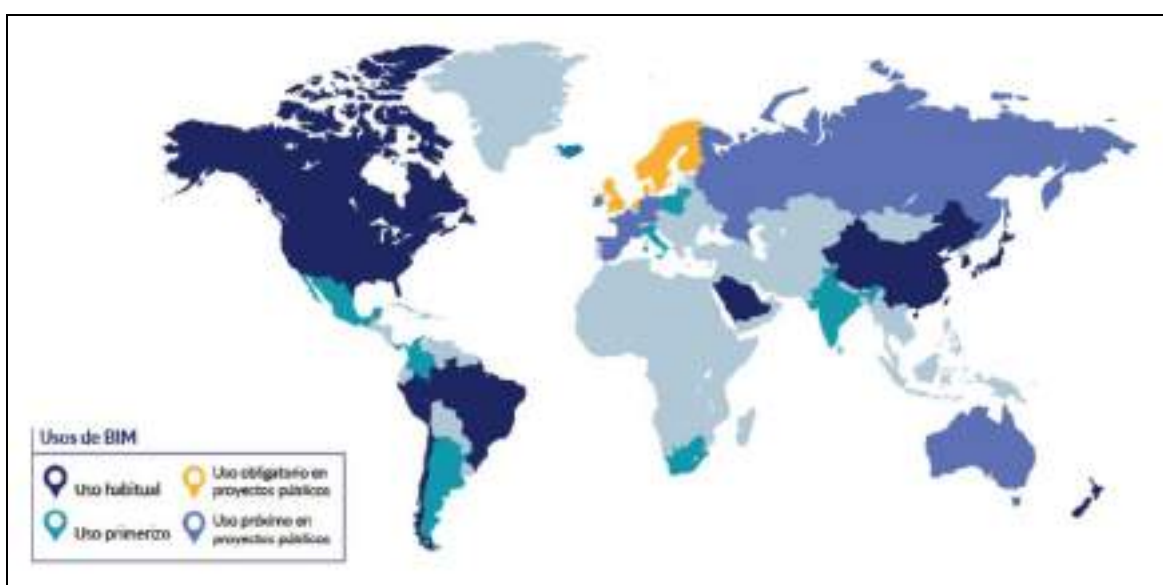


Figura 1: Estado actual del BIM en el mundo

Fuente: Blog Academia - Diego Balcázar (Ingeniero Civil)

Es claro que el desarrollo más importante se ha dado a partir de las necesidades puntuales de las empresas en el sector, las cuales buscan hacer más eficientes sus procesos de diseño, coordinación, planeación y construcción de proyectos a través de estas herramientas. En el mundo hay una importante tasa de crecimiento por el interés a estas nuevas metodologías, ya que se ha logrado demostrar, con casos de éxito los porcentajes de rentabilidad que se obtienen al adoptar estos procesos y en una era de datos y automatización, es exactamente lo que se necesita. (Balcazar, 2019)

BIM EN AMÉRICA LATINA

Si bien, BIM ya se instaló en algunos países como Perú, Chile o Colombia, el crecimiento de esta herramienta no se está llevando a cabo de una forma homogénea en la región. La realidad es que el resto de los Estados toma BIM de una forma diferente, pero lo curioso es que los profesionales de esos países están buscando seguir perfeccionándose en el curso para ser un BIM Manager, en donde entienden que será su el futuro más próximo dentro de la construcción.

Por la diferencia que marca cada país dentro de Latinoamérica, haremos un repaso de algunos países, que nos servirá para analizar el estado de BIM dentro de Latinoamérica:

Chile

El modelo BIM Chile está aplicando esta metodología y es un ejemplo dentro del sector, con grandes éxitos, en donde se logró observar la aplicación de una forma muy rápida y efectiva. Uno de los proyectos que crearon fue “Construye 2025”, que tiene el objetivo de promover BIM Chile dentro del sector privado, pero por sobre todo del sector público. El Gobierno está invirtiendo tiempo y dinero para establecer esta herramienta a lo largo de todo el país, por los beneficios que produce.

Por su parte, los especialistas del sector esperan que para el 2020 los proyectos públicos deberán publicarse de forma obligatoria con BIM. La realidad es que el país ya se está preparando para este cambio rotundo en donde se logró observar, desde hace algunos años, que viene trabajando para establecerlo definitivamente en el sector. Como ya desarrollamos, BIM Chile es un ejemplo exitoso de esta aplicación

Argentina

El país presidido por Mauricio Macri está pasando una crisis dentro del sector, que desaceleró el avance de BIM. El freno de la construcción, con la caída de la industria, fue negativo para la evolución de esta herramienta, donde se estancó y avanzó a otra velocidad en relación a los países limítrofes, como de Brasil y Chile, que comenzaron al mismo tiempo.

Sin embargo, se ha logrado observar que BIM es de interés dentro de los sectores de la industria, en donde se espera que la situación económica remonte y con ello se comenzará a

construir, y será la posibilidad para BIM de que se desarrolle de una forma muy rápida y en poco tiempo.

Perú

La herramienta BIM llegó a este país en el 2014, de la mano de dos grandes corporaciones, pero recién dos años después se observaron los resultados. Luego de tomar ese ejemplo, se empezó a analizar los reales beneficios y virtudes de BIM en Perú, en donde se logró dimensionar lo que podía causar si se implementan dentro del ámbito privado, pero por sobre todo en el sector público.

Actualmente, las empresas están buscando a profesionales que sepan trabajar con esta metodología, pero por sobre todo se busca a los BIM Manager, por el estudio global de todo el proceso que representa esta especialidad.

Venezuela

Es uno de los grandes países en donde su situación actual no permite la implantación de BIM. Si bien, supo ser una de las grandes potencias de la región por la exportación de sus recursos naturales, la actualidad la expone como un país en crisis. El sector de la construcción está parado hace algunos meses, en donde no permite que BIM se desenvuelva de la mejor manera. El sector público no tiene protocolos o estándares de obra pública, y el privado no cuenta con las herramientas necesaria para realizar inversiones metodológicas ni formativas.

Ecuador

La metodología BIM llegó al país en manos de empresas privadas e internacionales, pero no hubo una política pública de apropiación o difusión de esta herramienta. El futuro de la aplicación BIM lo seguirá marcando las constructoras que traen la tecnología y la maquinaria necesaria que no está dentro de Ecuador.

Colombia

Dentro de Colombia, BIM se instaló hace tres años recibiendo la aceptación de las empresas y de los órganos públicos. Si bien, el Estado no realizó fuertes políticas en cuanto a la promoción de esta herramienta, las empresas buscan perfiles profesionales con conocimiento en BIM. A su vez, el efecto de la competencia de mercado ha hecho que mes a mes y proyecto

a proyecto, todas las empresas empiecen a aplicar BIM en su construcción, por la velocidad y la eficiencia que produce. (EDITECA, 2019)

BIM en Bolivia.

El concepto de BIM en Bolivia no está tan desarrollado como en otros países, sin embargo este no se queda atrás, de acuerdo a información de profesionales referentes en el tema, BIM está más aplicado en departamentos como Santa Cruz y La Paz, esta información va de acuerdo a las empresas que están trabajando con esta metodología pero en muchos casos la mayoría de constructoras en Bolivia sigue los métodos tradicionales de trabajo (CAD) pero adecuándose a las nuevas tendencias tecnológicas poco a poco.

2.5 Diferencias entre CAD y BIM

A continuación, se explica las principales diferencias que hay a la hora de llevar a cabo un proyecto mediante programas CAD o BIM, para entender todo lo que supone este cambio en el sector.

Un software y una metodología

Cuando hablamos de CAD lo primero que se nos viene a la cabeza es que estamos hablando de un programa de dibujo asistido por ordenador. En cambio, BIM no se entiende sólo como un software en el que podemos diseñar nuestro proyecto, sino que abarca mucho más.

El Building Information Modelling (BIM) tiene que entenderse como una metodología de trabajo, en la que aparte de una herramienta que puede representar tridimensionalmente la obra, es capaz de controlar los tiempos de construcción, analizar el costo del proyecto o evaluar su sostenibilidad entre otras cosas. Es ahí donde reside la principal diferencia entre CAD y BIM.

Método de trabajo

Como hemos explicado en el anterior punto, con la entrada de BIM se ha cambiado radicalmente la forma en la que se lleva a cabo un proyecto de obra civil o arquitectura. Esta nueva metodología permite que todos los implicados puedan trabajar sobre un mismo modelo, algo que no sucedía con CAD.

Esto implica que la comunicación es mucho más fluida entre las distintas partes que componen el proyecto, ya que tanto los diferentes equipos de ingenieros (estructuras, instalaciones, etc) como las empresas encargadas de la construcción o proveedores de materiales, trabajan en el mismo entorno.

Además, un beneficio de trabajar todos sobre el mismo modelo, es la posibilidad de solucionar errores que en el caso de CAD no se hubieran solucionado hasta la fase de edificación. Esto ocurre por ejemplo con la ocupación de un mismo espacio de un muro y una tubería, que en los planos de CAD hubiera sido muy difícil percatarse.

Gestión de la información

En un proyecto de ingeniería se generan una cantidad inmensa de datos conforme se va desarrollando. Por ello, es necesario llevar un control minucioso para no perder información en el camino.

En este sentido, la gestión de los documentos producidos es totalmente distinta si trabajamos en CAD o en BIM. En el primer caso, el peso principal de los archivos creados son planos independientes unos de otros.

En BIM, al contrario, todo lo generado puede ser fácilmente administrado mediante bases de datos dentro del propio modelo. Esto hace que sea más fácil compartir la documentación entre los trabajadores y tener una gestión de la información más eficiente.

Control y mantenimiento durante la vida útil

Otra de las diferencias que surgen entre CAD y BIM es la gestión de la obra durante la vida útil de la misma. La metodología BIM puede, en el mismo modelo en el que se llevó a cabo las fases de diseño y construcción, hacer un seguimiento durante la fase de utilización mientras que con CAD esto no es posible.

Software utilizado

Por último, vamos a hablar de los diferentes programas utilizados en cada uno de ellos. Como es lógico, al ser distintas las funcionalidades que te ofrecen CAD y BIM, los softwares utilizados también lo son. El programa con más cuota de mercado para el dibujo asistido por

ordenador es AutoCAD, mientras que en BIM se utilizan principalmente Revit, ArchiCAD y Allplan.

Además, es necesario hablar de la interoperabilidad entre programas que se da en BIM. Este concepto se refiere a la capacidad de transmitir datos producidos por una herramienta de software a otra y nos facilita de forma notable las operaciones en el entorno. Un ejemplo es el programa Cost-It de Presto, utilizado para las mediciones, que mediante un plugin está integrado dentro de Revit.

En definitiva, son muchas las diferencias que existen entre CAD y BIM y por ello mismo es necesario una profunda actualización. Por ello tanto las empresas como los ingenieros deben adaptarse a esta nueva metodología de trabajo. (Structuralia, 2019)

Se verá unos ejemplos que muestran cómo se diferencian en la metodología de trabajo:

Supongamos que se va a modificar una ventana, el proceso en CAD implicaría la modificación en todas las vistas donde se encontrase esa ventana, plantas, alzados, etc. el proceso en BIM solo conlleva modificarla en el modelo y automáticamente se actualiza en todas las vistas.

Si tenemos un gran edificio con cientos de ventanas de distintas tipologías y queremos saber cuántas tenemos que miden 1,20m, con CAD se deberían contar manualmente, con BIM se genera una tabla de planificación que nos indica el número de unidades que tenemos de cada tipo de ventana.

Estos son solo ejemplos, pero se sigue la misma dinámica si lo que vamos a realizar son mediciones, presupuestos, etc.

Podemos ver que los casos citados implican errores humanos y que se van arrastrando a lo largo del proyecto con sistemas CAD, pero con BIM se minimizan o anulan, por lo que se ahorraría en tiempo y sobre todo en los costos.

No se puede decir que un sistema sea mejor que otro, pero si observar las mejoras que se obtienen entendiendo que BIM es una evolución de los sistemas CAD.

2.6 Dimensiones de Trabajo

La metodología BIM se subdivide en diferentes etapas o también conocidas como dimensiones que se representan en el siguiente esquema:



2D / 3D	4D	5D	6D	7D
Modelo Espacial (integrated data model)	Tiempo (Scheduling)	Control de Costos y Gastos (Estimating)	Ambiente (Sustainability) Green BIM	Operación y Mantenimiento (FACILITY MANAGEMENT)
Visualización del Proyecto	Programación. Construcción de EDT	Estimación de recursos: materiales, Equipos y Mano de Obra	Sustentabilidad Ambiental	Documentación BIM "As Built": Obra conforme al Proyecto
Documentación Gráfica	Simulación de fases del Proyecto. Control dinámico	Presupuesto de la obra	Análisis de eficiencia Energética	Control Logístico de funcionamiento
Objetos con propiedades	Diseño del Plan de Ejecución	Análisis de rentabilidad: Construcción, Uso y mantenimiento	Análisis LEED (Leadership in Energy & Environmental Design)	Ciclo de vida útil BIM y servicios asociados

Figura 2: Etapas y Dimensiones BIM

Fuente: Presentación "El entorno BIM y las implicaciones" Ing. Leonardo Mata

Un proyecto realizado en BIM tiene un ciclo de vida extenso que acompaña todas las etapas por las que pasa un proyecto real. Por ello, este ciclo puede dividirse en siete fases diferentes a las cuales en el mundo del BIM se les conoce como dimensiones, las cuales se describen a continuación:

1D y 2D: En estas dos primeras dimensiones no se hace uso del software. Sin embargo, son desarrolladas previamente al modelado de proyecto y suponen la base del mismo. En ellas se desarrolla la idea de proyecto y se definen las condiciones necesarias para su modelado, es decir, se determina la materialidad, las cargas externas, las condiciones ambientales...etc.

3D Modelling: A partir de la información generada en la fase inicial, se desarrolla el modelado 3D que servirá de base para el resto del proceso del proyecto. Se trata no sólo de una representación visual, sino de un modelo que contiene toda la información del proyecto.

4D Scheduling: El factor tiempo es añadido al modelado. A través de esta fase se controla la dinámica de ejecución del proyecto, y se comprende de una manera global y por fases de proyecto, realizando simulaciones rápidas y eficientes.

5D Estimating: Comprende el control de costes y estimación de gastos de proyecto. El principal objetivo de esta dimensión es mejorar la rentabilidad del proyecto. Es habitual combinar en esta dimensión otros softwares, y así llevar un control completo de lo que supone una de las partes más importantes del proyecto.

6D Sustainability: Esta dimensión también es conocida como “Green BIM” o en castellano BIM verde. A través de esta sexta dimensión se puede conocer el comportamiento del edificio antes de que sea construido, lo que permite la toma de decisiones previas a la construcción del edificio. Como su nombre indica, está relacionada con la sostenibilidad del edificio, es decir, la energía que genera, los materiales empleados y su comportamiento...etc.

7D Facility Management Applications: Se puede decir que esta dimensión equivale al manual de instrucciones a seguir durante la vida útil del edificio; para el uso y mantenimiento del mismo. Las inspecciones, reparaciones, mantenimientos...etc. harán uso de esta séptima dimensión. (Mata, 2017)

2.7 Niveles BIM

Una de las primeras apreciaciones que deben hacerse es no confundir el Nivel de Desarrollo LOD, con el Nivel de Detalle, ya que este se refiere únicamente a la cantidad de Grafismo que aparece en un modelo.

Como ya se comentó en artículos anteriores como Autocad- Revit, Transición, esta es una de las diferencias fundamentales entre CAD y BIM, ya que Autocad solo permite Modelar y llegar a un alto nivel de Detalle mientras que de los Modelos BIM (Model Building Information), extraeremos y volcaremos mucha más información.

Los niveles de Desarrollo LOD son: 100- 200- 300- 400 y 500, para poder entender mejor la diferencia hay que fijarse en la siguiente imagen, donde se representan los diferentes LOD sobre un mismo elemento modelado en BIM.

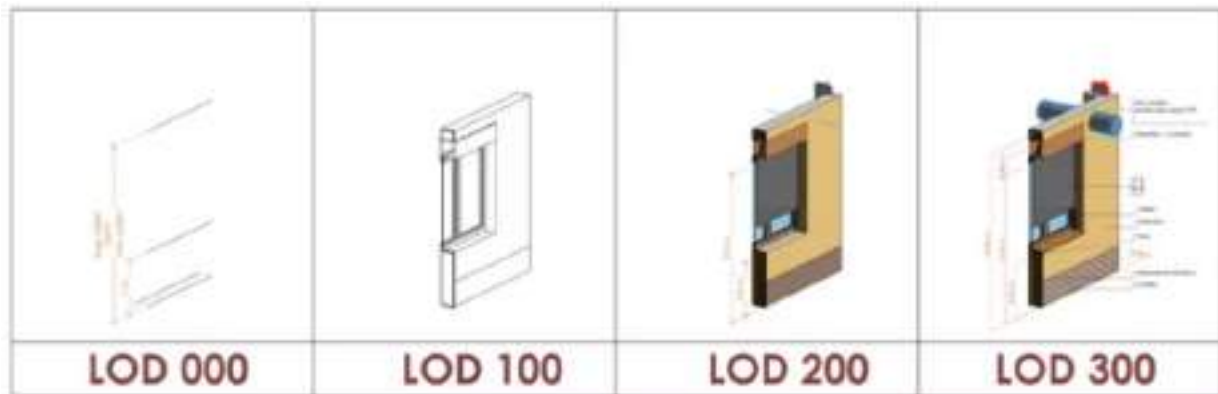


Figura 3: Niveles de desarrollo BIM

Fuente: EDITECA

LOD 100.

Es el nivel básico en el que se enumeran los elementos conceptuales de un proyecto.

No es necesaria su definición geométrica, aunque este puede depender de otros objetos definidos gráfica y geoméricamente. Muchos elementos pueden permanecer en este nivel de desarrollo en fases muy avanzadas del proyecto.

Podríamos establecer el uso de este nivel de desarrollo para redacción de Anteproyecto.

LOD 200.

Es el nivel en el que se definen gráficamente el elemento, especificando aproximadamente cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto. Puede incluir información no gráfica.

Este nivel se correspondería con uno Proyecto Básico de Arquitectura o Ingeniería.

LOD 300.

Es el nivel en el que se definen gráficamente el elemento, especificando de forma precisa cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto.

Nivel de desarrollo ha alcanzado un desarrollo de Proyecto de Ejecución.

LOD 400.

Una vez el objeto está definido geométricamente en detalle se añade información específica sobre su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación con detalle completo.

Podríamos estar este nivel de desarrollo durante el proceso de ejecución de la Obra donde irán surgiendo modificaciones o necesidades de definición del proyecto, como detalles constructivos.

LOD 500.

Este nivel de desarrollo se identifica normalmente con el nivel de proceso constructivo finalizado “as built”. Acumula toda la información de los anteriores. El criterio válido será definido por la propiedad y las normativas correspondientes. (Garcia Fernandez, 2019)

2.8 Etapas del BIM

Los sistemas BIM permiten unificar o enlazar el modelado arquitectónico de un edificio con el resto de sistemas que contemplan el proyecto como pueden ser las instalaciones, estructuras, estudios topográficos, mediciones y presupuestos, planificaciones, estudios de eficiencia energéticas entre otros.

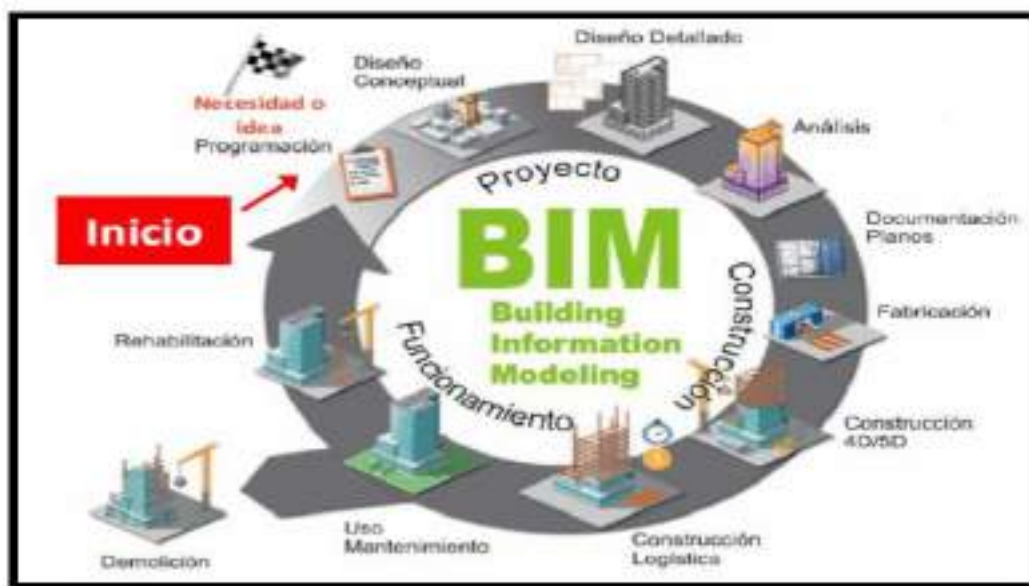


Figura 4: Ciclo de vida del Modelo BIM

Fuente: Presentación “El entorno BIM y las implicaciones” Ing. Leonardo Mata

El modelo BIM es una fuente fiable de información compartida sobre un inmueble para la toma de decisiones durante su ciclo de vida, desde su concepción a su demolición. (Mata, 2017)

Acrónimo del inglés Building Information Modeling, cuya traducción más aceptada es modelado de información de la construcción o modelado de la información del edificio, consiste en el proceso de generación y gestión de datos de un edificio durante su ciclo de vida mediante software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones en tiempo real, para disminuir pérdidas de tiempo y recursos en el diseño y la construcción. La información del modelo abarca desde la geometría del edificio, relaciones espaciales, información geográfica, cantidades y propiedades de objetos (información del fabricante, resistencia de materiales, coste, marca, modelo, etc.). (Bernal, 2018)

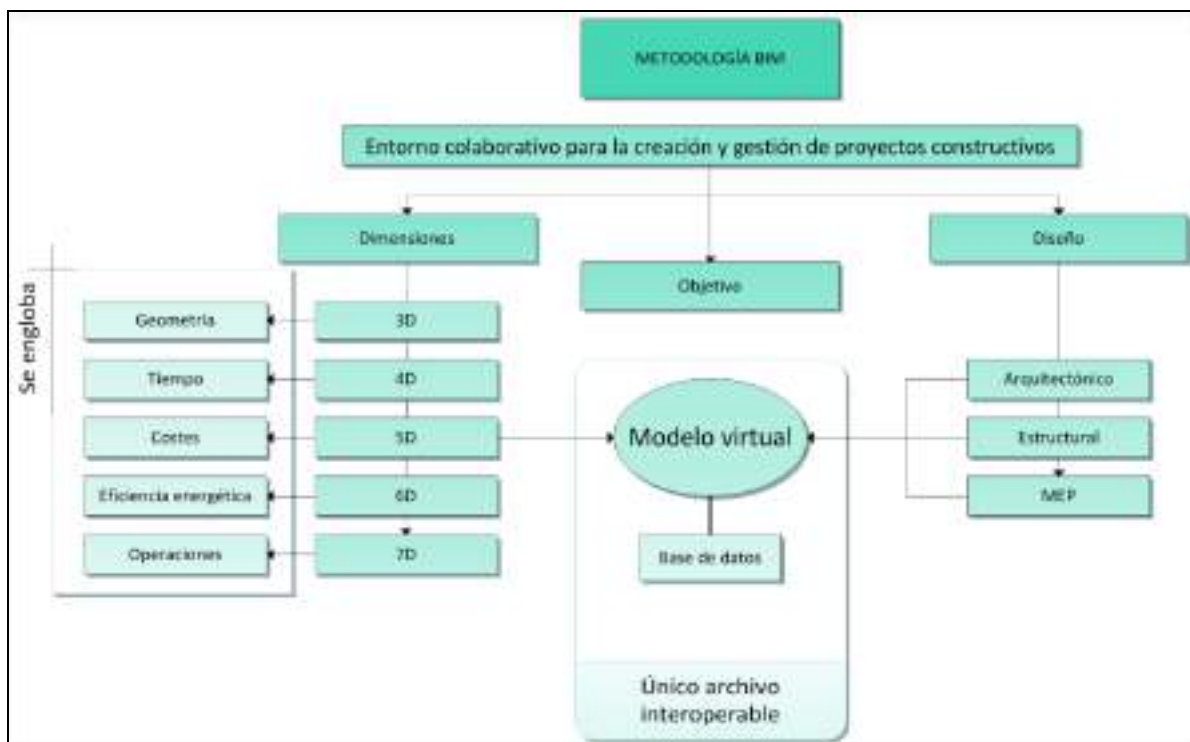


Figura 5: Metodología BIM

Fuente: Ana Montilla Duque

Las actividades que se realizan en las distintas fases del ciclo de vida del proyecto giran en torno al modelo virtual, generando un flujo de trabajo eficiente que solo hay que implantar correctamente. (Montilla Duque, 2020)

2.9 Comparación de la metodología BIM frente al proceso tradicional (CAD)

El método de trabajo mediante la herramienta BIM posee muchos rasgos comunes con el método tradicional, pero también presenta notables diferencias. Estas diferencias radican principalmente en la forma de gestionar el proyecto, las herramientas empleadas y las fases del proceso.

El empleo de la metodología BIM requiere una planificación de proyecto mucho más exhaustiva que la forma tradicional, y en caso de no realizar esta planificación la eficacia del BIM no sería óptima.

El método tradicional

La gestión de proyectos es una tarea integradora, de forma que un cambio en una parte del proyecto puede afectar al resto de las partes. Por ejemplo, una modificación en la estructura del proyecto, afecta tanto a la distribución como al diseño de las instalaciones y a todo el proyecto en general, generando cambios en los costes del proyecto y desfases en los tiempos programados.

Por tanto, es importante entender la gestión de proyectos como una tarea integradora, donde es fundamental las interacciones o relaciones que existen entre los diferentes procesos.

En la realización de un proyecto se siguen diferentes fases. La fase de diseño, la fase de ejecución, la fase de licitación o mantenimiento y todas las sub fases que sean necesarias, van a estar presentes tanto en la metodología tradicional como en la metodología BIM. Sin embargo, la forma tradicional propone un proceso de planificación fase por fase, mientras que en el método BIM los procesos pueden ser extensibles a varias fases.

En el método tradicional o CAD, cada uno de los agentes que intervienen en el proyecto (arquitectos, ingenieros, ingenieros de instalaciones) trabaja de forma individual mediante dibujos 2D y solo de aquellas partes de las que son responsables, lo que supone una falta de coordinación en el proyecto. En la mayoría de casos, la corta comunicación entre ellos conlleva errores de proyecto que, sin embargo, bajo una comunicación efectiva y un

intercambio de información constante, estos errores podrían preverse previamente a la construcción del edificio.

El método BIM

La metodología BIM parte de un modelo de información sobre el que trabajan todos los agentes involucrados en el proyecto. Mediante dicho modelo se podrán analizar, planificar o gestionar todas las tareas del proyecto, el coste, la viabilidad...etc.

Al igual que en la metodología tradicional, cualquier cambio que se realice en el proyecto afecta a todas las disciplinas, sin embargo, la diferencia radica en que las modificaciones en el modelo se realizan de forma instantánea e integrada. Esto supone una reducción importante de errores y de fallos en la programación de los tiempos.

Al igual que ocurre en la metodología tradicional, el proceso de proyecto mediante BIM se divide en fases. No obstante, todos los procesos se planifican con anterioridad, de tal manera que las tareas se realizan en base a un plan establecido. Las diferentes disciplinas trabajan también de manera independiente, pero en relación a un mismo modelo base común a todos.

En la metodología BIM cobra especial importancia la fase de diseño, ya que las fases de generación de documentación para la construcción son generadas rápidamente por los diferentes softwares, reduciendo así el número de cambios a realizar. En la siguiente figura se compara el proceso de diseño en las dos metodologías.

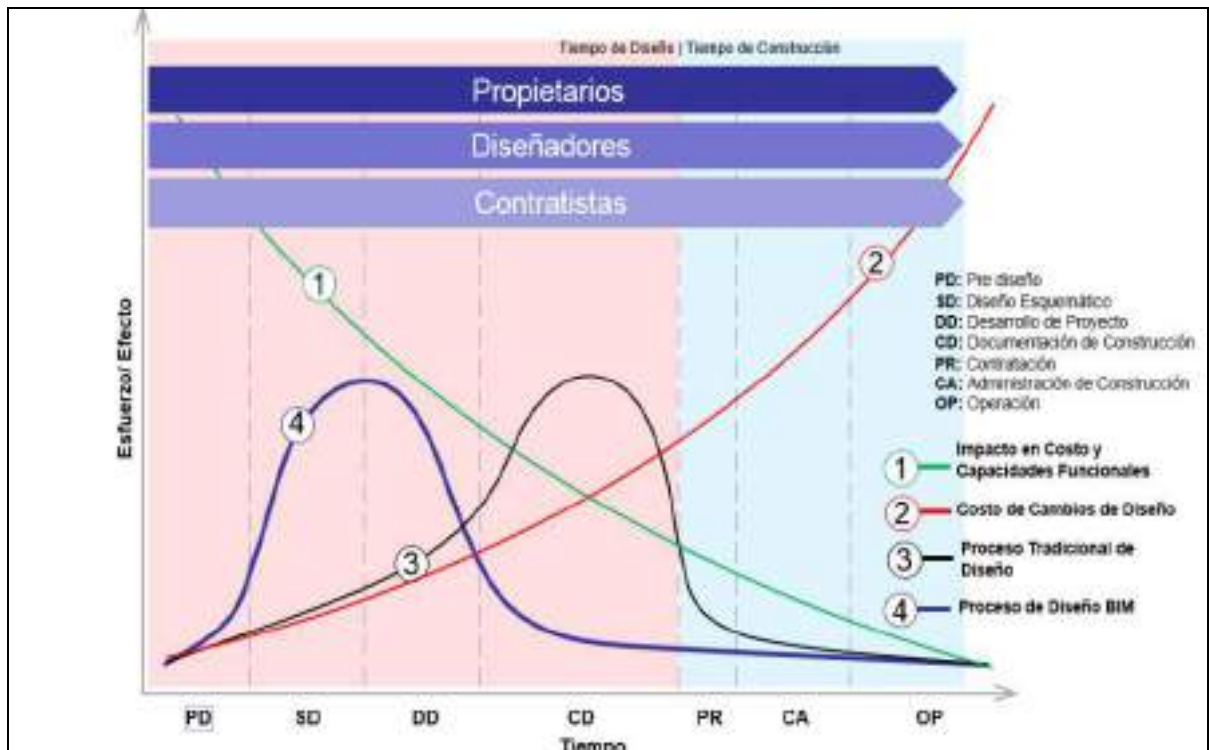


Figura 6: Procesos de diseño tradicional vs Procesos de diseño mediante BIM

Fuente: Patrick McLeamy,

2.10 Aplicaciones en proyectos de construcción

Elaboración de proyectos de forma ágil y eficiente usando elementos propios de la ingeniería

Hasta la aparición de BIM, el diseño de un proyecto era plasmado en programas CAD mediante un conjunto de diferentes vistas generales y locales en 2D, así como secciones de detalle de los diferentes tramos. El proyecto se presentaba, por tanto, como una superposición de distintas vistas, en lugar de en su conjunto. Esto dificultaba en gran medida las actualizaciones y modificaciones de un proyecto, al tener que verse este modificado en los planos correspondientes.



Figura 7: Plantas de vivienda dibujadas en AutoCAD sin ninguna interrelación de datos entre ellas

Fuente: Autodesk

Sin embargo, mediante el uso de software y metodología BIM en ingeniería, el diseño de un proyecto se realiza directamente en 3D y de forma completa en todo su conjunto. Así, la elaboración de un proyecto no solo se realiza de una manera más eficiente y rápida, sino también su modificación en caso de que sea necesario. Además, las modificaciones se realizan de forma exacta sobre un modelo completo en todas sus perspectivas.

Por otra parte, los elementos utilizados en el diseño tradicional son puramente geométricos, tales como líneas, puntos, arcos de circunferencia, etc.; mientras que el software BIM trabaja con elementos específicos de la ingeniería civil y arquitectura, tales como puertas, muros, carreteras o terrenos. Cada uno de estos elementos lleva asociadas sus características inherentes (altura, grosor, precio, etc.), de tal forma que cualquier operación posterior sobre mediciones, presupuestos o control de plazos se ve facilitada.

Detección y solución de conflictos entre distintas fases de un proyecto

En todo proyecto, independientemente de su tamaño, puede suceder que por algún error de diseño o actualización se genere una incompatibilidad entre distintas partes, o incluso un error en la adecuación a la legislación pertinente.

Un ejemplo práctico puede ser que el emplazamiento de la tubería de un edificio en el diseño no sea el adecuado porque esta choca con algún otro elemento de tabiquería o cableado. Otro caso que a modo de ejemplo podría darse es que la red de drenaje de una carretera no cumpliera los requisitos máximos o mínimos de pendiente impuestos por legislación debido a un replanteamiento posterior al diseño.

Estos conflictos que, tradicionalmente eran difíciles de detectar hasta la construcción y solían solucionarse “in situ”, son fácilmente detectables mediante las herramientas BIM. Así, el uso de este software permite verificar que todo cumple las normativas y condiciones preestablecidas, así como detectar las posibles incompatibilidades entre partes del proyecto en fase previa a la construcción, de manera que pueda ser planteada una solución óptima.

Control de la producción en obra y actualización de la planificación en tiempo real

El diseño mediante BIM en ingeniería ofrece un modelo exacto real del estado de un proyecto en la fase de construcción, así como del estado de la construcción esperada o para el mismo horizonte temporal. De esta manera, de un rápido vistazo se obtiene la información necesaria para el control óptimo de la producción y las entregas parciales, en su caso.



Figura 8: Control de la producción en obra y actualización de la planificación en tiempo real

Fuente: Comunidad Autodesk BIM.

Elaboración de mediciones y presupuestos

Dado que, como ya se ha mencionado, los objetos incorporados a un diseño BIM llevan asociadas una serie de características inherentes entre las que también se incluye el coste unitario y las diferentes dimensiones, la elaboración de mediciones y presupuestos tanto parciales como globales en un proyecto puede llevarse a cabo de manera ágil y sencilla.

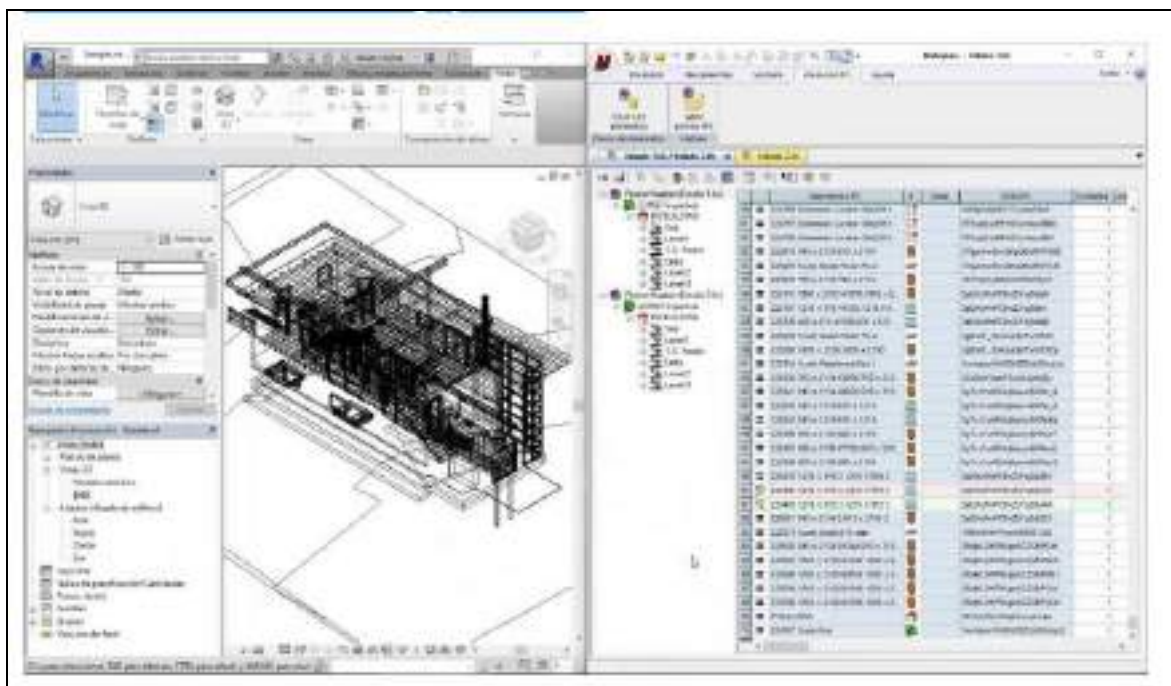


Figura 9: Presupuestos de obra en Programa REVIT

Fuente: Autodesk Revit 2018

2.11 Ventajas de la implementación

Entendimiento de la secuencia constructiva

Con la metodología BIM, al elaborar una pre-construcción virtual del proyecto, se puede tener una mayor planificación en la ejecución de la obra mediante el uso de modelos 4D, en donde a los objetos en 3D del modelo se les vincula una dimensión adicional de tiempo que permite realizar un programa de actividades detallado y coherente con la realidad, en donde se puede simular el proceso de construcción y mostrar cómo la obra se vería en cualquier punto del tiempo.

Manejo eficiente de la información

Con BIM toda la información sobre el proyecto se maneja de manera centralizada y no dispersa en diferentes lugares, lo que evita tener varias versiones de un mismo proyecto eliminando así las incompatibilidades que esto genera.

Integración interdisciplinar del proyecto

En BIM el proyecto se puede diseñar, planear y ejecutar en un ambiente colaborativo donde todos los profesionales involucrados en cada fase del proyecto puedan intercambiar información, realizar modificaciones y utilizar la información de otras áreas según sean los requerimientos particulares. Lo importante de esta integración es que se puede realizar desde cualquier parte del mundo, en donde los profesionales involucrados en el proceso podrán acceder al modelo en tiempo real a través de una conexión de internet.

Detección de interferencias

Uno de los mayores beneficios de utilizar la metodología BIM es que permite realizar revisiones de interferencias de los elementos constructivos del proyecto, corrigiendo los problemas de diseño que se presentan entre planos y especificaciones técnicas durante el proceso de modelado y no en la etapa de construcción, ensayando en el modelo 3D las posibles soluciones para que puedan ser validadas técnicamente por los proyectistas y aprobadas finalmente por el cliente, la gerencia o ambos, según sea el caso.

Interoperabilidad

El diseño y la ejecución de un proyecto constructivo son trabajos que deben realizarse en equipo con profesionales de diversas especialidades, y por ende se involucran diversas plataformas para su desarrollo.

La metodología BIM permite interfaces con otros productos específicos en donde se puede realizar la importación y exportación de las normas del proyecto, es decir, permite tener una interoperabilidad al trabajar con la extensión internacional IFC (Industry Foundation Classes) para la representación de información de edificios.

Adicionalmente este mismo modelo se puede utilizar para llevar a cabo otros análisis que complementan el diseño del proyecto constructivo, como por ejemplo los análisis de eficiencia energética, los análisis de ventilación, etc.

Parametrización de los elementos del modelo

Los elementos que conforman el proyecto constructivo (como los muros, vigas, columnas, etc.), que antes se representaban a través de unas dimensiones fijas, son definidos por parámetros modificables según las necesidades específicas del usuario, determinando no solo la geometría sino también las propiedades físicas del elemento, como por ejemplo su material. Esto no solo genera una información real de los elementos constructivos, sino que también permite realizar cambios dentro del modelo de una manera rápida y eficaz.

Bi-direccionalidad asociativa

Se refiere a la gestión integrada y coherente de los cambios que se realizan en el proyecto durante el proceso de diseño. En los modelos hechos con BIM las representaciones de sus diferentes elementos pueden automatizarse, y dado que todas las vistas provienen del mismo modelo, se consigue que estén siempre coordinadas entre sí y actualizadas en tiempo real. Por ejemplo, al hacer una modificación de los atributos de un muro dentro del modelo, automáticamente se actualizan todas las vistas generadas, eliminando así las posibles inconsistencias.

Manejo de cantidades de obra y presupuestos

En BIM se tiene un modelo basado en elementos que poseen ciertas características y parámetros reales, lo que permite una cuantificación exacta de todos y cada uno de los elementos necesarios para su ejecución, evitando inconsistencias en el presupuesto.

Manejo de proveedores

Dado que los componentes se encuentran totalmente definidos en el modelo, se puede obtener un mejor resultado de los diferentes proveedores frente a los detalles del diseño, pues se brinda la posibilidad de elaborar de manera automatizada y con maquinaria especializada desde cualquier taller remoto a la obra los objetos requeridos, generando así una construcción

sin pérdidas o Lean Construction, en donde se reduce totalmente el desperdicio de materias primas y se genera una construcción mucho más limpia.

Adicionalmente al conocer la información de las cantidades, especificaciones y propiedades, se pueden programar las compras y pedidos de los materiales a los contratistas, lo que permite que en la obra siempre se cuente con los insumos necesarios para su ejecución y no se tengan retrasos con las fechas estimadas.

Mejoras en la calidad final del proyecto

Al tener coordinadas todas las disciplinas involucradas en el desarrollo del proyecto, se disminuye considerablemente los errores en la documentación final de obra, lo que asegura que todas las especificaciones técnicas y los estándares de calidad se cumplan sin tener alteraciones significativas con el proyecto original.

Ciclo de vida del edificio

La metodología BIM contempla el concepto de ciclo de vida desde las primeras fases de concepción de un proyecto constructivo, es decir, el edificio se puede estudiar tanto en la fase de diseño, la de construcción e incluso también la de explotación, buscando que sus futuros usuarios puedan acceder a toda la información necesaria para planificar, por ejemplo, el mantenimiento y la reparación de todas las instalaciones en un momento determinado.

Manejo de marketing del proyecto

Con la metodología BIM, además de obtener una serie de documentos técnicos, es posible mostrar la imagen del proyecto a los usuarios de una manera fácil y práctica en tiempo real, en donde el diseño se comunica de mejor forma a los clientes facilitando su interacción con el equipo técnico encargado de formular el proyecto. “La idea es utilizar imágenes o animaciones extraídas del modelo con el propósito de promover o vender un proyecto, apoyando el plan de marketing de este (si es necesario) lo que puede traer una ventaja con respecto a la competencia” (Saldias, 2010).

2.12 Desventajas de la implementación

Costo de adopción

Este aspecto es el principal obstáculo para una implementación de la metodología BIM en las pequeñas y medianas oficinas de diseño. Lo primero que se debe tener en cuenta es que para poder usar esta metodología se debe realizar una inversión inicial alta para la adquisición de los diferentes programas y de equipos que cuenten con las características específicas para el flujo de trabajo, los cuales deben estar conectados por un servidor potente que permita la elaboración del modelo y una copia de seguridad que respalde todo el proceso. Dependiendo del tamaño del proyecto también se debe contemplar la posibilidad de generar puestos adicionales de trabajo para cumplir con la nueva carga que éste demanda. Adicionalmente, es necesario capacitar a los profesionales que harán parte del equipo de trabajo, pues cada uno debe conocer muy bien tanto el programa de modelado como la metodología que se empleará para el desarrollo de proyectos, teniendo un retorno de la inversión a largo plazo cuando la metodología BIM se pueda aplicar plenamente en grandes proyectos.

Generación completa de los modelos con altos niveles de precisión

En un proyecto realizado con BIM la documentación técnica de construcción en dos dimensiones y en papel debe ser preparada a partir del modelo en tres dimensiones, y para lograr esto el modelo tiene que ser completado en su totalidad. Además, el proyecto debe modelarse con una precisión total para que los datos obtenidos coincidan con la realidad, lo cual a menudo no es posible de lograr por la complejidad y los altos estándares que exigen para su ejecución los proyectos de construcción actuales.

Cambios en las metodologías personales de trabajo

La metodología BIM requiere que todos y cada uno de los miembros del equipo abandonen los planes de trabajo individual específicos de la disciplina o de la oficina particular de diseño, y se deben establecer normas y reglas estrictas en el equipo para trabajar de acuerdo con las normas BIM, ya que esto afecta la eficacia y el resultado final del proyecto.

Información incompleta entre plataformas BIM

Un problema común en el desarrollo de proyectos usando varias plataformas BIM es conseguir que los diferentes formatos de archivo funcionen correctamente al crear un modelo con información combinada del edificio, lo que en ocasiones genera inconsistencias en la información técnica que se extrae de dicho modelo.

Falta de regulación legal

Actualmente no existe una regulación legal para la aplicación de la metodología BIM en el desarrollo de proyectos de construcción, lo cual puede generar conflictos y malos entendidos entre los participantes del proyecto que podrían ocasionar retrasos en las obras de construcción, lo que conlleva en aparición de costos adicionales o incluso demandas, lo que no estimularía la aplicación de la metodología BIM en el mercado actual de la construcción.

2.13 Softwares que implementan BIM

La tecnología BIM se despliega en diversos programas cuya interfaz es diferente pero que incorporando esta metodología su forma de trabajo es prácticamente la misma. A continuación, destacamos aquellos programas que nos podemos encontrar de manera más común en la actualidad.

REVIT

Es un software de Autodesk que incorpora la tecnología BIM, cuyas herramientas permiten realizar un modelo inteligente para planificar, diseñar, construir y administrar edificios e infraestructuras en 2D y 3D. Las principales disciplinas que se utilizan en Revit son; arquitectura, estructura, mecánica, fontanería, electricidad y coordinación. Uno de sus aspectos más destacables es la implementación del uso de fases, que nos permiten determinar el proceso de obra de un proyecto o de una remodelación Revit es compatible con un proceso de diseño multidisciplinario y colaborativo ya que posee un motor de cambios paramétricos que permite el cambio de información de manera bidireccional. Consecuentemente un cambio en un aspecto del modelo supone el cambio instantáneo de toda la información. (Comunidad Autodesk, 2019)



Figura 10: Logo de Programa REVIT

Fuente: Autodesk

TEKLA Structures

El nombre del programa proviene de la abreviación de la expresión finlandesa “Teknilien Laskenta Oy” que significa computación técnica. Tekla es la última herramienta incorporada en el 2016 al mundo del BIM utilizada en el mundo profesional para la colaboración en proyectos de construcción. El programa se utiliza para el diseño, detalle, despiece, fabricación y montaje de todo tipo de estructuras, de manera que los ingenieros estructurales pueden trabajar de una forma más efectiva, enfocados más a la ingeniería. Tekla Structures es actualmente el software BIM líder mundial en estructuras. (Trimble, 2019)



Figura 11: Logo de Programa TEKLA Structures

Fuente: Tekla Software Company

ALLPLAN

Este software desarrollado por la empresa Allplan del grupo Nemetschek utiliza la metodología BIM en su diseño asistido por computadora paramétrico para arquitectura e ingeniería. Surge por primera vez en el año 1984, y en sus inicios suponía una solución interna de un despacho de Munich. El software inicialmente de formato CAD ha evolucionado y sufrido numerosas actualizaciones hasta obtener la versión Allplan 2013 disponible en la actualidad.

Su modo de trabajo es muy similar al resto de programas pudiéndose realizar dibujos 2D y 3D e importaciones de diversos formatos entre los que se encuentran los archivos de AutoCAD. Allplan ofrece una plataforma para el trabajo conjunto entre todos los trabajadores en los proyectos de construcción gracias a la integración del BIM.



Figura 12: Logo del Programa AllPlan

Fuente: Allplan

ARCHICAD

Programa que fue desarrollado por la empresa húngara Graphisoft que permite a los usuarios trabajar con objetos paramétricos, usualmente llamados “Smart objects”. Su desarrollo comenzó en el año 1982 originariamente para los sistemas Macintosh, donde se convirtió en un software popular.

El software es muy similar a Revit ya que permite a los usuarios crear representaciones virtuales mediante elementos constructivos inteligentes, tales como paredes, techos, puertas, ventanas...etc. Sin embargo, la principal diferencia con este es la manera de trabajo de la interfaz, puesto que Archicad usa el sistema de las capas o la forma desplegado mediante plumillas al igual que Autocad.

El primer programa salió en 1987 con el nombre de Archicad 3.1 y ha sido actualizado hasta día de hoy, con su última versión Archicad 21.



Figura 13: Logo de Programa Archicad

Fuente: GRAPHISOFT

2.14 Beneficios para los diferentes agentes

Según la publicación de Building Smart y los estudios desarrollados por Begoña Fuentes Giner y Abel Pérez, son varios los beneficios que obtienen cada uno de los agentes intervinientes en un proyecto de edificación con la metodología BIM:



Figura 14: Metodología BIM.

Fuente: Animum3d - Máster BIM. 2017

Arquitectos:

- Amplía el abanico de posibilidades en la búsqueda y análisis de opciones de diseño.
- Modelo único, lo que se traduce en eficiencia en tiempo de diseño.
- Toda la información unificada en un modelo tridimensional, permitiendo la detección temprana de incongruencias en el proyecto.
- Confianza en la introducción de datos, precisión al generar presupuestos, mediciones, planificación de trabajos, redactar y enlazar documentos.
- Genera documentación del proyecto de forma automática. Posibilidad de generar vista en cualquier nivel del edificio.

Ingenieros:

- Rápida visualización de los elementos estructurales en contacto con las instalaciones, reduciendo posibles conflictos entre ambas partes y solucionándolos al instante.
- Manteniendo la información en un único modelo aumenta la confianza en lo que se introduce y reduce los descuidos y conflictos entre elementos del edificio.
- Instalaciones fácil y rápido de diseñar, ayudándonos de gran variedad de familias para insertar y visionado de estas en tres dimensiones.
- Compatibilidad para compartir información con otros programas que generan cálculos de estructuras, instalaciones, mediciones, costes, etc.

Project Manager:

- Mejora la planificación y control del proyecto. Permite realizar mejores estudios de viabilidad y riesgo. Permite mejor cálculo y control de costes.
- Coordinación con los diferentes agentes más eficaces y constante. Velocidad de comunicación de información entre los agentes, sin necesidad de introducir información una y otra vez.

Constructoras

- Mayor acercamiento a la realidad del proyecto en fase de diseño.
- Menos incongruencias, menos modificaciones y cambios de presupuesto.
- Compatibilidad con multitud de programas del sector
- Mejora eficiencia operacional.
- Menos tiempo en desarrollo de proyecto.

Propietarios:

- Entendimiento real del proyecto en fase de diseño. Visualizado del edificio y los espacios interiores en tres dimensiones logrando mayor conocimiento del producto por el que se va a pagar.
- Todas las características del edificio se encuentran en el modelo y permite planear y seguir el mantenimiento del edificio y futuras actuaciones.

- Ejecución más fluida y organizada permitiendo agilizar proceso de ejecución y posterior ocupación.

Fabricantes:

- Los fabricantes reciben las características en el modelo único y les posibilita la simulación de diferentes soluciones de forma rápida. Esto ahorra tiempo, dinero y la posibilidad de cometer equivocaciones.
- Permite la creación de bibliotecas y personalizar sus características y materiales. También puedes crear catálogos y compartirlos con el resto de usuarios.

Administraciones Públicas:

- Mejor eficiencia en la revisión de proyectos por parte de la administración, optimizando el cumplimiento de la normativa.
- Las incongruencias automáticas.
- Fiabilidad y calidad de la documentación. Información en un único archivo y fácil almacenamiento para futuras consultas.
- Mejores estudios de viabilidad, sostenibilidad y diseño. Planificación de trabajos eficiente y flujo continuo. (Animund3d, 2019)

CAPÍTULO III: APLICACIÓN PRÁCTICA

Se realizó una aplicación práctica para poder mejorar el entendimiento de la metodología BIM y poder explicar de mejor manera como esta forma de trabajo colaborativo influye en la parte de coordinación multidisciplinaria en el desarrollo de proyectos de gran envergadura como es el caso de estudio que se presenta a continuación, donde se procedió a realizar una de las tantas aplicaciones que tiene esta metodología, a través de los distintos softwares que implementan el BIM.

3.1 Información general del proyecto

3.1.1 Descripción

El proyecto de estudio en este caso se hizo referencia al nuevo bloque de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho que se encuentra en fase de construcción en etapa cercana a la conclusión, este proyecto actualmente se encuentra paralizado debido diversas circunstancias que en las cuales se pudo informar que a lo largo de su proceso de construcción se tuvieron diversos cambios en el proyecto desde pequeños hasta altamente significativos, ya sea por temas técnicos o administrativos se presentaron diversos problemas que tuvieron que resolver en la obra, lo que generó retrasos en el tiempo de ejecución y quizá hasta en el costo del proyecto, el edificio fue licitado en el año 2013 el cual planteaba un plazo de ejecución de 960 días calendario y con un monto de 2 6,555,001.5 de bolivianos, pero por diversas causas no se pudo llegar a la conclusión del proyecto hasta este tiempo.

El edificio construido fue elaborado especialmente para satisfacer las necesidades que requería la Facultad de Odontología de la Universidad, que ya venía necesitando nuevas instalaciones que ayudaran a mejorar la calidad de enseñanza y aprendizaje para el estudiantado y a su vez brinde un mejor servicio hacia la población, lo que hizo que la edificación contemple una gran magnitud del proyecto referente a los ambientes y adicionando modernos sistemas de instalaciones que se necesitan para este tipo de edificaciones.

Podemos decir que el diseño del proyecto fue elaborado bajo la metodología tradicional CAD con la cual se venía trabajando en nuestro medio especialmente en esa época, ya que hablar de BIM por ese tiempo era casi completamente desconocido en nuestro país y que los

proyectos de gran envergadura como estos requerían una gran cantidad de cuidado y detalle en los diseños correspondientes, ya que por mínimo error en el diseño podía llevar a cambios significativos en la etapa de construcción, quizá este fue un problema que ocurrió en el proyecto ya que por el gran tamaño de la edificación y por el uso que se iba dar, este requería elaborar una gran cantidad de documentación con niveles de detalle muy altos, lo que hizo que el trabajar de la misma manera como se vino haciendo desde hace tiempo no generó resultados eficientes.

Hablando del proyecto en sí, este requería de diseños de diversas instalaciones que se iban a necesitar como ser instalación de agua potable (fría y caliente), instalación de alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial, instalación eléctrica, instalación de gas, instalación de redes y telecomunicaciones, instalación de aire acondicionado, instalación de aire comprimido para los salones de consultorios, a su vez como planos arquitectónicos y estructurales y que por diversas causas, ya sea como falta de tiempo en la elaboración de toda la documentación, estos documentos no fueron elaborados completa y correctamente ya que carecían de información en algunos casos y que esto pudo llevar a tener varios problemas en la etapa de construcción especialmente en temas de coordinación.

Cabe recalcar que no se pudo acceder a toda la información del proyecto por temas de confidencialidad y falta de tiempo, ya que como el proyecto se encontraba actualmente paralizado, los encargados de la obra no contaban con el tiempo requerido para responder algunas dudas, pero desde un punto de vista técnico a criterio se puede decir que uno de los más grandes problemas que tuvo el proyecto fue el de coordinación multidisciplinaria, lo cual motivo a realizar un análisis sobre esta parte desde otro punto de vista aplicando la metodología BIM para poder verificar que influencia tiene esta y como puede ayudar su uso en proyectos de gran envergadura como este.

El estado de la obra al momento de aplicación se podría decir que estaba en un 80 % de avance físico, ya que solo faltaba realizar algunos detalles para su conclusión como ser acabados y pinturas y algunas modificaciones en las instalaciones para su correspondiente equipamiento, se decidió hacer la aplicación del BIM sobre este proyecto para poder demostrar cómo se hubiera podido mejorar en la parte de diseño y construcción al trabajar bajo esta metodología, identificando cuales fueron las mayores falencias que tuvo la obra y

analizando cómo se hubieran podido solucionar, a su vez explicando todo el proceso de aplicación de la metodología.

3.1.2 Ubicación

El edificio se encuentra ubicado en la ciudad de Tarija, correspondiente a la provincia cercado en el departamento de Tarija.

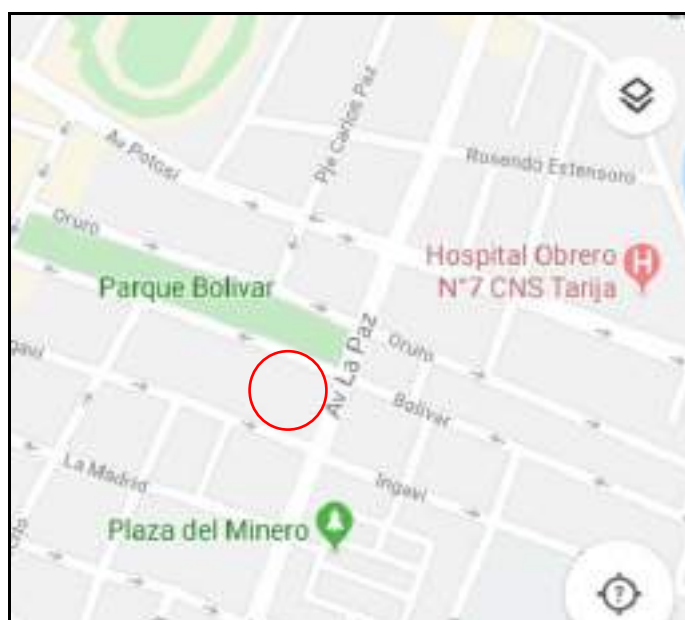


Figura 15: Ubicación del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Este se encuentra ubicado en el barrio Virgen de Fátima, sobre la Calle La Paz a la altura del Parque Bolívar.

La edificación cuenta con una superficie de:

Bloques existentes	971.45 m ²
Bloques por remodelar	728.59 m ²
Bloque nuevo	2239.54 m ²
Área de parqueo	651.07 m ²

Área verde externa, área deportiva y circulación externa	6810.54 m ²
TO TAL LOTE	11501.20 m²

3.1.3 Documentación general

Para la obtención de información del proyecto se procedió a buscar en el área de infraestructura de la universidad, donde el encargado nos proporcionó toda la información disponible que existía en ese momento lo cual solamente eran los planos arquitectónicos, por lo que se tuvo que consultar el resto de información en la plataforma SICOES, haciendo referencia al proceso de licitación que se dio en ese momento, ahí se pudo obtener el resto de la información como ser planos estructurales, planos sanitarios, planos eléctricos y otros tipos de instalaciones (ver anexo 2) que requería el proyecto, sin embargo esta información no se encontraba elaborada completamente, pero era suficiente como para comenzar a realizar el desarrollo de la aplicación.

3.1.4 Información secundaria

De acuerdo al departamento de infraestructura de la universidad, no se pudo obtener información secundaria del proyecto ya que no se encontraba disponible, por lo que se tuvo que comenzar a trabajar con la poca información obtenida hasta el momento, pero que era suficiente para poder realizar este proyecto de investigación sin descuidar los objetivos planteados inicialmente.

3.2 Introducción al software REVIT

El programa Revit de Autodesk es uno de los más usados a nivel mundial por diferentes compañías que trabajan tanto en el diseño y construcción de edificaciones, debido a que ha sido creado para poder aplicar en gran medida la potencialidad que tiene la metodología BIM, el cual cuenta con diversas aplicaciones para desarrollar esta, ya sea como modelado arquitectónico de edificaciones, análisis estructural y modelado de estructuras, modelado de instalaciones, análisis del flujo de sistemas de agua, análisis energéticos, computo de volúmenes de obra, cálculos de costos de la edificación y otras aplicaciones de acuerdo a las necesidades del proyectista.

Para este proyecto se decidió utilizar el programa Revit 2019 de la Plataforma Autodesk con licencia estudiantil, ya que es uno de los programas líderes que implementan el BIM y por su facilidad de manejo.

Al abrir el programa Revit se puede apreciar la siguiente ventana:

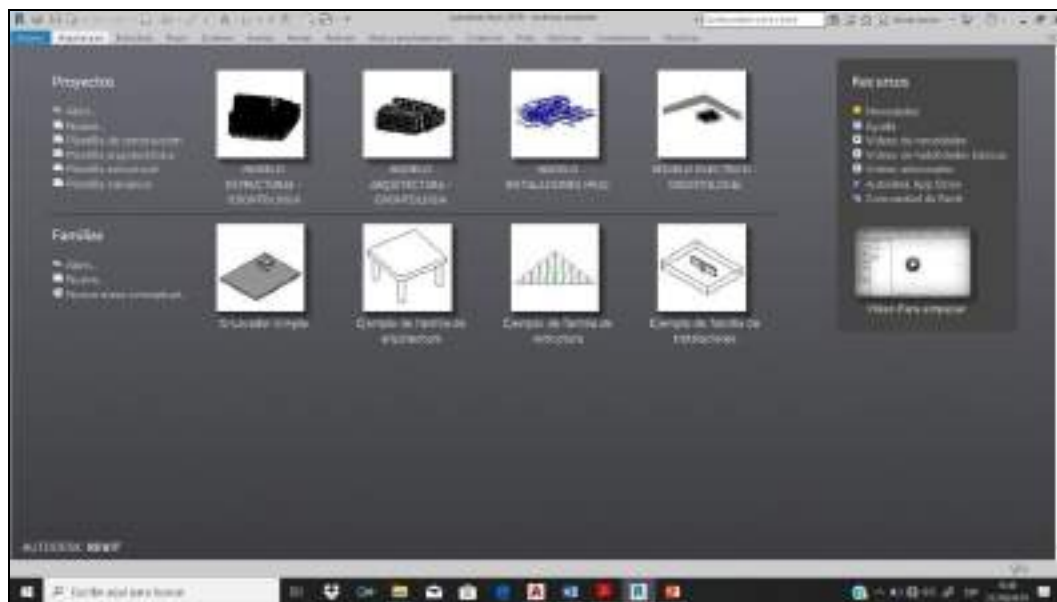


Figura 16: Menú de inicio del programa Autodesk Revit 2019

Fuente: Autodesk Revit

Dentro de esta se puede ver que el programa cuenta con plantillas de trabajo y con familias, las familias son los componentes que conforman el modelo que se está realizando, cada componente es representado por una familia.

El programa trabaja con diferentes plantillas, cada plantilla está configurada para trabajar acorde a las necesidades del proyectista, existen plantillas arquitectónicas, estructurales, sanitarias, eléctricas, mecánicas, etc.

Al querer iniciar un nuevo proyecto se dirige al botón que dice nuevo, para después poder seleccionar la plantilla que queremos trabajar.

Arquitectura, Revit Estructuras, Revit MEP, en las versiones posteriores ya se pudo apreciar que el programa ya viene conformado por todas las especialidades en un solo programa, como ser el caso de Revit 2019 que es con el que se está trabajando.

3.2.2 Revit Architecture

Este está conformado por diferentes pestañas de trabajo como se puede ver en la interfaz de usuario, donde se encuentran todos los elementos necesarios para realizar un proyecto arquitectónico ya sean muros, columnas, puertas, ventanas, suelos, cubiertas que a su vez cada una de estas está conformada por sus familias correspondientes.

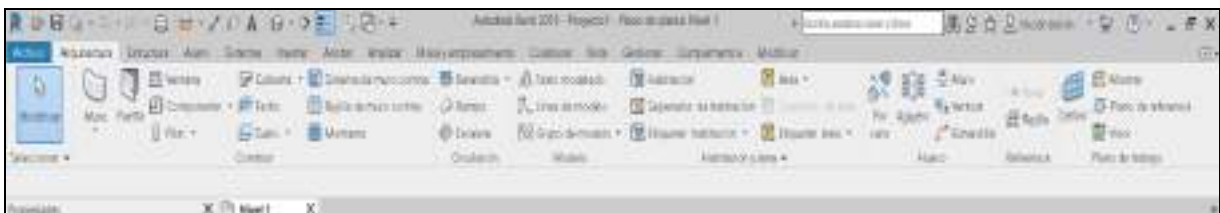


Figura 18: Panel de herramientas Modulo Revit –Arquitectura

Fuente: Autodesk Revit

3.2.3 Revit Structure

Esta modalidad de trabajo se encarga de toda la parte estructural del proyecto donde se puede apreciar que está conformada por todos los elementos necesarios para poder realizar un proyecto estructural como ser: vigas, columnas, losas, zapatas, cerchas y otros elementos que se pueden cargar o crear de acuerdo a las necesidades del proyecto que se requiere.

Este se encarga también de realizar análisis estructural para diferentes tipos de proyectos como estructuras de hormigón armado, estructuras metálicas, puentes, entre otras aplicaciones las cuales pueden ayudar a verificar si el modelo está correctamente hecho.

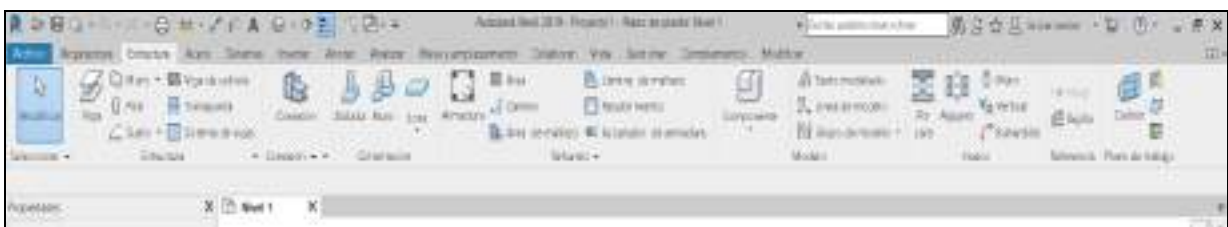


Figura 19: Panel de herramientas Modulo Revit –Estructuras

Fuente: Autodesk Revit

3.2.4 Revit MEP

Esta modalidad de trabajo como ser el Revit MEP que por sus siglas se entiende Mecánica, Eléctrica y Fontanería, en esta parte se puede apreciar todos los elementos que se utilizan para trabajar todas las instalaciones que va requerir el proyecto dividiéndose cada una en sus respectiva disciplina donde se puede encontrar tuberías, bandeja de cables, ductos, cables, aparatos sanitarios, aparatos eléctrico y mecánicos y que también se pueden crear o cargar sus familias correspondientes a cada una.

Además, se pueden realizar análisis de los sistemas del edificio como verificación o partiendo desde un diseño inicial los cuales ayudan a comprobar que el modelo del edificio está trabajando correctamente.



Figura 20: Panel de herramientas Modulo Revit –MEP

Fuente: Autodesk Revit

3.3 Modelado BIM del Proyecto.

Para comenzar a trabajar en el modelo BIM del proyecto se decidió empezar por la parte arquitectónica, ya que en base a esta podremos establecer los diferentes niveles y rejillas de trabajo y así comparar con los planos estructurales, que también podremos vincular a los otros modelos, para poder tener una mejor coordinación de la parte estructural y de instalaciones, utilizando las plantillas predefinidas para cada especialidad como son la plantilla arquitectónica, plantilla estructural, plantilla sanitaria, plantilla eléctrica y plantilla mecánica configurando las unidades de proyecto para cada una respectivamente.

Se podrá apreciar el proceso de modelado del edificio de acuerdo al siguiente orden establecido.

3.3.1 Modelo de Arquitectura.

Primeramente, se abre el programa partiendo desde una plantilla arquitectónica configurando todas las unidades del proyecto.

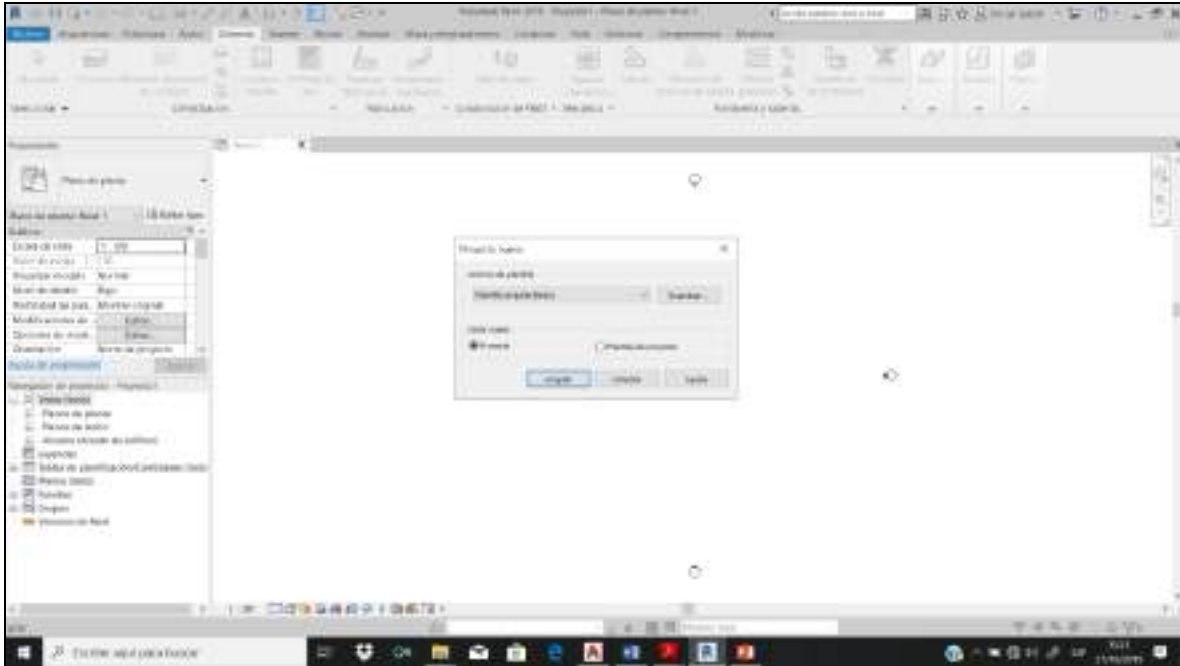


Figura 21: Interfaz del programa Revit -Modelo de Arquitectura

Fuente: Autodesk Revit

Para comenzar el modelado configuramos el entorno de trabajo abriendo la paleta de propiedades y el navegador de proyectos que se encuentra a la izquierda de la imagen siguiente:

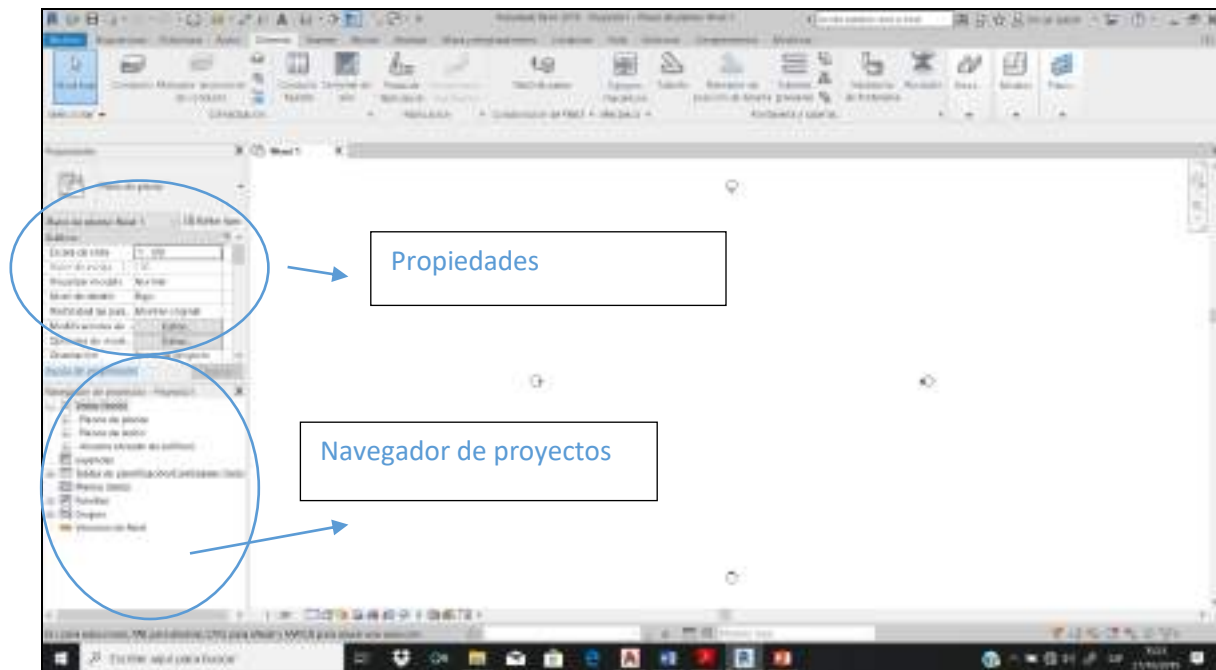


Figura 22: Interfaz del programa Revit –Modelo de Arquitectura

Fuente: Autodesk Revit

Esto ayudara en el manejo del proyecto, ya que con uno podremos modificar los elementos del proyecto de acuerdo a nuestras necesidades y con el otro podremos visualizar y operar mejor toda la documentación del mismo, así como las diferentes vistas que se van creando a medida que se avanza en el desarrollo del proyecto.

Con esto se empezó a modelar el edificio de acuerdo a la información disponible cumpliendo con los planos establecidos.

Primeramente, se decidió configurar los niveles de trabajo del proyecto, ya que con ayuda del plano de corte se pudo apreciar que se tenían varios niveles que llegaban hasta un 4 piso o terraza.

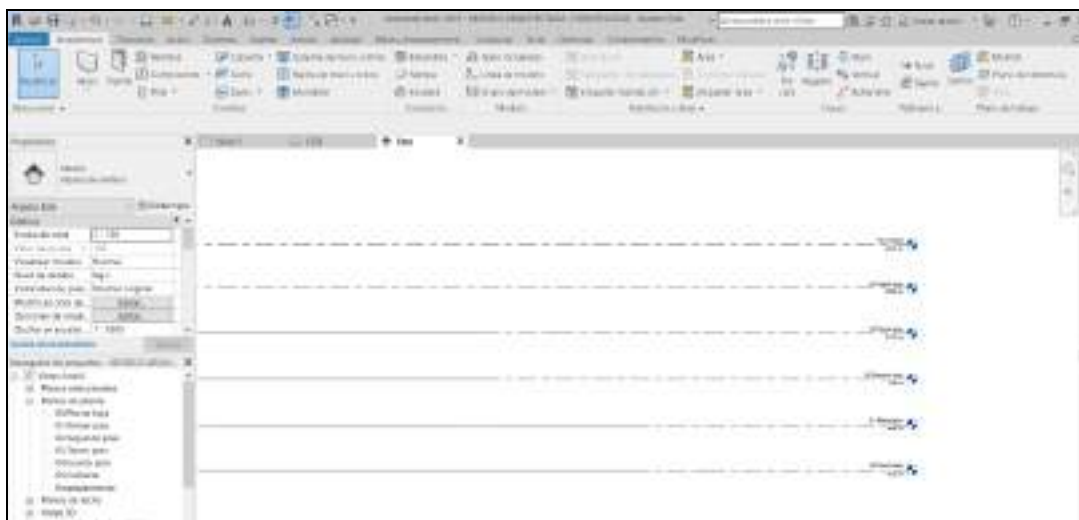


Figura 23: Interfaz del programa Revit – Creación de niveles

Fuente: Autodesk Revit

Como se puede ver en el navegador de proyectos al crear un nivel como ser el Primer piso, tambien se crea un plano en planta correspondiente a ese nivel, que posteriormente se comenzara a trabajar. Primeramente se comenzo a trabajar en el plano de planta baja configurando el entorno y posteriormente vinculando los planos de arquitectura correspondiente a ese nivel para poder guiarse con las lineas de referencia como ser de los muros, columnas y a su vez poder modelar los elementos arquitectonicos.

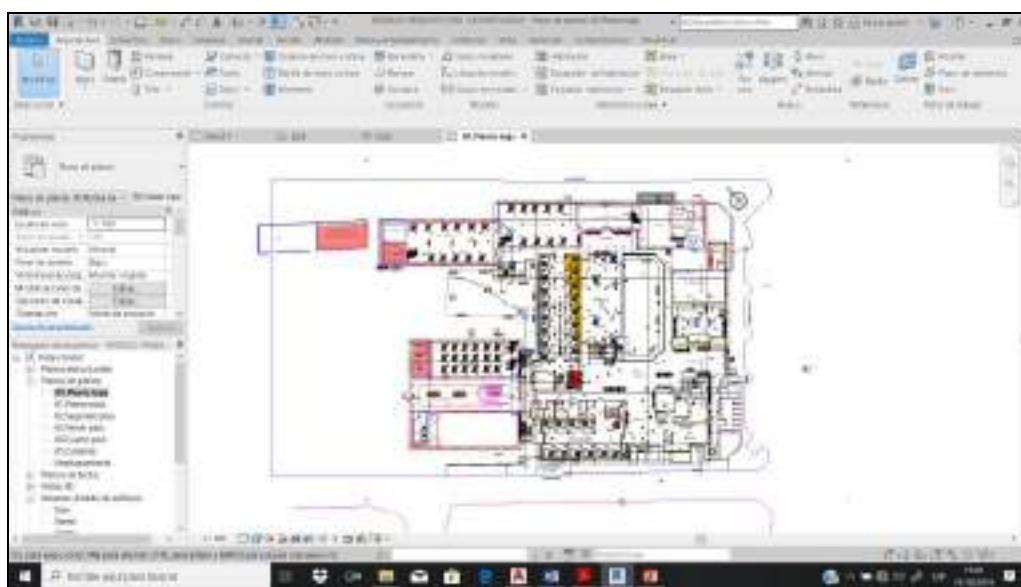


Figura 24: Revit- Importación de planos de AutoCAD

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar se vinculo el archivo del plano arquitectonico de la planta baja al programa Revit, donde el cual se pudo realizar el modelado con mayor facilidad siguiendo los elementos de este.

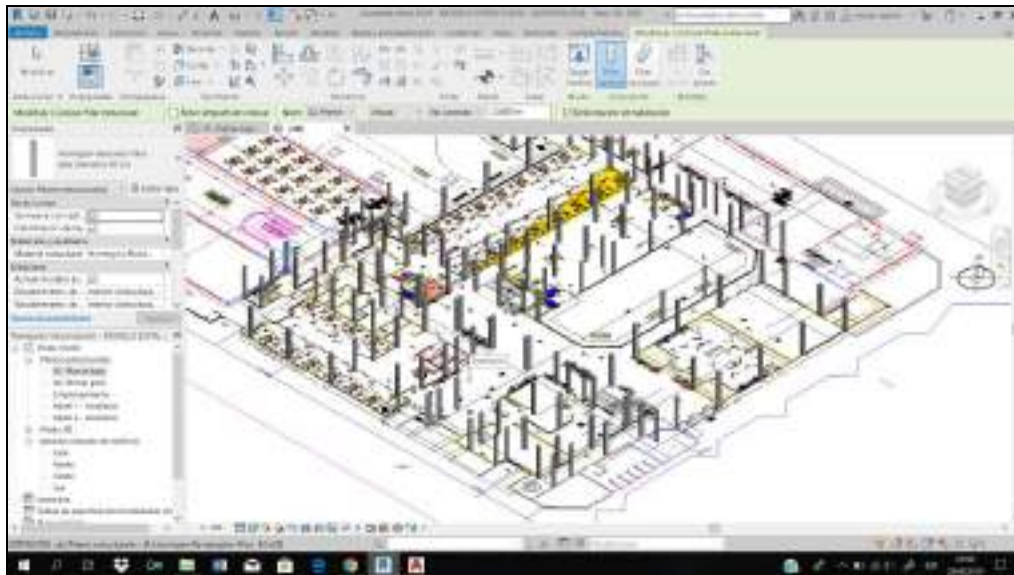


Figura 25: Revit- Vista 3D del Modelo de Arquitectura

Fuente :Elaboracion propia

Se puede apreciar las vistas en 3D para tener una mayor exactitud al momento de realizar el modelado.

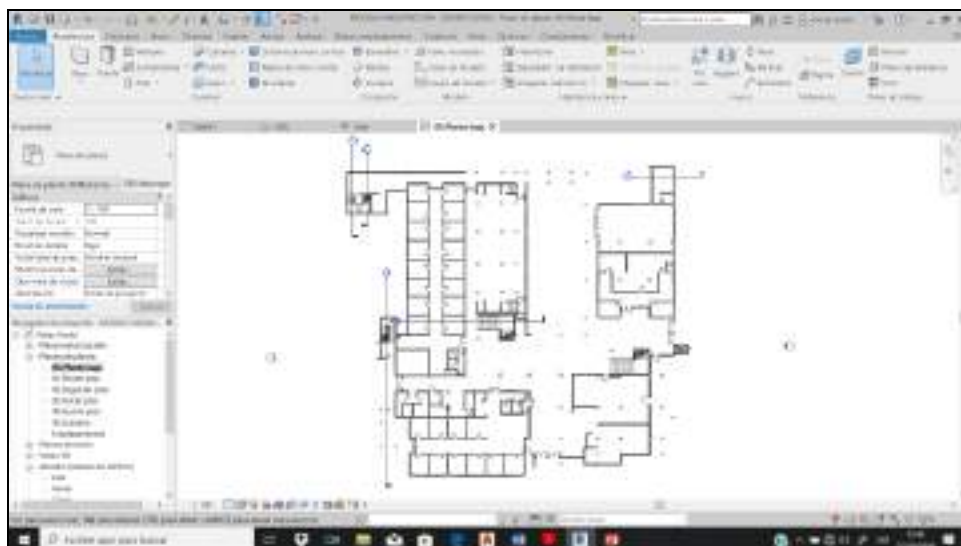


Figura 26: Autodesk Revit- Generación de planos arquitectónicos (Planta Baja)

Fuente :Elaboracion propia

Se procedio a modelar todos los elementos arquitectónicos mas importantes en el proyecto hasta completar el primer nivel como ser los muros, puertas, ventanas asi también como el cielo falso definido por la altura del plano de Autocad.

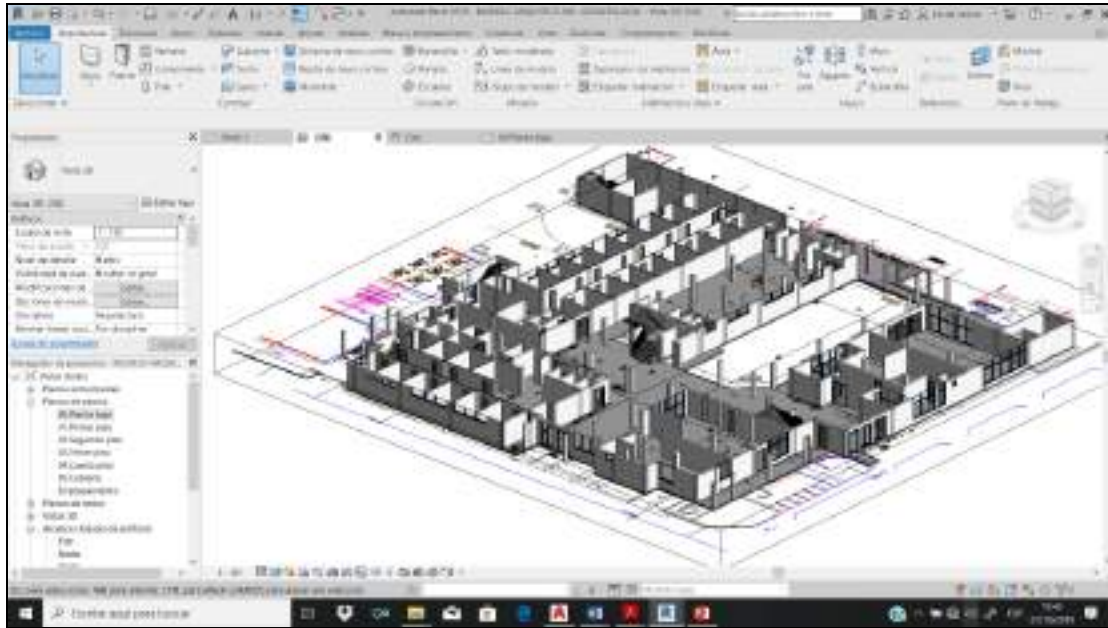


Figura 27: Autodesk Revit - Vista 3D, Colocado de muros, puertas, ventanas (Planta Baja)

Fuente :Elaboracion propia

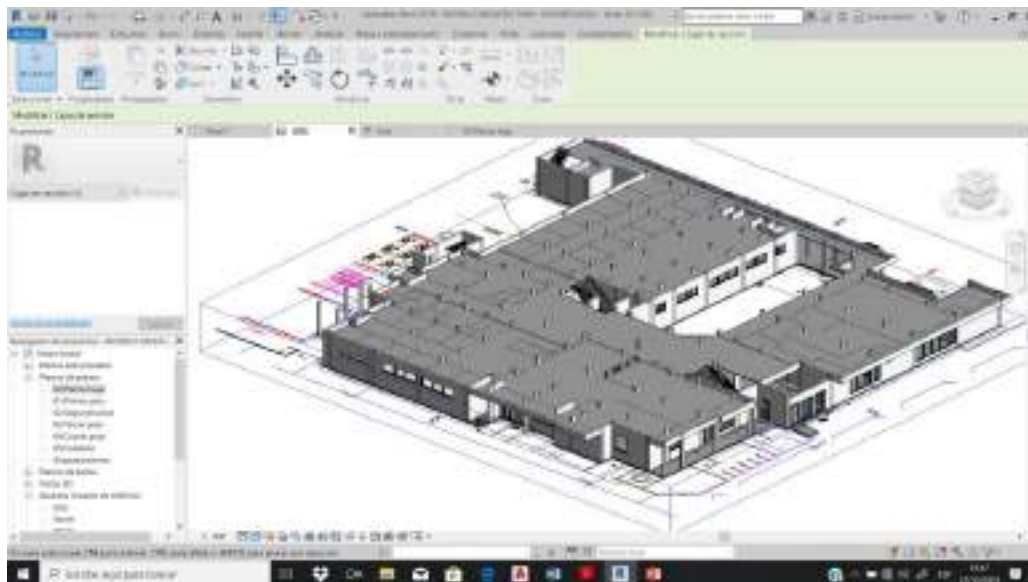


Figura 28: Autodesk Revit - Colocado y Visualización de techo (Planta Baja)

Fuente :Elaboracion propia

Una vez completado todo el primer nivel del modelo arquitectónico, de la misma manera se realizó los siguientes niveles, siguiendo el mismo procedimiento de vincular los planos de Autocad y disponerlos a sus correspondientes niveles, para poder realizar el modelado siguiendo un mismo punto base de proyecto y tener una referencia para la colocación de los planos y poder verificar las incompatibilidades en los mismos.

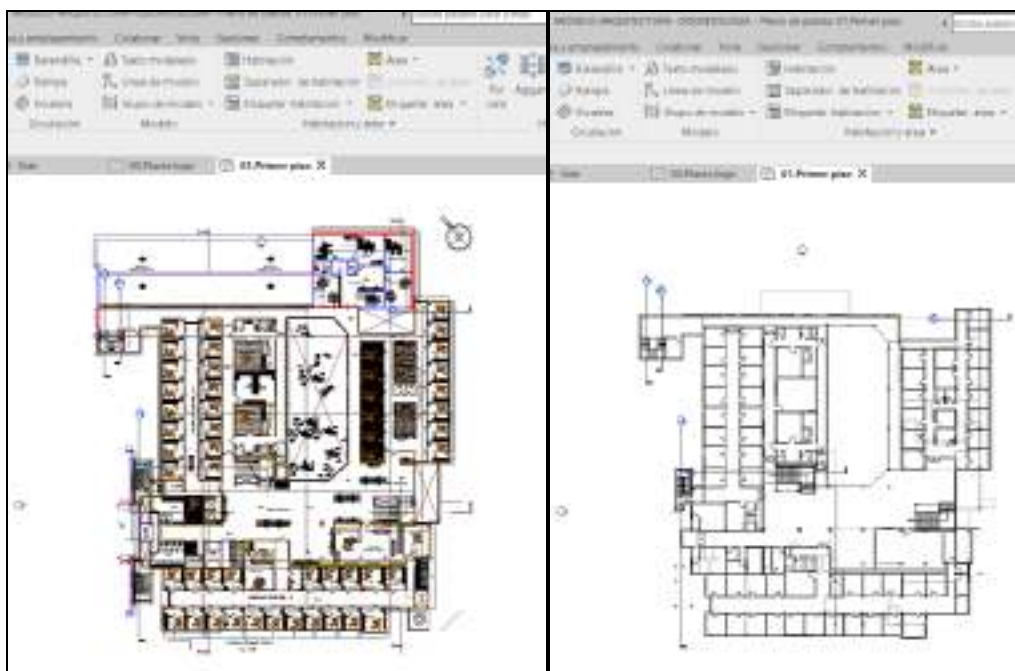


Figura 29: Autodesk Revit- Comparación de planos Autocad –Revit

Fuente :Elaboracion propia

En la imagen anterior podemos ver a la izquierda el plano importado del Primer piso del edificio y a la derecha la vista del modelo elaborado en Revit a base del plano de Autocad.

A su vez tambien se puede apreciar como va quedando el modelo en 3D para una mejor vizualizacion y poder corregir los errores que se hayan presentado.



Figura 30: Autodesk Revit- Generación de Modelo Arquitectónico en Vista 3D (Segundo Piso)

Fuente :Elaboracion propia

De esta forma se hizo el modelado para cada nivel correspondiente del proyecto de arquitectura como se pueden apreciar en las siguientes imágenes:



Figura 31: Autodesk Revit - Generación de Modelo Arquitectónico en Vista 3D (Tercer Piso)

Fuente :Elaboracion propia

Se ve cómo va quedando el edificio de acuerdo a los planos arquitectónicos iniciales del proyecto, también debido a incompatibilidades entre los planos de los diferentes niveles se tuvo que realizar algunos cambios para que el modelo se construya de manera correcta.



Figura 32: Autodesk Revit - Visualización de Cielo Falso

Fuente :Elaboracion propia

Se colocó el cielo falso correspondiente a la altura del plano de corte inicial en la planta baja y seguidamente a los pisos superiores como se vio en la anterior figura.

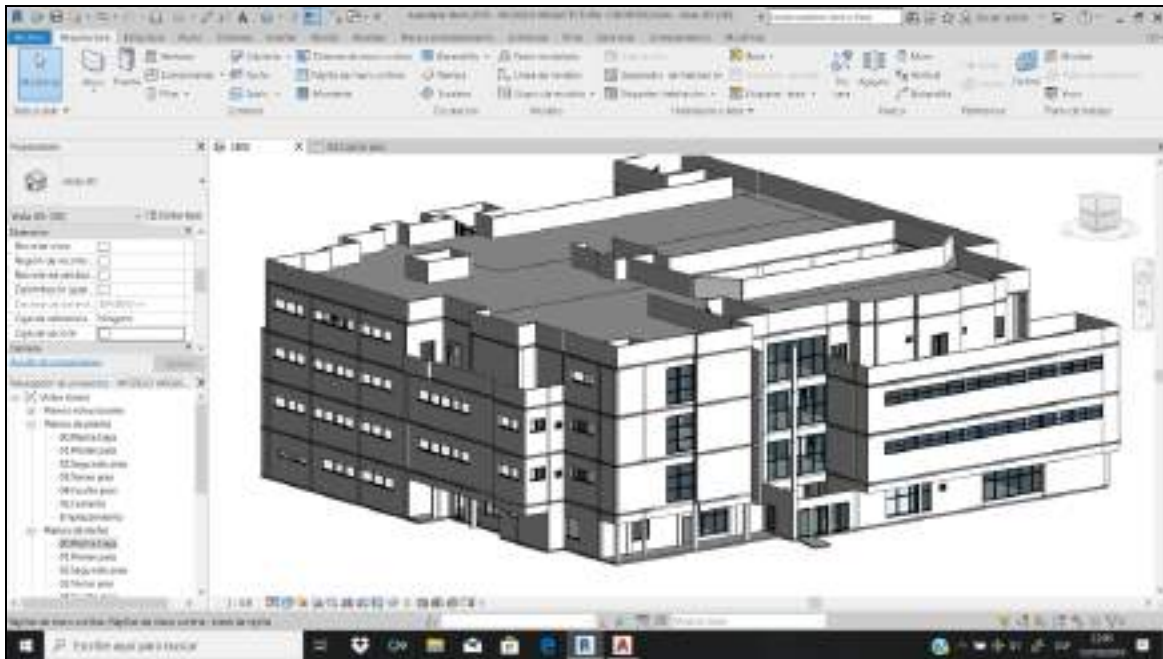


Figura 33: Autodesk Revit- Generación de Modelo Arquitectónico en Vista 3D (Último Piso)

Fuente :Elaboracion propia

Se puede apreciar en la siguiente figura como el edificio queda construido siguiendo el mismo proceso mencionado anteriormente hasta la última planta o nivel.

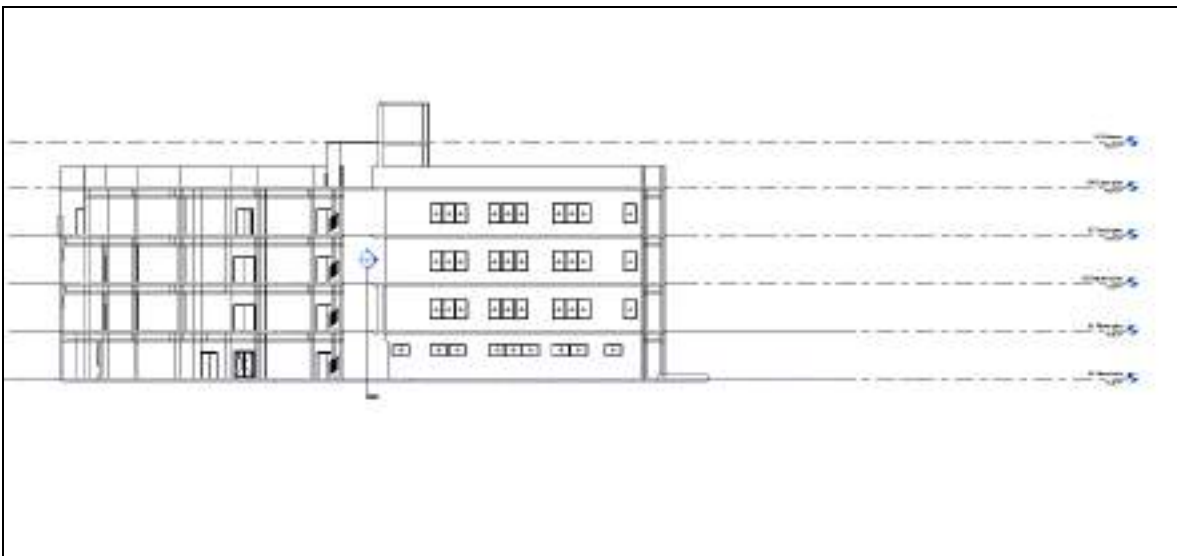


Figura 34: Autodesk Revit - Vista de Corte de Modelo Arquitectónico con Niveles

Fuente :Elaboracion propia



Figura 35: Autodesk Revit- Modelo Arquitectónico en Vista 3D (Edificio Completo)

Fuente :Elaboracion propia

Cabe resaltar que el modelado no se hizo a un nivel de LOD 400 completamente que corresponde al nivel de detalle alto, ya que por la envergadura del proyecto y por la falta de información solo se realizó el modelado para que cumpla los objetivos planteados en este trabajo de investigación.

3.3.2 Modelo de Estructuras

De la misma manera como se hizo el modelo arquitectónico completo del edificio, se realizó toda la parte estructural ayudándose de los planos de Autocad que se encontraban disponibles del proyecto.

Se creó un nuevo proyecto, pero esta vez partiendo de una plantilla estructural para realizar toda la parte de estructuras del edificio, esto se hizo con ayuda de las herramientas del programa, además de vincular los planos estructurales al proyecto también se pudo vincular el modelo en Revit de la parte arquitectónica ya elaborada anteriormente.

Con la herramienta colaborar del programa se copió todos los niveles y rejillas que se habían creado en el proyecto de arquitectura para poder seguir el mismo punto base de referencia y tener planos o modelos enlazados, evitando en lo posible variaciones que se presenten.

Se comenzó a realizar el modelado de la planta baja hasta la planta alta de la misma manera como se hizo en el modelo arquitectónico, pero con más complejidad debido a que se presentaron variaciones y desfases de los planos estructurales con los arquitectónicos.

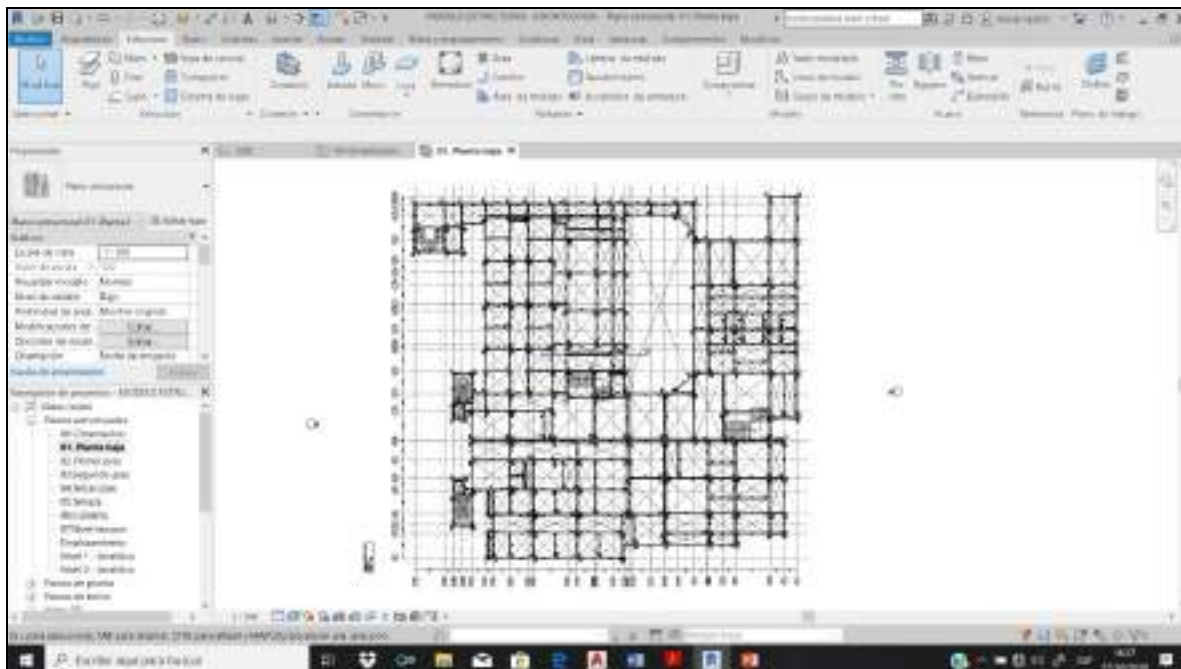


Figura 36: Revit- Importación de plano de Vigas de sobre cimientos

Fuente: Elaboración Propia

Se copió las columnas del modelo arquitectónico para poder seguir el mismo eje de referencia, donde a su vez se presentó variaciones entre los planos como se puede apreciar en la siguiente figura:

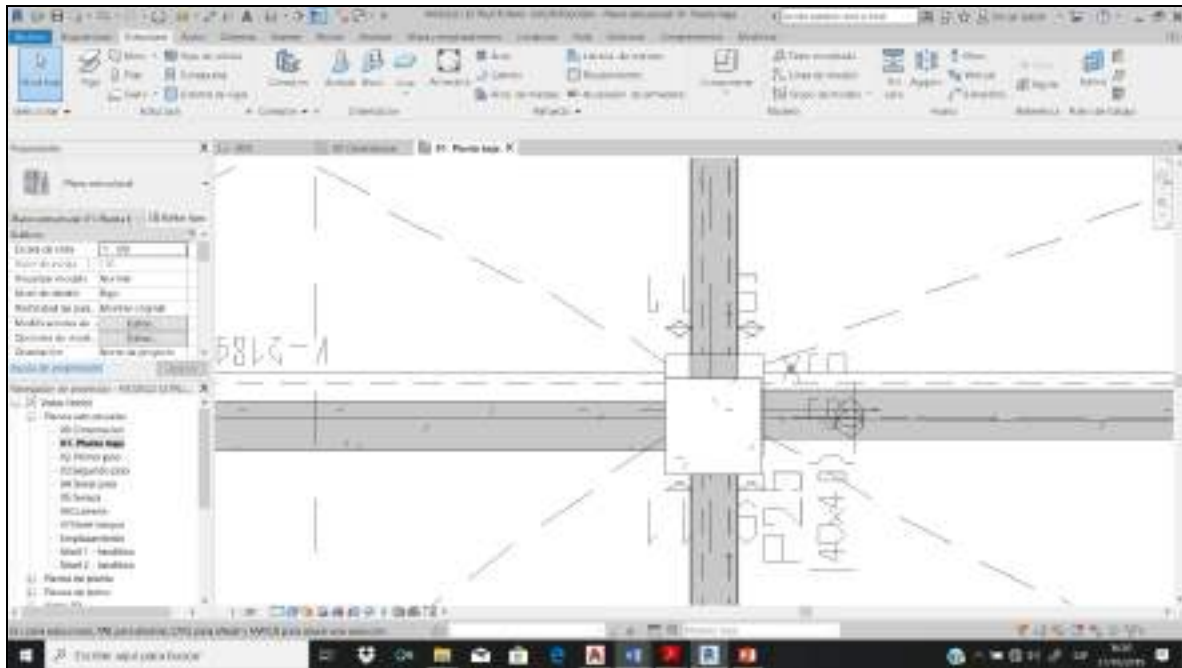


Figura 37: Revit- Desfase entre planos arquitectónicos y estructurales

Fuente: Elaboración Propia

Aquí se demostró el desfase del plano estructural con el del plano arquitectónico, para lo cual se tuvo que acoplar a las columnas ya creadas anteriormente y así poder evitar conflictos siguientes que puedan ocurrir en el proceso de modelado.

Con la ayuda de los planos estructurales se realizó el modelado de las vigas respetando todas las secciones que se habían planteado en el diseño, así también como de las columnas y losas del proyecto para todos los niveles comenzando del nivel de cimentación hasta el último piso.

Se puede apreciar en la siguiente figura como se va modelando las columnas.

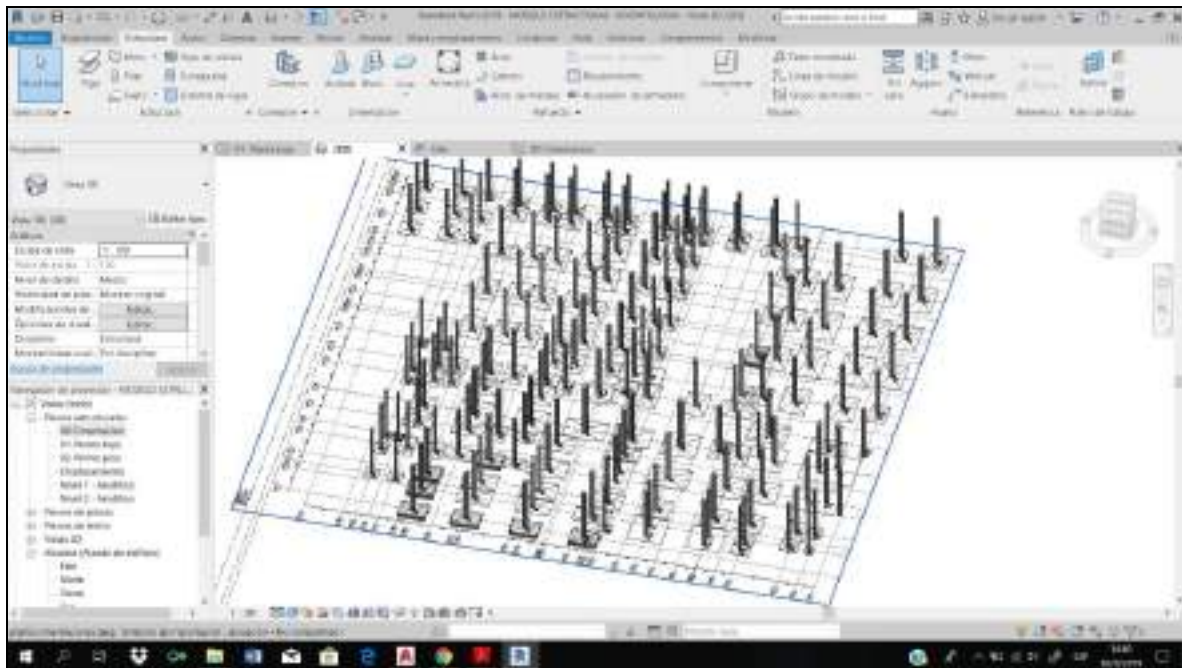


Figura 38: Revit- Vista 3D de alzado de pilares estructurales

Fuente: Elaboración Propia

Se siguió el mismo procedimiento para todos los niveles

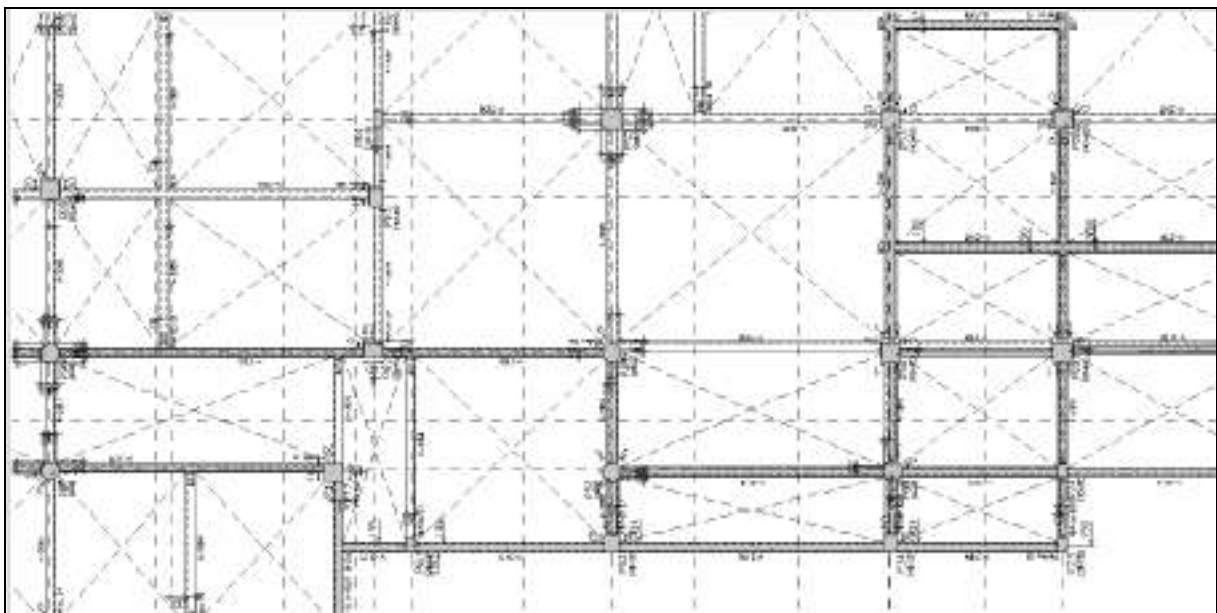


Figura 39: Revit - Elaboración de planos de vigas de cimentación

Fuente: Elaboración propia

Se pudo apreciar del mismo modo los elementos estructurales como ser vigas de cimentación en vistas 3D, para realizar un mejor modelado de estructuras.

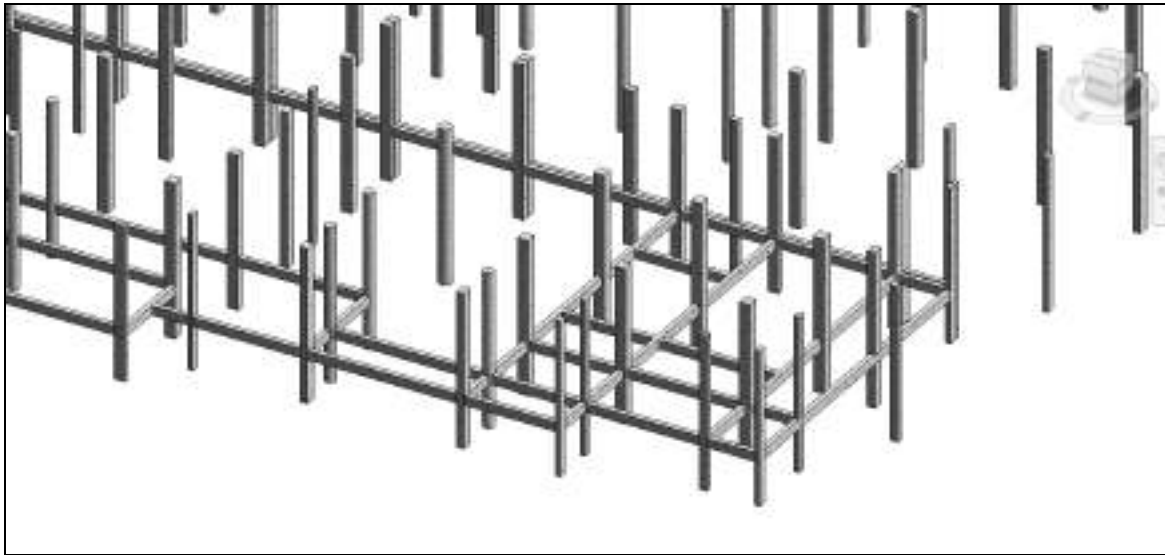


Figura 40: Revit -Vista 3D modelado de columnas y vigas de cimentación

Fuente: Elaboración propia

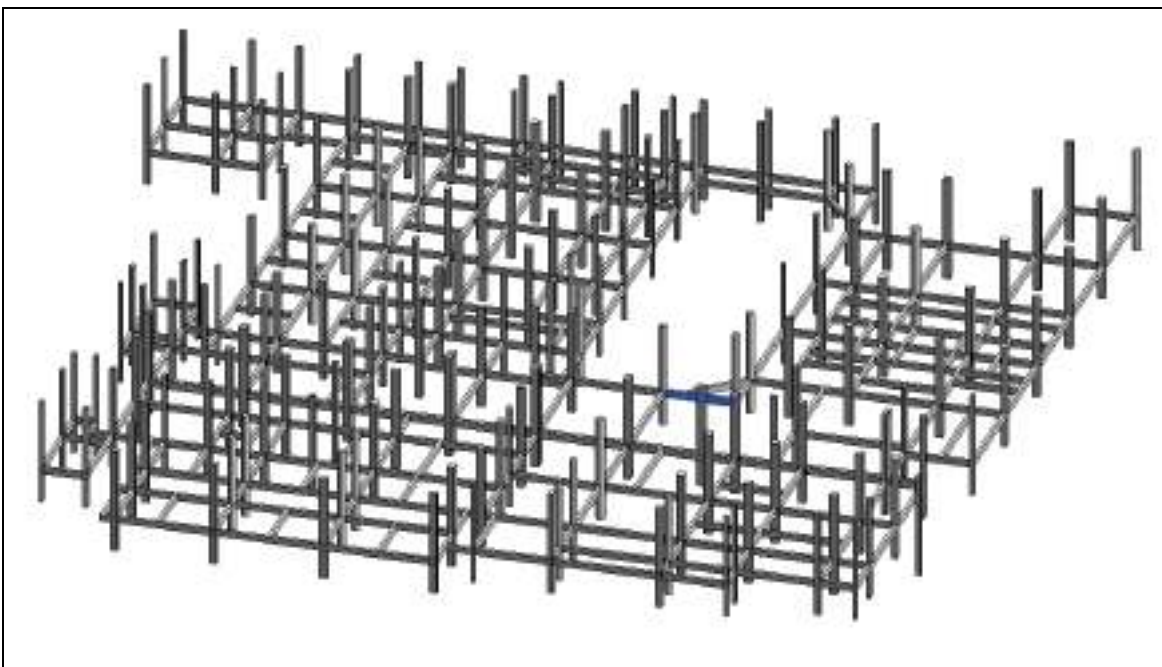


Figura 41: Revit -Vista 3D modelado de columnas y vigas de cimentación de la planta baja

Fuente: Elaboración propia

Se siguió el mismo procedimiento hasta completar todo el nivel de planta baja.

Después se comenzó con el primer piso de la estructura para colocar las vigas correspondientes, siguiendo sus respectivas secciones de cada una de acuerdo a los planos estructurales establecidos.

También se dispuso un sistema de vigas representando las viguetas de acuerdo a los planos para la elaboración de las losas alivianadas.

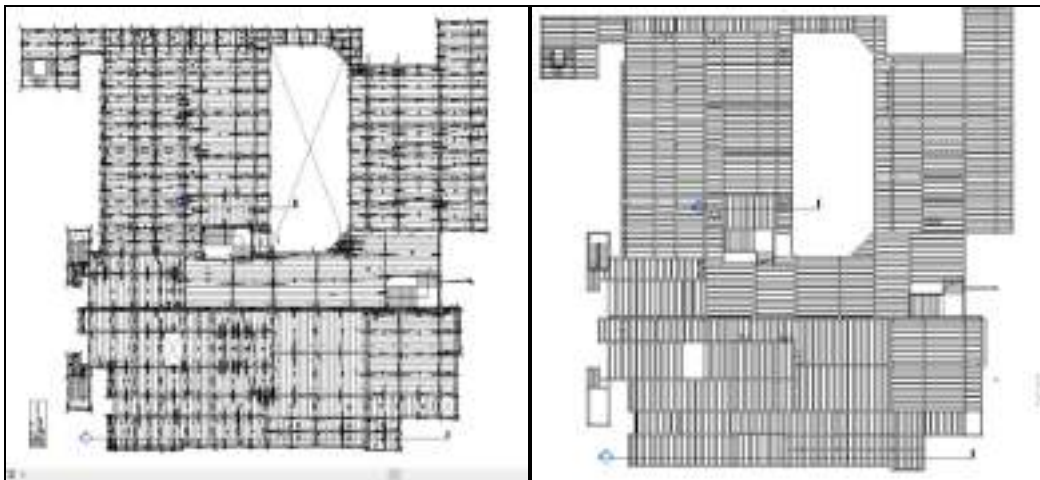


Figura 42: Autodesk Revit – Generación de planos estructurales en planta

Fuente: Elaboración propia

Se pudo apreciar en la anterior figura, a la izquierda el plano de vigas del primer piso correspondiente a los planos estructurales y a la derecha el plano que se fue formando en Revit en base al plano anterior mencionado, siguiendo las respectivas distancias y secciones de cada viga.

Después de terminado el nivel, se puede verificar mediante la vista 3D como se va modelando el edificio.

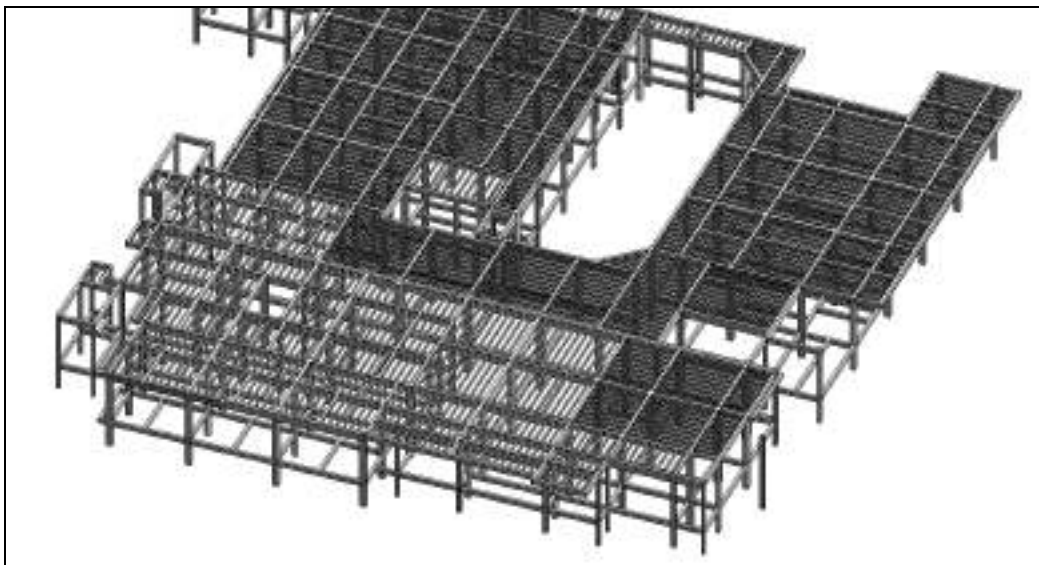


Figura 43: Revit -Vista 3D modelado de columnas y vigas (Primer piso)

Fuente: Elaboración propia

Después de haber modelado toda la parte de vigas y el sistema de vigas que en este caso serían las viguetas, se colocó la capa de hormigón de espesor 5 cm el cual correspondía según el plano de losas.

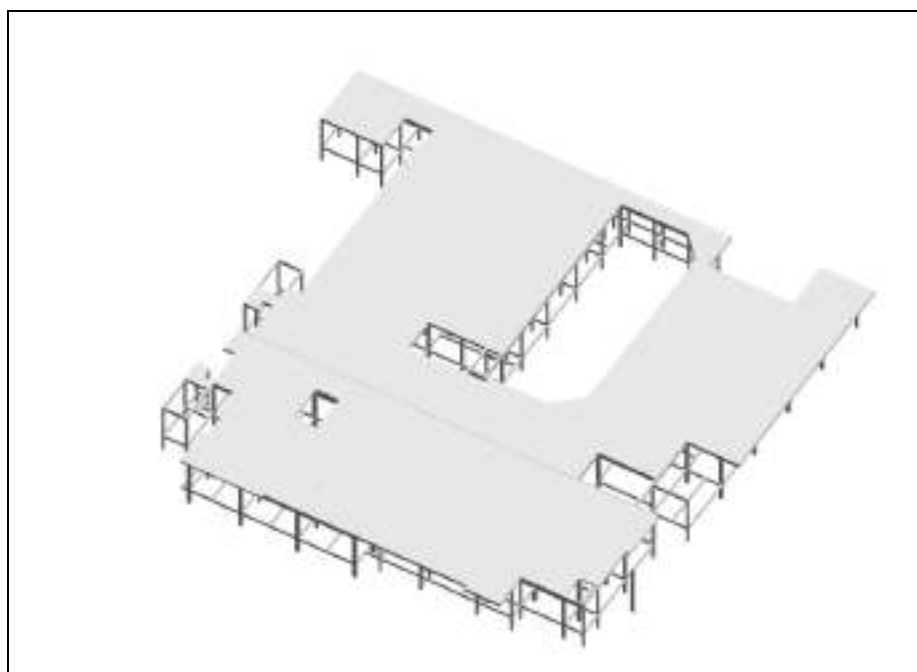


Figura 44: Revit -Vista 3D Modelado de sistema de losa aliviana (Primer piso)

Fuente: Elaboración propia

De esta manera ayudándose con los planos estructurales y con el modelo arquitectónico del edificio elaborado en Revit anteriormente, se pudo vincular ambos archivos y se modeló toda la parte de estructuras para cada nivel, siguiendo el mismo procedimiento hecho en el modelo arquitectónico, ya que esa es la manera adecuada de elaborar un modelo BIM.

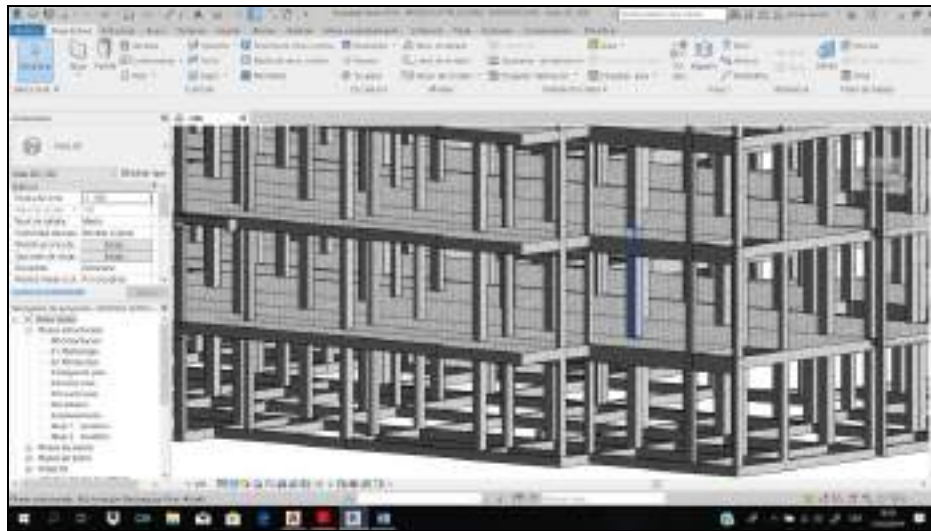


Figura 45: Autodesk Revit -Vista 3D Modelado estructural de Columnas, vigas y losas

Fuente: Elaboración propia

Se fue apreciando como quedaba el proyecto de estructuras, solucionando en lo posible los inconvenientes que se presentaban con los planos de Autocad.

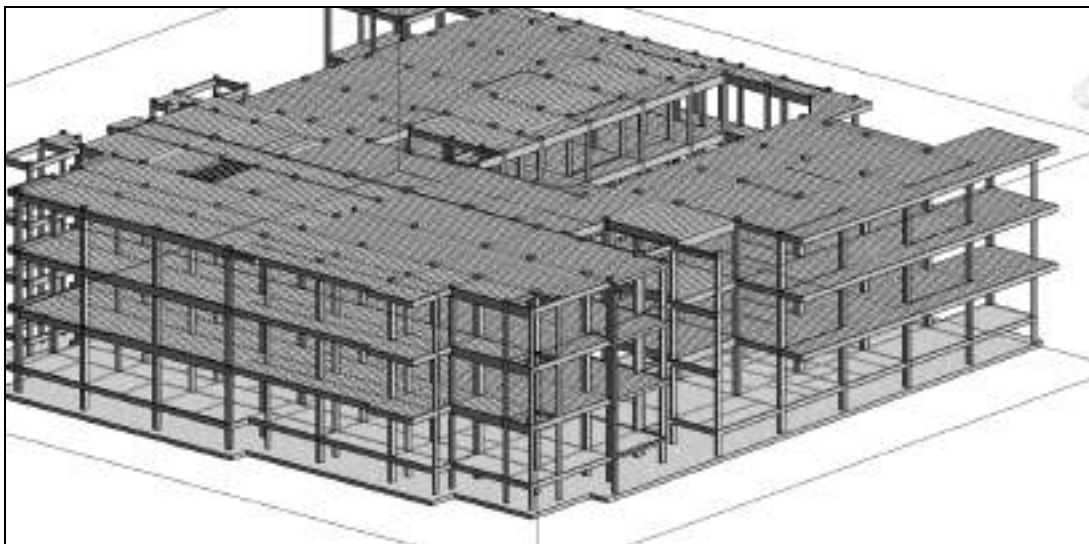


Figura 46: Autodesk Revit -Vista 3D Modelo estructural del edificio hasta último piso.

Fuente: Elaboración propia

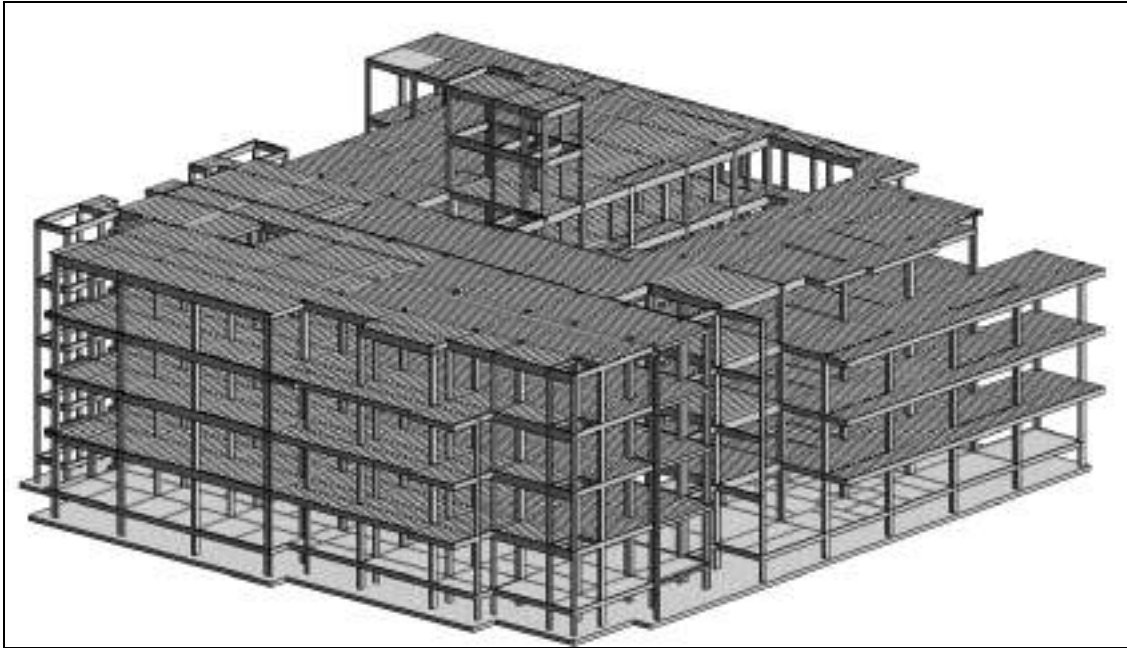


Figura 47: Autodesk Revit - Modelado de estructuras del edificio completo

Fuente: Elaboración propia

Una vez terminado todo el modelo de estructuras este se guardó como un proyecto aparte, ya que por su plantilla especificada solo corresponde a modelar elementos estructurales.

.

3.3.3 Modelo de Instalaciones Hidrosanitarias

Para la realización de las instalaciones sanitarias se siguió el mismo procedimiento como se hizo con el modelo de estructuras, se inició un nuevo proyecto partiendo de una plantilla de fontanería o sanitaria, se vinculó el modelo de arquitectura para poder copiar los niveles y además tener una referencia para el colocado de las tuberías cumpliendo las condiciones de los planos y adecuándose a la normativa, ya que por la falta de información en los planos sanitarios se realizó el modelo siguiendo los criterios y recomendaciones del Reglamento Nacional de Instalaciones Domiciliarias.

En esta parte, el modelado de las instalaciones hidrosanitarias tuvo mayor complejidad que la de los otros modelos, debido a la gran cantidad de artefactos y elementos hidrosanitarios que se presentaron en los planos de diseño y que también se tuvo dificultades a la hora de querer seguir el trazo correspondiente a cada plano.

Para comenzar el modelado, primeramente, se estableció los niveles del proyecto, se crearon los planos de planta y se vincularon los planos de Autocad de la parte sanitaria a cada nivel correspondiente.

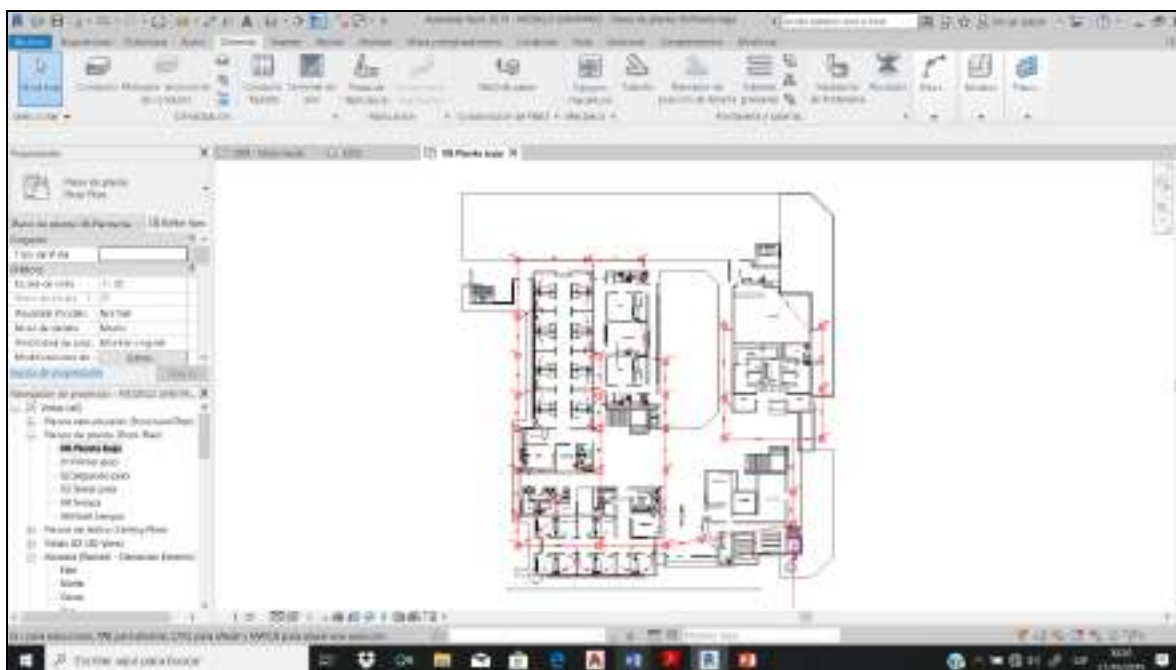


Figura 48: Importación del plano CAD de instalación sanitaria -Planta Baja

Fuente: Elaboración propia

Se procuró seguir siempre el trazo establecido por el plano, pero con inconvenientes de que las uniones no cumplieran con los ángulos de las líneas de emplazamiento de los planos de diseño, por lo que se tuvo que realizar ligeros cambios al momento de modelar las tuberías, pero siempre respetando en lo posible las líneas de referencia de estas.

Se procedió a crear los artefactos sanitarios ubicándolos según el plano como ser: inodoros, lavanderías, sumideros, lavamanos, aparatos de cada consultorio, así también como sus lavados de cada uno.

Al crear los artefactos desde una plantilla MEP, estos tienen características diferentes al de los arquitectónicos, ya que estos cuentan con conexiones para tuberías lo cual no sucede en los artefactos arquitectónicos ya que esos solo son para simple visualización del modelo.

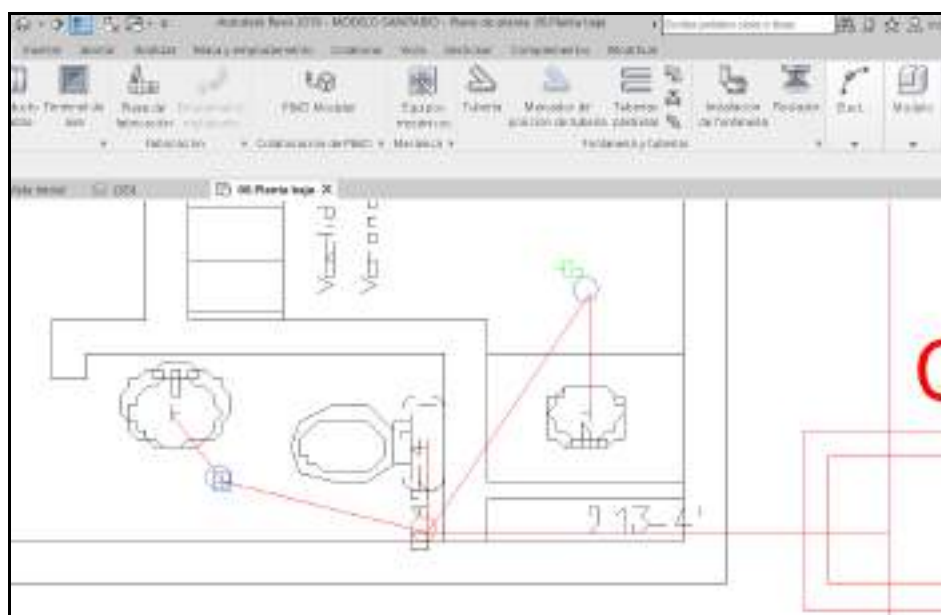


Figura 49: Esquema de aparatos sanitarios según plano de instalaciones

Fuente:Elaboracion Propia

Una vez creados los artefactos se comenzó a trazar las tuberías de desagüe siguiendo el criterio del plano y respetando el diámetro y pendiente de cada una.

Con ayuda del vínculo del modelo de arquitectura y los planos importados de Autocad, se comenzó a realizar el modelado de los elementos de alcantarillado sanitario, partiendo de la planta baja siguiendo el trazo del plano de diseño.

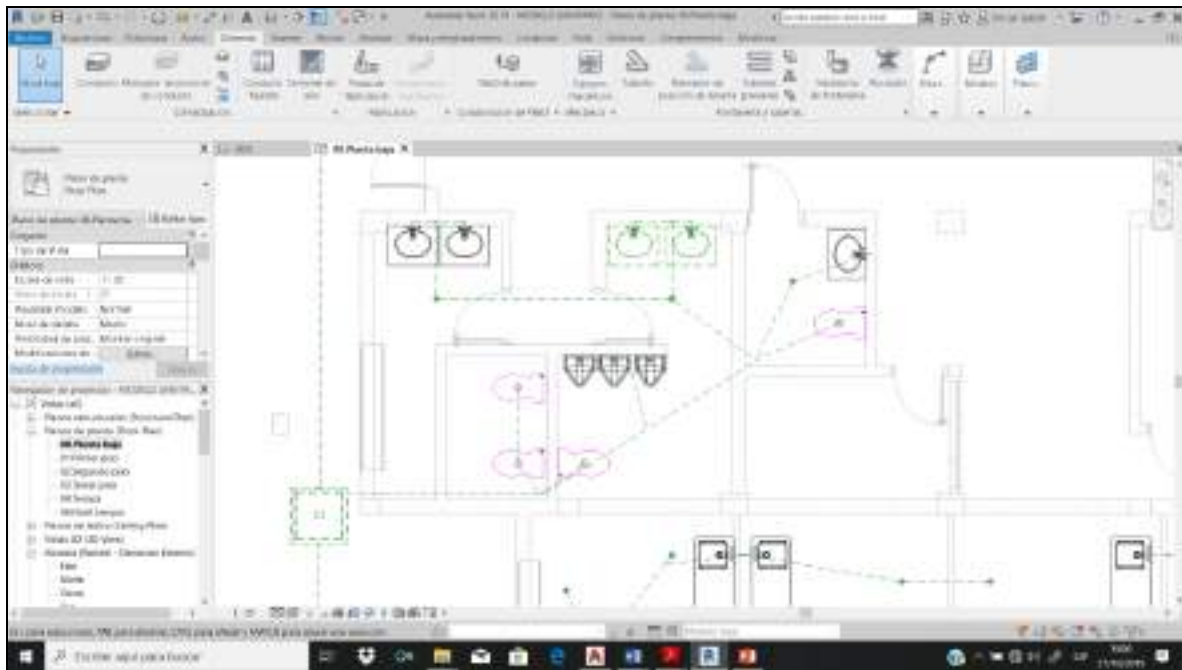


Figura 50: Colocación de artefactos sanitarios según el plano de Autocad y modelado de tuberías Sanitarias

Fuente: Elaboración propia

Se hizo el modelado de todas las tuberías y artefactos de la planta baja



Figura 51: Modelado de instalaciones Sanitarias (Planta Baja), vista en planta.

Fuente: Elaboración Propia

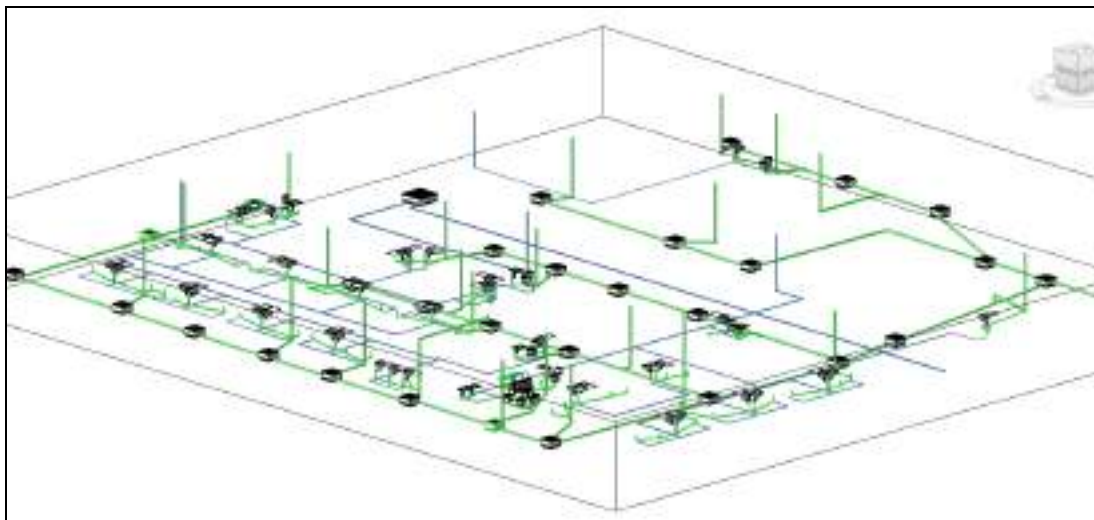


Figura 52: Modelado de instalaciones Sanitarias (Planta Baja), vista en 3D.

Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera se hizo el modelado de todas las tuberías para los niveles correspondientes tomando en cuenta la posición de las bajantes sanitarias y la ventilación.

Con ayuda de la herramienta de sección se modelo las bajantes y tuberías de ventilación, ya que esta nos proporciona una vista de corte en la ubicación respectiva.

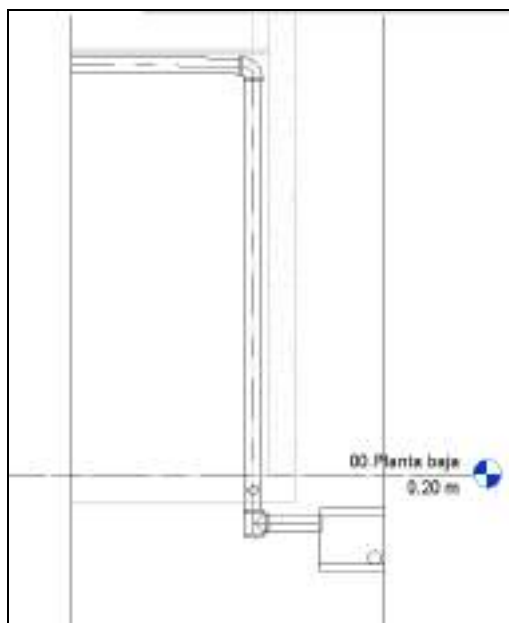


Figura 53: Modelado de instalaciones Sanitarias (Bajante sanitaria desde el primer piso), vista en corte.

Fuente: Elaboración Propia

A su vez también se importó el plano de instalación de agua potable desde Autocad, para poder trazar las tuberías con sus respectivos diámetros según el plano.



Figura 54: Importación de plano CAD de instalación de agua potable (Planta baja)

Fuente: Elaboración Propia

Sobre este plano se comenzó a dibujar las tuberías de agua potable.

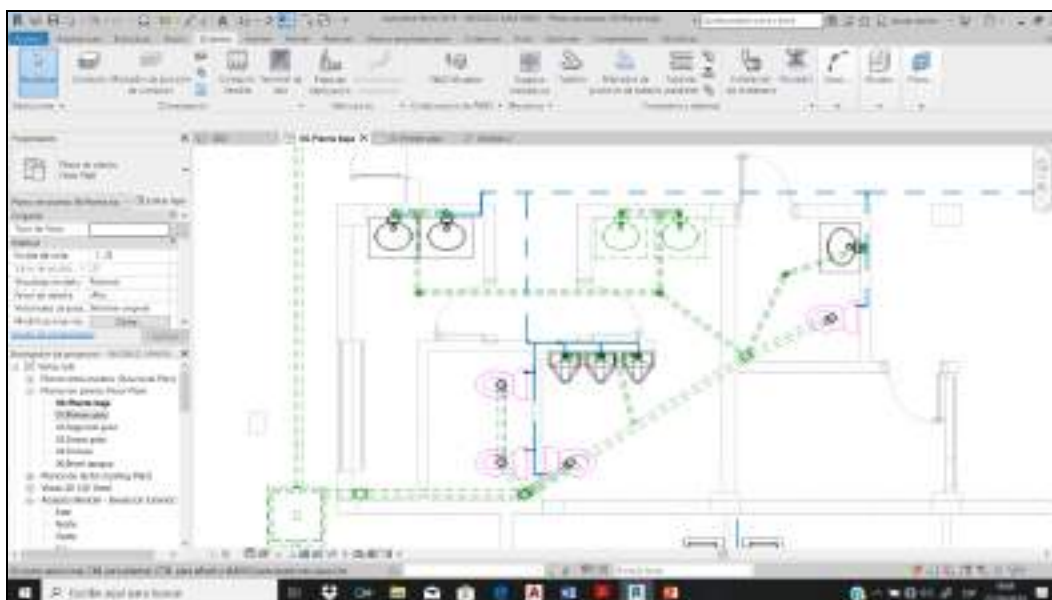


Figura 55: Modelado de tuberías de instalación de agua potable (Vista en planta)

Fuente: Elaboración Propia

Se identificó cada tipo de sistema con un color como ser agua potable de color celeste.

Este mismo procedimiento se usó para modelar el resto de los niveles del edificio siguiendo los planos de diseño.

Se puede apreciar en la siguiente figura como se va modelando todos los elementos del proyecto referente a la parte Hidrosanitaria.

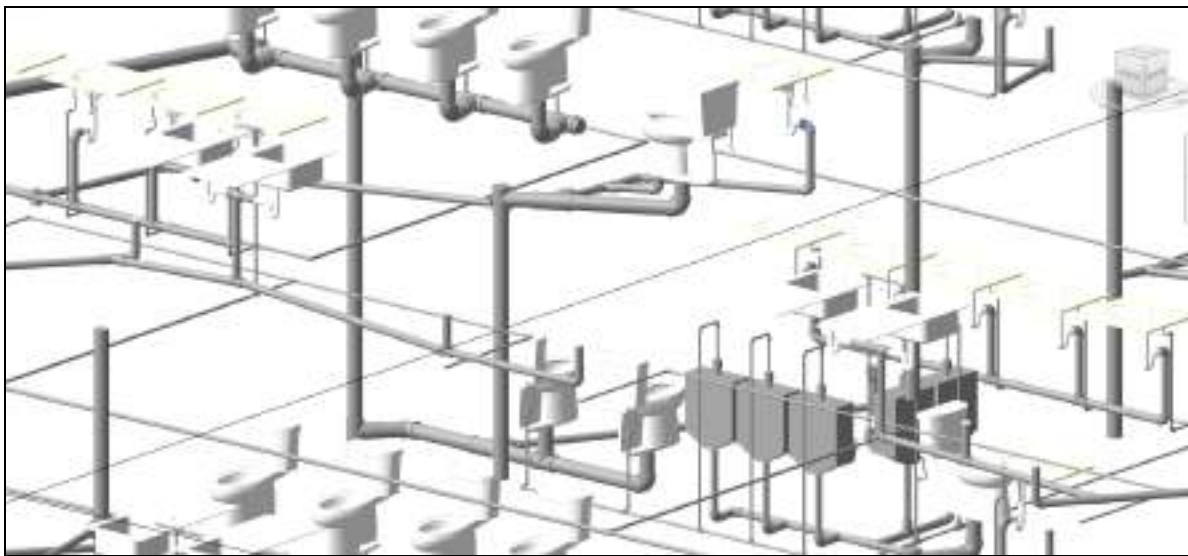


Figura 56: Modelado de Instalación Hidrosanitaria detallado (Vista en 3D)

Fuente: Elaboración propia

A su vez también se puede apreciar como se ve el modelo en 3D de todas las tuberías con sus respectivas conexiones a los aparatos sanitarios, de esta manera podemos verificar si nuestro modelo de instalaciones está siendo creado de manera correcta.

Se modelo todas las instalaciones piso por piso siguiendo los trazos de los planos de diseño.

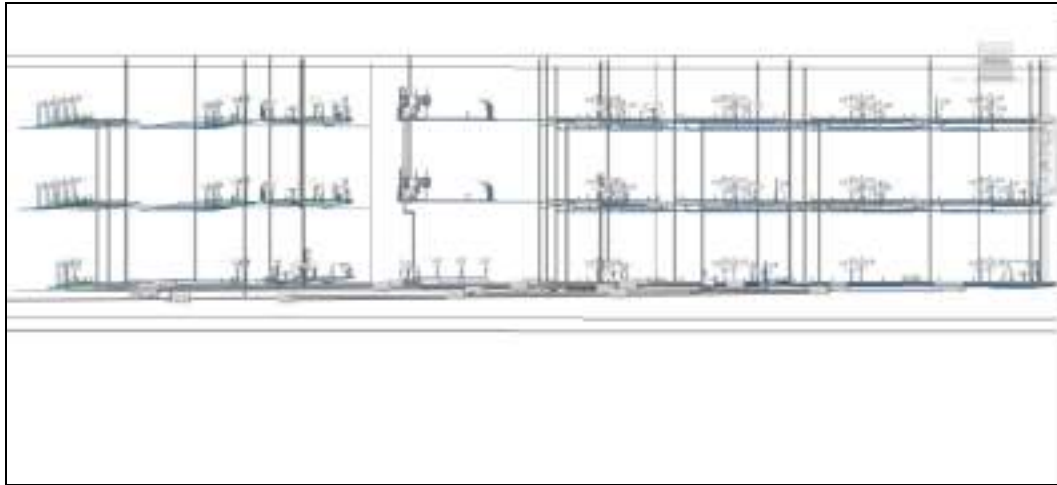


Figura 57: Modelado de Instalación hidrosanitaria del edificio de planta baja, primer y segundo piso (Vista en 3D)

Fuente: Elaboración propia

Debido a falta de información del proyecto referente a las instalaciones, se tuvo que modelar algunos elementos siguiendo los criterios técnicos correspondientes.

Del mismo modo con ayuda del plano en planta se modelo la instalación de agua caliente.

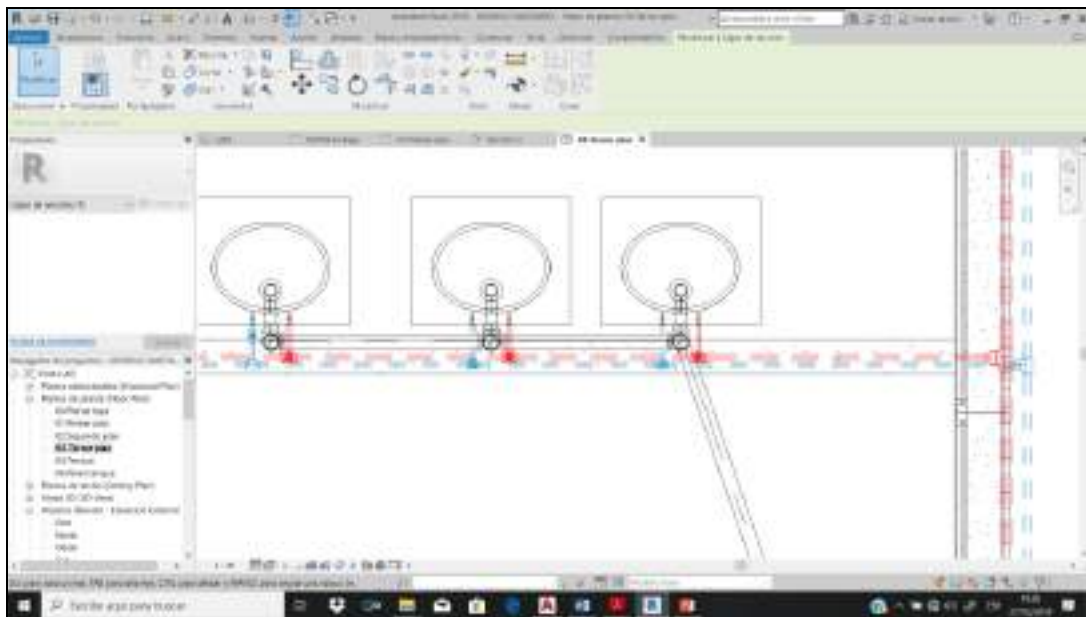


Figura 58: Modelado de tuberías de agua caliente a sus respectivos aparatos sanitarios.

Fuente: Elaboración Propia

Se puede apreciar el modelo BIM de las instalaciones hidrosanitarias de todo el proyecto en general, en la siguiente figura.

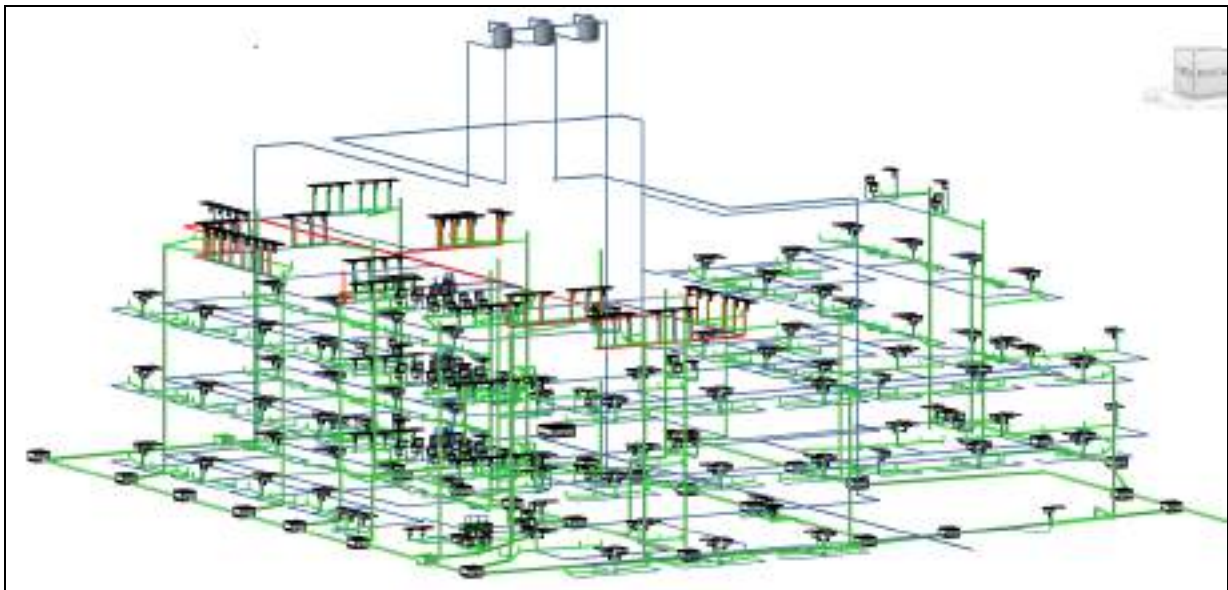


Figura 59: Modelo completo de las instalaciones hidrosanitarias de todo el edificio.

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4 Modelo de otras instalaciones

Debido al nivel de envergadura del proyecto se dispuso a modelar las demás instalaciones con un nivel de detalle menor ya que no se contaba con la información suficiente, pero tomando en cuenta los elementos más importantes que se necesitan para cumplir los alcances y objetivos de este trabajo de investigación.

Modelo de instalaciones eléctricas

Debido a la falta de información y por la gran envergadura del proyecto solo se dispuso a modelar lo que son las bandejas de cables eléctricos y las bandejas de telecomunicaciones que son los que principalmente tienen conflictos con las otras instalaciones.

Se puede apreciar en las siguientes imágenes como se fue modelando la instalación eléctrica de la misma manera como se hizo en los otros modelos.

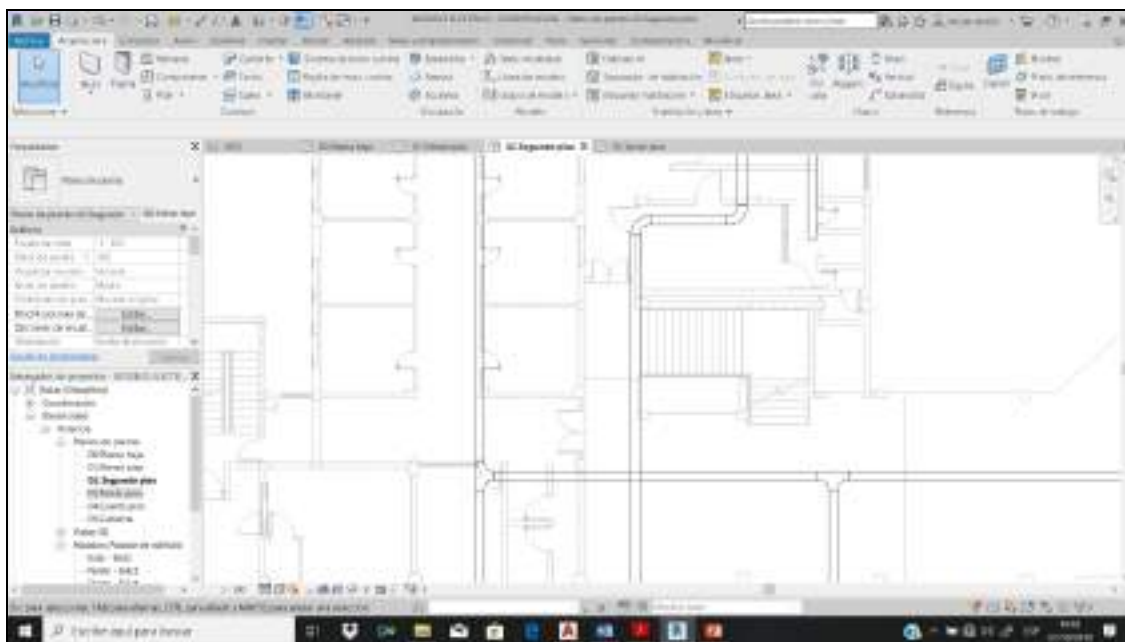


Figura 60: Modelado de Instalaciones eléctricas (Bandeja de Cables -Vista en Planta)

Fuente: Elaboración Propia

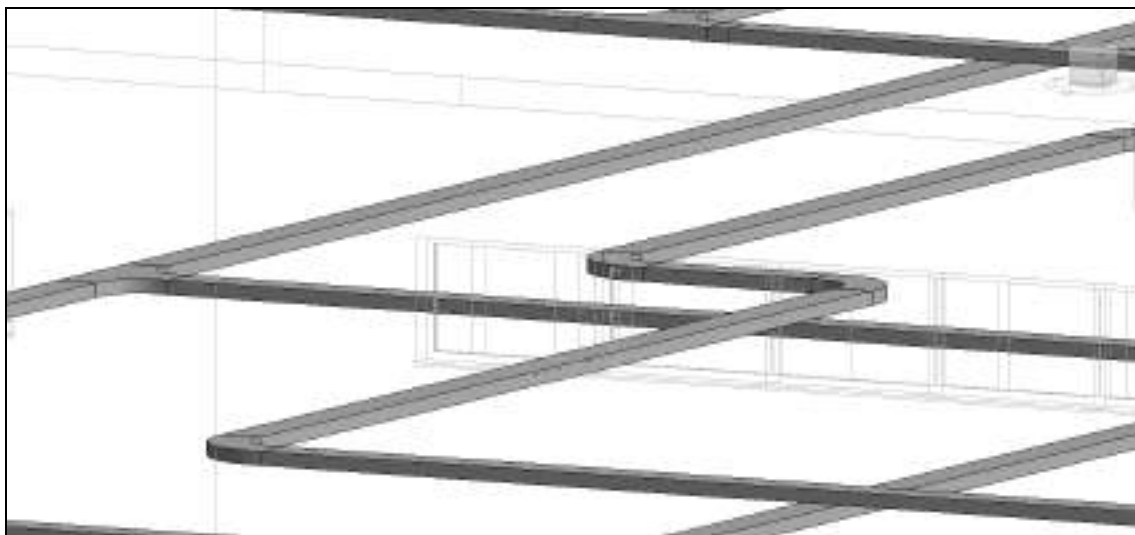


Figura 61: Modelado de Instalaciones eléctricas (Bandeja de Cables -Vista 3D)

Fuente: Elaboración Propia

Modelo de instalaciones mecánicas

Se realizó el modelado de los ductos de ventilación siguiendo el trazo que se hizo basado en una observación visual del lugar, debido a que no se presentaban planos de diseño de estos en el proyecto, pero si se encontraban planos para las tuberías de aire comprimido que se requerían para los asientos de cada consultorio, estos se modelaron siguiendo el mismo proceso que se hizo para las anteriores disciplinas.

Instalación de aire comprimido

Se importó el plano de Autocad en el nivel correspondiente y sobre este se comenzó a trazar las tuberías de aire comprimido tomando en cuenta el nivel de altura sobre el piso junto con los ductos de ventilación.

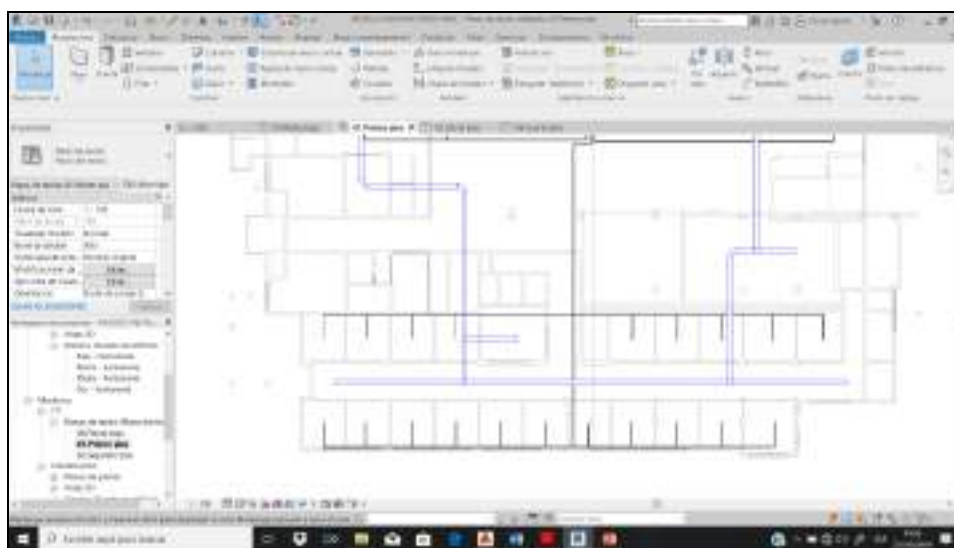


Figura 62: Modelado de Instalaciones mecánicas (Ductos de ventilación y aire comprimido -Vista en Planta)

Fuente: Elaboración Propia

Se puede apreciar el modelo de instalaciones de aire acondicionado y aire comprimido.

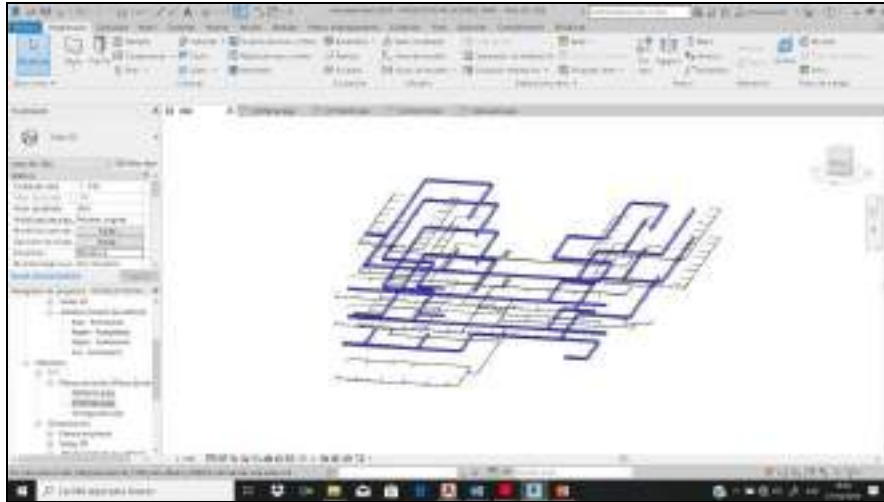


Figura 63: Modelado de Instalaciones mecánicas (Ductos de ventilación y aire comprimido -Vista 3D)

Fuente: Elaboración Propia

Cabe recalcar que esta edificación cuenta con diversos cambios que se hicieron a lo largo del proceso de construcción y que la información del proyecto no está elaborada completamente, ya que la mayoría de información que se pudo obtener se encontraba en documentos en formato PDF, que se descargó de la plataforma SICOES y que a su vez estos se encontraban con muchas carencias e incluso difícilmente de poder visualizar.

3.4 Resultados

3.4.1 Análisis de información BIM del proyecto

Después de haber realizado los modelos de las diferentes disciplinas del proyecto, podemos analizar esta información por ejemplo para poder cuantificar de manera más eficiente los volúmenes de obra, obtener documentación actualizada del proyecto, generar planos As Built, identificar interferencias o errores que se pudieron presentar en la parte de diseño y otras ventajas más que se pueden aplicar con el apoyo de equipos de profesionales capacitados en el área de diseño y construcción.

Para el desarrollo de este proyecto nos enfocamos más en la identificación de interferencias o incompatibilidades que se pueden presentar en el proyecto, ya que esta es una de las más

grandes ventajas que se tiene al trabajar con BIM, esto a su vez ayuda a la coordinación multidisciplinaria en grandes proyectos como es el del caso de estudio.

3.4.2 Comprobación de interferencias

Una vez elaborados los modelos en base a los planos de diseño de cada disciplina se puede con ayuda de las herramientas informáticas disponibles identificar cuáles fueron los errores o incompatibilidades que presenta el proyecto.

El programa Revit, así como otros programas que trabajan bajo un sistema BIM, tiene una herramienta que ayuda a identificar estas interferencias constructivas, para poder realizar este proceso de identificación primeramente se debe vincular todos los modelos de información generados por separado de cada disciplina como ser: arquitectura, estructura, sanitaria, eléctrica y mecánica.

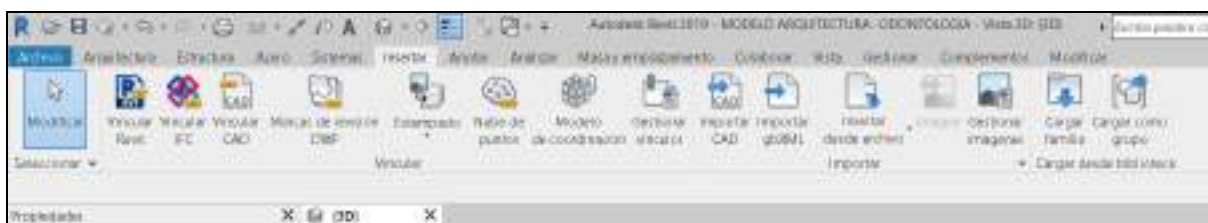


Figura 64: Autodesk Revit- Barra de herramientas de vínculos entre Software

Fuente: Autodesk Revit

Con las herramientas de colaboración, Revit puede vincular todos los proyectos que se hicieron para cada disciplina en un solo archivo, para posteriormente poder identificar errores de manera manual como se hizo a la hora de modelar el edificio ya que se encontró varias incompatibilidades que se presentaban en los planos, y también se puede realizar de manera automática con la herramienta de comprobación de interferencias que se muestra en la siguiente imagen.

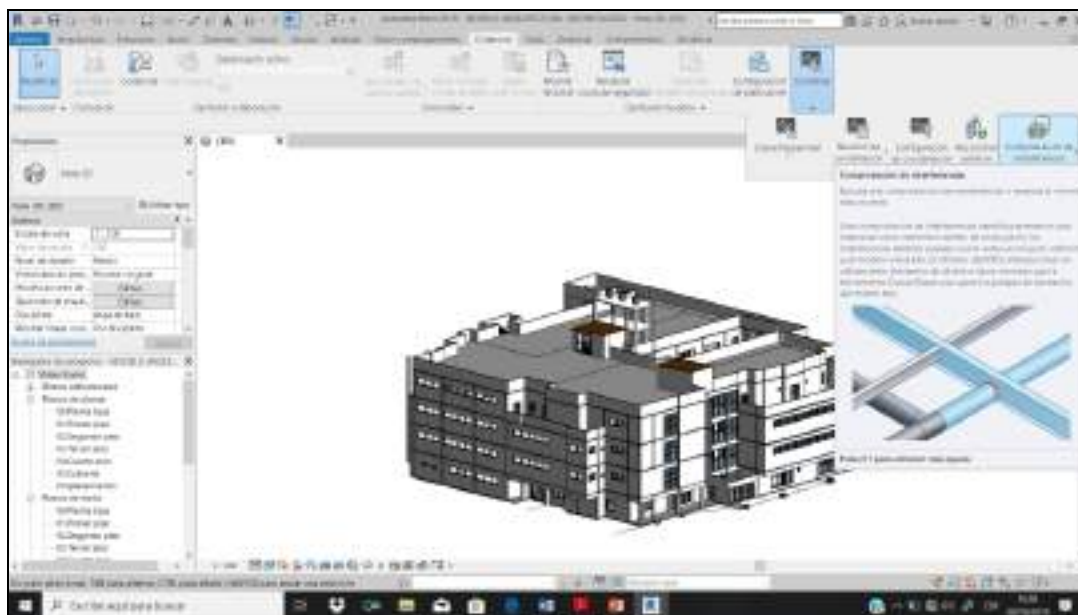


Figura 65: Herramientas de la ficha Colaborar del sistema (Comprobación de interferencias)

Fuente: Autodesk Revit

Para utilizar esta herramienta seleccionamos las disciplinas que queremos analizar, se debe configurar para tener una cuantificación de solo los elementos más relevantes o todos los elementos si es que es necesario, como por ejemplo el modelo de estructuras con el modelo de instalación eléctrica.

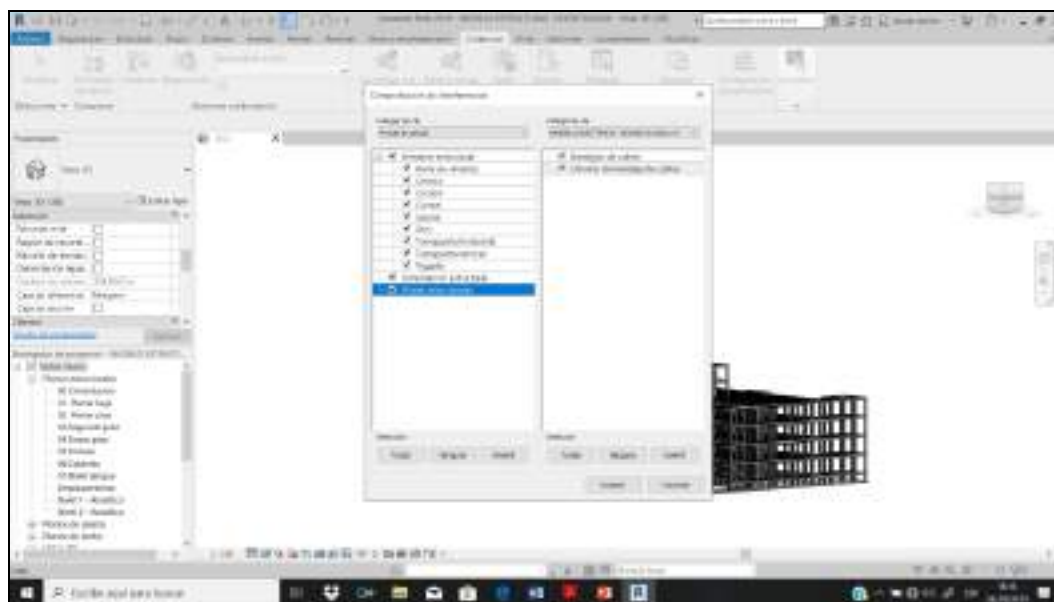


Figura 66: Configuración del sistema (Comprobación de interferencias)

Fuente: Autodesk Revit

Al realizar la comprobación de interferencias este genera un informe mostrando todas las interferencias que se presentan entre los elementos de cada modelo.

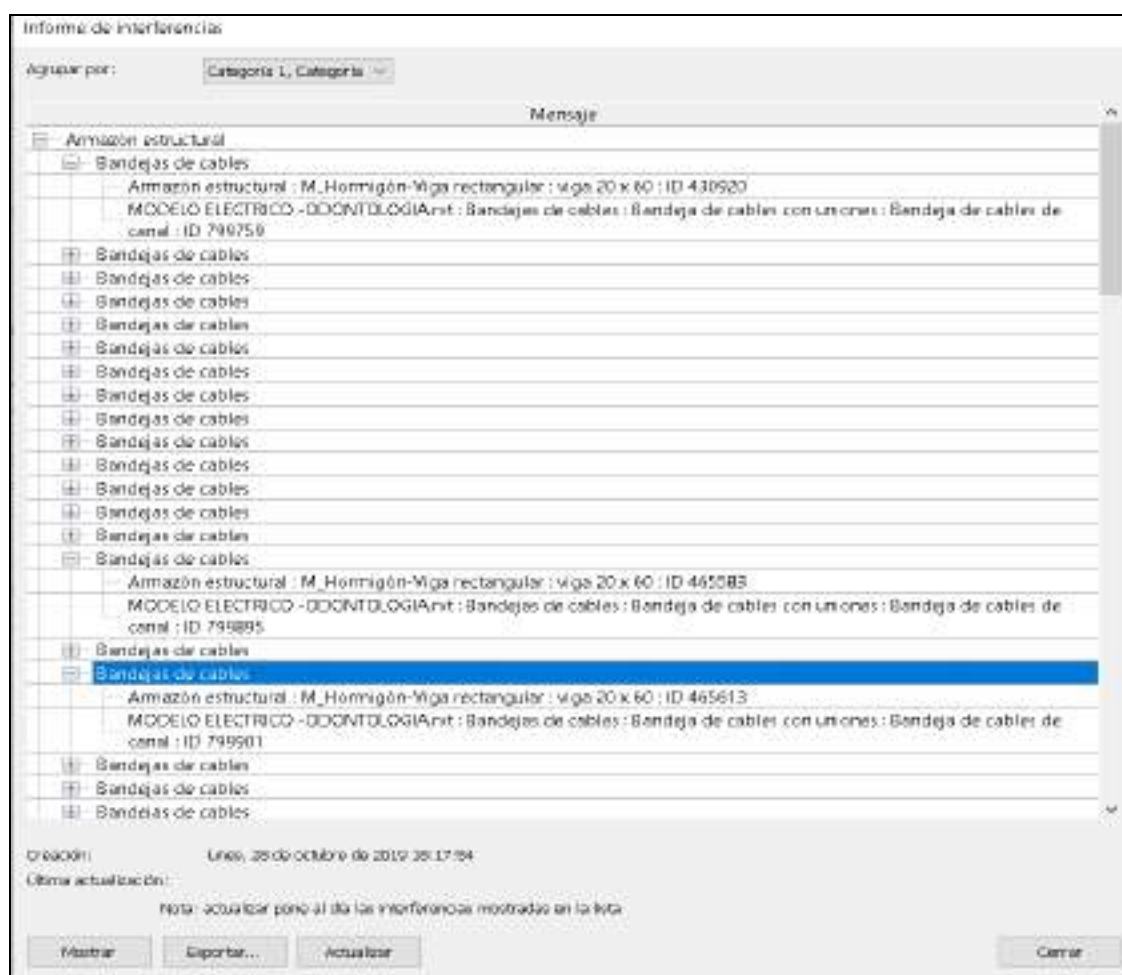


Figura 67: Informe de interferencias generado en Revit, disciplina (Estructuras – Inst. eléctrica)

Fuente: Elaboración propia

En este caso el de estructuras es el modelo base, donde se muestra que cada uno de sus elementos como ser el armazón estructural (vigas), la mayoría tiene choque con las bandejas de cables eléctricos, también se puede seleccionar cada una de las interferencias para poder verificar donde es la ubicación de esta y que elementos son los que interfieren, se muestran ejemplos de estos en las siguientes imágenes:

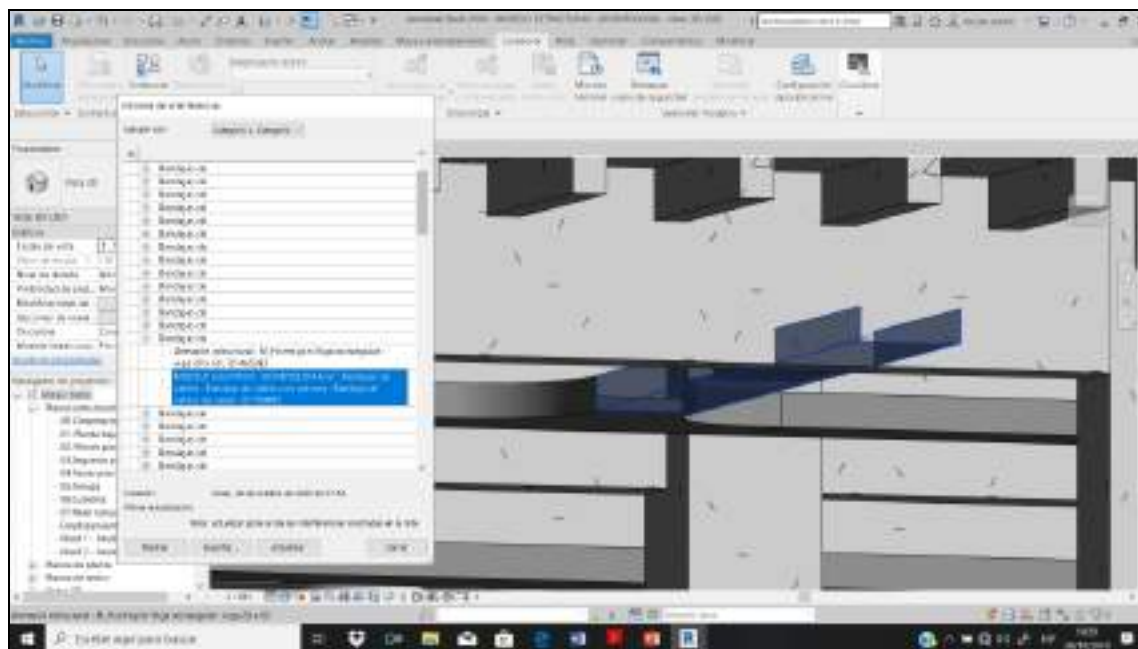


Figura 68: Ejemplo de interferencia entre modelo de estructuras con Inst. Eléctrica.

Fuente: Elaboración propia

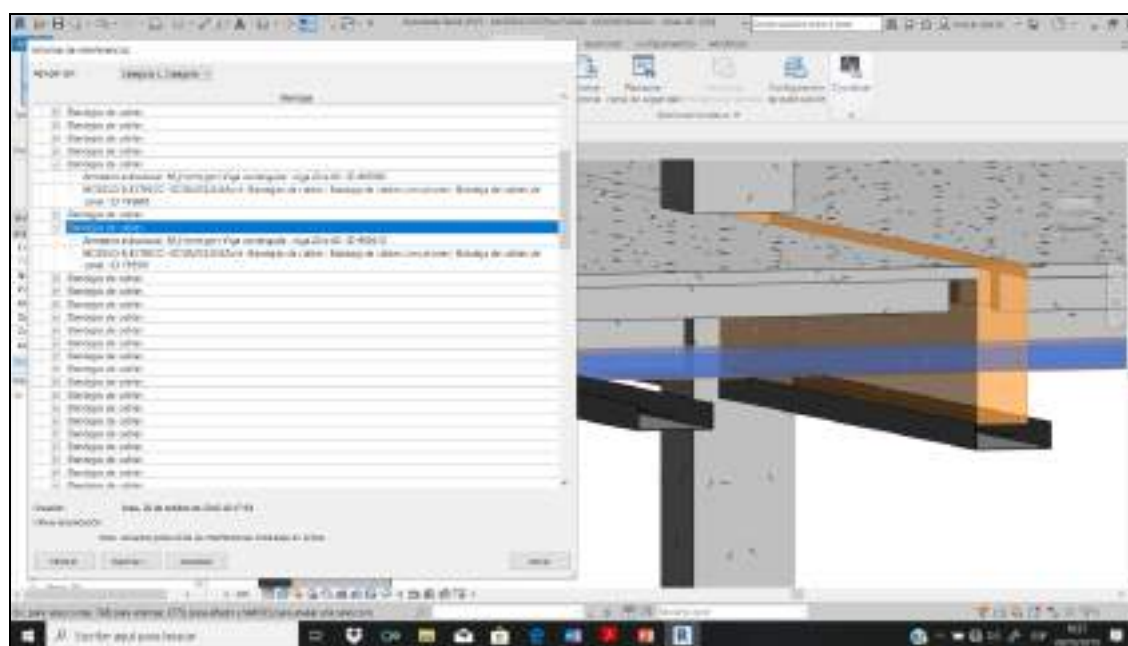


Figura 69: Ejemplo de interferencia entre modelo de estructuras con Inst. Eléctrica.

Fuente: Elaboración propia

También se puede exportar el informe para generar un reporte completo de las interferencias que tiene el proyecto según las disciplinas correspondientes.

Informe de interferencias			
Archivos de proyectos de informes de interferencias: C:\Users\JP\Desktop\Edición\edición\MODELO ESTRUCTURAS-ODONTOLÓGICA.rvt			
Creado en: 20 de octubre de 2019 10:38:31			
Última actualización:			
A	B		
1 Filasno estructurales M Homotipia Rectangular 20x40 ID 414765	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
2 Filasno estructurales M Homotipia Rectangular 20x40 ID 414766	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
3 Filasno estructurales M Homotipia Rectangular 20x40 ID 415116	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
4 Filasno estructurales M Homotipia Rectangular 20x40 ID 415476	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
5 Filasno estructurales M Homotipia Rectangular 20x40 ID 415487	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
6 Filasno estructurales M Homotipia Rectangular 20x40 ID 416076	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
7 Filasno estructurales Homotipia Redonda 20x40 ID 418749	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
8 Arco de estructura M Homotipia Vigas rectangulares vigas 20 x 40 ID 430918	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
9 Arco de estructura M Homotipia Vigas rectangulares vigas 20 x 40 ID 430919	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
10 Arco de estructura M Homotipia Vigas rectangulares vigas 20 x 40 ID 430920	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
11 Arco de estructura M Homotipia Vigas rectangulares vigas 20 x 40 ID 430921	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
12 Arco de estructura M Homotipia Vigas rectangulares vigas 20 x 40 ID 430922	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
13 Arco de estructura M Homotipia Vigas rectangulares vigas 20 x 40 ID 431811	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
14 Arco de estructura M Homotipia Vigas rectangulares vigas 20 x 40 ID 431812	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
15 Arco de estructura M Homotipia Vigas rectangulares vigas 20 x 40 ID 431813	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
16 Arco de estructura M Homotipia Vigas rectangulares vigas 20 x 40 ID 431814	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
17 Arco de estructura M Homotipia Vigas rectangulares vigas 20 x 40 ID 431815	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
18 Arco de estructura M Homotipia Vigas rectangulares vigas 20 x 40 ID 431816	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
19 Arco de estructura M Homotipia Vigas rectangulares vigas 20 x 40 ID 431817	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro
20 Arco de estructura M Homotipia Vigas rectangulares vigas 20 x 40 ID 431818	MODELO ELECTRICO-ODONTOLOGICA.rvt	Bandejas de cables	Bandejas de cables con un metro

Figura 70: Reporte de interferencias exportado desde el programa Revit 2019 (Modelo estructuras vs Inst. eléctrica)

Fuente: Elaboración propia

Este mismo procedimiento se realizó para calcular todas las interferencias que se generaron entre las diferentes disciplinas del proyecto.

Una vez teniendo el listado de todas las interferencias que se produjeron entre los modelos de las diferentes disciplinas, se procedió a confirmar cuáles de estas inconsistencias se presentaron al momento de construir. Para tener este control se realizó visitas a la obra para poder verificar con el ingeniero encargado cuales fueron los conflictos que se presentaron en su ejecución e identificando sus causas (por ejemplo, interferencias, incongruencias en los planos, cambios en la etapa de construcción, etc.). Las inconsistencias se registraron en una ficha en donde se especifican los datos necesarios para la posterior cuantificación de su impacto en el proyecto.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Interferencias entre modelos

Estas podrían decirse que son interferencias teóricas, ya que se encontraron con la herramienta “Colaborar” del programa Revit 2019 haciendo uso de los modelos creados para cada disciplina, esta comprobación se hizo siguiendo un proceso constructivo como se realiza por lo general en cualquier obra de edificación, tomando con mayor importancia el modelo estructural.

4.1.1 Interferencias entre el Modelo Estructural y Modelo Arquitectónico

Se realizó la comprobación de interferencias para estos dos modelos, configurando los elementos que queremos analizar, para que no aparezcan en el informe las interferencias menos relevantes, como por ejemplo los elementos de pilares estructurales ya que estos se modelaron en cada proyecto y no sería necesario que se cuantifiquen dos veces, debido a que cada uno esta superpuesto al otro.

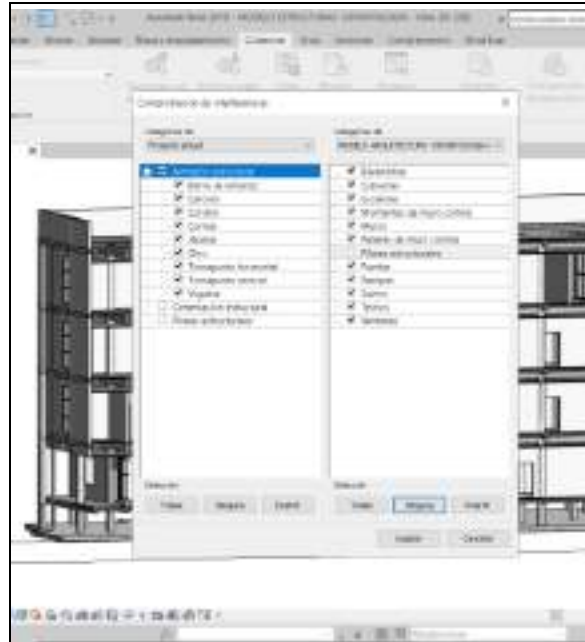


Figura 71: Configuración de la Comprobación de Interferencias (Modelo estructuras vs Arquitectura)

Fuente: Autodesk Revit

[illegible]

Fuente: Elaboración propia

Un problema que se presentó fue que algunas ventanas y muros cortinas sobrepasaban la altura del cielo falso, lo que nos hizo verificar que fue un desperdicio de material en algunas partes y que generó complicaciones a la hora de colocar las tuberías de las instalaciones.

81

planos estructurales por lo que se tuvo que realizar cambios en el desarrollo del modelado que hubieran podido afectar en la parte constructiva del proyecto.

4.1.2 Interferencias entre Modelo Estructural y Modelo Hidrosanitario.

Se realizó la comprobación de interferencias configurando solamente los elementos de vigas, columnas y losas, que son los que mayormente influyen a la hora de la colocación de los elementos sanitarios.

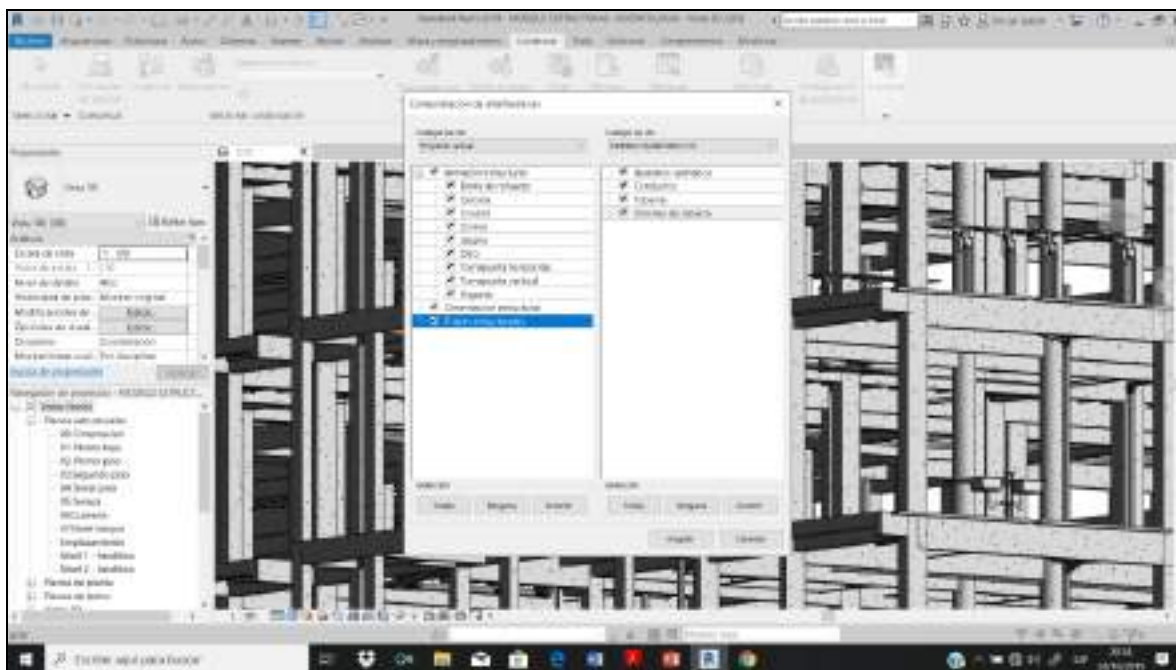


Figura 73: Configuración de la Comprobación de interferencias (Modelo estructuras vs Inst. hidrosanitaria)

Fuente: Autodesk Revit

Una vez configurado todos los elementos del modelo estructural y los elementos del modelo hidrosanitario como ser los artefactos sanitarios, tuberías, accesorios y otros elementos, se procedió a generar el informe de interferencias el cual después se exporto desde el programa para poder tener una cuantificación del mismo.

Informe de interferencias	
Archivo de proyecto de Informe de Interferencias: C:\Users\HP\Desktop\Edici3n tecnologica\MODELO BIM\MODELO ESTRUCTURAS -HIDROLOGIA.rvt	
Creado en: Inter, 26 de octubre de 2019 20:31:20	
Clases normalizadas:	
A	B
1 Vigas estructurales : M. Hormig3n-Rectangular-Plar : 30 x20 : ID 414399	MODELO SANTANDERO.rvt : Un3ones de tuber3a : T3o Roscado : PVC Clase 18 : ID 885098
2 Vigas estructurales : M. Hormig3n-Rectangular-Plar : 30 x20 : ID 414406	MODELO SANTANDERO.rvt : Un3ones de tuber3a : T3o Roscado : PVC Clase 18 : ID 885458
3 Vigas estructurales : M. Hormig3n-Rectangular-Plar : 30 x20 : ID 414593	MODELO SANTANDERO.rvt : Un3ones de tuber3a : T3o Roscado : PVC Clase 18 : ID 885768
4 Vigas estructurales : M. Hormig3n-Rectangular-Plar : 30 x20 : ID 414594	MODELO SANTANDERO.rvt : Tuber3as : Tipo de tuber3a : Tuber3a-PVC Clase 18 - 1/2" : ID 876606
5 Vigas estructurales : M. Hormig3n-Rectangular-Plar : 30 x20 : ID 414594	MODELO SANTANDERO.rvt : Tuber3as : Tipo de tuber3a : Tuber3a-PVC Clase 18 - 1/2" : ID 872196
6 Vigas estructurales : M. Hormig3n-Rectangular-Plar : 30 x20 : ID 414594	MODELO SANTANDERO.rvt : Un3ones de tuber3a : T3o Roscado : PVC Clase 18 : ID 872187
7 Vigas estructurales : M. Hormig3n-Rectangular-Plar : 30 x20 : ID 414594	MODELO SANTANDERO.rvt : Tuber3as : Tipo de tuber3a : Tuber3a-PVC Clase 18 - 1/2" : ID 872208
1851 Vigas estructurales : M. Hormig3n-Rectangular-Plar : 30 x40 cm : ID 535169	MODELO SANTANDERO.rvt : Un3ones de tuber3a : Codo Roscado : PVC Clase 18 : ID 925195
1852 Vigas estructurales : M. Hormig3n-Rectangular-Plar : 30 x40 cm : ID 535167	MODELO SANTANDERO.rvt : Tuber3as : Tipo de tuber3a : Tuber3a-PVC Clase 10 - 1/2" : ID 931855
1854 Vigas estructurales : M. Hormig3n-Rectangular-Plar : 30 x40 cm : ID 535169	MODELO SANTANDERO.rvt : Tuber3as : Tipo de tuber3a : Tuber3a-PVC Clase 10 - 1/2" : ID 935439
1855 Vigas estructurales : M. Hormig3n-Rectangular-Plar : 30 x40 cm : ID 535169	MODELO SANTANDERO.rvt : Tuber3as : Tipo de tuber3a : Tuber3a-PVC Clase 10 - 1/2" : ID 935447
1856 Vigas estructurales : M. Hormig3n-Rectangular-Plar : 30 x40 cm : ID 535169	MODELO SANTANDERO.rvt : Un3ones de tuber3a : Codo Roscado : PVC Clase 18 : ID 935468
1857 Vigas estructurales : M. Hormig3n-Rectangular-Plar : 40 x40 : ID 535187	MODELO SANTANDERO.rvt : Tuber3as : Tipo de tuber3a : Tuber3a-PVC Clase 10 - 1/2" : ID 932896
1858 Vigas estructurales : M. Hormig3n-Rectangular-Plar : 40 x40 : ID 535187	MODELO SANTANDERO.rvt : Un3ones de tuber3a : T3o Roscado : PVC Clase 10 : ID 932904
1859 Vigas estructurales : Hormig3n-Redondo-Plar : pilar di3metro 40 cm : ID 535228	MODELO SANTANDERO.rvt : Un3ones de tuber3a : T3o Roscado : PVC Clase 10 : ID 931138
Fin de Informe de Interferencias	

Figura 74: Reporte de interferencias exportado desde el programa Revit 2019 (Modelo estructuras vs Inst. hidrosanitaria)

Fuente: Elaboraci3n propia

Se puede ver en la anterior imagen el informe que el programa Revit genera sobre las interferencias que se presentan entre los dos modelos, dando como resultado un total de 1859 interferencias, donde se pudo evidenciar seg3n el reporte que los elementos con mayor incidencia fueron las vigas en un 85.6 % seguidamente de las columnas con un 14.3%.

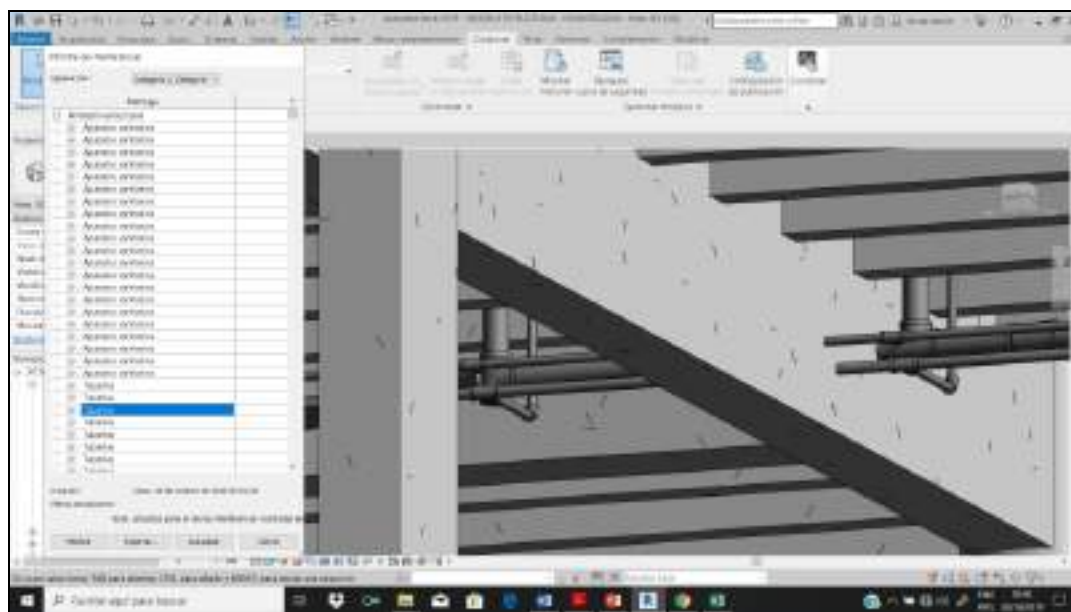


Figura 75: Ejemplo de interferencia entre modelo de estructuras con Inst. hidrosanitaria

Fuente: Elaboraci3n propia

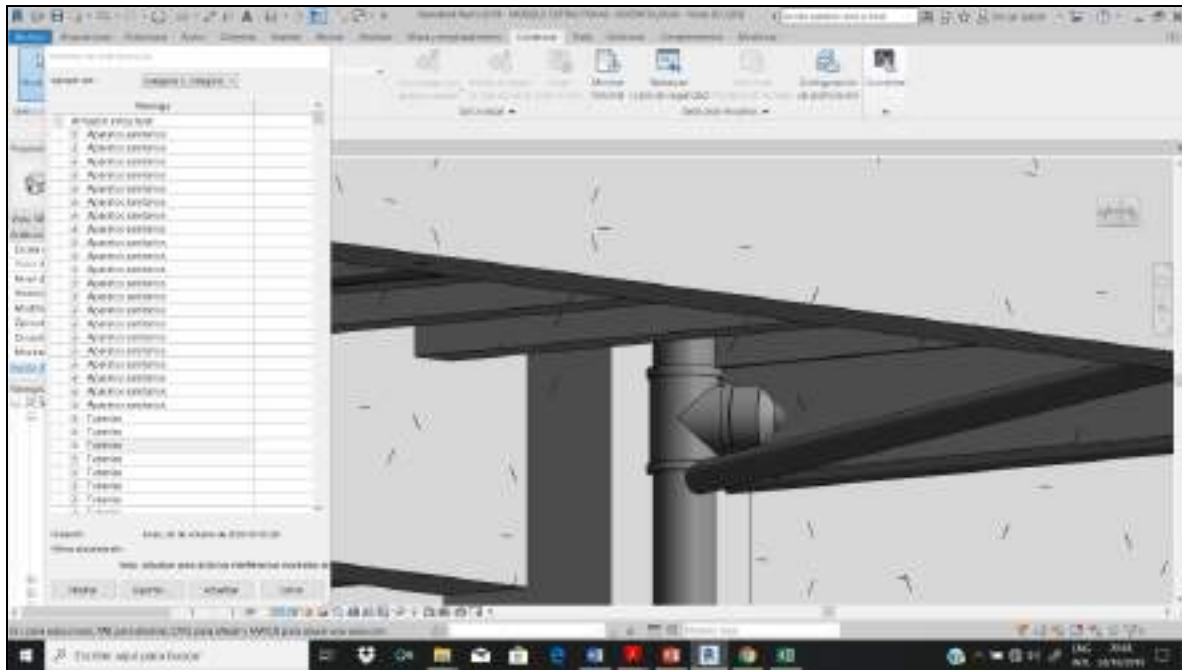


Figura 76: Ejemplo de interferencia entre modelo de estructuras con Inst. hidrosanitaria

Fuente: Elaboración propia

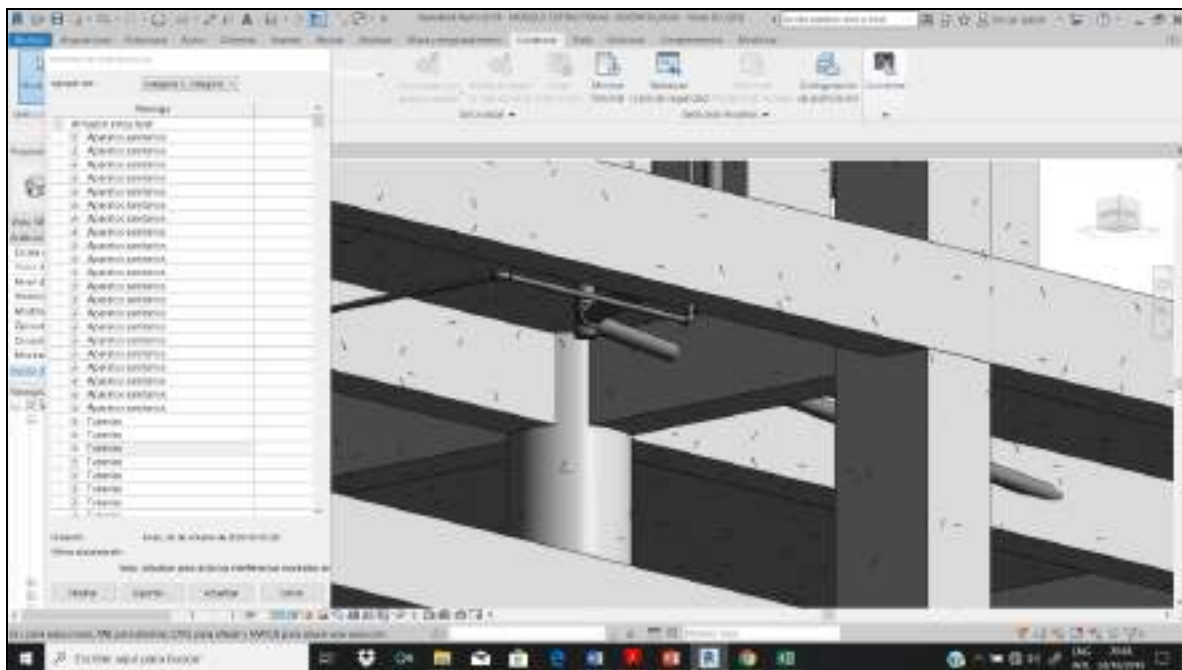


Figura 77: Ejemplo de interferencia entre modelo de estructuras con Inst. hidrosanitaria

Fuente: Elaboración propia

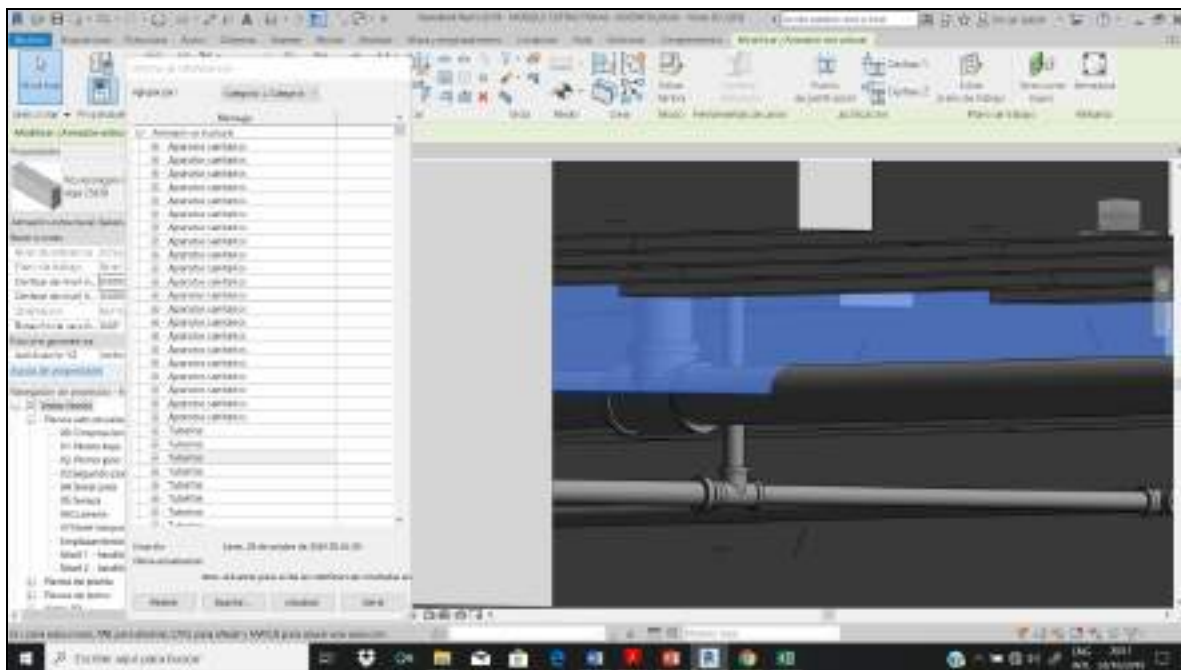


Figura 78: Ejemplo de interferencia entre modelo de estructuras con Inst. hidrosanitaria

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Interferencias entre el Modelo Estructural y Modelo Eléctrico

Se realizó la comprobación de interferencias configurando los elementos solo para las vigas y columnas con las bandejas de cables de las instalaciones eléctricas y las bandejas de telecomunicaciones.

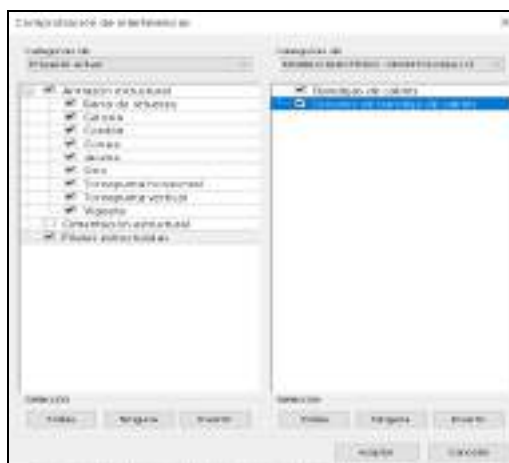


Figura 79: Configuración de la Comprobación de interferencias (Modelo estructuras vs Inst. eléctrica)

Fuente: Autodesk Revit

Se generó el informe de interferencias entre los elementos de ambos modelos.

Informe de interferencias			
Archivos de proyecto de informes de Interferencias: C:\Users\HP\Desktop\BIM a columnas\BIM\MODELO BIM\MODELO ESTRUCTURAL <DONTOLOGIA.rvt			
Creado: lunes, 18 de octubre de 2016 10:30:12			
Última actualización:			
A	B		
1 Pilares estructurales - M. Hormigón-Rectangular-Filar - 30 x40 cm - ID:414769	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:799566
2 Pilares estructurales - M. Hormigón-Rectangular-Filar - 30 x40 cm - ID:415068	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:799576
3 Pilares estructurales - M. Hormigón-Rectangular-Filar - 30 x40 cm - ID:415156	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:799618
4 Pilares estructurales - M. Hormigón-Rectangular-Filar - 40 x40 - ID:413476	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:799618
5 Pilares estructurales - M. Hormigón-Rectangular-Filar - 40 x40 - ID:413487	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:799618
6 Pilares estructurales - M. Hormigón-Rectangular-Filar - 40 x40 - ID:413658	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:799576
7 Pilares estructurales - Hormigón Rectangular-Filar - pilar cilíndrico 50 cm - ID:418740	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:799596
8 Armazón estructural - M. Hormigón-Viga rectangular - viga 18 x 60 - ID:430918	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:799518
9 Armazón estructural - M. Hormigón-Viga rectangular - viga 18 x 60 - ID:430922	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:799618
10 Armazón estructural - M. Hormigón-Viga rectangular - viga 18 x 60 - ID:430924	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:799576
11 Armazón estructural - M. Hormigón-Viga rectangular - viga 18 x 60 - ID:430924	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:799618
12 Armazón estructural - M. Hormigón-Viga rectangular - viga 18 x 60 - ID:430924	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:799618

33 Armazón estructural - M. Hormigón-Viga rectangular - viga 20 x 60 - ID:499609	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:000004
34 Armazón estructural - M. Hormigón-Viga rectangular - viga 20 x 60 - ID:499605	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:000012
35 Armazón estructural - M. Hormigón-Viga rectangular - viga 20 x 60 - ID:499605	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Uniones de bandeja de cables - M. Codo horizontal de canal - Borneos - ID:000017	
36 Armazón estructural - M. Hormigón-Viga rectangular - viga 20 x 60 - ID:499605	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Uniones de bandeja de cables - M. Vc horizontal de canal - Borneos 300 cm - ID:000017	
37 Armazón estructural - M. Hormigón-Viga rectangular - viga 20 x 60 - ID:499605	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:000079
38 Armazón estructural - M. Hormigón-Viga rectangular - viga 20 x 60 - ID:499679	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:000009
39 Armazón estructural - M. Hormigón-Viga rectangular - viga 20 x 60 - ID:499767	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:000019
40 Armazón estructural - M. Hormigón-Viga rectangular - viga 20 x 60 - ID:499768	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:000012
41 Armazón estructural - M. Hormigón-Viga rectangular - viga 20 x 60 - ID:499768	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Uniones de bandeja de cables - M. Codo horizontal de canal - Borneos - ID:000017	
42 Armazón estructural - M. Hormigón-Viga rectangular - viga 20 x 60 - ID:499768	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:000019
43 Armazón estructural - M. Hormigón-Viga rectangular - viga 20 x 60 - ID:499810	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Bandejas de cables	Bandeja de cables con anillos - Bandeja de cables de canal - ID:000012
44 Armazón estructural - M. Hormigón-Viga rectangular - viga 20 x 60 - ID:499810	MODELO ELECTRICO <DONTOLOGIA.rvt	Uniones de bandeja de cables - M. Codo horizontal de canal - Borneos - ID:000017	

Fila de informe de interferencias

Figura 80: Reporte de interferencias exportado desde el programa Revit 2019 (Modelo estructuras vs Inst. eléctrica)

Fuente: Elaboración propia

Una vez generado el reporte de interferencias entre el modelo de estructuras y el modelo de instalaciones eléctricas, se comprobó que existe un total de 94 interferencias donde pudimos evidenciar que el elemento que más incidencia tiene son las vigas que interfiere con las bandejas de cables eléctricos y las bandejas de telecomunicaciones en un 67.4 % y las columnas que interfieren con un 32.5 % , cabe recalcar que las bandejas de cables se hicieron siguiendo una trazo hecho a base de una observación visual, ya que no se contaba con la información suficiente en los planos de diseño.

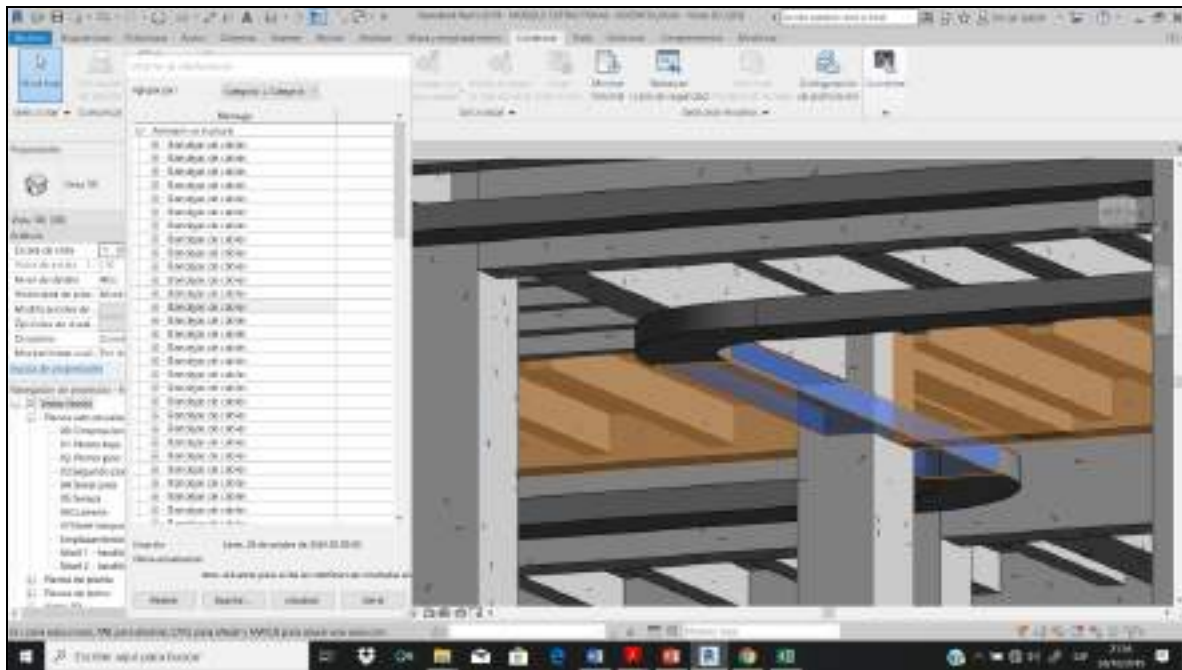


Figura 81: Ejemplo de interferencia entre modelo de estructuras con Inst. eléctrica

Fuente: Elaboración propia

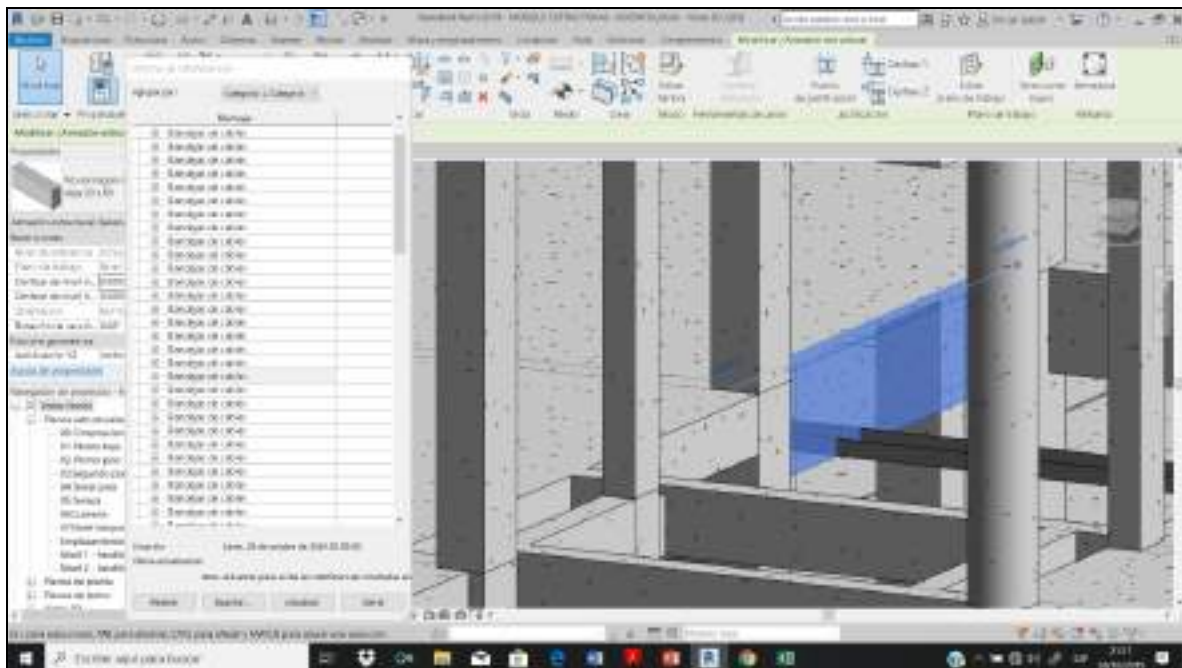


Figura 82: Ejemplo de interferencia entre modelo de estructuras con Inst. eléctrica

Fuente: Elaboración propia

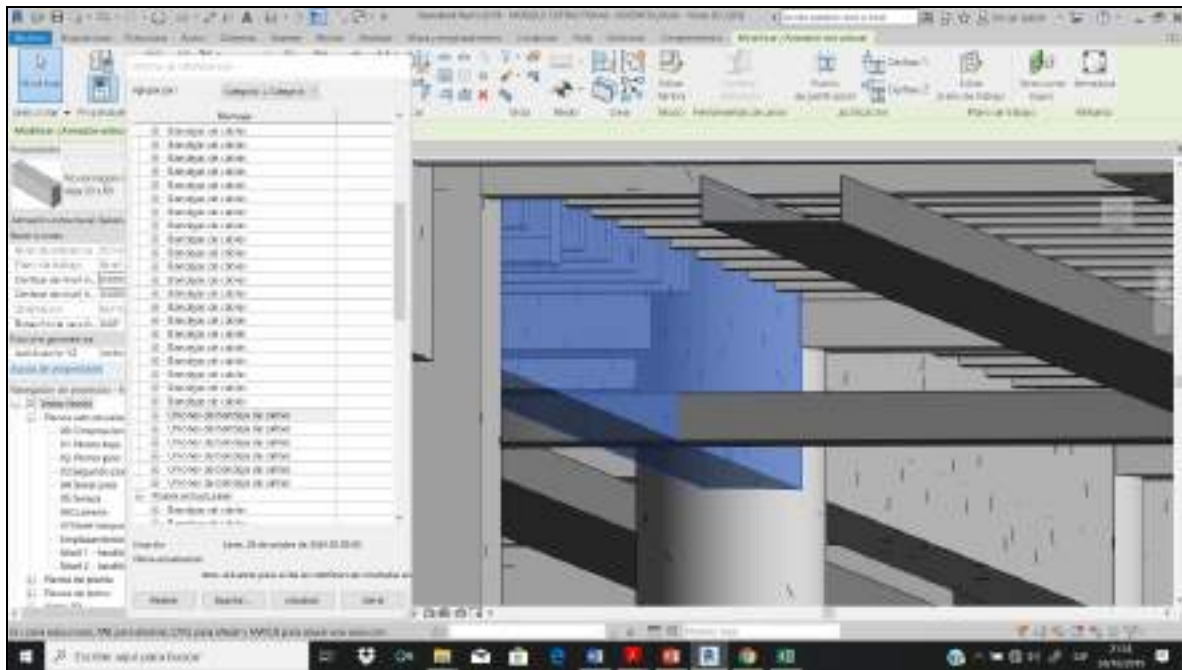


Figura 83: Ejemplo de interferencia entre modelo de estructuras con Inst. eléctrica

Fuente: Elaboración propia

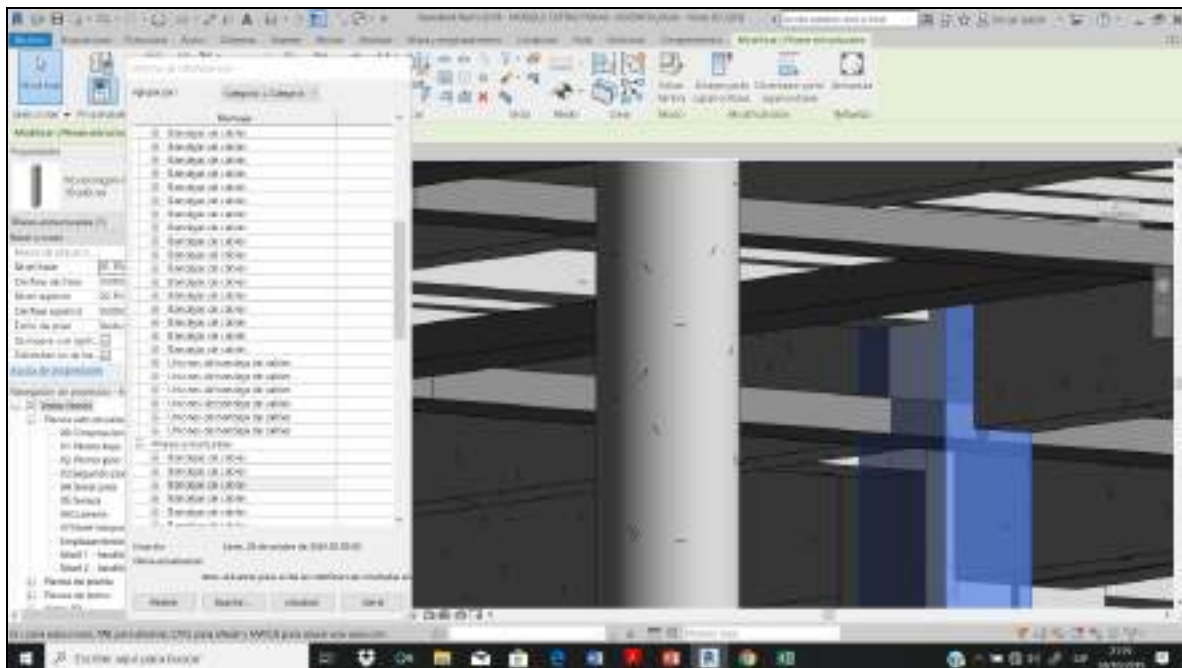


Figura 84: Ejemplo de interferencia entre modelo de estructuras con Inst. eléctrica

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Interferencias entre Modelo de Estructuras e Instalación Mecánica

Se hizo la comprobación de interferencias entre el modelo estructural y las instalaciones de aire acondicionado, así también como para las tuberías de aire comprimido que comprendía el plano de diseño.

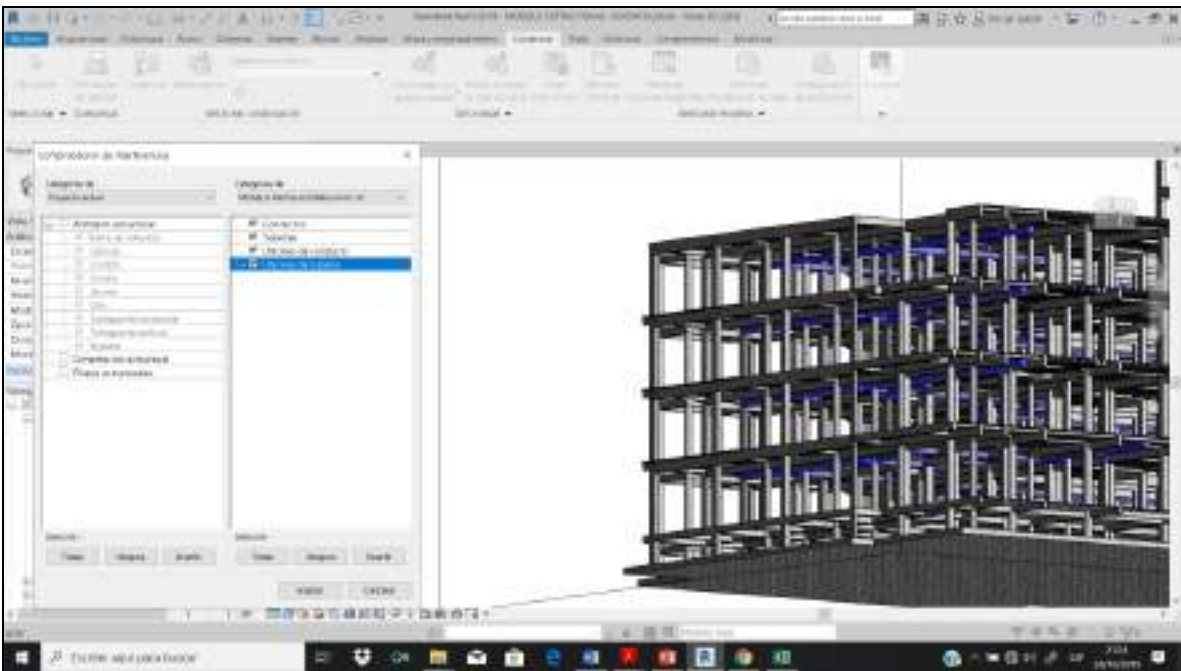


Figura 85: Configuración de la Comprobación de interferencias (Modelo estructuras vs Inst. Mecánicas)

Fuente: Autodesk Revit

Se generó el reporte de interferencias

Informe de interferencias	
Archivos de proyecto de informe de interferencias: C:\Users\HP\Desktop\edilicio edonologia\MODELO EDM\MODELO ESTRUCTURAS - EDONOLOGIA.rvt	
Creado el día: 18 de octubre de 2019 11:58:43	
Última actualización:	
A	B
1. Armazón estructural: M. Hormigón-Viga rectangular: sobrecimentado 28x35 : ID 421367	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 920287
2. Armazón estructural: M. Hormigón-Viga rectangular: sobrecimentado 28x35 : ID 421326	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 920287
3. Armazón estructural: M. Hormigón-Viga rectangular: sobrecimentado 28x35 : ID 421326	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 920014
4. Armazón estructural: M. Hormigón-Viga rectangular: sobrecimentado 28x35 : ID 421392	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 920014
5. Armazón estructural: M. Hormigón-Viga rectangular: sobrecimentado 28x35 : ID 421409	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 920287
6. Armazón estructural: M. Hormigón-Viga rectangular: sobrecimentado 28x35 : ID 421359	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 921011
7. Armazón estructural: M. Hormigón-Viga rectangular: sobrecimentado 28x35 : ID 421378	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 921118
8. Armazón estructural: M. Hormigón-Viga rectangular: sobrecimentado 28x35 : ID 421805	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 921204
9. Armazón estructural: M. Hormigón-Viga rectangular: sobrecimentado 28x35 : ID 421361	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 920287
10. Armazón estructural: M. Hormigón-Viga rectangular: sobrecimentado 28x35 : ID 421415	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 920277
11. Armazón estructural: M. Hormigón-Viga rectangular: sobrecimentado 28x35 : ID 421449	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 920028
12. Armazón estructural: M. Hormigón-Viga rectangular: sobrecimentado 28x35 : ID 421977	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 920118

356) Píleres estructurales : M. Homogéneo-Rectangular-Filar : 30 x60 : ID 519029	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Conductos : Conducto rectangular : Caden / Tuo : ID 919708
357) Píleres estructurales : Homogéneo-Rectangular-Filar : pilar diametro 40 cm : ID 519031	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Conductos : Conducto rectangular : Caden / Tuo : ID 919707
358) Píleres estructurales : Homogéneo-Rectangular-Filar : pilar diametro 40 cm : ID 519032	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Unidades de conductos : M. Codo rectangular : Radio : 1.5 W : ID 919681
359) Arco de estructura : M. Homogéneo-Viga rectangular : seccionamiento 20x18 : ID 519030	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 919011
354) Píleres estructurales : M. Homogéneo-Rectangular-Filar : 30 x60 cm : ID 519033	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 919010
355) Píleres estructurales : M. Homogéneo-Rectangular-Filar : 30 x60 cm : ID 519035	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 919009
356) Píleres estructurales : M. Homogéneo-Rectangular-Filar : 30 x60 cm : ID 519031	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 919008
357) Píleres estructurales : M. Homogéneo-Rectangular-Filar : 30 x60 cm : ID 519032	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 919009
358) Píleres estructurales : M. Homogéneo-Rectangular-Filar : 30 x60 cm : ID 519030	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 919010
359) Píleres estructurales : M. Homogéneo-Rectangular-Filar : 30 x60 cm : ID 519031	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 919011
360) Píleres estructurales : M. Homogéneo-Rectangular-Filar : 30 x60 cm : ID 519032	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 919012
361) Píleres estructurales : M. Homogéneo-Rectangular-Filar : 30 x60 cm : ID 519033	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt : Tuberías : Tipo de tubería : Estándar : ID 919013

Figura 86: Reporte de interferencias exportado desde el programa Revit 2019 (Modelo estructuras vs Inst. Mecánicas)

Fuente: Elaboración propia

Una vez generado el reporte de interferencias entre el modelo de estructuras y el modelo de instalaciones mecánicas, se comprobó que existe un total de 361 interferencias donde se pudo evidenciar que el elemento que más incidencia tiene son las vigas que interfiere con los ductos de aire acondicionado y las tuberías de aire comprimido en un 85.3 % y las columnas que interfieren con un 14.7 %, cabe recalcar que los ductos de ventilación se hicieron siguiendo una trazo hecho a base de una observación visual elaborada en la obra, ya que no se contaba con la información suficiente en los planos de diseño, y referente a la instalación de tuberías de aire comprimido se siguió el trazo correspondiente a los planos de diseño.

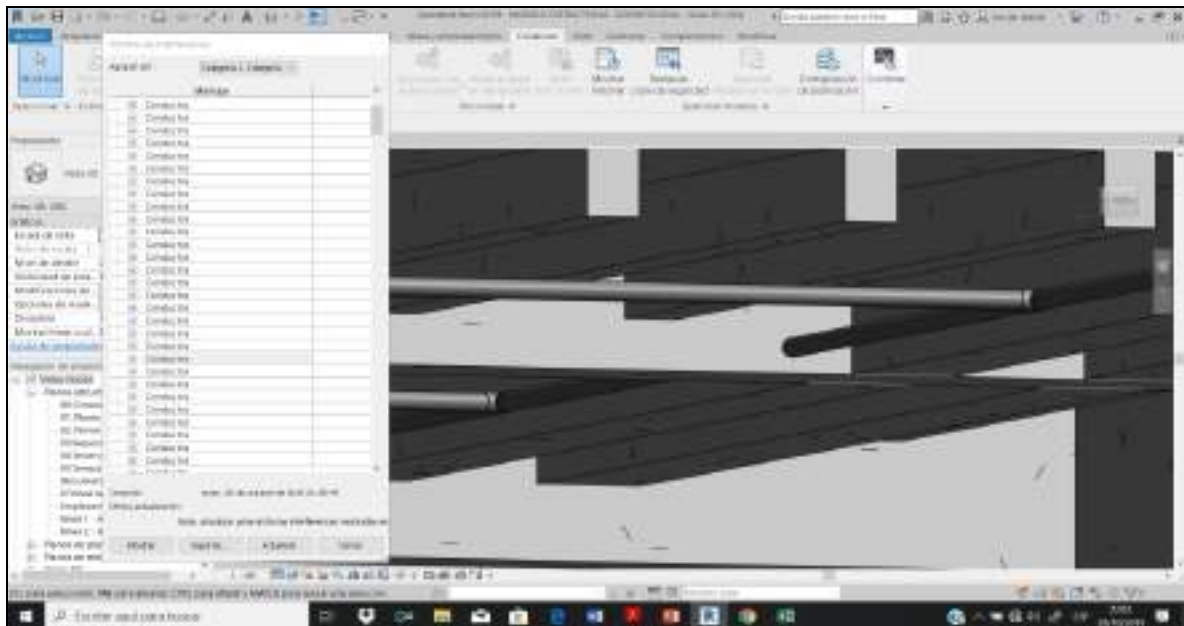


Figura 87: Ejemplo de interferencia entre modelo de Estructuras con Inst. Mecánicas

Fuente: Elaboración propia

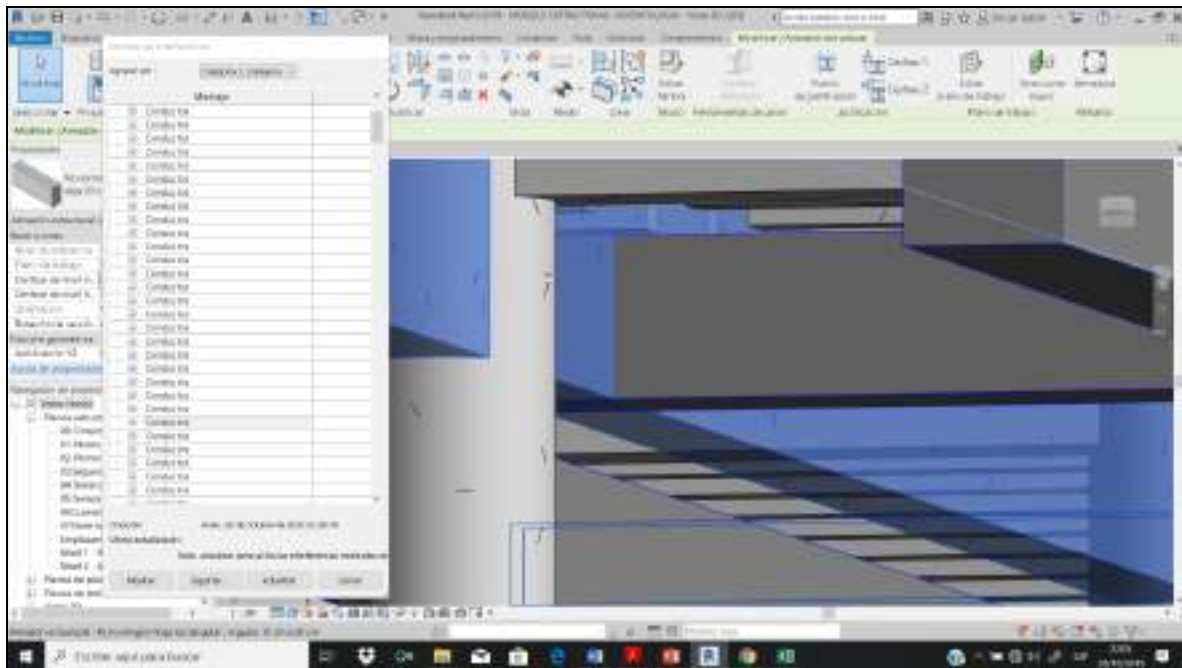


Figura 88: Ejemplo de interferencia entre modelo de Estructuras con Inst. Mecánicas

Fuente: Elaboración propia

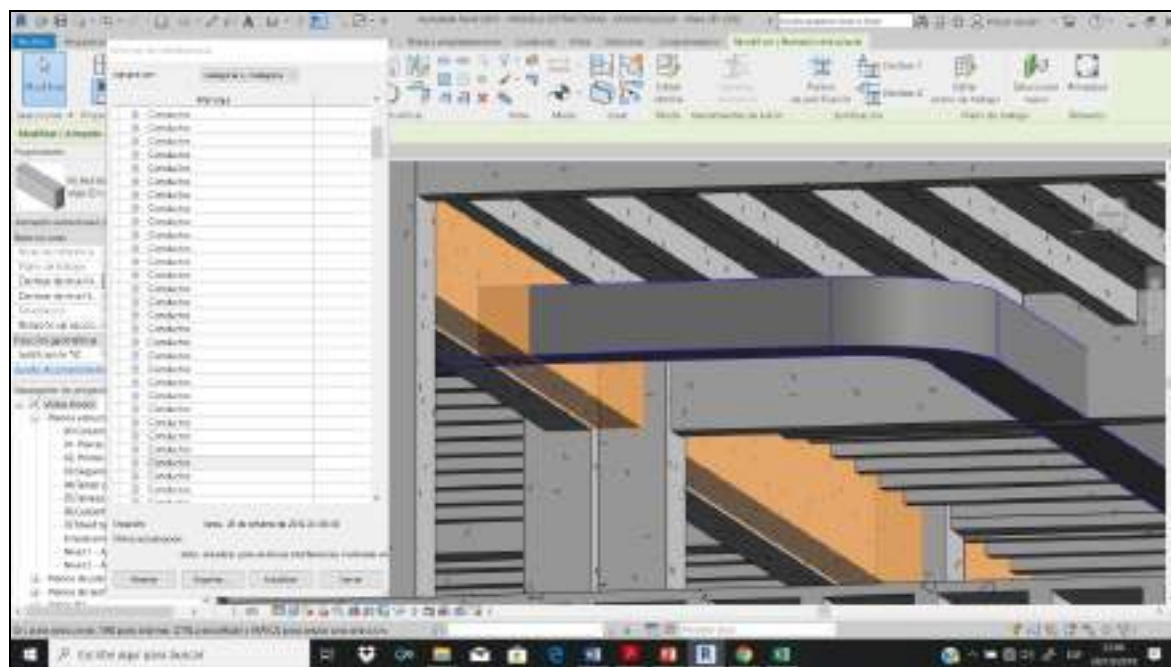


Figura 89: Ejemplo de interferencia entre modelo de Estructuras con Inst. Mecánicas

Fuente: Elaboración propia

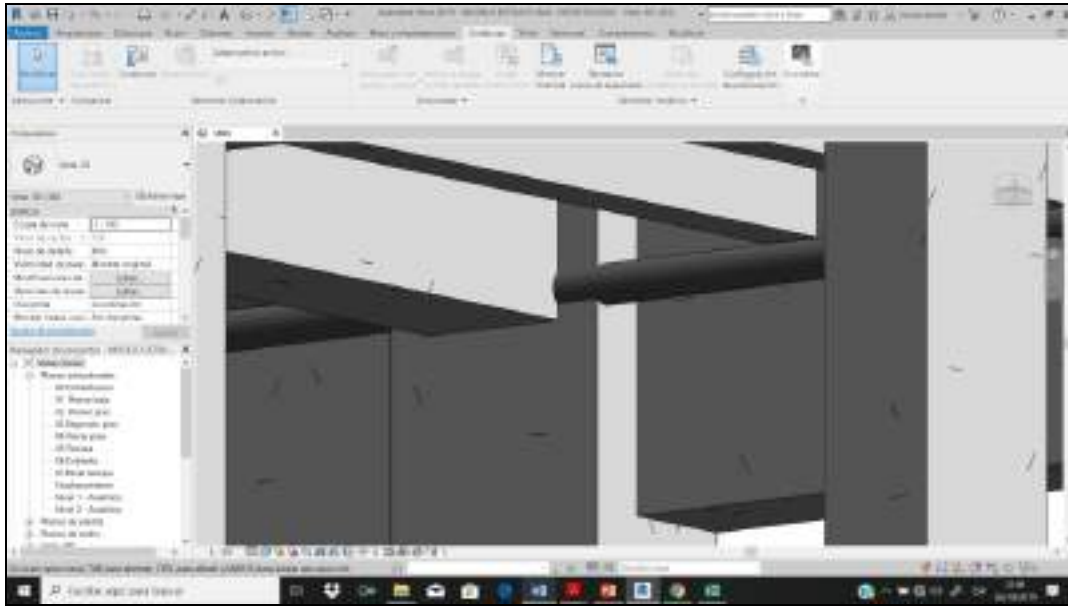


Figura 90: Ejemplo de interferencia entre modelo de Estructuras con Inst. Mecánicas

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Interferencias entre el Modelo Hidrosanitario y el Modelo Eléctrico

Se realizó la comprobación de interferencias entre los dos modelos configurando sus elementos los cuales son los más relevantes a la hora de construir como ser las tuberías, artefactos sanitarios, bandeja de cables eléctricos y la bandeja de telecomunicaciones.

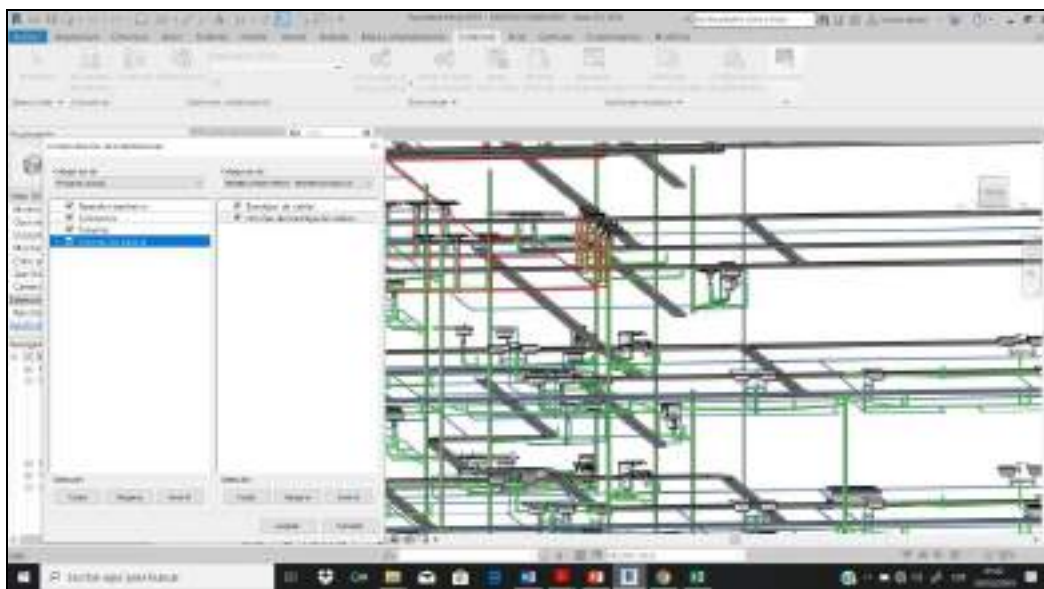


Figura 91: Configuración de la Comprobación de interferencias (Modelo Hidrosanitario vs Inst. Eléctrica)

Fuente: Autodesk Revit

Se generó el reporte de interferencias.

Informe de interferencias			
Archivos de proyecto de informes de interferencias: C:\Users\ED\Desktop\edilicio odontologia\LABOR UNIVERTEDIO A AUTOCAD\MODELO SANTANDER.rvt			
Creación: martes, 29 de octubre de 2019 05:41:25			
Última actualización:			
A	B	C	D
1) Interferencia: Tipo de Interferencia: Interferencia PVC Clase 15 - 1/2" ID:007508(MODELO ELECTRICIDAD ODONTOLOGICA.rvt) - Interferencia de cables - Interferencia de cables con cañones - Interferencia de cables de canal - ID:799578			
2) Interferencia: Tipo de Interferencia: Interferencia PVC Clase 15 - 1/2" ID:008757(MODELO ELECTRICIDAD ODONTOLOGICA.rvt) - Interferencia de cables - Interferencia de cables con cañones - Interferencia de cables de canal - ID:799578			
3) Interferencia: Tipo de Interferencia: Interferencia PVC Clase 15 - 1/2" ID:008757(MODELO ELECTRICIDAD ODONTOLOGICA.rvt) - Interferencia de cables - Interferencia de cables con cañones - Interferencia de cables de canal - ID:799819			
4) Interferencia: Tipo de Interferencia: Interferencia PVC Clase 15 - 1/2" ID:008757(MODELO ELECTRICIDAD ODONTOLOGICA.rvt) - Interferencia de cables - Interferencia de cables con cañones - Interferencia de cables de canal - ID:800351			
5) Interferencia: Tipo de Interferencia: Interferencia PVC Clase 15 - 1/2" ID:001112(MODELO ELECTRICIDAD ODONTOLOGICA.rvt) - Interferencia de cables - Interferencia de cables con cañones - Interferencia de cables de canal - ID:000351			

Fila de Informe de Interferencias

Figura 92: Reporte de interferencias exportado desde el programa Revit 2019 (Modelo Hidrosanitario vs Inst. Eléctrica)

Fuente: Elaboración propia

En esta parte de instalaciones apenas se generaron 5 incidencias en el proyecto, cabe recalcar que el modelo de instalación eléctrica no se realizó con un nivel de detalle alto por falta de información y por la envergadura del proyecto, pero si se pudo modelar los elementos más relevantes que pueden llegar a interferir con otras disciplinas como son la bandeja de cables eléctricos y la bandeja de cables de telecomunicaciones.

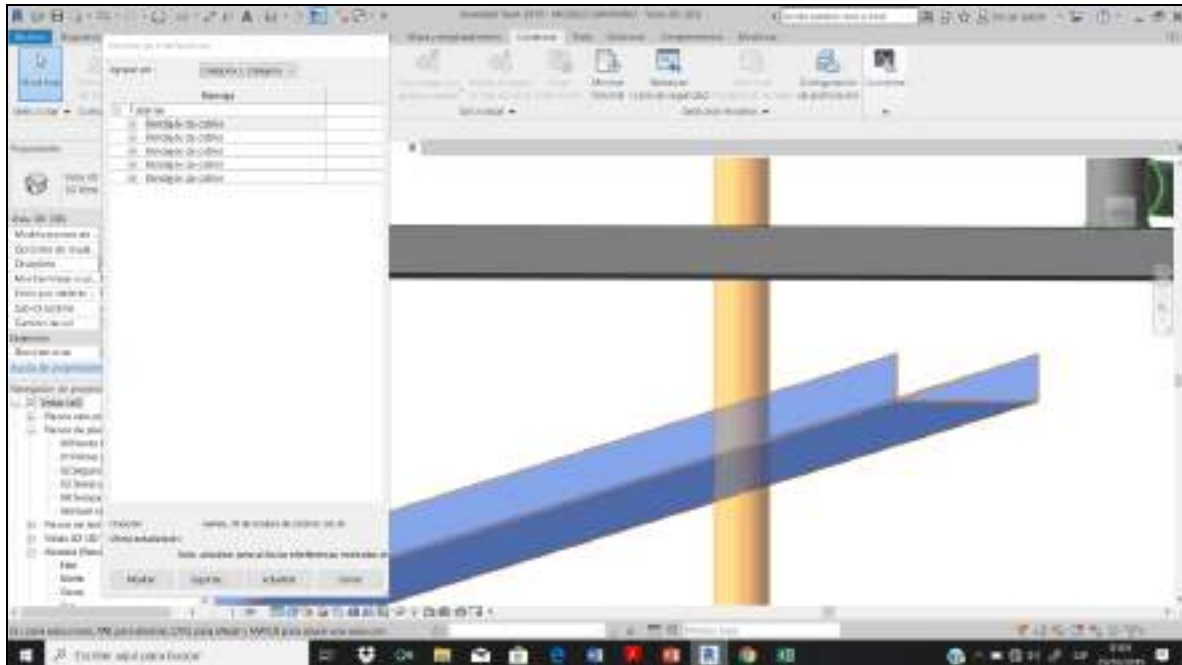


Figura 93: Ejemplo de interferencia entre modelo Inst. Hidrosanitario con Inst. Eléctrica

Fuente: Elaboración propia

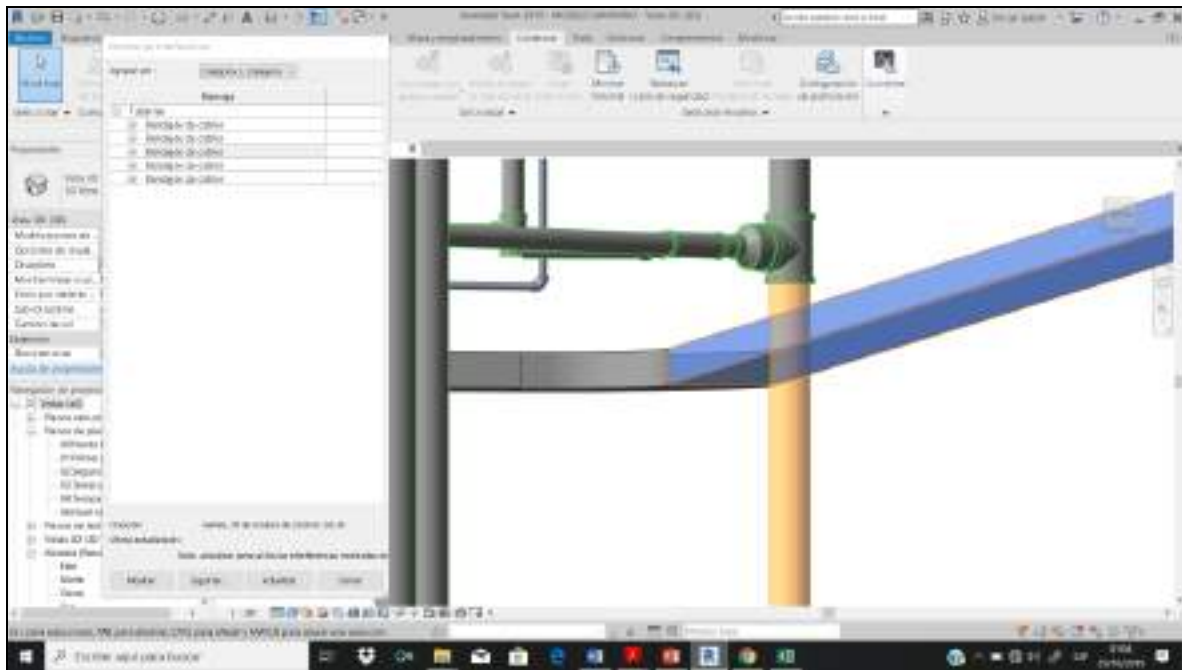


Figura 94: Ejemplo de interferencia entre modelo Inst. Hidrosanitario con Inst. Eléctrica

Fuente: Elaboración propia

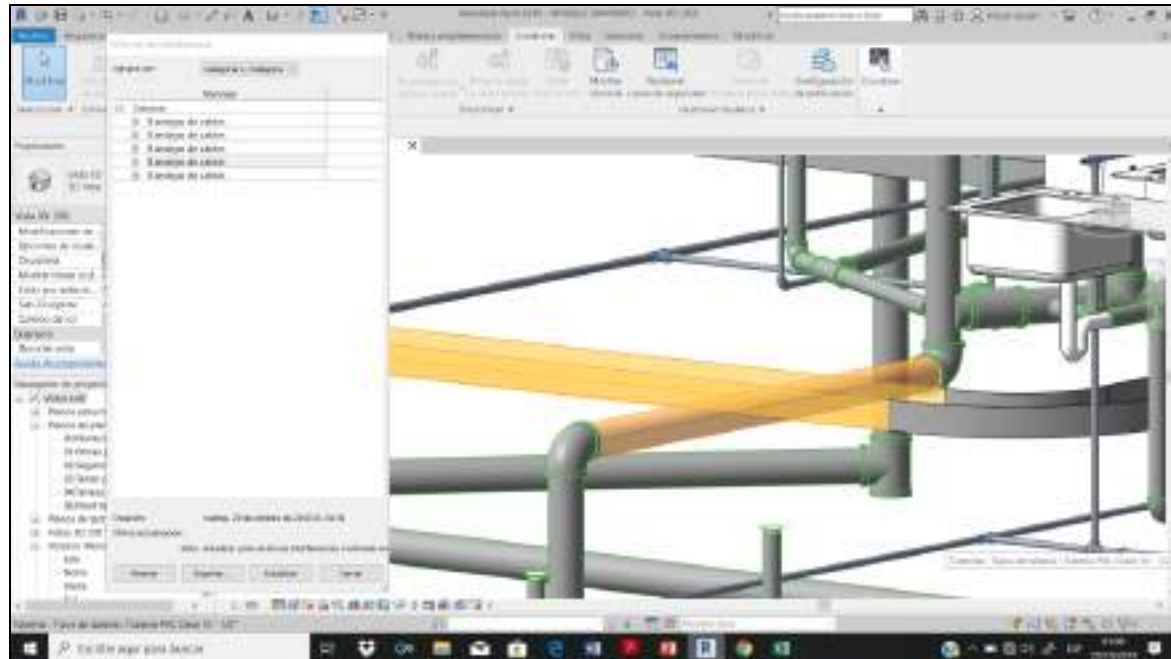


Figura 95: Ejemplo de interferencia entre modelo Inst. Hidrosanitario con Inst. Eléctrica

Fuente: Elaboración propia

4.1.6 Interferencias entre el Modelo Hidrosanitario e Instalaciones Mecánicas.

Se hizo la comprobación de interferencias de los modelos configurando los elementos más relevantes, como ser las tuberías de desagüe y ventilación con los ductos de aire acondicionado y las tuberías de aire comprimido del modelo de instalaciones mecánicas.

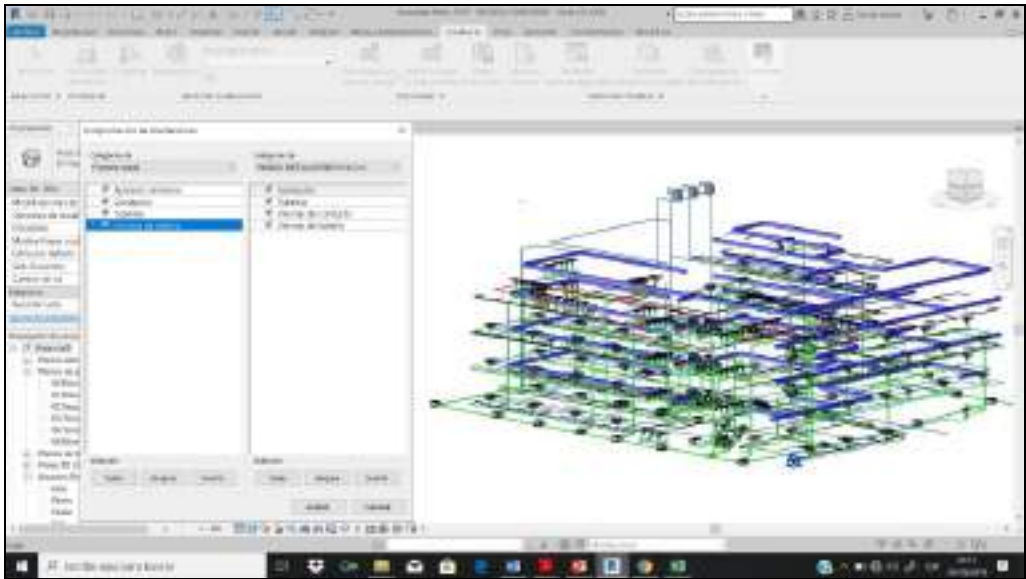


Figura 96: Configuración de la Comprobación de interferencias (Modelo Hidrosanitario vs Inst. Mecánicas)

Fuente: Autodesk Revit

Se generó el informe de interferencias entre ambas disciplinas.

Informe de interferencias		
Archivo de proyecto de Informe de Interferencias: C:\Users\HFD\Documents\academico\PLANOS CONVERTIDOS A AUTOCAD\MODELO SANTARRO.rvt		
Creado: martes, 29 de octubre de 2019 01:14:02		
Última actualización:		
	A	B
1	Uniones de tubería: Codo Biscado: PVC Clase II: ID 872628	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Conductos: Conducto rectangular: Codos / Tee: ID 918110
2	Tuberías: Tipo de tubería: Tubería-PVC Clase II - 1/2": ID 873113	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Conductos: Conducto rectangular: Codos / Tee: ID 918110
3	Tuberías: Tipo de tubería: Tubería-PVC Clase II - 1/2": ID 875965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Conductos: Conducto rectangular: Codos / Tee: ID 918110
4	Tuberías: Tipo de tubería: Tubería-PVC Clase II - 1/2": ID 876139	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Conductos: Conducto rectangular: Codos / Tee: ID 918159
5	Tuberías: Tipo de tubería: Tubería-PVC Clase II - 1/2": ID 879928	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Conductos: Conducto rectangular: Codos / Tee: ID 918033
6	Tuberías: Tipo de tubería: Tubería-PVC Clase II - 1/2": ID 887471	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Conductos: Conducto rectangular: Codos / Tee: ID 918072
7	Tuberías: Tipo de tubería: Tubería-PVC Clase II - 1/2": ID 887185	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Conductos: Conducto rectangular: Codos / Tee: ID 918072
8	Columnas de tubería: Tee Biscado: PVC Clase II: ID 887621	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Conductos: Conducto rectangular: Codos / Tee: ID 918072
9	Tuberías: Tipo de tubería: Tubería-PVC Clase II - 1/2": ID 890114	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Conductos: Conducto rectangular: Codos / Tee: ID 918079
10	Tuberías: Tipo de tubería: Tubería-PVC Clase II - 1/2": ID 892655	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Conductos: Conducto rectangular: Codos / Tee: ID 918130

166 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
167 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
168 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
169 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
164 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
165 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
166 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
167 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
168 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
169 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
170 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
171 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
172 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
173 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
174 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
175 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
176 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
177 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
178 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
179 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
180 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
181 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
182 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
183 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
184 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
185 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
186 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428
187 Tuberías: Tipo de tubería : Tubería-PVC Clase 10 - 1/2" ID 942965	MODELO INSTALACIONES HVAC.rvt: Tuberías: Tipo de tubería : Entache : ID 523428

Figura 97: Reporte de interferencias exportado desde el programa Revit 2019 (Modelo Hidrosanitario vs Inst. Mecánicas)

Fuente: Elaboración propia

Se generaron un total de 187 interferencias donde el elemento que incidió más en esta comprobación fue las tuberías de agua potable, que a su vez interfería con los ductos de ventilación por las dimensiones que tenía este y con las tuberías de aire comprimido, ya que el trazo del plano de diseño de las tuberías de aire comprimido era similar al del plano de agua potable.

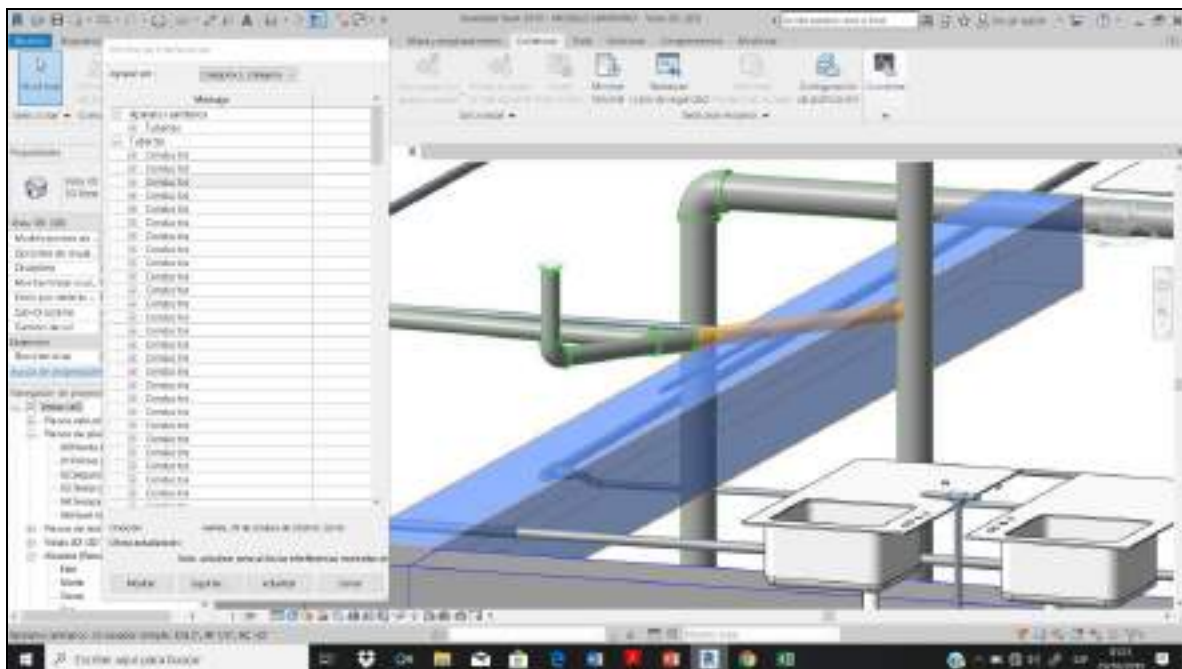


Figura 98: Ejemplo de interferencia entre modelo de Inst. Hidrosanitarias con Inst. Mecánicas

Fuente: Elaboración propia

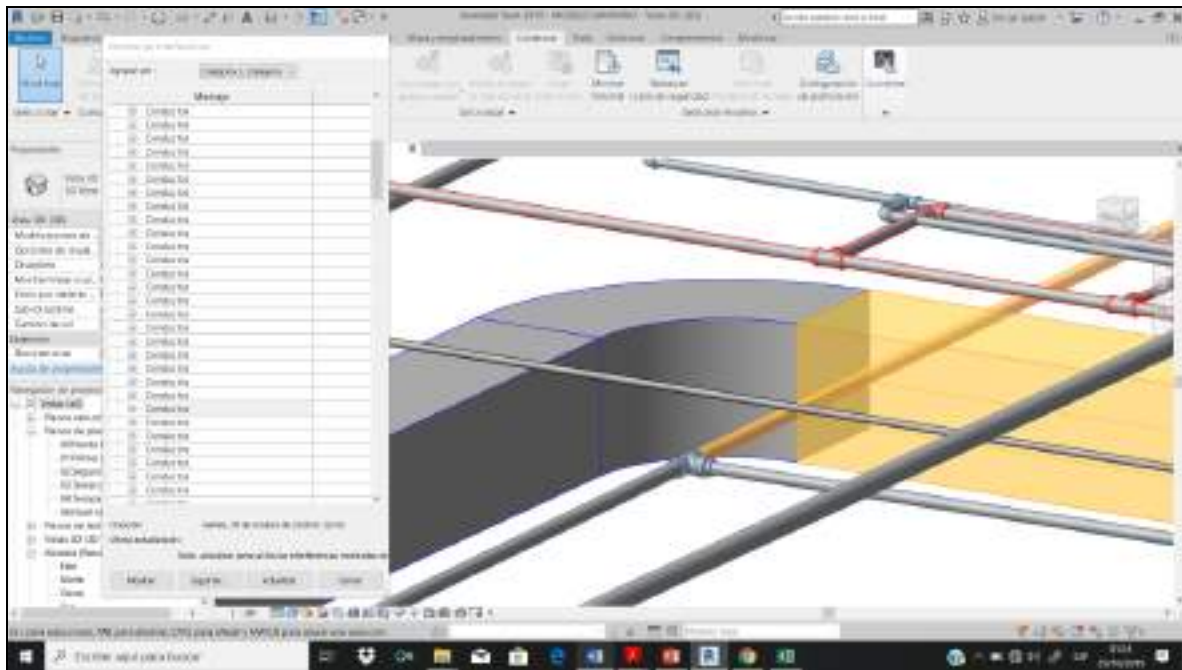


Figura 99: Ejemplo de interferencia entre modelo de Inst. Hidrosanitarias con Inst. Mecánicas

Fuente: Elaboración propia

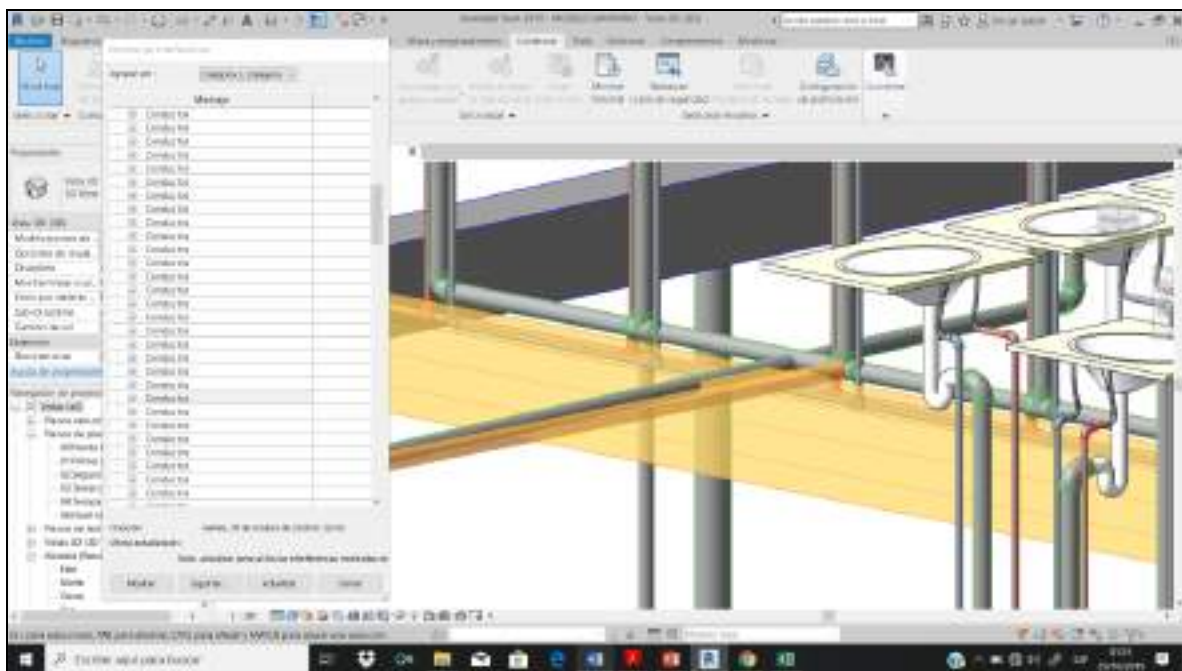


Figura 100: Ejemplo de interferencia entre modelo de Inst. Hidrosanitarias con Inst. Mecánicas

Fuente: Elaboración propia

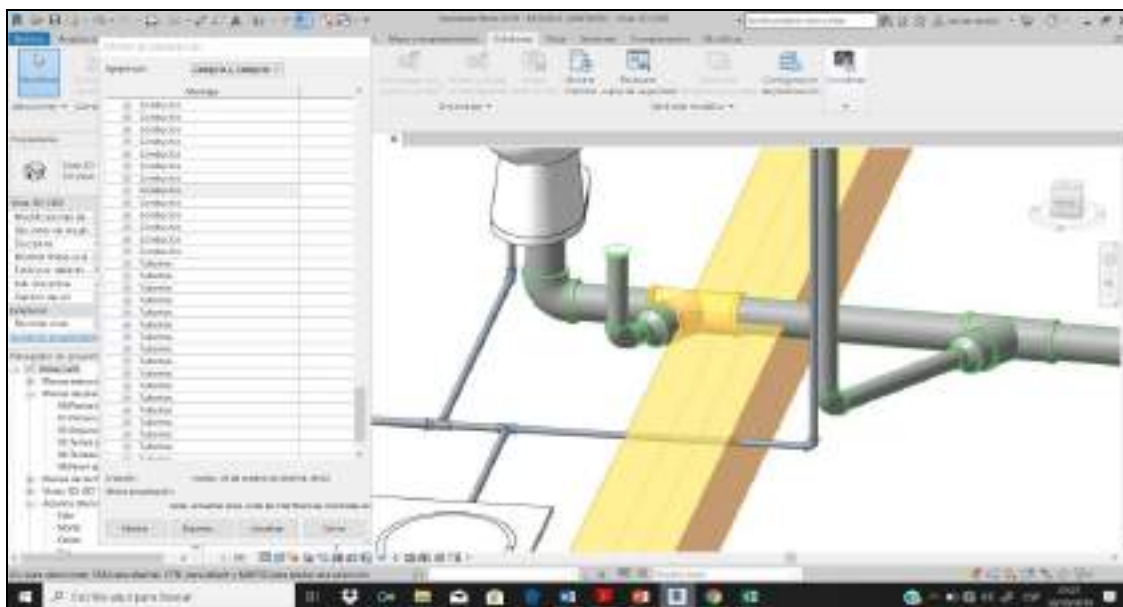


Figura 101: Ejemplo de interferencia entre modelo de Inst. Hidrosanitarias con Inst. Mecánicas

Fuente: Elaboración propia

4.1.7 Análisis de interferencias de todo el proyecto

De acuerdo a los modelos generados de las diferentes disciplinas, estos se pueden vincular en un solo archivo para poder visualizar de manera completa como está conformado toda la edificación, mejorando algunos sistemas y corrigiendo los posibles errores que se hayan producido, esto hace que la coordinación multidisciplinaria de un proyecto mejore bastante ya que nos ayuda a identificar los errores que se hayan cometido al momento del diseño.



Figura 102: Modelo del edificio completo vinculado con todas las disciplinas.

Fuente: Elaboración Propia

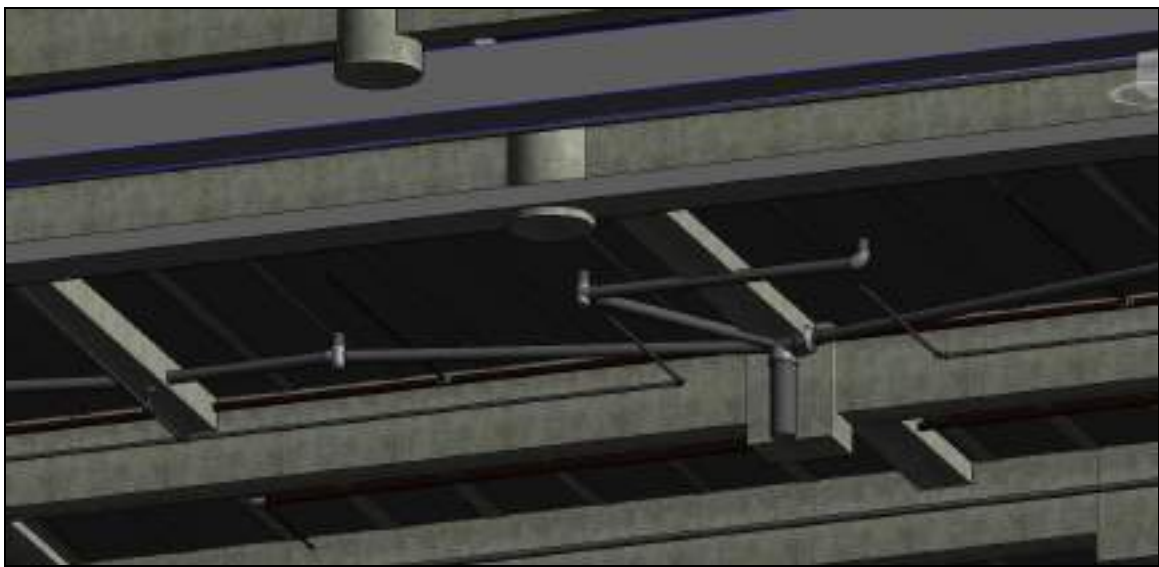


Figura 103: Ejemplo de interferencias entre Disciplinas del edificio

Fuente: Elaboración propia

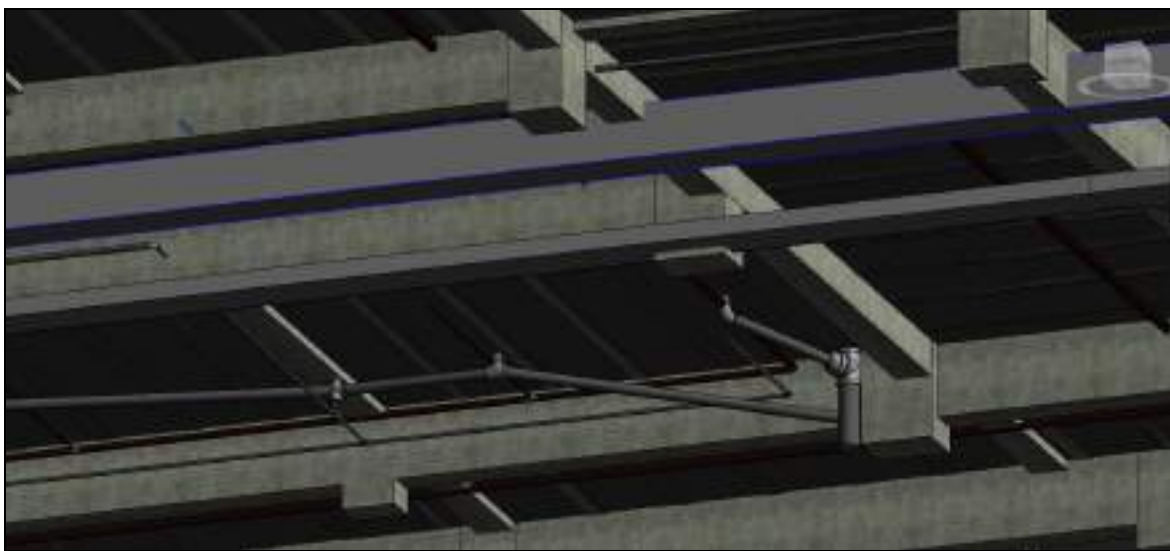


Figura 104: Ejemplo de interferencias entre Disciplinas del edificio

Fuente: Elaboración propia

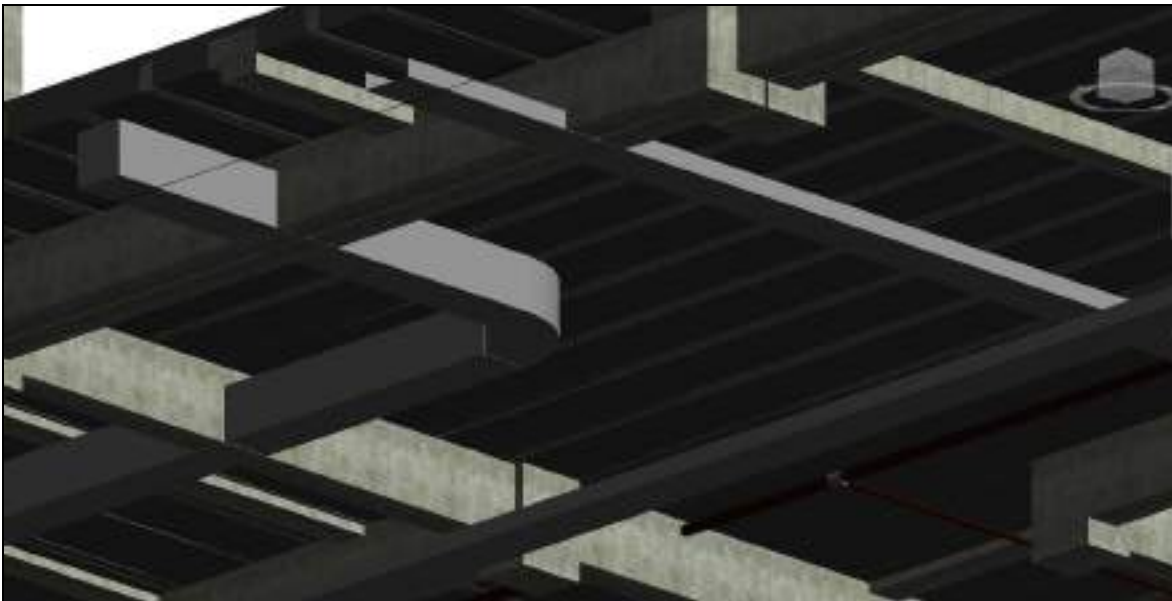


Figura 105: Ejemplo de interferencias entre Disciplinas del edificio

Fuente: Elaboración propia

Interferencias presentadas en el proyecto

INTERFERENCIAS DEL PROYECTO				
ESTRUCTURAS	ARQUITECTURA	HIDRO SANITARIA	ELÉCTRICO	MECÁNICA
	217	1859	94	361
HIDRO SANITARIA	ELÉCTRICO	MECÁNICA	ESTRUCTURA	ARQUITECTURA
	5	187	1859	307
ELÉCTRICO	MECÁNICA	ESTRUCTURAS	HIDRO SANITARIA	ARQUITECTURA
	48	94	5	59
ARQUITECTURA	ELÉCTRICO	ESTRUCTURA	MECÁNICA	HIDRO SANITARIA
	59	217	74	307
MECÁNICA	ESTRUCTURAS	HIDRO SANITARIA	ELÉCTRICO	ARQUITECTURA
	361	187	48	74

Tabla 2: Interferencias encontradas en el proyecto

Fuente: Elaboración propia

Tabla resumen de interferencias entre modelos

Est. vs Arq	217
Est. vs Hidro	1859
Est. vs Elect	94
Est. vs Mec	361
Hidro vs Elect	5
Hidro vs Mec	187
Hidro vs Arq	307
Elec vs Mec	48
Elect. Vs Arq	59
Mec. vs Arq	74
TOTAL	3211

Tabla 3: Cuantificación de interferencias en el proyecto

Fuente: Elaboración propia

Resumen de interferencias presentadas en el proyecto

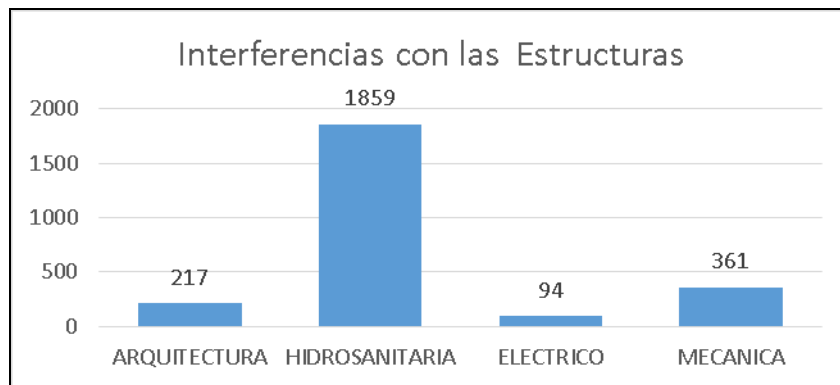


Figura 106: Incidencia de las otras disciplinas con el modelo de estructuras

Fuente: Elaboración Propia

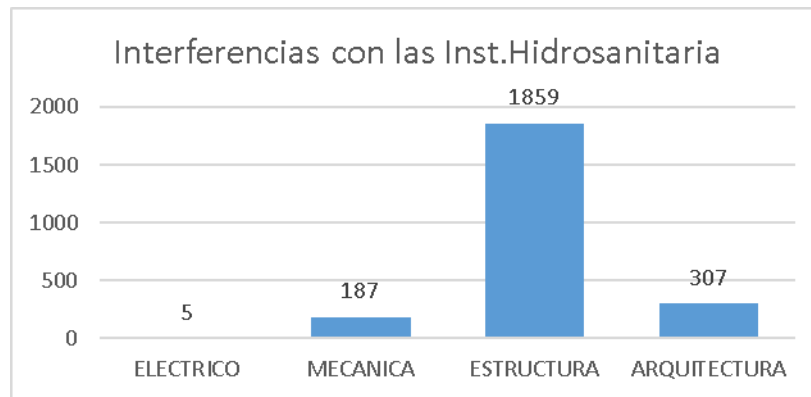


Figura 107: Incidencia de las otras disciplinas con el modelo de Inst. Hidrosanitaria

Fuente: Elaboración Propia

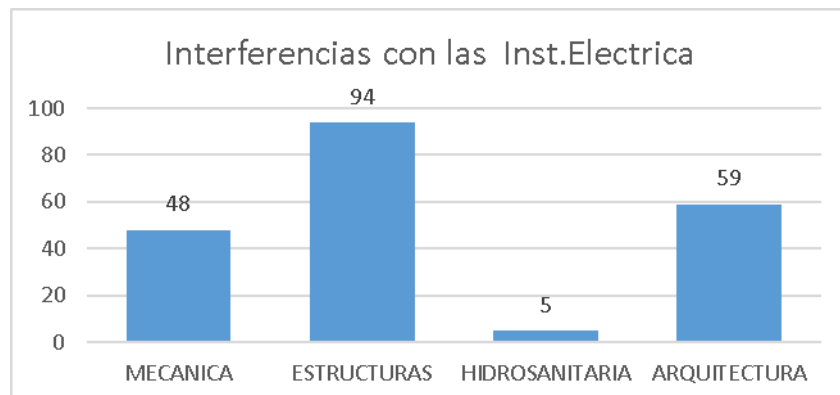


Figura 108: Incidencia de las otras disciplinas con el modelo de Inst. Eléctrica

Fuente: Elaboración Propia

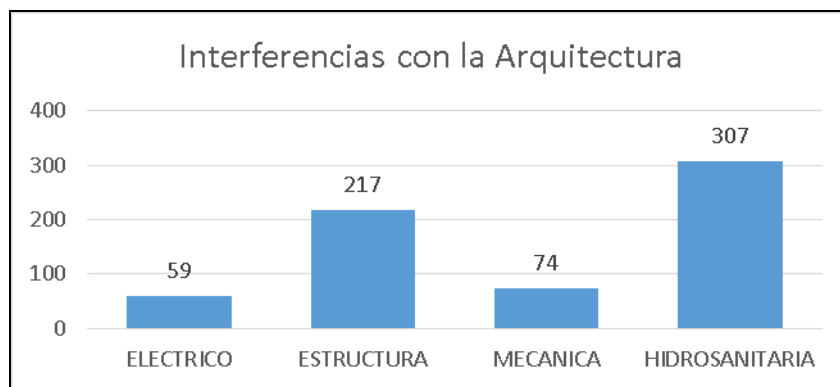


Figura 109: Incidencia de las otras disciplinas con el modelo de Arquitectura

Fuente: Elaboración Propia

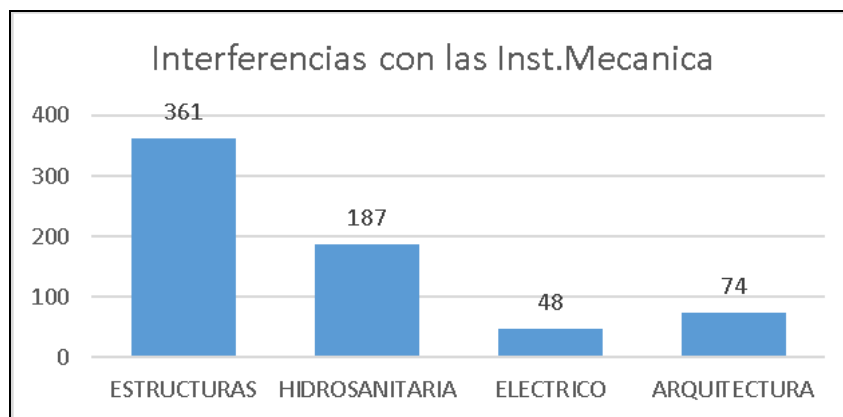


Figura 110: Incidencia de las otras disciplinas con el modelo de Inst. Mecánica

Fuente: Elaboración Propia

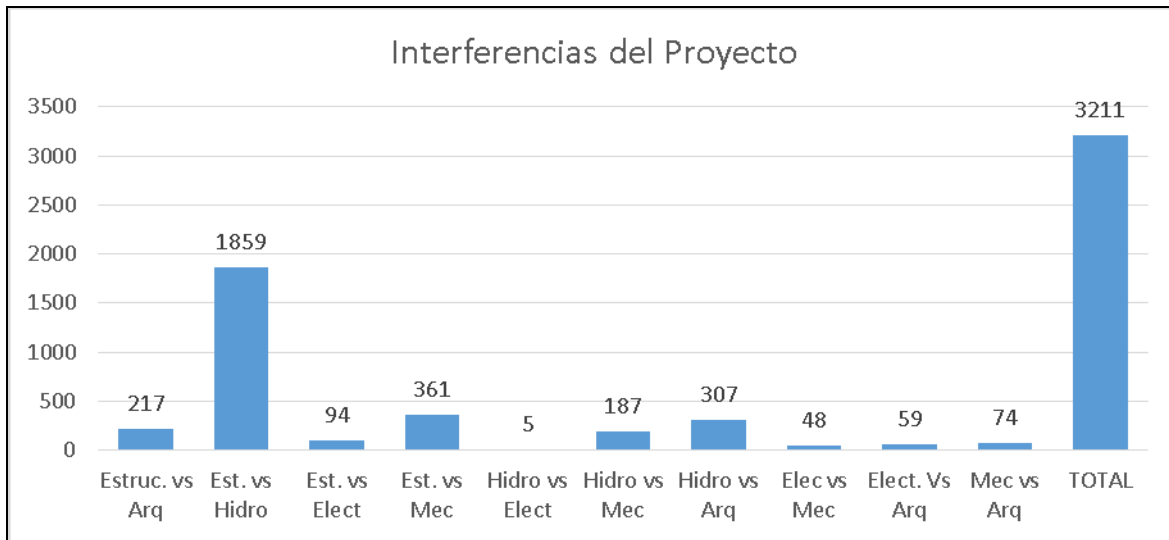


Figura 111: Interferencias encontradas en el proyecto

Fuente: Elaboración Propia

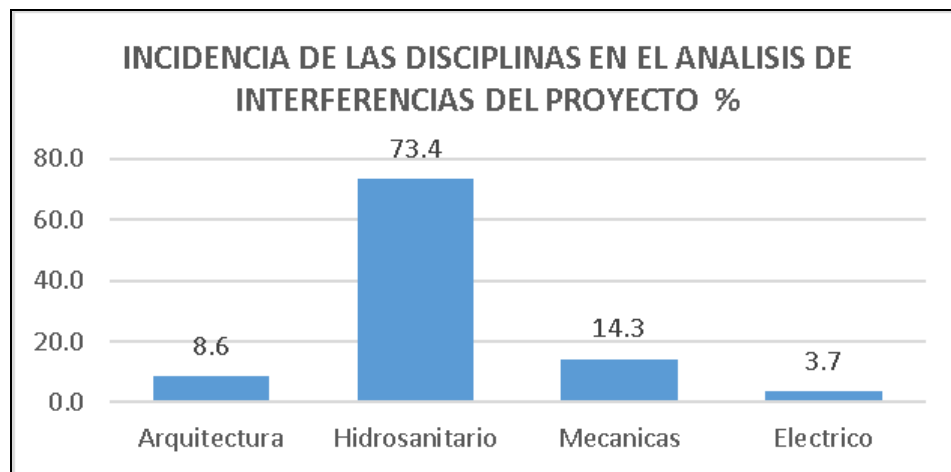


Figura 112: Incidencias de las disciplinas respecto a las interferencias del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Interferencias en obra

Después de haber obtenido los resultados de las comprobaciones de interferencias de los modelos de las diferentes disciplinas, como siguiente objetivo se pasó a verificar a la obra cuales de estas incidencias y complicaciones se presentaron en el proceso constructivo del proyecto.

Para este fin se coordinó con la ingeniera encargada de la obra el realizar visitas, para poder evidenciar los conflictos que se presentaron y así poder documentar los cambios más relevantes que se tuvieron que hacer por inconsistencias o interferencias presentadas en el proceso de construcción.

Para organizar mejor la información recolectada en las visitas se elaboraron fichas de incidencias del proyecto colocando sus respectivos datos como ser:

- a) Número de ficha
- b) Disciplinas involucradas
- c) Ubicación
- d) Descripción
- e) Causas
- f) Solución.

A continuación, se mostrarán algunos ejemplos de los cambios o incidencias que se presentaron en el proceso constructivo de la obra.

Ficha de incidencia N°1	
Ubicación :	Planta Primer piso - Salón de consultorios
Disciplinas involucradas:	Estructuras-Arquitectura-Sanitaria
Descripción:	
La columna del edificio interrumpe con el paso del colector de desagüe de las sillas de consultorios y con la bajante sanitaria del piso superior.	
Causas:	
Una mala disposición de tuberías y bajantes al momento del diseño, ya que no se tomó en cuenta las dimensiones del pilar que se encontraba en el paso, esto debido a una falta de coordinación con los planos estructurales.	
Solución en obra:	Solución BIM:
Se tuvo que realizar el colocado de varias conexiones como ser codos y T para lograr que estos se unan, esto hizo aumentar el tiempo y costo para realizar esta actividad, lo cual no se contemplaba en el presupuesto inicial.	Se hubiera podido cambiar el trazo de la tubería de desagüe ya que esta llegaría a colisionar al momento de modelar, caso contrario se cuantificaría de manera más exacta el número de accesorios que se necesitan realmente, y así poder realizar un mejor presupuesto.

Figura 113: Ficha de interferencias encontradas en obra

Fuente: Elaboración Propia

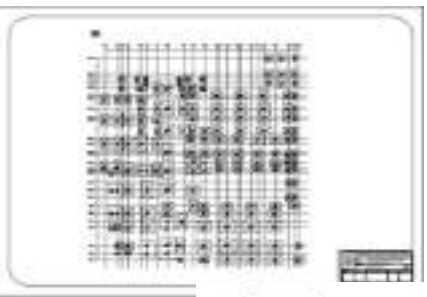
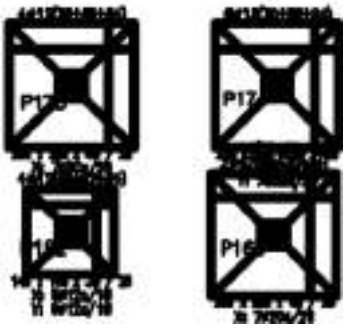
Ficha de incidencia N°2	
Ubicación :	Planta cimentaciones
Disciplinas involucradas:	Estructuras
Descripción:	 
Los planos de cimentaciones no contaban con información completa del proyecto y no estaban bien elaborados, ya que se hacía difícil una visualización aceptable, a su vez se verifico que los datos del estudio de suelos no eran confiables, ya que las condiciones del suelo no eran las adecuadas para el diseño establecido.	
Causas:	
Falta de tiempo en la elaboración de la documentación del proyecto, lo cual hace que se tenga información incompleta y mal elaborada en los planos. Falta de datos confiables a la hora de realizar el diseño estructural del edificio.	
Solución en obra:	Solución BIM:
Se tuvo que cambiar por completo toda la parte de cimentaciones del edificio, de zapatas a una losa de cimentación, lo cual hizo que el valor del presupuesto inicial cambie drásticamente, haciendo que se tenga que recalcular todo e infligiendo una pérdida de tiempo considerable en el proyecto.	Al tener un modelo BIM del edificio se hubiera podido generar la planos más rápidamente, haciendo que estos tengan toda la información necesaria para dar al constructor, también debido a que cada cambio que se realice en el modelo actualiza automáticamente toda la información, al cambiar de zapatas a una losa de cimentación el cálculo del presupuesto se hubiera elaborado más rápidamente.

Figura 114: Ficha de interferencias encontradas en obra

Fuente: Elaboración Propia

Ficha de incidencia N°3	
Ubicación :	Planta Primer piso -Pasillo
Disciplinas involucradas:	Ventilación- Estructuras
Descripción:	
El recorrido del ducto de ventilación llega a interceptar con la viga.	
Causas:	
Falta de coordinación del especialista con la parte de estructuras. Diseño de instalaciones mecánicas no contempladas en el proyecto desde el inicio.	
Solución en obra:	Solución BIM:
Así como en muchos lugares a lo largo de la edificación se tuvo que realizar cambios a la hora de colocar los ductos de ventilación, como es el caso de colocar uniones no contempladas en el presupuesto aumentando el costo y el tiempo de la mano de obra para su ejecución, lo cual sumando toda la cantidad de cambios que se tuvo que hacer en las instalaciones de aire acondicionado, esto generó un tiempo de pérdida considerable en el proyecto.	Al vincular estas instalaciones mecánicas con el resto de disciplinas, se puede verificar los cruces y choques que hubieran tenido estos, pudiendo darles otra altura o dirección de emplazamiento, así como una mejor cuantificación de materiales para su presupuesto.

Figura 115: Ficha de interferencias encontradas en obra

Fuente: Elaboración Propia

Ficha de incidencia N°4	
Ubicación :	Planta Segundo piso -Sala de Quirófano
Disciplinas involucradas:	Eléctrico -Arquitectura
Descripción:	
La bandeja de cables eléctricos atraviesa la pared de la sala de Quirófano, la cual está elaborada de ladrillo Gambote por las condiciones de seguridad que se necesitan en estos tipos de ambientes.	
Causas:	
Mala disposición de las bandejas de cables de la instalación eléctrica y falta de coordinación con el especialista a la hora de construir estos tipos de ambientes.	
Solución en obra:	Solución BIM:
El obrero tuvo que pircar la pared del ambiente para poder lograr hacer pasar la bandeja de cables como en muchos lugares se hizo, además de que al disponer la bandeja en ese lugar, hace que afecte las condiciones de seguridad que se necesita en estos tipos de ambientes que generalmente se encuentran cerrados por su importancia.	Al momento de modelar se puede ver mediante las vistas 3D por donde se está dibujando la bandeja de cables, a su vez como el modelo representa toda la información del edificio, se puede acceder más fácilmente a esta, para saber por qué ambientes es correcto o no realizar el trazo de los elementos.

Figura 116: Ficha de interferencias encontradas en obra

Fuente: Elaboración Propia

Ficha de incidencia N°5	
Ubicación	Planta Primer, Segundo y Tercer Piso - Salones de Consultorios
Disciplinas involucradas:	Arquitectura
Descripción:	
Cambio de los muros de consultorios de todos los niveles del edificio de material Drywall con muros de mampostería de ladrillo esp. 20 cm con un acabado de cerámica.	
Causas:	
Cambios en la etapa de construcción.	
Solución en obra:	Solución BIM:
Se cambiaron todos los muros Drywall con muros de ladrillo con su respectivo acabado cerámico, para esto se tuvo que realizar cálculos y cálculo de costos nuevamente con el fin de analizar si era posible realizar el cambio, donde se generaron gastos de tiempo que no estaban previstos en el proyecto.	Al tener el modelado de arquitectura del edificio, los elementos de los muros se puede editar como según corresponda en este caso se cambia el muro de Drywall por un muro de ladrillo de 20cm, cabe recalcar que a cada familia como ser los muros, uno puede adicionarle todos los elementos que sean necesarios en su estructura, como ser acabado de mortero y revestimiento cerámico, cada cambio que se haga en el proyecto actualiza automáticamente la documentación generando reportes rápidamente sobre cantidades y costos.

Figura 117: Ficha de interferencias encontradas en obra

Fuente: Elaboración Propia

Ficha de incidencia N°6	
Ubicación :	Planta Primer piso -Salón de consultorios
Disciplinas involucradas:	Arquitectura-Instalaciones
Descripción:	
Se puede apreciar que algunos ductos y tuberías de instalaciones atraviesan las paredes que sobrepasan el nivel de cielo falso en esos ambientes.	
Causas:	
Falta de coordinación entre el constructor y el ingeniero a la hora de realizar las actividades, ya que debido a esto se desperdicia tanto material como tiempo de mano de obra en lugares donde no es necesario seguir construyendo e incluso logra perjudicar otras actividades como se ve en la imagen, las cuales pueden ser la colocación de ductos o tuberías.	
Solución en obra:	Solución BIM:
Como en muchos conflictos iguales a este, se tuvo que pircar la pared para lograr hacer pasar las tuberías y ductos correspondientes generando pérdidas de tiempo por la magnitud de veces que se presentaron en el proyecto.	Al realizar la comprobación de interferencias se puede evitar este tipo de hechos fácilmente, ya que al vincular los elementos de cada modelo se pueden corregir estos conflictos en el proceso de modelado.

Figura 118: Ficha de interferencias encontradas en obra

Fuente: Elaboración Propia

Ficha de incidencia N°7	
Ubicación :	Planta Segundo Piso - Pasillo
Disciplinas involucradas:	Arquitectura-estructuras-Instalaciones
Descripción:	
Se ve a las tuberías de las instalaciones eléctricas chocando con la viga, lo que hace que la bandeja de cables baje y choque con el cielo falso haciendo recorrer a este una cierta altura, también se puede apreciar una tubería de agua potable que está por encima de la bandeja y que esta choca al ras con la viga.	
Causas:	
Colocación de la bandeja de cable sin tomar en cuenta las tuberías de agua potable y la altura de desfase de la viga hacia el cielo falso.	
Solución en obra:	Solución BIM:
Se tuvo que colocar todo el sistema de tuberías haciendo pircar la viga para que encaje dentro de la altura entre viga y cielo falso, lo cual hace que el acero quede expuesto a la intemperie afectando la resistencia de la viga debido a la corrosión que se pueda llegar a producir en esta.	Se pudo elegir mejor el trazo de las bandejas de cables para poder evitar estos conflictos vinculando el modelo de estructuras con sanitarias y generando una vista 3D para su verificación.

Figura 119: Ficha de interferencias encontradas en obra

Fuente: Elaboración Propia

Ficha de incidencia N°8	
Ubicación :	Planta Segundo Piso - Pasillo
Disciplinas involucradas:	Estructuras-Instalación de agua potable
Descripción:	
La tubería de distribución de agua potable intercepta con la viga del edificio, haciendo que esta se doble para poder pasar por debajo.	
Causas:	
Mala disposición de la tubería de agua debido a que no se tomó en cuenta las vigas de mayor peralte en el lugar.	
Solución en obra:	Solución BIM:
Se tuvo que pircar la viga del pasillo para que pueda pasar la tubería de agua, ya que el gancho que cuelga la tubería no era tan largo como para bajar hasta por debajo de la viga, al hacer esto se está dejando expuesto el acero de la viga, lo que hace que esta pierda su resistencia debido a la corrosión.	Se pudo elegir mejor el trazo de la tubería de agua potable al realizar el diseño en base al modelo de estructuras, para así poder evitar estos conflictos que pueden generar un mal funcionamiento de la estructura.

Figura 120: Ficha de interferencias encontradas en obra

Fuente: Elaboración Propia

Ficha de incidencia N°9	
Ubicación :	Planta Tercer Piso - Sala de computación.
Disciplinas involucradas:	Inst. Eléctrica - Telecomunicaciones
Descripción:	
La bandeja de cables de telecomunicaciones choca con la bandeja de cables eléctricos, por lo que se tuvo que aumentar la altura de una en la intersección.	
Causas:	
Distribución de bandejas sin tomar en cuenta la altura entre la viga y el cielo falso de la estructura.	
Solución en obra:	Solución BIM:
Se tuvo que aumentar unos ganchos y esquinas para lograr pasar la bandeja de telecomunicaciones sobre la bandeja de cables eléctricos, este proceso se repitió en varios lugares, lo que hizo que se tenga que aumentar el tiempo de mano de obra en sus instalaciones.	En el modelado se puede elegir otro trazado de bandejas, caso contrario se puede vincular con el modelo de estructuras para verificar que estas no intercepten con las vigas al cambiar de dirección.

Figura 121: Ficha de interferencias encontradas en obra

Fuente: Elaboración Propia

Ficha de incidencia N°10	
Ubicación :	Planta cuarto piso- cubierta terraza.
Disciplinas involucradas:	Instalación hidrosanitaria
Descripción:	
Los planos de instalación de agua potable no estaban correctamente elaborados, ya que carecían de información necesaria para el modelado y además se comprobó que en los artefactos del segundo y tercer piso no cumplían con las presiones mínimas.	
Causas:	
Falta de tiempo en la elaboración de documentación. Diseño no adecuado de la red de tuberías, que podría haberse debido a que no se tomaron en cuenta todas las conexiones como codos, T y válvulas, etc. que a su vez podrían haber generado pérdidas localizadas considerables, ya que las verdaderas cantidades solo se pueden cuantificar a la hora de construir y estas pueden variar considerablemente según la cantidad de interferencias que se encuentren.	
Solución en obra:	Solución BIM:
Se tuvo que unir y aumentar la altura de los tanques elevados ya que al comienzo estaban contemplados en diferentes lugares de la terraza, este proceso generó un cambio en el presupuesto lo que hizo que se recalcule y se pierda tiempo en la elaboración del costo adicional.	Al tener el modelo de las instalaciones de agua potable correctamente hecho se puede realizar una verificación donde las tuberías y accesorios son cuantificados de manera más exacta, lo que hace que el diseño sea más confiable a diferencia de la cuantificación en base a planos en 2D, y también poder generar un presupuesto de manera más rápida ante cualquier cambio que se produzca en este caso la elevación de los tanques.

Figura 122: Ficha de interferencias encontradas en obra

Fuente: Elaboración Propia

Como se pudo verificar anteriormente en las 10 fichas de incidencias del proyecto encontradas en la obra, 7 podrían clasificarse como interferencias entre disciplinas del proyecto y las otras 3 como incidencias del proyecto que repercutieron a cambios en la obra.

Categorizando cada ficha como alto, medio y bajo respecto al nivel de importancia y repercusiones que tuvieron en el proyecto, nos da como resultado:

N° Ficha	Categoría	Clasificación
1	Medio	Interferencia
2	Alto	Cambios en el proyecto
3	Bajo	Interferencia
4	Bajo	Interferencia
5	Medio	Cambios en el proyecto
6	Bajo	Interferencia
7	Medio	Interferencia
8	Medio	Interferencia
9	Bajo	Interferencia
10	Alto	Cambios en el proyecto

Tabla 4: Tabla de clasificación de incidencias en el proyecto

Fuente: Elaboración Propia

Cabe recalcar que por circunstancias de restricción no se pudieron generar más fichas de incidencias en el proyecto. A fines de verificación se puede decir que 7 de las incidencias en el proyecto comprobadas en obra, fue debido a interferencias entre los diseños de las disciplinas, y 3 de las incidencias del proyecto fue debido a cambios en la etapa de la construcción.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se pudo explicar y comparar la metodología BIM con la metodología tradicional CAD de manera teórica, resaltando que es lo que se entiende por ambas metodologías cuáles son sus ventajas y desventajas, así como las diferencias que existen entre ellas y a su vez de manera práctica, se pudo demostrar como la metodología BIM puede ayudar a mejorar las diferentes etapas del proyecto.
- Al reunir toda la información inicial que tenía el proyecto se pudo evidenciar varias carencias en algunos planos de diseño especialmente en el de instalaciones hidrosanitarias; así como incompatibilidades entre el plano estructural y los planos arquitectónicos donde los ejes de referencias no coincidían entre estos, a su vez como esta información se encontraba dispersa y dificultaba su análisis debido a la gran cantidad de planos que se elaboraron correspondientes a cada disciplina además de tener diferente formatos, lo cual se tuvo que organizar, enlazar y en algunos casos corregir cada uno de estos antes de pasar a realizar el proceso de modelado del edificio, lo que hizo identificar las deficiencias en el manejo de información que se presenta en la metodología tradicional con la cual se viene trabajando.
- Se demostró en función del alcance establecido como se debe aplicar la metodología BIM en un proyecto de construcción siguiendo un proceso de orden correspondiente y cuáles son los requerimientos que se necesitan para poder elaborar los modelos 3D inteligentes con respecto a cada una de las disciplinas del proyecto, trabajando con vínculos y las plantillas correspondientes a cada diseño.
- Se aplicó la modelación a través del software **Revit** trabajando de manera ordenada y separando cada modelo para un mejor manejo del archivo a través de las diferentes plantillas de diseño, siguiendo etapas para realizar el modelado el cual se hizo partiendo primeramente del modelo de arquitectura, seguidamente del modelo de estructuras o pueden alternarse entre estos dos según los criterios del modelador, después con ayuda de estos se hizo el modelo de instalaciones hidrosanitarias, modelo eléctrico y por último modelo de instalación mecánica, las cuales fueron las disciplinas que se trabajaron en este proyecto.

- Se pudo verificar la cantidad de errores e incidencias que presentaba el proyecto, algunas de manera manual, observado desde la etapa del modelado del proyecto y otras de manera automática las correspondientes a la detección de interferencias que se realizó con los programas **Revit** y **Naviswork**, a su vez estas se pudieron cuantificar y organizar de acuerdo a cada disciplina del proyecto, para poder evidenciar cuál de estas tuvo mayor incidencia en la etapa de construcción.
- Con respecto al modelo de arquitectura, este no tuvo mucha incidencia en la parte de coordinación multidisciplinaria ya que como se encuentra cargado de elementos como ser puertas, ventanas, mobiliario, muros, cielo falso, pintura, etc. Que a la hora de la ejecución del proyecto los conflictos con estos elementos se pueden corregir en la obra sin que haya grandes repercusiones en cuanto al cálculo de interferencias se refiere.
- El modelo estructural no tuvo mayor problema en su elaboración más que debido a desfases entre planos de diseño con los planos arquitectónicos y cambios presentados en obra, lo cual se pudo corregir vinculando con el modelo arquitectónico para poder trabajar sobre un mismo punto base del proyecto. Con respecto al cálculo de interferencias se vio que el modelo estructural es el que más se asocia con los otros modelos, ya que sobre este no se pueden realizar modificaciones por la importancia que tienen sus elementos componentes, por lo cual se tomó este como modelo base para realizar el análisis de interferencias.
- Con respecto al modelo de instalaciones hidrosanitarias se pudo comprobar que este fue el que mayor incidencia tuvo en el proyecto con respecto al cálculo de interferencias, ya que representa un 73.4% de todas las interferencias encontradas en el modelo y con la verificación correspondiente a las fichas de incidencias elaboradas en obra, podemos decir que este fue uno de los más grandes inconvenientes que tuvo el proyecto en su ejecución analizando desde la parte técnica
- Con respecto a las instalaciones mecánicas, se puede decir que los ductos de aire acondicionado fueron los que tuvieron más incidencia en conflictos con las otras instalaciones así también como con la parte estructural, ya que incluso este no contaba con un diseño inicial antes de la ejecución, lo que pudo haber repercutido no solo en conflictos con las otras instalaciones sino también en cambios en el proyecto.

- En el modelo de la parte eléctrica vimos que este no tuvo mayor incidencia en el proyecto, ya que no se hizo el modelado completo como se hubiera deseado, debido a la envergadura del proyecto y los elementos de familias que se requiere para su modelado, pero se pudo comprobar que tuvo una incidencia de un 3.7 % de todas las interferencias del proyecto solamente referidas a elementos de bandejas de cables y de telecomunicaciones, que seguramente estas hubieran aumentado si se hubiera elaborado el modelo completo.
- Con respecto a las incidencias en fase de construcción del proyecto, se pudo evidenciar con las fichas elaboradas que desde el principio se habían contemplado varios cambios antes y durante la ejecución del mismo, pero por la gran envergadura del proyecto no se pudo recolectar mayor información sobre estas, debido a que el personal encargado del proyecto inicialmente no era el mismo del que se encuentra en la actualidad. Según las fichas de incidencias elaboradas anteriormente se pudo verificar que la mayoría de las interferencias calculadas en el modelo BIM del edificio, sí se presentaron en la obra y como algunas tuvieron mayor incidencia que otras en el proyecto, las cuales se hubieran podido evitar trabajando con la metodología BIM.
- Se verifico como la metodología BIM puede ayudar a corregir errores que se presentan en todo el desarrollo del proyecto tanto en la etapa de diseño como en la etapa de construcción y como se debe actuar para solucionar problemas en cada una de estas, ya que el modelo no es más que una construcción virtual de lo que se pretende realizar en la vida real, por lo que se debe tener el mismo criterio ingenieril para solucionar cualquier conflicto que se presente pero con la ventaja de que en el modelo podemos probar ,corregir y verificar antes de materializar en la obra.
- Como conclusión general podemos decir que al aplicar la metodología BIM en el proyecto de estudio, esta ayuda a mejorar la parte de coordinación multidisciplinar que es lo que se analizó en este trabajo, identificando y corrigiendo los errores que se hayan presentado a lo largo de todo el desarrollo del proyecto, verificando como esta metodología puede ayudar a mejorar el manejo de información y elaboración de documentación en cualquiera de las etapas ya sea diseño o construcción, optimizando tiempos y generando reducción en costos de modificaciones del proyecto.

5.2 Recomendaciones

- Antes de comenzar a trabajar en el modelado, se recomienda ordenar y escalar toda la información referente a planos de diseño, ya que esto permite realizar el modelado del edificio más rápidamente e identificar los errores que puedan presentar dichos planos, a su vez esta información tiene que estar convertida en formato CAD si es posible, ya que el programa con el que se trabajó vincula archivos con extensión (dwg), que es el formato con el que se trabaja en Autocad.
- Para realizar el modelo de arquitectura se recomienda trabajar en base a planos arquitectónicos elaborados en Autocad, ya que este programa es compatible con el programa Revit, el cual puede vincular estos planos y facilitar el proceso de modelado.
- Para realizar el modelo estructural se recomienda trabajar con interacción a programas que trabajan bajo una metodología BIM, el cual puede ayudar en el ahorro de tiempo respecto al modelado de elementos, ya que trabajando a partir de planos 2D del edificio como se hizo en este proyecto, resulto bastante moroso por el hecho de la gran cantidad de elementos estructurales que se tenía que modelar.
- Con respecto al modelo de instalaciones hidrosanitarias se recomienda trabajar con plantillas configuradas de acuerdo a la normativa de la región, en las cuales se deben tener familias de tuberías y accesorios que correspondan a dimensiones comerciales disponibles en el medio, para que de esta manera se pueda realizar un modelo mucho más exacto donde se puedan aplicar las diferentes pruebas de análisis para verificar si el diseño está correctamente elaborado y así obtener un mejor cálculo de cantidades de materiales.
- Para las instalaciones eléctricas se recomienda crear o comprar las familias de elementos de acuerdo a normativa si se va a realizar el modelo eléctrico, ya que este cuenta con diversos elementos los cuales se necesitan para un correcto modelado, pero el cual difiere acorde a la disponibilidad en cada país y por lo tanto se debe configurar las plantillas para obtener un modelo realista.
- Para las instalaciones mecánicas se recomienda elaborar los diseños partiendo del programa con las plantillas y familias de elementos cargadas de acuerdo a normativa o de acuerdo a los elementos comerciales disponibles de la región, los cuales pueden

ser creados o incluso comprados desde la propia compañía si la cual está asociada a la metodología BIM.

- A medida que se va modelando cada disciplina se pueden ir corrigiendo de manera manual los errores que se presenten vinculando cada modelo de otra disciplina para así poder evitar demasiados errores cuando se haga el cálculo de interferencias. Al realizar el cálculo de interferencias se recomienda utilizar el programa **Naviswork**, ya que este cuenta con una configuración adicional que puede dar un cierto margen de tolerancia para no tomar en cuenta interferencias insignificantes que no tenga mucha incidencia en el proyecto.
- Se recomienda el aplicar una metodología BIM desde la fase de pre inversión ya que puede ahorrar mucho tiempo en la elaboración de documentación, debido a que los programas que se utilizan como ser en este caso el Revit puede ayudar en gran medida no solo para realizar diseños arquitectónicos, sino también para diseños de otros tipos de sistemas que requiera el edificio como ser: estructurales, sanitarios, climáticos, eléctricos, los cuales se van elaborando conjuntamente con los planos, cómputos de volúmenes, costos y otras aplicaciones con los cuales se puede generar un modelo completo y exacto, para poder identificar y corregir todos los errores antes de pasar a la etapa de ejecución.
- También se recomienda aplicar la metodología BIM en la etapa de ejecución, pero hasta un 25 % del avance de la obra según corresponda, como medida para encontrar futuros errores que no se hayan identificado en la información inicial y así también como ayudar a generar documentación de cualquier cambio que se necesite realizar en la obra, ya que un cambio en el modelo actualiza automáticamente toda la información.
- Para implementar de mejor manera la metodología BIM, se recomienda realizar aplicaciones prácticas en proyectos pequeños antes de pasar a trabajar en proyectos de gran envergadura, ya que en muchos casos cambiar de una metodología de trabajo a otra conlleva un gran tiempo en la adaptación, lo cual si no se realiza correctamente puede llevar a tener complicaciones en el trabajo del equipo profesional.

- Para comenzar a trabajar en el desarrollo de los modelos, si se va partir de información ya elaborada se recomienda procurar tener esta correctamente enlazada y escalada para evitar posibles errores a la hora del modelado y así facilitar el desarrollo del mismo, ya que en base a esta información se irán corrigiendo cualquier error de manera manual a la hora de modelar la edificación.
- Para realizar el modelo BIM se recomienda partir del modelo arquitectónico solo para establecer los puntos base y niveles del proyecto, en base a estos se verificaran con los planos estructurales los cuales deberán estar relacionados con los ejes y así poder comenzar a modelar el edificio de la parte estructural, seguidamente en otra plantilla con ayuda del modelo de estructuras se completara el modelo arquitectónico, y con ayuda de estos dos recién se podrá elaborar el modelo de las instalaciones correspondientes.
- Como recomendación general podemos decir que se tiene que aplicar la metodología BIM preferentemente en la fase de diseño, ya que en esta etapa podemos identificar errores gracias al modelo, lo cual sería muy difícil de la manera tradicional y en base a este podemos plantear soluciones para poder corregir de forma anticipada cada uno de estos conflictos y así poder evitar cualquier tipo de cambio que se presente en la etapa de construcción.