



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA  
CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA: ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS EN EL PROYECTO  
INMOBILIARIO “CONJUNTO HABITACIONAL REINA JULIA”,  
MEDIANTE LA METODOLOGÍA BIM

AUTOR:

AREQUIPA IZA, DARÍO JAVIER

DIRECTOR:

ING. PAZMIÑO MONTERO, MARTHA ELIZABETH Mgs.

SANGOLQUÍ

2020



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN  
INGENIERÍA CIVIL  
CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS EN EL PROYECTO INMOBILIARIO "CONJUNTO HABITACIONAL REINA JULIA"**, MEDIANTE LA METODOLOGÍA BIM fue realizado por el señor **Arequipa Iza, Darío Javier**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente .

Sangolquí, 14 de enero de 2020

Firma:

Ing. Martha Elizabeth Pazmiño Montero Mgs.

C.C 1708618036



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ii

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN  
INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, *Arequipa Iza, Darío Javier* declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS EN EL PROYECTO INMOBILIARIO "CONJUNTO HABITACIONAL REINA JULIA", MEDIANTE LA METODOLOGÍA BIM*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciado las citas bibliográficas.

Sangolquí, 14 de enero de 2020

Firma:

**Arequipa Iza Darío Javier**

**C.C 0503634150**



**ESPE**  
**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

iii

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN**  
**INGENIERÍA CIVIL**

### **AUTORIZACIÓN**

Yo, *Arequipa Iza, Darío Javier* autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: *ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS EN EL PROYECTO INMOBILIARIO "CONJUNTO HABITACIONAL REINA JULIA"*, *MEDIANTE LA METODOLOGÍA BIM* en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 14 de enero de 2020

Firma:

**Arequipa Iza Darío Javier**  
**C.C 0503634180**

## **DEDICATORIA**

El trabajo va dedicado a mi PADRE CELESTIAL al REY de REYES y SEÑOR de SEÑORES que es mi roca y fortaleza en momentos de aflicción y oscuridad.

Le dedico a mis amados padres Marcelo y Ofelia, que son la guía que DIOS me dio para formarme. Nadie les enseñó ser padres les digo que hacen un maravilloso trabajo papá y mamá. Me enseñaron desde niño el valor del trabajo cuando me llevaban al mercado a vender en sol, en lluvia, en viento. Pasar mi infancia en la plaza, viviendo muchas emociones fuertes con días que reíamos, llorábamos, días de enojo cuando sentíamos el abuso de las autoridades y en especial los días de mucha felicidad cuando nos reuníamos en la sala a conversar. Todo esto formó mi carácter y me hace sentir muy orgulloso de mis orígenes y contar quien soy. Muchas gracias DIOS por los padres que me tocó.

El trabajo va dedicado con mucho cariño para mis cuatro hermanos, Yadira, Mayra, Marcelo e Ivonne, somos un GRAN EQUIPO FAMILIAR. Cada uno tiene batallas, pero juntos somos invencibles, a pesar de los problemas que tenemos DIOS nos da la guía para mejorar. Va dedicado a mis abuelos, primos, tíos y en especial a Mamita Rosa que fue mi segunda mamá, viejita lo hice, esto es para ustedes.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, lugar donde me formé profesionalmente y conocí muchos amigos, para ustedes CIVIAMIGOS van estas líneas.

Estas líneas son para ustedes querido comité AIESEC-ESPE, realmente fue una hermosa experiencia formar parte. Gracias comité por ayudarme a vivir experiencias únicas, al contactar lead, organizar stand, buscar host, las reuniones, los congresos, los Roll Call y en especial gracias por permitirme vivir mi voluntariado en Cochabamba-Bolivia, fueron 6 semanas que me cambiaron la vida, chicos de la Aldea Cristo Rey esto es para ustedes.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi papá CELESTIAL por permitirme llegar hasta acá, a mis padres y hermanos por siempre apoyarme en todas mis decisiones algunas acertadas y otras no, gracias familia.

Gracias Ingeniera Martha Pazmiño por su tiempo y guía hasta culminar este trabajo, gracias ingeniera por su predisposición y buena vibra que demostraba en cada reunión. De igual forma Arquitecto Alejandro Román gracias por brindar sus conocimientos y correcciones en la elaboración del trabajo.

Agradezco a la empresa constructora EN LÍNEA RECTA por abrirme las puertas para realizar el presente trabajo, en especial a la Ingeniera Carolina Robalino quien fue la precursora de este tema, se le extraña Ingeniera en la carrera.

Agradezco a todos los docentes de la Universidad que fueron parte de mi formación desde el PREPO hasta culminar mi formación en especial a todos mis profesores del Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, sin duda nuestra carrera es la más hermosa y genial de la Universidad.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN .....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xvi
CAPÍTULO 1 .....	1
1 PROBLEMA.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.1.1 Macro.....	2
1.1.2 Meso .....	3
1.1.3 Micro .....	4
1.1.4 Descripción resumida del proyecto .....	6
1.2 Antecedentes .....	7
1.3 Justificación e importancia.....	9
1.4 Objetivos .....	10
1.4.1 Objetivo General .....	10
1.4.2 Objetivos Específicos .....	10

CAPÍTULO 2 .....	11
2 MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Modelado de la información de la edificación (BIM).....	11
2.2 Aplicaciones BIM para la industria de la construcción. ....	13
2.2.1 Detección de interferencias arquitectónicas, estructurales y mecánicas. ....	13
2.2.2 Procedimiento práctico de detección de Incompatibilidades .....	15
2.3 Documentación de diseño .....	18
2.3.1 Control, ejecución y avance del proyecto.....	18
2.4 Aplicaciones BIM para la etapa de construcción.....	19
2.4.1 ETAPA BIM 1: MODELADO BASADO EN OBJETOS.....	20
2.4.2 ETAPA BIM 2: COLABORACIÓN BASADA EN EL MODELO.....	21
2.4.3 ETAPA BIM 3: INTEGRACIÓN EN LA RED.....	22
2.5 Aplicación y ventajas del uso del BIM en el diseño y la construcción.....	23
2.5.1 Etapa de diseño.....	23
2.5.2 Etapa de construcción.....	24
2.6 BIM como herramienta TIC para la industria de la construcción.....	24
2.6.1 La sinergia Lean – BIM.....	25
2.7 Dimensiones de BIM .....	26
2.7.1 Dimensión 3D (Geometría) .....	27
2.7.2 Dimensión 4D (Tiempo).....	27
2.7.3 Dimensión 5D (Costo en función del tiempo).....	27
2.7.4 Dimensión 6D (Simulación).....	28
2.7.5 Dimensión 7D (Mantenimiento).....	28
CAPÍTULO 3 .....	29



3	MODELAMIENTO EN BIM .....	29
3.1	Metodología para proyectos.....	29
3.1.1	Etapa 1: Antecedentes .....	31
3.1.2	Etapa 2: Construcción virtual BIM-3D de la edificación.....	34
3.1.3	Etapa 3: Construcción virtual BIM-3D de la edificación – Detección de interferencias ...	35
3.1.4	Etapa 4: Simulación del proceso constructivo.....	51
3.2	Proceso de finalización en la etapa de proyecto y análisis de resultados .....	63
3.2.1	Análisis de resultados .....	64
	CAPÍTULO 4 .....	68
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
4.1	Conclusiones .....	68
4.2	Recomendaciones .....	69
	REFERENCIAS .....	70
	ANEXOS	

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Fases y sub fases del ciclo de vida de un proyecto .....	20
<b>Tabla 2.</b> Herramientas TIC más influyentes en la construcción.....	25
<b>Tabla 3.</b> Matriz de interrelación de BIM con Lean .....	26
<b>Tabla 4.</b> Fase de Construcción con la metodología BIM .....	30
<b>Tabla 5.</b> Matriz de fusión: dimensiones BIM con las fases de Ferrovia	31
<b>Tabla 6.</b> Características del Conjunto habitacional “Reina Julia” .....	32
<b>Tabla 7.</b> Distribución por piso de cada casa tipo.....	33
<b>Tabla 8.</b> Resumen del presupuesto de obra de la casa tipo 1 .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Curva de riesgo y costo.....	1
<b>Figura 2.</b> Agentes que afectan a la productividad en la industria de la construcción .....	2
<b>Figura 3.</b> Columna estructural del primer nivel que nace de una viga principal .....	4
<b>Figura 4.</b> Discontinuidad de una viga principal, error producido por no contar con detalles en los planos.....	5
<b>Figura 5.</b> Flujo de trabajo con el sistema CAD ante un cambio .....	5
<b>Figura 6.</b> Flujo de trabajo con el sistema BIM ante un cambio .....	6
<b>Figura 7.</b> Ubicación del proyecto inmobiliario “Conjunto habitacional Reina Julia” .....	6
<b>Figura 8.</b> Secuencia del modelo en BIM .....	7
<b>Figura 9.</b> Etapas de un proyecto de construcción aplicado por la empresa FR4 Construcciones ...	8
<b>Figura 10.</b> Entorno colaborativo de todos los agentes en un solo modelo.....	8
<b>Figura 11.</b> Evolución de la metodología BIM en Latinoamérica.....	9
<b>Figura 12.</b> Agentes que intervienen en un proyecto de construcción .....	11
<b>Figura 13.</b> Centralización de la información mediante procesos BIM.....	12
<b>Figura 14.</b> Flujo de trabajo ante un error detectado en campo.....	14
<b>Figura 15.</b> Cuarto de Máquinas: Instalaciones Sanitarias, Mecánicas, Eléctricas y Cableado Estructurado.....	15
<b>Figura 16.</b> Modelos 3D basado en planos 2D, especialidad de instalaciones mecánicas, (a) especialidad de arquitectura (b) .....	16
<b>Figura 17.</b> Incorrecta colocación de la tubería de agua (a). Daño del porcelanato (b) .....	16
<b>Figura 18.</b> Colisión entre columna y tuberías, la tubería traspasa la columna (a) la columna es confinada por la tubería (b) .....	17
<b>Figura 19.</b> Colisión entre la cadena de cimentación y la tubería PVC de aguas servidas en la edificación .....	17
<b>Figura 20.</b> Planos arquitectónicos en planta.....	18
<b>Figura 21.</b> Programación en 4D de un proyecto de edificación.....	19
<b>Figura 22.</b> Etapas de BIM .....	20
<b>Figura 23.</b> Fases del ciclo de vida del Proyecto en la Etapa 1 BIM - proceso lineal .....	21
<b>Figura 24.</b> Fases del ciclo de vida del Proyecto en la Etapa 2 BIM – modelo lineal.....	22

<b>Figura 25.</b> Fases del ciclo de vida del Proyecto en la Etapa 3 BIM – modelo lineal.....	22
<b>Figura 26.</b> Los tres campos entrelazados de la actividad BIM .....	23
<b>Figura 27.</b> Dimensiones que abarca la metodología BIM.....	26
<b>Figura 28.</b> Flujo del sistema para la entrega de proyectos de construcción, basado en el modelo Diseño/Licitación/Construcción.....	29
<b>Figura 29.</b> Disciplina arquitectónica del conjunto habitacional “Reina Julia” .....	34
<b>Figura 30.</b> Disciplina de estructura del conjunto habitacional “Reina Julia” .....	34
<b>Figura 31.</b> Disciplina de electricidad del conjunto habitacional “Reina Julia”.....	35
<b>Figura 32.</b> Disciplina de fontanería del conjunto habitacional “Reina Julia” .....	35
<b>Figura 33.</b> Perspectiva 3D de la casa tipo 1 modelado en un software BIM .....	36
<b>Figura 34.</b> Plano en planta de la casa tipo 1 en el sistema CAD <b>(a)</b> . Plano en el sistema BIM, denotado en color rojo la colisión entre tubería-columna y en color azul las tuberías innecesarias <b>(b)</b> .....	36
<b>Figura 35.</b> Tubería de lavabo embebida en la columna estructural <b>(a)</b> . Colisión en el nudo por una la tubería de desagüe que conecta al segundo piso <b>(b)</b> .....	37
<b>Figura 36.</b> Tubería que corta la ventana del primer piso <b>(a)</b> . Tubería de desagüe que corta el cerramiento verde <b>(b)</b> .....	38
<b>Figura 37.</b> Plano de instalaciones eléctricas en el sistema CAD <b>(a)</b> . Planos de instalaciones representado en BIM, se denota en color rojo el detalle del interruptor en un muro de cristal <b>(b)</b> . Representación 3D del interruptor colocado en el muro de cristal <b>(c)</b> . .....	39
<b>Figura 38.</b> Plano en planta del segundo nivel en el sistema CAD <b>(a)</b> . Representación del plano en el sistema BIM, en el mismo se resalta las no conexiones del lavabo <b>(b)</b> . Representación 3D de la no conexión del lavabo <b>(c)</b> . .....	40
<b>Figura 39.</b> Plano en planta del tercer nivel en el sistema CAD <b>(a)</b> . Representación del plano en el sistema BIM, se resalta la no conexión del lavabo y la unión de las tuberías hacia el ducto de descarga <b>(b)</b> .....	40
<b>Figura 40.</b> Detalle de la conexión en ducto de descarga, la tubería de agua lluvia no llega al ducto de descarga <b>(a)</b> . El lavabo no está conectado a la red de desagüe <b>(b)</b> .....	41
<b>Figura 41.</b> Perspectiva 3D de la casa tipo 2 modelado en un software BIM .....	42

<b>Figura 42.</b> Plano en planta en el sistema CAD (a). Plano en el sistema BIM, se denotado en color azul tres tuberías innecesarias y en color rojo una unión con un ángulo diferente a 45°(b).....	42
<b>Figura 43.</b> Perspectiva 3D de la casa tipo 2, en ella se denota las tres tuberías de desagüe innecesarias .....	43
<b>Figura 44.</b> Plano en planta del segundo nivel en el sistema CAD (a). Representación del plano en el sistema BIM, se resalta la no conexión del lavabo a la red de desagüe (b). Representación 3D de la no conexión del (c).....	44
<b>Figura 45.</b> Plano en planta del 3er nivel en el sistema CAD (a). Representación del plano en el sistema BIM, se resalta la convergencia de las tuberías de agua lluvia y aguas servidas hacia el ducto de descarga (b).....	44
<b>Figura 46.</b> Perspectiva 3D de la casa tipo 3 modelado en un software BIM .....	45
<b>Figura 47.</b> Plano en planta del 1er nivel en el sistema CAD.....	45
<b>Figura 48.</b> Plano en planta del primer nivel en el sistema BIM, se resalta el ángulo de unión de la tubería de desagüe y la posición de la tubería que sube le segundo nivel (a). Plano en planta del segundo nivel en el sistema BIM, se detalla la desconexión de la tubería de desagüe del primer piso con el segundo y la desconexión del lavabo con la red de desagüe del segundo piso (b).....	46
<b>Figura 49.</b> Perspectiva 3D de la casa tipo 3. En color negro se aprecia la desconexión del lavabo de la cocina con la red de desagüe, en color azul de desconexión de la bajante y en color rojo la desconexión el lavabo del baño del segundo piso. ....	46
<b>Figura 50.</b> Perspectiva 3D de la casa tipo 4 modelado en un software BIM .....	47
<b>Figura 51.</b> Plano en planta de la casa tipo 4 en el sistema CAD (a). Plano en el sistema BIM, se resalta la unión de tuberías y un choque con la escalera (b). ....	47
<b>Figura 52.</b> Convergencia de las tuberías de desagüe con un ángulo inferior a los 45° (a). Colisión entre la disciplina de fontanería y arquitectura en la escalera (b). Tubería de desagüe que no conecta al segundo piso (c).....	48

<b>Figura 53.</b> Plano en planta del segundo nivel en el sistema CAD (a). Representación del plano en el sistema BIM, se resalta la convergencia de las tuberías de desagüe en el ducto, así como la desconexión del lavabo e inodoro en el baño 1 y 2 (b).....	49
<b>Figura 54.</b> Perspectiva 3D, se detalla la interferencia en la grada por la tubería por la tubería de desagüe .....	49
<b>Figura 55.</b> Plano en planta del primer nivel en el sistema CAD (a). Plano en planta del segundo nivel en el sistema CAD (b). Plano en planta del tercer nivel en el sistema CAD (c). .....	50
<b>Figura 56.</b> Plano en planta del primer nivel en el sistema BIM (a). Plano en planta del segundo nivel en el sistema BIM (b). Plano en planta del tercer nivel en el sistema BIM (c). .....	50
<b>Figura 57.</b> Perspectiva 3D de la casa comunal en el sistema BIM .....	51
<b>Figura 58.</b> Reglas de omisión en el análisis de interferencia .....	52
<b>Figura 59.</b> Selección de opciones de pruebas de conflictos .....	52
<b>Figura 60.</b> Disciplinas de arquitectura, estructura y fontanería cargas en software de gestión de proyectos .....	53
<b>Figura 61.</b> Designación de las reglas y tipo de análisis, estático, espacial y duplicado.....	53
<b>Figura 62.</b> Resultado de la interferencia y asignación de tareas a los responsables del diseño ....	54
<b>Figura 63.</b> Interferencias de la planta bajan en la casa tipo 1 en el sistema BIM. ....	54
<b>Figura 64.</b> Interferías detectadas en el software de gestión de proyectos. Colisión de la tubería de desagüe con la columna estructural (a). Colisión de tubería de lavabo con la cadena de cimentación (b). Colisión de tubería de desagüe con la cadena de cimentación (c). Colisión de la tubería de desagüe con la columna estructural (d). Colisión de tubería de desagüe con una pared de baño (e). .....	55
<b>Figura 65.</b> Flujo de trabajo “TimeLiner” .....	56
<b>Figura 66.</b> Disciplina de arquitectura importado desde un software de diseño de la familia BIM. ....	57
<b>Figura 67.</b> Fusión de la disciplina de arquitectura y estructura en un solo archivo .....	57
<b>Figura 68.</b> Fusión de la disciplina de arquitectura, estructura y fontanería en el software de manejo de proyectos .....	58

<b>Figura 69.</b> Coordinación de la herramienta “árbol de selección” con el modelo virtual y las tareas programadas .....	62
<b>Figura 70.</b> Software que permite el desarrollo de la metodología BIM.....	64
<b>Figura 71.</b> Porcentaje de influencia de interferencias en la casa tipo 1 .....	65
<b>Figura 72.</b> Porcentaje de influencia de interferencias en la casa tipo 2 .....	65
<b>Figura 73.</b> Porcentaje de influencia de interferencias en la casa tipo 3 .....	65
<b>Figura 74.</b> Porcentaje de influencia de interferencias en la casa tipo 4 .....	66
<b>Figura 75.</b> Porcentaje de influencia de interferencias en la casa tipo 5 .....	66
<b>Figura 76.</b> Porcentaje de interferencias en el conjunto habitacional REINA JULIA .....	66

## **RESUMEN**

BIM una nueva metodología de construcción que toma auge en países europeos y está dando sus primeros pasos en Latinoamérica. BIM abarca siete dimensiones que parten desde la idea hasta la gestión del ciclo de vida del proyecto, en tal virtud se toma un fragmento del potencial que tiene para realiza el análisis de interferencias en el conjunto habitacional REINA JULIA. En contexto general el conjunto habitacional fue diseñado por la empresa constructora EN LÍNEA RECTA. El conjunto está ubicado en la ciudad de Riobamba, presenta un área de implantación de 3960 m<sup>2</sup> y cuenta con 5 casas tipo, 27 casas tipo 1 y 1 casa tipo 2, 3, 4 y 5 dando un total de 31 viviendas. Se considera como interferencias aquellos choques, colisiones y desconexiones entre las diferentes especialidades de arquitectura, estructura, electricidad y fontanería, el análisis presenta un total de 22 interferencias, 5% en electricidad, 9% en estructura, 41% en arquitectura y 45% en fontanería. Por citar un ejemplo a nivel estructural la columna C1 de la casa tipo 1 presenta una intersección con la tubería del lavabo, este problema puede generar una disminución en su capacidad portante. Las interferencias surgen al no centralizar la información un modelo único, por este hecho BIM incorpora software que permite detectar interferencias y simular el posible cronograma de obra. Cabe mencionar que estas interferencias fueron solucionadas en obra de forma óptima, precisa y técnica por la empresa constructora.

## **PALABRAS CLAVES**

- **PARAMÉTRICO**
- **SOSTENIBLE**
- **CRONOGRAMA**
- **COLISIONES**



## **ABSTRACT**

BIM is a new construction methodology that is in its peak in European countries and is taking its first steps in Latin America. BIM covers seven dimensions that start from the idea to the management of the life cycle of the project. A small part of its potential is taken to carry out the analysis of interferences in the housing complex REINA JULIA. The housing complex was designed by EN LÍNEA RECTA Construction Company. It is located in Riobamba city, in an implantation area of 3960 m<sup>2</sup> and has 5 houses types, 27 houses of type 1 and 1 of each type 2, 3, 4 and 5 giving a total of 31 houses. Considering as interference those shocks, collisions and disconnections between the different specialties of architecture, structure, electricity and plumbing. The analysis presents a total of 22 interferences, 5% in electricity, 9% in structure, 41% in architecture and 45% in plumbing. As an example, at the structural level column C1 in house type 1 presents an intersection with the basin pipe. This problem can generate a decrease in the bearing capacity. Interferences increase because the information in a single model is not centralized, for this reason BIM incorporates software that allows to detect interferences and simulate the possible work schedule. It is important to mention that these interferences were solved, optimally, accurately and technically by the construction company in the building lot.

## **KEY WORDS**

- **PARAMETRIC**
- **SUSTAINABLE**
- **SCHEDULE**
- **COLLISIONS.**

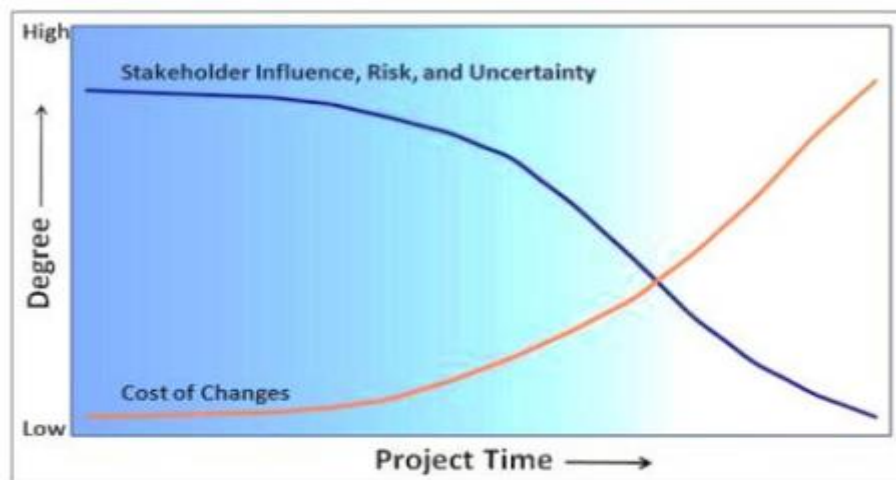
## CAPÍTULO 1

### 1 PROBLEMA

#### 1.1 Planteamiento del problema

Actualmente cada proyecto de construcción afronta múltiples obstáculos y retos, aún más, si el proyecto es ejecutado con el modelo tradicional de construcción, diseño 2D y 3D, con una total desconexión con todos los agentes involucrados: ingenieros, arquitectos, economista, proveedores y demás. El método tradicional se enfoca de una manera completamente desconectada en cuanto a procesos, al realizar cambios en cualquier fase del diseño, genera una pérdida de recursos porque su información no se actualiza automáticamente, además, tiene el desafío de adaptarse a cronogramas estrechos, presupuestos no muy realistas y si a esto le sumamos la incompatibilidad que se puede presentar entre sus diversas especialidades arquitectura, ingeniería, mecánicas y de instalaciones, resulta muy complejo alcanzar los objetivos previstos (Espinoza Rosado, 2014).

En la Figura 1 se muestra el grado de influencia, riesgo e incertidumbre de las partes interesadas es elevada en la etapa inicial del proyecto. La propuesta es involucrar a todos los agentes, reducir la incertidumbre y presentar una nueva metodología de planificación, ejecución y control denominada BIM.



**Figura 1.** Curva de riesgo y costo

Fuente: (PMI Global, 2013)

Implementar la metodología BIM permite: generación automática de información ante cualquier cambio en el diseño, integrar todas las disciplinas en tiempo real, control en todas sus etapas, liberación de un trabajo tedioso (producción de información y repetición de procesos), todo esto con la finalidad de que se le dedique una mayor cantidad de tiempo al diseño, que da como resultado proyectos de mayor calidad, y con menor error. Para este fin, analizaremos el proyecto inmobiliario “Conjunto Habitacional Reina Julia” con la implementación de BIM desde su etapa de diseño, de este modo se prevé evitar posibles interferencias arquitectónicas, estructurales, mecánicas y de instalaciones en el modelo.

### 1.1.1 Macro

Por años el sistema CAD (Computer Aided Desing) o Diseño Asistido por Computador permite a diseñadores: producir, modificar, almacenar y enviar dibujos bidimensionales y tridimensionales de forma digital. En sus inicios esto agilizaba los procesos de diseño comparado con el uso de la tinta y lápiz sobre papel. Con el paso del tiempo las exigencias en la industria de la construcción toman relevancia, la eficiencia y productividad es el objetivo de las empresas. En esta etapa el sistema CAD empieza a tener dificultades al no permitir gestionar de una manera eficiente el proceso constructivo.

Hodge, Willian y Gales (2003) afirman que las tres grandes variables que afectan la productividad en la industria de la construcción son: la parte administrativa, el diseño y la mano de obra (ver Figura 2).



**Figura 2.** Agentes que afectan a la productividad en la industria de la construcción  
Fuente: (Hodge, William, & Gales, 2003)

Se observa en la Figura 2, y de acuerdo a la idea inicial del sistema CAD, la porción administrativa influye con más del 50% en su productividad y eficiencia. Esto repercute significativamente en el desempeño empresarial puesto que, la administración es responsable de la logística y de la gestión de la cadena de suministros (Arce Manrique, 2010). Resulta más que evidente la importancia de contar con una estrategia efectiva para su manejo. El sistema CAD no mejora esta logística, su sistema desconecta completamente las fases de diseño, arquitectura e ingenierías son aisladas al no trabajar en un modelo único, lo que genera pérdida de tiempo y dinero, su información no se actualiza automáticamente ante un cambio. A este problema se agregan los sobrepagos de las obras, desperdicio de materiales e incumplimientos de los plazos. Este inconveniente fue observado por Estados Unidos en 1992 al establecer FIC (Facility Information Council) como una iniciativa del National Institute of Building Sciences una organización no gubernamental autorizada por el congreso que buscaba facilitar la integración de todas las fases en el ciclo de vida de una edificación a partir de un modelo de información que incluyera: arquitectura, ingeniería, construcción y operación (Cuartas, 2013).

En base a lo anterior, a nivel mundial está latente la necesidad de innovación y desarrollo, por la gran cantidad de recursos públicos y privados que esta industria demanda, por tal motivo FIC en el 2005 promueve la interoperabilidad del BIM. En el 2008 consolida su misión y los servicios en línea de la página BUILDING SMART. A partir de este punto, BIM toma gran relevancia. Varias empresas a nivel mundial han migrado a BIM, por las ventajas que esta presenta.

Según Sanz (2017), revela que en Holanda el 76% de proyectos inmobiliarios se realizaron en BIM. Por otra parte, en Suiza desde el año 2017 cuenta con “LA GUIA OPEN BIM”, para el desarrollo de proyectos en BIM, esta guía tiene sus respectivos estándares y regulaciones para su implementación. En Rusia, los proyectos comisionados por el gobierno a partir del 2019 tienen la obligación de usar BIM. El desarrollo de BIM se debe en gran parte a las políticas y programas que los gobiernos implementan, esto es un factor crucial para su desarrollo.

### **1.1.2 Meso**

El sistema CAD (Computer Aided Design) se encuentra muy arraigado en Latinoamérica, a pesar de los inconvenientes ya antes mencionados. Una realidad que genera pasos lentos en Latinoamérica. La integración del BIM en los grandes proyectos latinoamericanos no es

homogénea. En países como Chile, Colombia y Perú es ya una realidad. Con mucha aceptación en grandes proyectos públicos y un alto índice de contratación de profesionales BIM. Sin embargo, esta implementación no crece al mismo ritmo en todo el continente, y lo cierto es que, en la mayoría de países de habla hispana, BIM sigue una progresión muy lenta (BIMCommunity, 2017).

En Latinoamérica la implementación de BIM toma auge en los últimos años, países como: Chile, Perú, Colombia, Costa Rica y Panamá encabezan la lista, seguidos por Argentina, Ecuador, Venezuela, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Brasil (EDITECA, 2018). El desarrollo de BIM se destaca en el sector privado a diferencia del público. El desarrollo de BIM está en función de las políticas y programas de estado que se implementen. Tal es el caso de Chile, que cuenta con el Programa Estratégico “Construye 2025” que impulsa a organizaciones como Plan BIM con el objetivo de promover el uso del BIM tanto en instituciones públicas como en el sector privado (Morales & Guzmán, 2018).

### 1.1.3 Micro

En el Ecuador no existe un estándar de implementación BIM, la metodología tradicional del sistema CAD de archivo bidimensional y tridimensional aún persiste. Esto genera pérdidas de tiempo, dinero, ralentiza las fases de proyectos y acarrea errores de construcción. A manera de ejemplo se presenta el caso de una columna que nace de una viga, esta anomalía es posible que haya ocurrido por un mal detalle o no detalle de los planos arquitectónicos y estructurales.



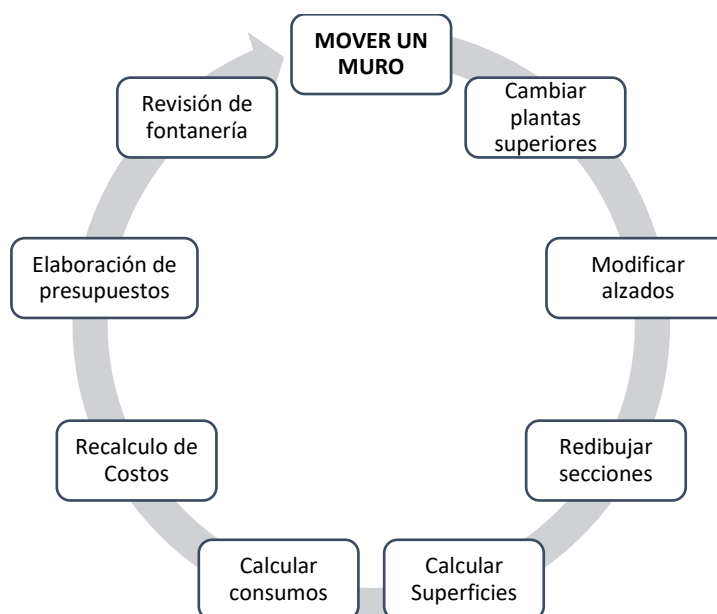
**Figura 3.** Columna estructural del primer nivel que nace de una viga principal

Como este error podemos citar más, una vez puesto en obra, dar solución representa un costo elevado de la edificación, pero no hay que perder de vista la esencia de estas anomalías, es el de no contar con planos definitivos, claros y bien detallado en obras además de la presencia de un técnico en obra. (Figura 4)

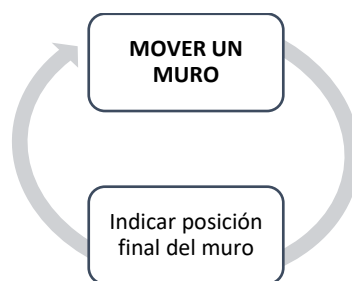


**Figura 4.** Discontinuidad de una viga principal, error producido por no contar con detalles en los planos

Los recursos que se utilizan con CAD ante un cambio en el diseño son elevados. En la Figura 5 se presenta el flujo de trabajo del sistema CAD ante un cambio, mientras que en la Figura 6, se ve el flujo de trabajo con el sistema BIM.



**Figura 5.** Flujo de trabajo con el sistema CAD ante un cambio  
Fuente: (Alonso, 2012)



**Figura 6.** Flujo de trabajo con el sistema BIM ante un cambio  
Fuente: (Alonso, 2012)

Por lo expuesto, se aprecia que la metodología tradicional (CAD) implementa varias acciones ante una ejecución, el proceso es largo y es muy posible que acarree fallas antes de llegar a su objetivo final, mientras el sistema BIM es automático.

#### 1.1.4 Descripción resumida del proyecto

El presente trabajo de titulación consiste en la identificación de interferencias en el proyecto inmobiliario “Conjunto Habitacional Reina Julia” mediante la metodología BIM”, el mismo que cuenta con un área de implantación de 3960 m<sup>2</sup>, está ubicado en la provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, entre la calle Córdova y Av. Araujo Chiriboga, en la Figura 7 se muestra su ubicación.



**Figura 7.** Ubicación del proyecto inmobiliario “Conjunto habitacional Reina Julia”  
Fuente: (Google Earth).

La implementación de BIM inicia con la documentación de los archivos CAD del proyecto inmobiliario “Conjunto Habitacional Reina Julia” que será proporcionada por la empresa

constructora EN LÍNEA RECTA ARQUITECTOS, que pasarán a ser modelados en software de la familia BIM. En la Figura 8, se presenta la secuencia del modelamiento



**Figura 8.** Secuencia del modelo en BIM

Con el diseño los tres tipos de ingeniería, eléctricas, sanitarias y mecánicas. El siguiente paso es el cronograma de avance de obra en 4D (línea de tiempo).

Las ventajas que presenta un cronograma de obra en 4D es:

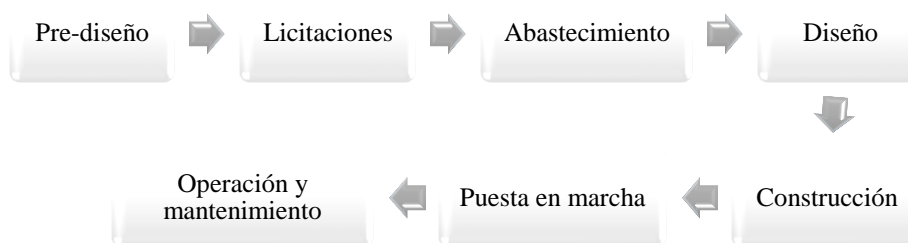
- Animación de las actividades en obra.
- Control de material, área de montajes y espació.
- Mejor rendimiento en las actividades de obra.
- Toma de decisiones tempranas para aumentar la productividad del proyecto y más.

La visualización 2D de los de los archivos CAD no permite identificar las posibles interferencias o colisiones que pueden existir, no así con el modelo BIM. Desde esta óptica se realizará un esquema de comparación y contraste, se destaca así: el tiempo de elaboración de los modelos, el tiempo de actualización de la información ante un cambio en los planos y presupuestos, y las ventajas de manejar un modelo único en el proceso constructivo, lo que se traduce en un ahorro de tiempo y recursos.

## 1.2 Antecedentes

Un proyecto constructivo abarca múltiples etapas, para lo cual es necesario seguir un esquema que asegure la eficacia del proceso (ver Figura 9). Seguir las diferentes etapas de un proyecto de construcción, asegura que todos los aspectos sean tomados en cuenta (FR4 Construcciones, 2017).

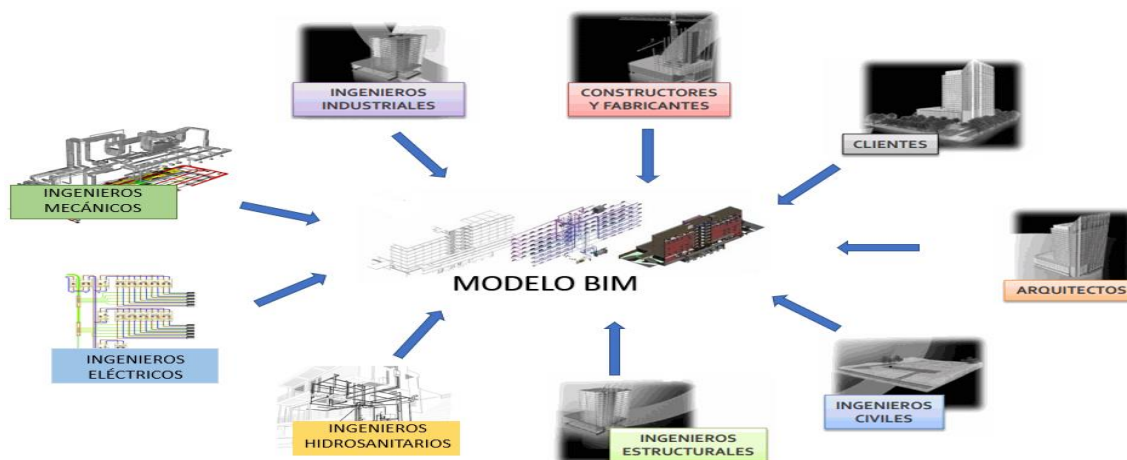




**Figura 9.** Etapas de un proyecto de construcción aplicado por la empresa FR4 Construcciones  
Fuente: (FR4 Construcciones, 2017)

Los métodos y procesos que tradicionalmente se han utilizado para la elaboración de proyectos inmobiliarios, han tenido siempre varios inconvenientes, esto se debe a que la metodología tradicional en la etapa de diseño y construcción, enfoca el proyecto de una manera unitaria, completamente desconectada en cuanto a procesos y a una base de datos única, esta problemática se está dando solución con la evolución de la metodología BIM (Graneto, 2017).

La metodología BIM (Building Information Modeling), es una herramienta de trabajo colaborativo basada en el uso de un software dinámico de gestión de datos de una infraestructura civil a lo largo de la totalidad de su ciclo de vida, que abarca las tres fases generales más importantes de un proyecto: diseño, construcción y mantenimiento (Cuartero, 2018). BIM permite crear y manejar información real, coordinada y confiable, con la que se podrá visualizar diseños, predecir las posibles interferencias en detalles constructivos con precisión y tomar decisiones en fases tempranas del proceso (Eyzaguirre Vela, 2015).



**Figura 10.** Entorno colaborativo de todos los agentes en un solo modelo  
Fuente: (BABOONLAB, 2015)

Dada la eficiencia de BIM, su implementación es obligatorio en la mayoría de los países europeos. Esta metodología está en pleno auge en Latinoamérica, así lo revela el portal español EDITECA (2018).



**Figura 11.** Evolución de la metodología BIM en Latinoamérica  
Fuente: (EDITECA, 2018)

Como destaca el portal, BIM en el Ecuador tiene pasos lentos, esto se debe a que no existe un estándar de implementación. Aun no existe una política de estado, que gestione la implementación de soluciones BIM.

### 1.3 Justificación e importancia

En el actual panorama de la construcción, donde los proyectos aceptan la complejidad y un alto manejo interdisciplinario, cabe insistir en mejorar e innovar en herramientas de planificación y comunicación, con el fin de lograr transmitir información más concisa, certera, útil y práctica. Por este motivo, es significativa la importancia que toman las herramientas BIM para llegar a estos objetivos. BIM permite a los ingenieros interactuar con un modelo virtual en tiempo real, agiliza análisis de diferentes propuestas de planificación o iteraciones de diseño.

A manera de ejemplo, el ingeniero encargado de la planificación que tiene dentro de sus principales tareas, generar un cronograma, considerar una secuencia constructiva práctica, plasmar un buen espacio logístico de trabajo y una correcta asignación de recursos, se enfrentará con muchas limitantes y dificultades para interpretar la información proveniente de planos 2D, debido a que deberá visualizar los componentes mentalmente para luego enlazarlos a las diferentes

actividades. Todo este proceso de interpretación suele ser tedioso, además de consumir tiempo valioso. De este problema, implementar BIM permite visualizar la secuencia de los trabajos a realizarse anticipadamente a la etapa de construcción. A pesar de conocerse la gran cantidad de variables que dificultan este proceso y en consideración a las restricciones o limitaciones que tiene un proyecto de construcción, como por ejemplo el sitio de trabajo, el clima u otros limitantes del lugar, el ingeniero planificador tendrá la posibilidad de escoger, mediante rápidas iteraciones, la mejor secuencia constructiva gracias a BIM.

## **1.4 Objetivos**

### 1.4.1 Objetivo General

- Analizar las interferencias en el proyecto inmobiliario “Conjunto Habitacional Reina Julia” con el uso de un software de modelamiento BIM.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

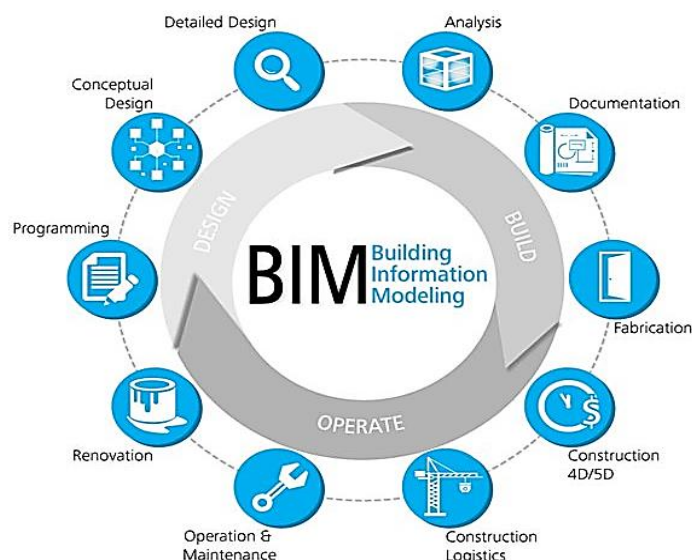
- Modelar en BIM las instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias e instalaciones mecánicas.
- Analizar interferencias en base a los planos en planta de las diferentes disciplinas
- Desarrollar el proceso constructivo en una animación 4D con la finalidad de optimizar tiempo y espacio en la obra, para lo cual se utilizará el software de planificación de proyecto BIM
- Contrastar el modelo CAD con el modelo BIM.

## CAPÍTULO 2

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Modelado de la información de la edificación (BIM).

BIM conlleva múltiples definiciones, para Eastman (2011) describe BIM como una herramienta que facilita los procesos de documentación digital e intangible a través del ordenador acerca de un proyecto inmobiliario, considera el desempeño, planteamiento, construcción y operación. En igual forma para Eyzaguirre Vela (2015) denomina BIM como un modelo geométrico tridimensional, el cual fusiona varias disciplinas interrelacionadas, con la capacidad de adquirir y proporcionar información por medio de objetos parametrizados, los mismos que permiten una ágil visualización del proyecto constructivo, identifica los materiales empleados con sus características físicas y químicas, genera planos arquitectónicos, estructurales, de instalaciones, perspectivas y cortes, entre otros y fusiona todos los agentes que intervienen en un proyecto constructivo. (Ver Figura 12)



**Figura 12.** Agentes que intervienen en un proyecto de construcción

Fuente: (Kubicki, 2015)

El concepto BIM hace referencia a la gestión del aprovechamiento de información de un único modelo en todas sus etapas en un proyecto de construcción. En síntesis, BIM, es una nueva metodología de construcción, la cual gestiona y agiliza procesos con la intercomunicación de todos los agentes involucrados, ingenieros, arquitectos, proyectistas, financistas, obreros y más. BIM

permite analizar y documentar un proyecto basado en una herramienta tecnológica, esta es una plataforma interactiva para el desarrollo óptimo de un proyecto inmobiliario, dando como resultado un modelo de información único (Coloma Picó, 2008).

BIM aporta un sin número de ventajas y beneficios como la reducción de los tiempos de ejecución y costos de producción (Espinoza & Pacheco, 2014). Al manejar información veraz, coordinada y transparente, permite una visualización tridimensional de los diseños, facilita la toma de decisiones en una fase temprana del proceso. La efectividad en la industria de la construcción, es uno de los principales objetivos que las empresas enfrentan, en tal virtud, la exigencia de productividad en los profesionales se eleva, dado que los proyectos exigen una mayor calidad para ser competitivos a nivel mundial.

BIM no se detiene únicamente en el modelo 3D, sino que abarca campos mucho más amplios. Su gran versatilidad dentro de un proyecto está en función de la información y propiedades que se le asigna a cada parámetro (familia) que forman y parte del proyecto, así la base del proyecto es completa para ser utilizada por todos los integrantes. El software que es parte de la metodología BIM, permiten obtener datos relevantes de los elementos estructurales y no estructurales, los mismos que agilizan el trabajo del cálculo de las cantidades y volúmenes de obra. Al mismo tiempo brinda la oportunidad de introducir información acerca del cronograma valorado de obra para llevar un estricto orden en las fases de construcción, costos referentes a cada elemento estructural y arquitectónico de los proveedores, control de manufactura, análisis de diseño estructural y energético, instalación de ventilación, tuberías, documentación entre otras. Generar un modelo BIM resultaría eficiente con todo su potencial de información, no obstante, esto depende del alcance del proyecto, pues toda su información se centra en un solo modelo. (ver Figura 13)



**Figura 13.** Centralización de la información mediante procesos BIM

Fuente: (McWILIAMS, 2014)

## **2.2 Aplicaciones BIM para la industria de la construcción.**

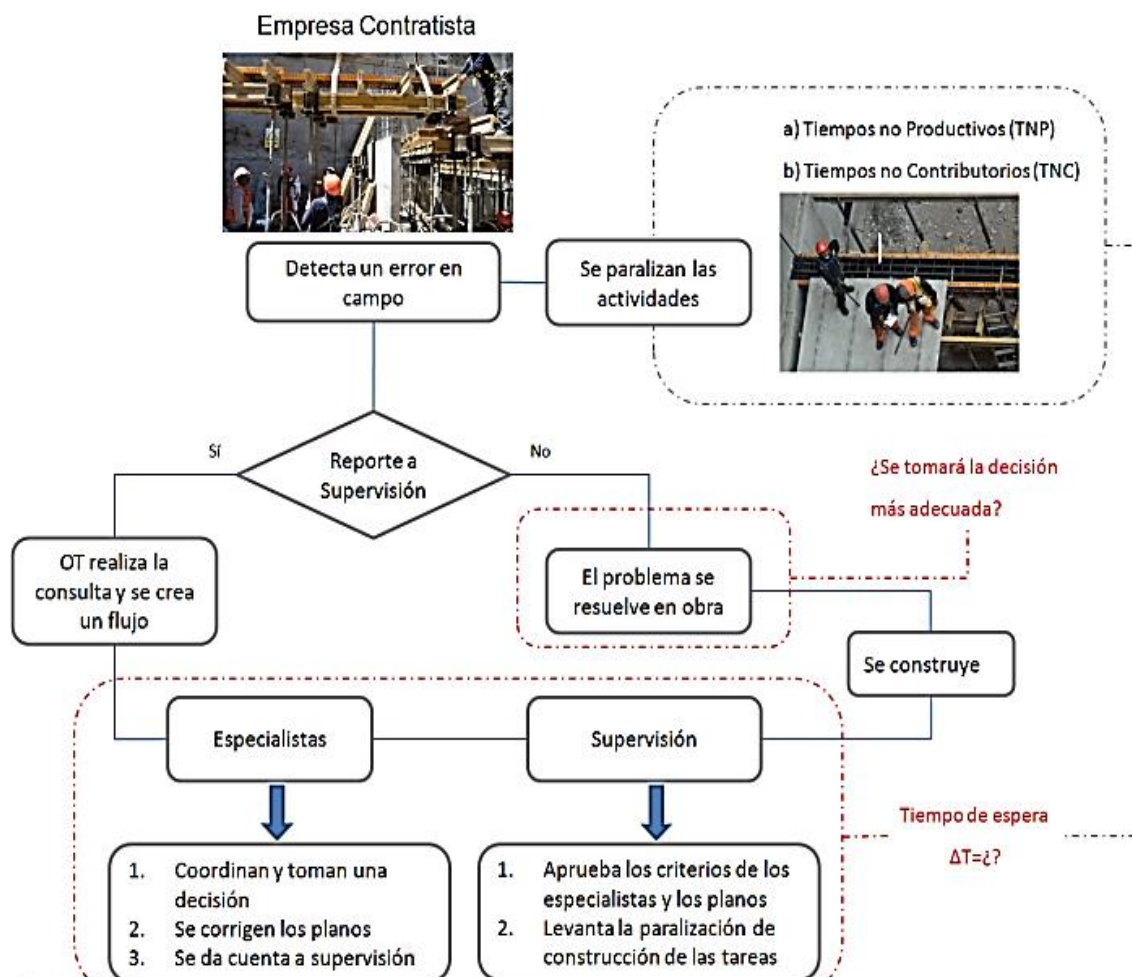
Sin duda, la industria de la construcción tiene gran relevancia en la economía a nivel regional y global, sin embargo, su productividad es baja en comparación con las industrias de siderurgia, metalurgia, cementeras, químicas, petroquímicas, automovilísticas, alimentación, textil y otras (Solminihac, 2017). En base a este contexto entra BIM. Implementar BIM en la industria ayuda a cumplir las exigencias y requerimientos de los clientes en la actualidad. Los proyectos exigen manejar varios parámetros de instalaciones, insumos, materiales, procedimiento y planificación de construcción, esto puede acarrear pequeños errores desde a etapa de diseño (Taboada et al., 2011). Si estos errores no se los corrige a tiempo, los problemas son notorios en la fase de construcción, al no trabajar con un diseño definitivo, el contratista debe tomar decisiones no óptimas en obra.

Se observa que, en la industria de la construcción, BIM permite elevar su productividad, el desarrollo de BIM toma presencia. Fuentes (2017) afirma que el uso de BIM en los últimos dos años en la industria peruana, se desarrolla en proyectos de mediana a gran magnitud, los mismos que son ejecutados fundamentalmente durante la fase de construcción por iniciativa de las empresas privadas. En otro ámbito, en la industria ecuatoriana, no existe un estándar de implementación BIM, aquí los principales protagonistas son las empresas privadas. BIM en la industria ha tenido un desarrollo gradual, sus aplicaciones en la construcción generan un ahorro de recursos.

### **2.2.1 Detección de interferencias arquitectónicas, estructurales y mecánicas.**

Las empresas constructoras son motivadas a implementar el modelo BIM o sub contratar este servicio dado que permite detectar posibles interferencias arquitectónicas, estructurales y de instalaciones en un modelo tridimensional de forma que genera un ahorro antes de la ejecución (Taboada et al., 2011). Se considera que las interferencias son aquellos cruces o colisiones producidos por las distintas disciplinas que participan en el diseño y las incompatibilidades es “la incorrecta representación en los planos cuando el detalle de un elemento no guarda relación con lo indicado en los demás planos” (Taboada et al., 2011). Las interferencias e incompatibilidades se presentan a diario en obra, a manera de ejemplo, el detalle de una viga en planos de planta tiene un ancho y otro distinto en el corte, este problema de interferencias o incompatibilidades deben ser solucionados lo más pronto en obra (ver Figura 14). Cuando en obra se presentan errores en los planos, esto genera incertidumbre en los trabajadores, las actividades en ejecución de encofrado,

cuantía y armado de acero se detienen debido a no contar con planos congruentes que retrasan las actividades (Sigurdur, 2009)



Los cruces e incompatibilidades se generan especialmente en las instalaciones de ventilación, mecánicas, diseño de una red de tuberías entre otras y son más complejas de identificarlas si no se cuenta con un modelo tridimensional que facilite este análisis. A mayor grado de complejidad en el diseño de instalaciones (ver Figura 15), el uso de la BIM resulta de vital importancia, de esta manera se disminuye la presencia de errores, se optimizan los diseños y evita generar productos no conformes (PNC). En tal virtud, su aplicación se destaca en clínicas, fábricas y hospitales (Fuentes Hurtado, 2017).



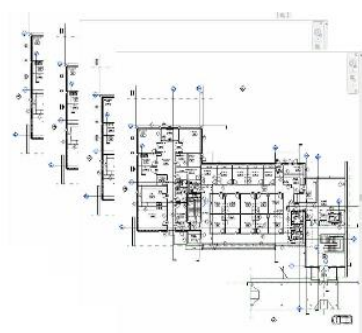
**Figura 15.** Cuarto de Máquinas: Instalaciones Sanitarias, Mecánicas, Eléctricas y Cableado Estructurado  
Fuente: (Fuentes Hurtado, 2017)

Para evitar inconvenientes en obra, se debe contar con los planos impecables en cuanto a los detalle en todos los niveles, cortes, elevación de los elementos que serán replanteados. Estos planos deben estar libres de errores. En ese sentido, el Modelado de la Información de la Edificación (BIM), es una herramienta útil y poderosa para revisar, corregir y optimizar toda la información que llega a la constructora a través de planos 2D de los proyectistas.

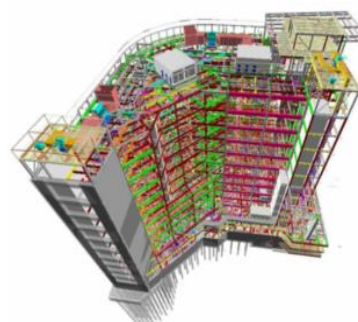
### 2.2.2 Procedimiento práctico de detección de Incompatibilidades

Para detectar las interferencias, se requiere sin excepción, que todas las especialidades estén modeladas, dado que el uso de estas es simultaneo con el fin de tener un trabajo colaborativo. En ocasiones resulta molesto trabajar con todas las especialidades al mismo tiempo, para eso se recomienda definir la especialidad y el nivel de detalle que se va a usar, bien sea arquitectura, instalaciones, fontanería o mecánica (ver Figura 16)

#### Especialidad: Mecánica



Planos 2D:  
Planta, Corte, Elevación Detalle

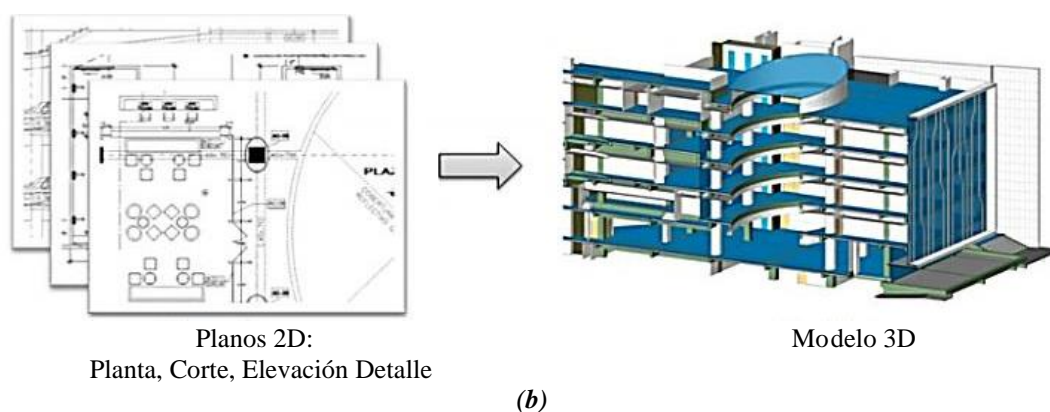


Modelo 3D

(a)



## Especialidad: Arquitectura



(b)  
**Figura 16.** Modelos 3D basado en planos 2D, especialidad de instalaciones mecánicas, (a) especialidad de arquitectura (b)  
 Fuente: (Taboada et al., 2011)

Conforme avanza el modelo de la edificación con BIM, la precisión del diseño debe ser lo más cercano a la realidad, de esta manera puede prever futuros error como los que se presenta en la Figura 17 *a*, se aprecia claramente el resultado final de un mal detalle en los planos de instalación de agua potable, esto es antiestético y solucionar implica utilizar: mano de obra, cerámica, tubería, estrés a los ocupantes y daños colaterales como se observa en la Figura 17 *b*, se observa un corte en el porcelanato.



(a)



(b)

**Figura 17.** Incorrecta colocación de la tubería de agua (a). Daño del porcelanato (b)

Un pésimo detalle o no detalle en los planos, puede resultar muy peligroso, en la Figura 18 *a*, se presenta una colisión entre una tubería y una columna, la solución que se dio en obra fue atravesar la columna con la tubería. Esto genera problemas estructurales como columna corta, reducción de la capacidad portante, corrosión de acero longitudinal y transversal, que puede comprometer toda la edificación, así también, en la Figura 18 *b*, se observa como una tubería confina el acero longitudinal a manera de estribos. Hay que mencionar, además el error presente en la cadena de cimentación con las instalaciones hidrosanitarias (ver Figura 19). Estas anomalías pudieron evitarse si se hubiera contado con planos claros y correctos de las edificaciones.



**Figura 18.** Colisión entre columna y tuberías, la tubería traspasa la columna (*a*) la columna es confinada por la tubería (*b*)  
Fuente: (Our Story, 2018)

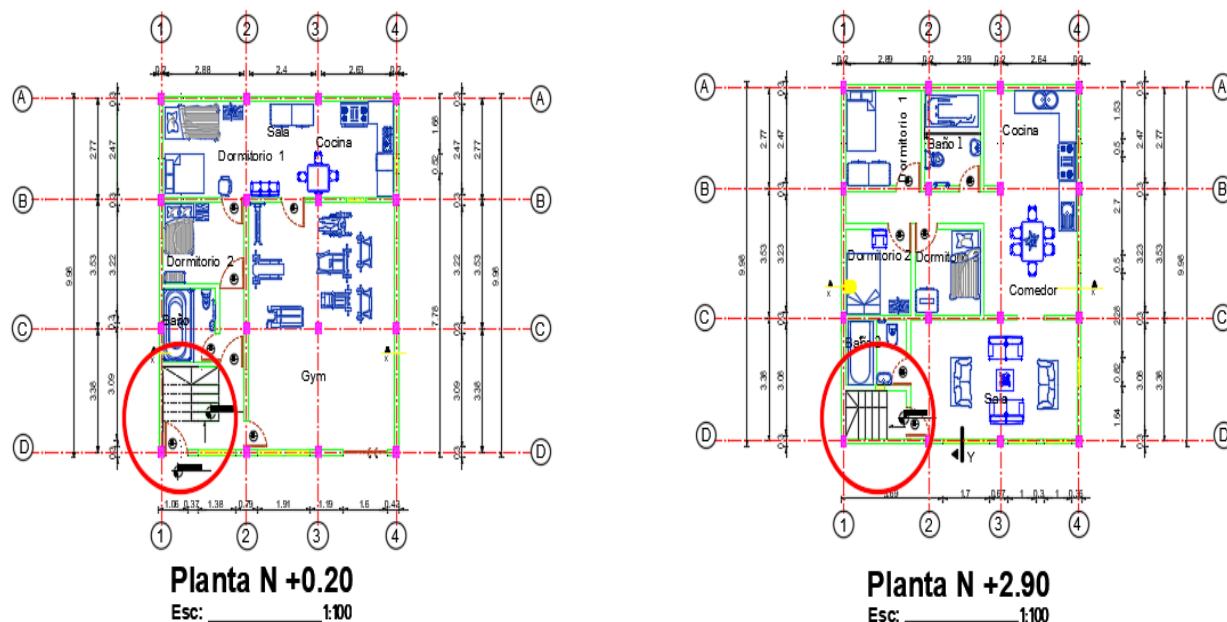


**Figura 19.** Colisión entre la cadena de cimentación y la tubería PVC de aguas servidas en la edificación

## 2.3 Documentación de diseño

Uno de los problemas que afronta los contratistas, es la deficiencia de los documentos de diseño, es decir, los planos discrepan tanto en corte y en planta, cuando se tienen diferentes especialidades o cuando no están bien definidas, indudablemente este contratiempo impacta en la calidad final del producto.

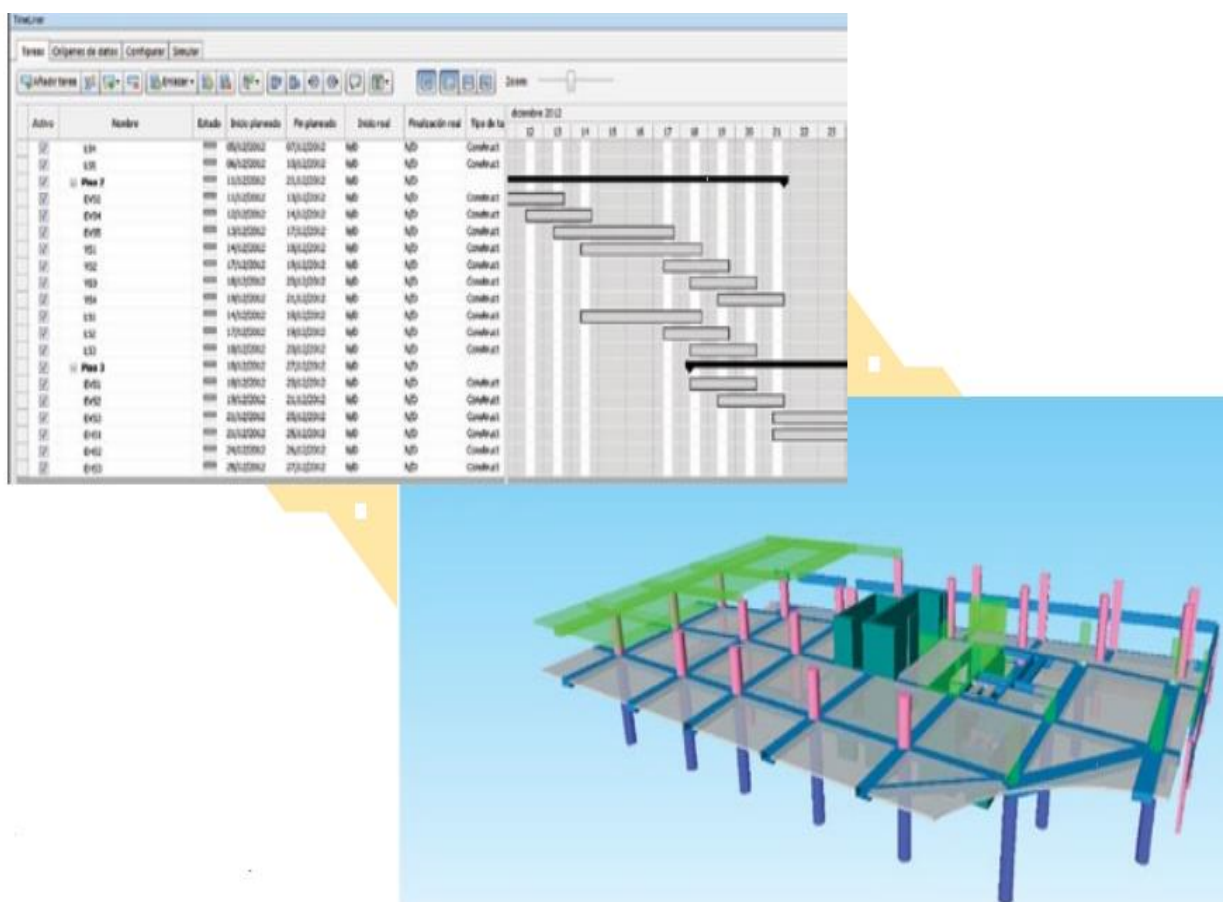
A manera de ejemplo en la Figura 20. Se presentan los planos en planta de una residencia. A la izquierda se destaca el nivel + 0.20, se observa que las gradass está junto al eje 1, y la derecha está el nivel 2+90, la gradass se encuentra junto al eje 1 a al eje D, un claro error de la ubicación de la zona de gradass



*Figura 20.* Planos arquitectónicos en planta

### 2.3.1 Control, ejecución y avance del proyecto

Los modelos BIM son una herramienta visual que nos permite entender mejor un proyecto durante su ejecución. Se puede realizar una simulación 4D, esta simulación es el cronograma de avance de obra en el tiempo, con la posibilidad de vincular el cronograma de obra (ver Figura 21), esto facilita la comprensión del proyecto a los contratistas.



**Figura 21.** Programación en 4D de un proyecto de edificación  
Fuente: (Fuentes Hurtado, 2017)

## 2.4 Aplicaciones BIM para la etapa de construcción.

En el apartado anterior se ha visto el impacto que tiene BIM en la industria de la construcción, en tres aspectos relevantes como detección de interferencias arquitectónicas, estructurales y mecánicas, documentación de diseño, y el control, ejecución y avance del proyecto.

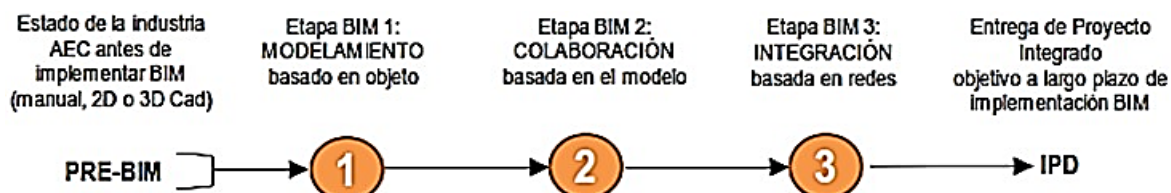
En igual forma BIM participa a lo largo de las múltiples fases en el ciclo de vida de un proyecto. Según la asociación española BIMETRIC, las fases del ciclo de vida del proyecto de construcción son: Diseño, Construcción y Operaciones, las que a su vez abarca múltiples actividades las cuales se detallan en la Tabla1.

**Tabla 1.***Fases y sub fases del ciclo de vida de un proyecto*

Fase de Diseño	Fase de Construcción	Fase de Operación
<b>D1:</b> Conceptualización, planificación y estimación de costos	<b>C1:</b> Programación y planos de taller	<b>O1:</b> Ocupación y operación
<b>D2:</b> Diseño arquitectónico, estructural y de instalaciones	<b>C1:</b> Construcción, fabricación, compras y aprovisionamiento	<b>O2:</b> Gestión de activos y mantenimiento de la instalación
<b>D3:</b> Análisis, definiciones de detalles de coordinación y especificaciones	<b>C3:</b> Puesta en marcha, As-Built y entrega	<b>O3:</b> Desmantelamiento y reprogramación integral

Fuente: (Viboni, Espinet, &amp; Roig, 2016)

Es evidente acotar que implementar BIM en el ciclo de vida de un proyecto afecta tanto sus fases como sub fases. Succar (2009) propone etapas las que deben pasar los agentes involucrados en arquitectura, ingeniería, construcción y operaciones, a lo largo de la implantación de BIM, de esta manera se define el nivel de madurez en cada fase presentadas en la Figura 22. En tal virtud se presenta los efectos del BIM a nivel de fases.

**Figura 22.** Etapas de BIM

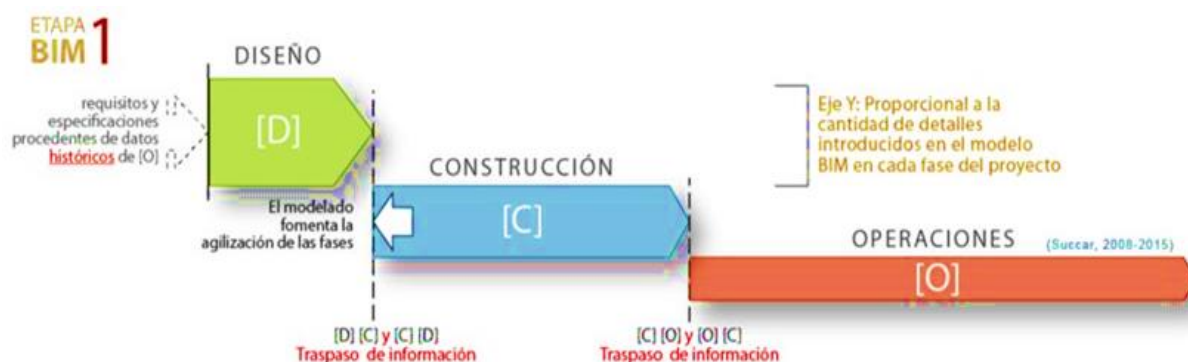
Fuente: (Succar, 2009)

### 2.4.1 ETAPA BIM 1: MODELADO BASADO EN OBJETOS

Se sabe que la implementación de BIM inicia a través de la aplicación de un software de modelamiento basado en objetos paramétricos. En la Fase 1, el usuario genera modelos en cualquier fase del ciclo de vida del proyecto, diseño [D], construcción [C] u operación [O] (Viboni, Espinet, & Roig, 2016). La coordinación en la elaboración de los modelos es fundamental para agilizar procesos constructivos, así como administrativos. A manera de ejemplo, la coordinación de los

modelos de diseño arquitectónico [D] con la fabricación de conductos [C], nos permite automatizar la generación y la coordinación de la documentación 2D y las visualizaciones 3D.

En la Figura 23 se presenta el proceso de la Etapa 1 de BIM, aquí se denota la integración de las fases del ciclo de vida del proyecto, las que siguen una secuencia lineal. Enfocar el modelo inicial en una fase, por ejemplo, el diseño significa tener presente todos los antecedentes del proyecto como documentación y planos 2D para automatizar la generación y coordinación de la documentación 2D y visualización 3D (Salinas & Ulloa Roman, 2014). Cabe detallar que las actividades de diseño y construcción inician a incorporarse, ahorra tiempo (Jaafari, 2000), es decir, al terminar la Etapa 1, BIM reconoce los beneficios de la participación de otros actores de diseño y construcción. Estos beneficios nos llevan a la Etapa 2 de BIM.



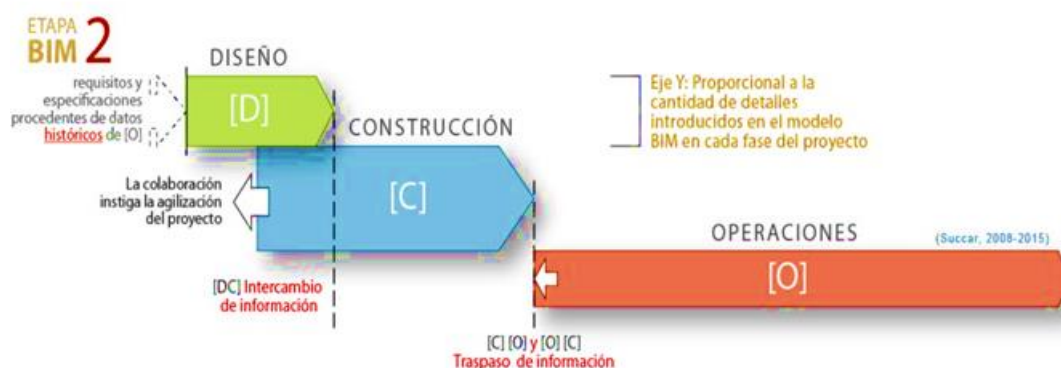
**Figura 23.** Fases del ciclo de vida del Proyecto en la Etapa 1 BIM - proceso lineal  
Fuente: (Viboni, Espinet, & Roig, 2016)

## 2.4.2 ETAPA BIM 2: COLABORACIÓN BASADA EN EL MODELO

Finalizada la Etapa 1, los actores de BIM colaboran con otras disciplinas, esto da paso a la Etapa 2. La colaboración puede darse en una misma fase o entre dos fases del ciclo de vida del proyecto, esto es visible en la interrelación y comunicación que debe tener los modelos arquitectónicos como los estructurales (Bentley & Workman, 2003), así como el intercambio Diseño-Construcción y Diseño-Operaciones, lleva a una madurez de la Etapa 2.

En esta fase, el grado de detalle del modelamiento se eleva, sustituye parcial o totalmente a los diseños iniciales o de menor detalle. Esta colaboración basada en un mismo modelo, integra procesos y modifica el ímpetu de modelado en cada fase del proyecto. La superposición en esta fase se representada en la Figura 24, la cual es impulsada por los constructores, contratistas y

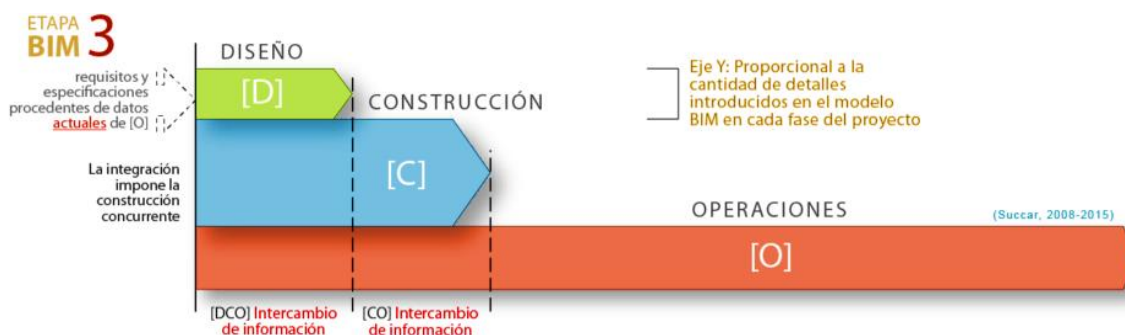
proyectistas con la finalidad de añadir información de construcción y aprovisionamiento en sus modelos de diseño.



**Figura 24.** Fases del ciclo de vida del Proyecto en la Etapa 2 BIM – modelo lineal  
Fuente: (Viboni, Espinet, & Roig, 2016)

### 2.4.3 ETAPA BIM 3: INTEGRACIÓN EN LA RED

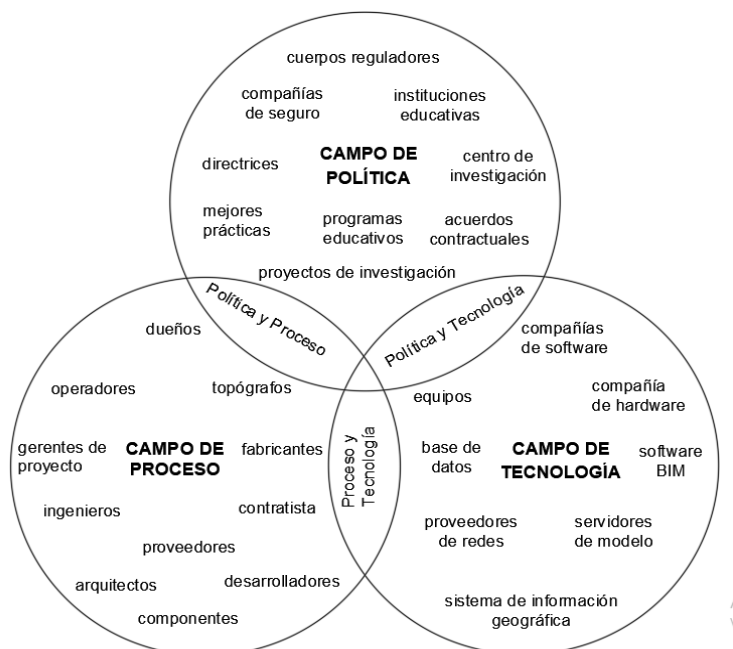
En la etapa final del proceso, se crean modelos compartidos que colaboran simultáneamente en todo el ciclo del proyecto. La integración se logra, a través de bases de datos individuales, integradas y distribuidas (Bentley & Workman, 2003) y/o a través de SaaS (Software como Servicio) (Wilkinson, 2017). La transferencia de información se sincroniza entre: los datos, modelos y documentos, los mismo que provocan una superposición entre las fases del ciclo de vida del proyecto (ver Figura 25), esta integración fomenta una construcción concurrente, todas las actividades del proyecto se integran y todos los aspectos de diseño, construcción y operación se planean simultáneamente para maximizar el valor de las funciones objetivo, al mismo tiempo que se optimiza la constructibilidad, la operatividad y la seguridad (Jaafari, 2000).



**Figura 25.** Fases del ciclo de vida del Proyecto en la Etapa 3 BIM – modelo lineal  
Fuente: (Viboni, Espinet, & Roig, 2016)

## 2.5 Aplicación y ventajas del uso del BIM en el diseño y la construcción.

Implementar BIM en la industria de la construcción, nos ofrece una gran cantidad de aplicaciones y beneficios, para ello, se debe cambiar en la gestión típica de los proyectos. Succar (2009) propone un marco de referencia, el mismo que permite a los agentes involucrados en la industria comprender los campos de acción de BIM, así como sus etapas (ver Figura 26).



**Figura 26.** Los tres campos entrelazados de la actividad BIM  
Fuente: (Succar, 2009)

Estos tres marcos de referencias interactúan de dos maneras: por transferencias de información y relaciones contractuales. En base a este contexto, usar la tecnología BIM en la gestión de proyectos reduce la incertidumbre en su manejo, dado que aumenta el controlarlo y disminuye las aproximaciones abstractas. De esta forma BIM aporta ventajas y beneficios en las etapas de un proyecto.

### 2.5.1 Etapa de diseño

- Trabajo colaborativo entre los diferentes agentes, arquitectos, ingenieros, proyectistas, financieros y otros que intervienen un proyecto de construcción.
- El clientes o dueño del proyecto, participa activamente en la toma de decisiones, de esta manera se cubre las expectativas y requerimiento exigidos.



- Localización y prevención de posibles interferencias arquitectónicas, estructurales y mecánicas de modo que se puede comprobar si existe algún problema de acople o integración entre los diferentes elementos que forman parte del proyecto.
- Obtención de los planos del proyecto de: planta, elevación, cortes, detalles y vistas en 3D en tiempo real, en caso de realizarse alguna modificación los planos se actualizan automáticamente.
- Nos permite gestionar y optimizar los espacios y ambientes.
- Permite realizar un análisis estructural dinámico y un análisis estático de la estructura.

### **2.5.2 Etapa de construcción**

- Dado que BIM integra el modelo 2D, 3D y 4D (en el tiempo) esto mejora la visión global del diseño del proyecto.
- En la etapa de diseño se localizaron las posibles interferencias, en la fase de construcción optimizar el tiempo lo cual implica un ahorro del costo.
- Permite mejorar el control de la cantidad de materiales implementados en cada fase del ciclo de vida del proyecto.
- Interacción del constructor con los proveedores en tiempo real, esto permite detallar y asegurar la calidad del material solicitado
- Simulación 4D del proceso constructivo, de este modo se puede manipular los ambientes, de tal manera que no exista contratiempos con la interacción de materiales, maquinaria y personal.
- Dado que BIM se maneja en una plataforma virtual, los propietarios siempre están al tanto de todo el proceso constructivo, su participación incluida, no sólo en el inicio del diseño, sino también en su planteamiento, mantenimiento y operación a largo de su ciclo de vida.

### **2.6 BIM como herramienta TIC para la industria de la construcción.**

La industria de la construcción, a diferencia de otras industrias, posee características esenciales que integra a otras industrias. La complejidad en cada proyecto, los hace muy diferentes unos de otros. Ante una misma situación, la toma de decisiones va a ser diferentes, y claramente se observa la necesidad que tiene los decisores de un sistema que aporte la información en cada momento (Martínez et al., 2013). En este contexto, las TICs ofrecen una herramienta práctica. Esta

integra a los procesos tradicionales constructivos, con tecnologías que permita hacer más eficaz el manejo de los proyectos.

Según un estudio publicado por Colwell (2008), el cual se basó en criterios de expertos en la industria y de su propia experticia, determino las siete herramientas TIC más influyentes en la construcción (ver Tabla 2)

**Tabla 2.**

*Herramientas TIC más influyentes en la construcción*

N°	Herramienta TIC	Peso
1	Software de Gestión de Proyectos	85%
2	Modelado 3D y 4D	77%
3	Computación móvil	73%
4	Software para planeamiento y programación de obras	71%
5	Sistemas ERP	66%
6	Hojas de asistencia web	38%
7	RFID y código de barras	32%

Fuente: (Colwell, 2008)

Del estudio publicado por Colwell (2008), se aprecia que el software de Gestión de Proyectos y los modelos 3D y 4D encabezan las listas, esto nos da panorama amplio de la importancia a las TIC en la industria. Las TIC nos aporta una mejor administración de: la programación, planeamiento del trabajo, calidad, seguridad y comunicación, todo esto conlleva y engloba a BIM como una herramienta de productividad para la industria.

### **2.6.1 La sinergia Lean – BIM.**

Lean es una iniciativa dirigida hacia la administración de la construcción, con la finalidad de suprimir las actividades que no agreguen valor, reducir los recursos en talento humano orientado en la fabricación de elementos, optimización de espacios, inversión de herramientas, reducción de tiempo de ingeniería para el desarrollo de productos y reducción de inventario administrativo, lo que da como resultados menor falencias o errores y mayor productividad ( Womack & Jones, 1996).

El Lean Construction así como BIM, está enfocados en la dirección, gestión y ejecución de proyectos de construcción, orientado en el principio de mejora continua. Las dos filosofías tienen un gran impacto en la industria, las que desarrollan sinergia entre sí. La fusión de estas, mejora y optimiza procesos de construcción. Tal es el impacto de estas dos filosofías, que miembros de Lean Construction Institute (LCI) publicaron en la revista “The interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction” una matriz de 56 interrelación de las funcionalidades entre BIM y Lean. En la Tabla 3 se presenta cinco de los cincuenta y seis elementos de la matriz). Con esta matriz constata que BIM y Lean están estrechamente ligadas.

**Tabla 3.**

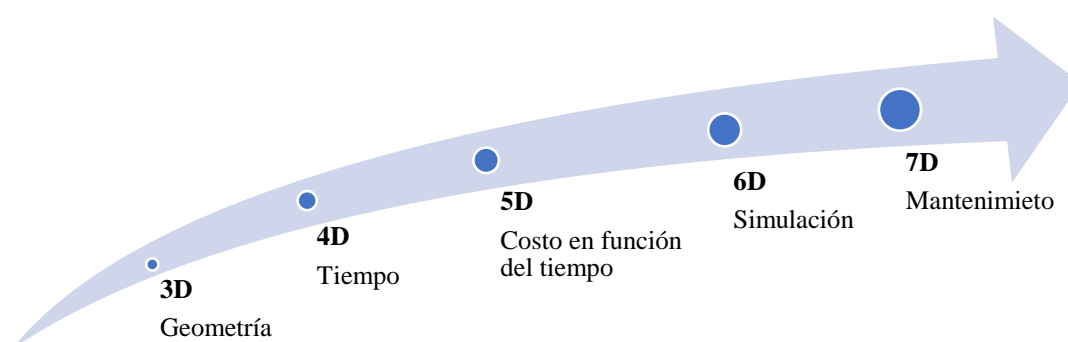
*Matriz de interrelación de BIM con Lean*

Reduce los procesos.
Diseña el sistema de producción para un flujo y valor.
Genera automáticamente dibujos y documentos.
Rápida generación y evaluación de los planes alternativos de construcción.
Permite la comunicación online/electrónica basada en objetos

Fuente: (Sacks et al., 2010)

## 2.7 Dimensiones de BIM

Ya se ha mencionado los efectos de implementar esta metodología de diseño en un proyecto de construcción. BIM centra toda la información de un proyecto en un modelo digital, la evolución de este sistema incorpora siete dimensiones de modelamiento las cuales deben seguir una secuencia ordenada (ver Figura 27) (Ferrer Sánchez, 2013).



**Figura 27.** Dimensiones que abarca la metodología BIM

El ciclo de vida de un proyecto BIM inicia con la idea, los bocetos y llega al modelamiento de la geometría (dimensión 3D) hasta concluir con el mantenimiento (dimensión 7D) de la construcción, a continuación, se detalla las dimensiones de BIM.

### **2.7.1 Dimensión 3D (Geometría)**

En todo modelo, diseño o proyecto se debe definir condiciones iniciales tales como: el tipo de construcción, localización, costo aproximado y demás. Esta idea se plasma en un boceto y se prepara su modelamiento. A partir de toda la información recopilada se genera la geometría tridimensionalmente, esta es la base para el resto del proyecto. Cabe denotar que en los modelos 3D se debe incorporar toda la información necesaria que serán de apoyo para las demás dimensiones de BIM, tales como:

- Detalles arquitectónicos.
- Ambientación y distribución de los espacios.
- Tipos de acabados a utilizar.
- Tipo de materiales como hormigón, acero, madera o una combinación de ellas.
- Características físico- químicas de los materiales.
- Puntos definidos de instalaciones sanitarias, eléctricas y mecánicas

### **2.7.2 Dimensión 4D (Tiempo)**

Asignar a cada elemento una secuencia de construcción que permite: controlar la dinámica del proyecto y realizar simulaciones, diseñar el plan de ejecución y anticiparnos a las dificultades. A lo que hasta ahora podría considerarse algo estático se le aporta la dimensión del tiempo, de modo que podemos definir: fases del proyecto, establecer su planificación temporal, realizar simulaciones de parámetros temporales como, sol, viento y energía (Rodríguez, 2012).

### **2.7.3 Dimensión 5D (Costo en función del tiempo)**

La dimensión 5D conlleva un análisis, estimación y control del costo del proyecto a medida que este avanza. Además, generar información detallada de presupuestos en cualquier fase de la vida del proyecto. El objetivo primordial de esta dimensión de aumentar la rentabilidad del proyecto mejora.

#### **2.7.4 Dimensión 6D (Simulación)**

Consiste en la simulación de alternativas contingentes para determinar cuál es la más adecuada y ejecutarla. Este concepto de sostenibilidad se lo maneja desde tres puntos de vista diferente: ambiental, económica y social. Adaptar el concepto de sostenibilidad no es fácil, el diseño sostenible se lo puede entender como como diseño de máxima calidad.

#### **2.7.5 Dimensión 7D (Mantenimiento)**

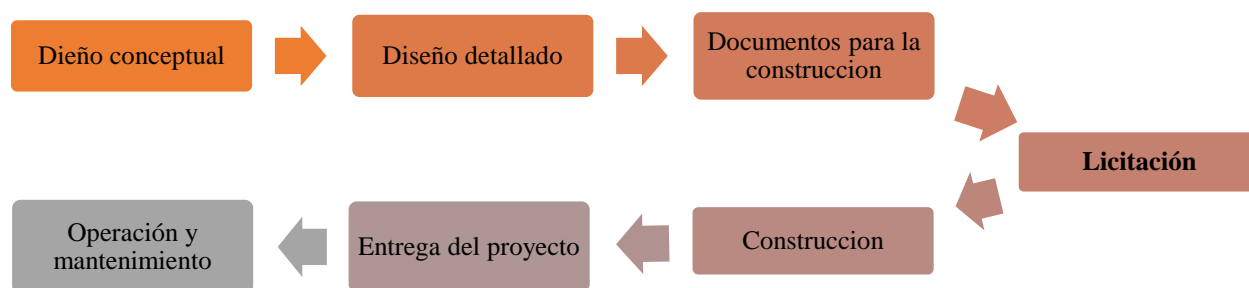
La última dimensión de BIM se encarga de la gestión del proyecto final. BIM trata de generar un proyecto lo más parecido a la realidad construida, el mismo debe contrastar con los planos As-built, de esta manera que lo diseñado fue lo construido.

## CAPÍTULO 3

### 3 MODELAMIENTO EN BIM

#### 3.1 Metodología para proyectos.

La estructura organizacional de un proyecto de construcción está dividida en diferentes etapas las que siguen una progresión lineal de trabajo (ver Figura 28). Tomar este modelo Diseño/Licitación/Construcción (DLC) ocasiona problemas de interrupción en las dos etapas más importantes para la entrega de proyectos. Esto genera errores de diseños, diseños incompletos, planos no compatibilizados y documentación no consistente (Taboada et al., 2011)



**Figura 28.** Flujo del sistema para la entrega de proyectos de construcción, basado en el modelo Diseño/Licitación/Construcción  
Fuente: (Taboada et al., 2011)

La aplicación de la metodología BIM en el proyecto inmobiliario “Conjunto Habitacional Reina Julia” se enfoca en la compatibilidad de todas las disciplinas que participan en el proyecto, de manera que analiza y corrige las incompatibilidades e interferencias, con la finalidad de buscar el diseño óptimo, el cual permita reducir el impacto en la fase de construcción en cuanto a temas de costos y productividad.

La perspectiva ideal a desarrollar el proyecto de investigación debe ser desde el punto de vista del contratista de manera que se permita usar los recursos de la empresa en cuanto a inversión de tecnología, licencias, capacitaciones y, además de cambiar procesos tradicionales de construcción por el uso de la forma de trabajo BIM y tener la potestad de tomar decisiones en función a las 7D dimensiones. Por citar un ejemplo de empresas que utilizan BIM, se toma el caso de la constructora española Ferrovial Overview, la misma que estableció una matriz que permite

seguir una secuencia en la fase de construcción de tal forma que conecta las siete dimensiones de BIM (ver Tabla 4).

**Tabla 4.**

*Fase de Construcción con la metodología BIM*

Fase 1	<b>Revisión de diseño y construcción</b>	El diseño realizado en 2D, se modela en un software BIM como Revit
Fase 2	<b>Clash detection</b>	En el modelo en 3D, se identifican los choques que se producen entre las diferentes disciplinas.
Fase 3	<b>Planificación y programación 4D</b>	Representación gráfica del proceso constructivo de un elemento, se representa como se va a realizar su ejecución. Se coloca información en el modelo y se verifica cómo esta afecta a su ejecución y al resto de la planificación
Fase 4	<b>Control de producción y costos</b>	Control de las fechas y mediciones que representan la evolución del proyecto con el tiempo
Fase 5	<b>Cadena de suministros: subcontratistas</b>	De acuerdo a la magnitud de la obra aparecen los subcontratistas. BIM permite determinar la logística que conlleva la intervención de los subcontratistas
Fase 6	<b>Seguridad y Salud</b>	Momento en el cual empiezan a involucrar diversos personajes al mismo instante en la obra (ingenieros, arquitectos, subcontratistas, trabajadores y demás) los cuales deben interactuar en un mismo espacio que tiene un cierto peligro. Con BIM, todo el personal que tiene que pasar una inducción virtual, en el mismo momento que se detalla los puntos críticos, zonas peligrosas, estado actual de la obra, así puedan prever cuáles serían los posibles problemas que puedan tener.
Fase 7	<b>Trabajo de campo</b>	Llevar en obra el control de producción a través de una tablet. Utilizar el dispositivo móvil para llevar un control del avance de la obra, control de producción, verificar que los “elementos estructurales” puestos en obra sean certificados y ejecutados en las fechas previstas.
Fase 8	<b>Detallado y prefabricación</b>	Modelar detalladamente los elementos a construir (por ejemplo, detalle el armado que debe llevar una pila o estribo), con la finalidad que el constructor tenga la facilidad de comprender los diseños y ejecutarlos.
Fase 9	<b>Documentación As-Built</b>	Toda la documentación desde el inicio se va archivando, el nivel de detalle de modelamiento permite que los planos iniciales sean los As-Built

Fuente: (Ferrovia Overview, 2018)

Se observa que la empresa Ferrovial se basa en una matriz compleja, lógica y ordenada para la ejecución de BIM en obra, cabe recalcar que la magnitud de los proyectos que maneja Ferrovial es a nivel mundial. Como se mencionó, implementar las siete dimensiones de BIM y todo lo que esta conlleva depende de la magnitud y alcance del proyecto. En nuestro caso práctico se participará como un agente externo (moderador) con la finalidad de contrastar las dos metodologías.

Para el diseño se abarca hasta la quinta dimensiones de BIM y las cuatro primeras fases de la matriz propuestas por Ferrovial. Para fusionar las cinco dimensiones y cuatros fases, se presenta la siguiente matriz (ver Tabla 5)

**Tabla 5.**

*Matriz de fusión: dimensiones BIM con las fases de Ferrovial*

Dimensiones de BIM		Fases de Ferrovial	Objetivo
<b>Etapa 1:</b> Antecedentes	1D y 2D	Fase 1: Revisión de diseño	Determinar el área de estudio, área de influencia directa e indirecta y documentos precontractuales previo al diseño
<b>Etapa 2:</b> Construcción virtual BIM-3D	3D	Fase 1: Revisión de diseño y construcción	Modelar la geometría (planos 2D) y convertirlo en elementos paramétricos en un software BIM. Diseño arquitectónico, estructural, sanitario e instalaciones.
<b>Etapa 3:</b> Detección de interferencias	3D - 4D	Fase 2: Clash detection	Detectar las posibles interferencias, incompatibilidades o colisiones entre los diferentes elementos y solucionarlos
<b>Etapa 4</b> Simulación	4D y 5D	Fase 3: Planificación y programación 4D.	Planificación y cronograma de avance de obra
<b>Etapa 5</b> Costo / tiempo	5D	Fase 4: Control de producción y costos.	Costo de la obra en función del tiempo

### 3.1.1 Etapa 1: Antecedentes

El proyecto inmobiliario “Conjunto Habitacional Reina Julia”, se encuentra en etapa de construcción. Actualmente presenta el 60% en obra gris el 30% en estructura a porticada y 10% en obra terminada, está dirigido para personas de un nivel medio alto.



En el ANEXO 1 se presenta la implantación general de cubierta de todo el proyecto, en el ANEXO 2,3,4,5,6, se presenta la casa tipo 1,2,3,4 y 5 respectivamente. En contexto general en la Tabla 6 se resume las características del conjunto habitacional.

**Tabla 6.**

*Características del Conjunto habitacional “Reina Julia”*

<b>Conjunto Habitacional “Reina Julia”</b>		
<b>Ubicación del proyecto</b>	Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, entre la calle Córdova y Av. Araujo Chiriboga	
<b>Área de implantación</b>	3960 m <sup>2</sup>	
<b>Total, de número de casas</b>	30 casas	
<b>Casa Tipo</b>	Tipo 1	V1 – V10, V12 – V2, V22, V25, V26, V27
	Tipo 2	V21
	Tipo 3	V28
	Tipo 4	V29
	Tipo 5	Área Comunal

El modelo en BIM parte con la parametrización de los planos arquitectónicos, planos de instalaciones eléctricas, sanitarias y planos estructurales del conjunto habitacional, los mismos que previamente fueron aprobados por el municipio de Riobamba. Cabe recalcar que los planos en las diferentes disciplinas se obtuvieron en formato pdf, y además no se cuenta con los planos estructurales, motivo por el cual se realizó una inspección visual para obtener los detalles de los mismos

El proyecto cuenta con cinco casas tipo, la casa Tipo 1 es la de mayor reiteración. Para una mejor comprensión refiérase al ANEXO 1. A continuación se presenta la distribución de cada casa tipo por planta (ver Tabla 7).

**Tabla 7.***Distribución por piso de cada casa tipo*

Niveles	Distribución	Casa				Casa comunal m <sup>2</sup>
		Tipo 1 m <sup>2</sup>	Tipo 2 m <sup>2</sup>	Tipo 3 m <sup>2</sup>	Tipo 4 m <sup>2</sup>	
Planta baja	Sala	11.32	13.04	20.94	6.35	X
	Comedor	9.10	10.68	10.37	9.65	X
	Cocina	6.10	11.10	10.46	8.40	X
	Baño simple	1.85	1.52	2.36	2.34	3.17
	Baño simple 2	X	X	X	X	3.30
	Gradas	4.65	4.55	4.64	4.42	8.15
	Sala de estudios	X	X	7.17	X	X
	Área libre 1	X	X	X	X	36.31
	Área libre 2	X	X	X	X	28.73
Garaje					X	
Planta alta	Dormitorio 1	7.19	6.98	8.18	6.51	X
	Dormitorio 2	7.26	9.06	9.39	7.53	X
	Dormitorio 3	9.34	X	X	X	X
	Dormitorio Master	X	14.24	17.29	16.86	X
	Sala	X	X	14.93	X	X
	Cocina	X	X	X	X	5.99
	Baño 1	5.11	2.56	2.94	3.73	2.22
	Baño 2	X	X	X	X	2.45
	Área libre 1	X	X	X	X	36.66
	Área libre 2	X	X	X	X	9.17
	Área libre 3	X	X	X	X	16.24
	Área libre 4	X	X	X	X	2.37
2da Planta alta	Dormitorio	X	14.07	10.06	9.10	X
	Dormitorio Master	10.35	X	X	X	X
	Terraza	22.16	20.22	45.74	31.44	39.60
	Cocina	X	X	X	X	9.35
	Baño 1	X	X	X	X	2.45
	Área libre 1	X	X	X	X	9.17
	Área libre 2	X	X	X	X	20.35

### 3.1.2 Etapa 2: Construcción virtual BIM-3D de la edificación.

En base a los planos arquitectónicos, eléctricos, sanitarios y estructurales, se procede a modelar en un software de la familia BIM, para el efecto en la Figura 29 se presenta el modelo en la disciplina de arquitectura, en la Figura 30, 31 y 32 las disciplinas de estructura, fontanería y electricidad respectivamente.



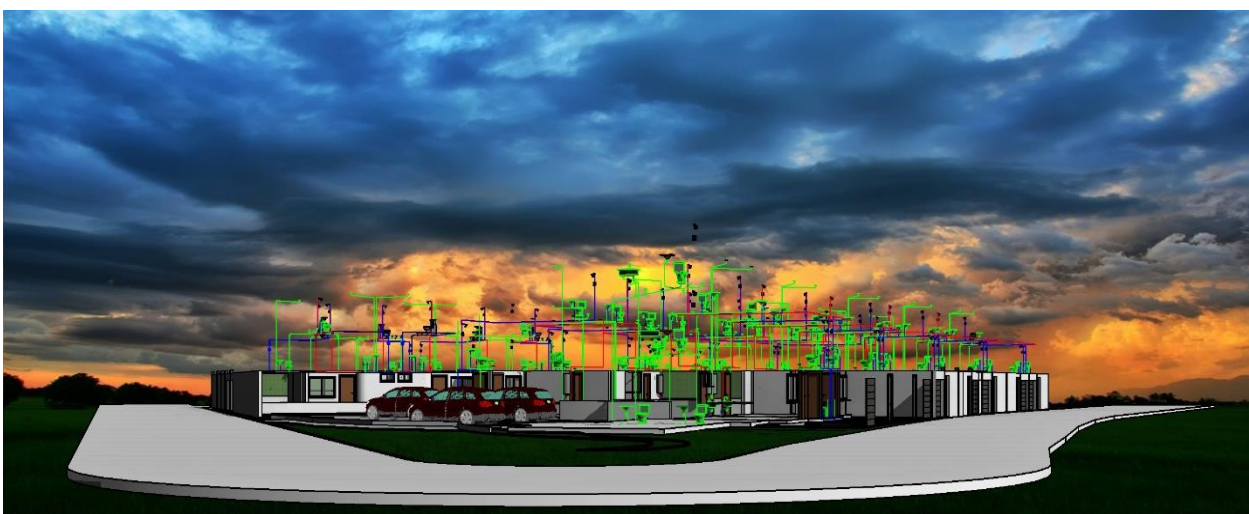
*Figura 29.* Disciplina arquitectónica del conjunto habitacional “Reina Julia”



*Figura 30.* Disciplina de estructura del conjunto habitacional “Reina Julia”



*Figura 31.* Disciplina de electricidad del conjunto habitacional “Reina Julia”



*Figura 32.* Disciplina de fontanería del conjunto habitacional “Reina Julia”

### **3.1.3 Etapa 3: Construcción virtual BIM-3D de la edificación – Detección de interferencias**

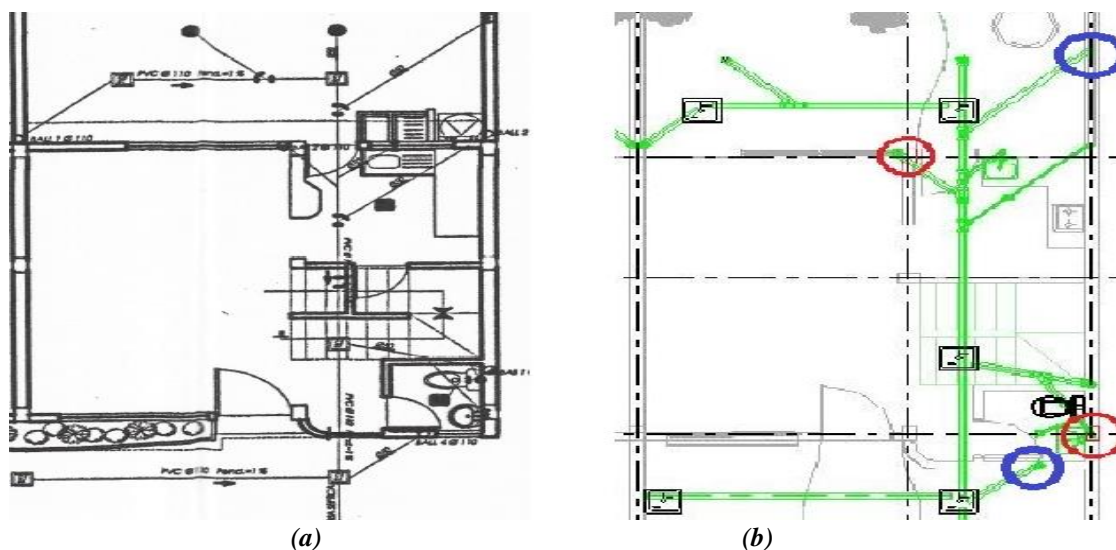
Con el diseño de las especialidades en BIM, sale a relucir diversas interferencias como, choque de tuberías con columnas estructurales, intersección de tubería de desagüe con escaleras, intersección de tuberías con ventanas, conexión entre tuberías con un ángulo diferente de 135°, 90° y 45°, tuberías sueltas, tomacorrientes colocados en muros cortinas entre otras. Por este hecho se presenta las interferencias por casa tipo.

### 3.1.3.1 Casa tipo 1

En la Figura 33 se presenta una perspectiva 3D de la casa tipo 1, que da paso a la Figura 34 en la cual se presenta la planta baja, a la izquierda el plano en el sistema CAD y al derecho representado en el sistema BIM. Se aprecia interferencias con la especialidad de fontanería y estructura en la columna B3 y C1 marcado de color rojo, además se observan dos tuberías innecesarias que llegan al segundo piso marcadas con color azul.

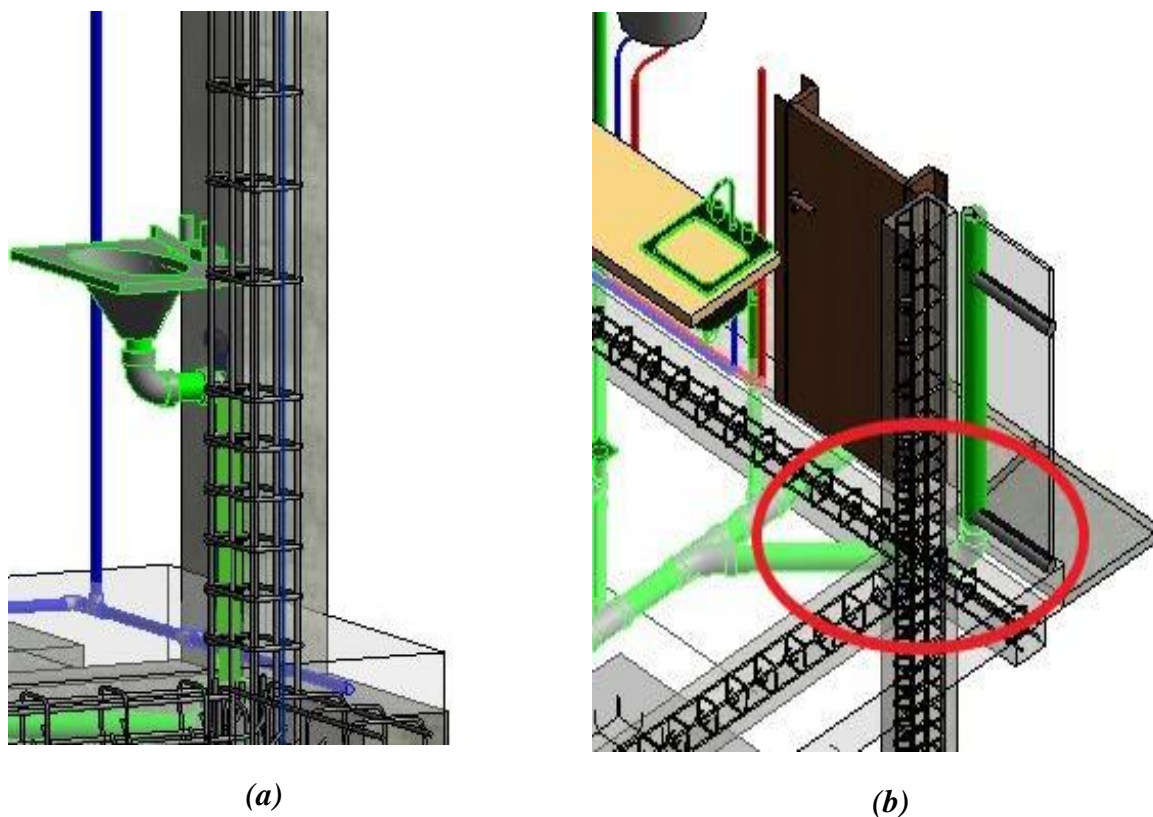


**Figura 33.** Perspectiva 3D de la casa tipo 1 modelado en un software BIM



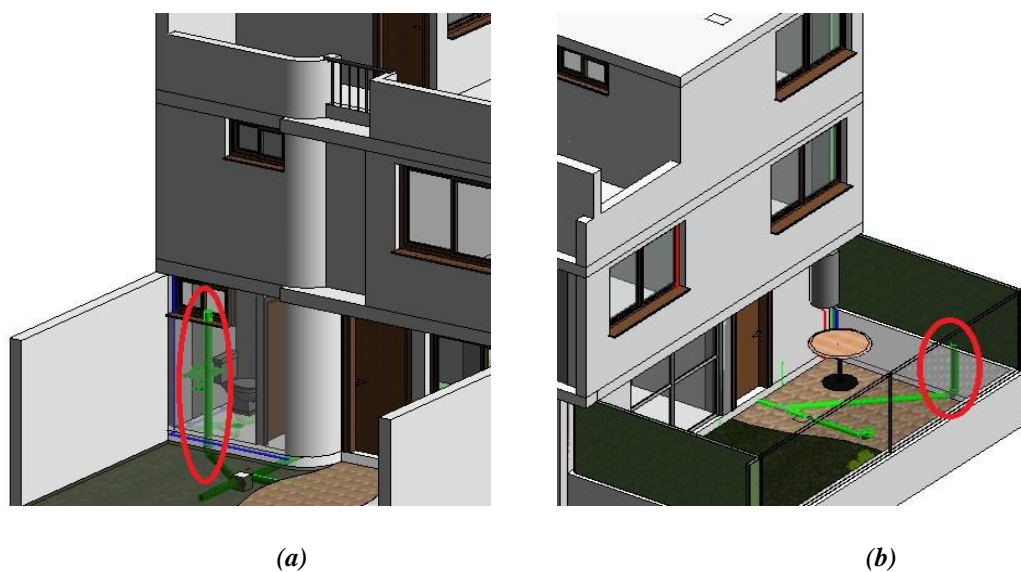
**Figura 34.** Plano en planta de la casa tipo 1 en el sistema CAD (a). Plano en el sistema BIM, denotado en color rojo la colisión entre tubería-columna y en color azul las tuberías innecesarias

En la Figura 35 y 36 se detallan las interferencias marcadas anteriormente. A la izquierda de la Figura 35 se aprecia el coche entre la tubería de desagüe del lavabo con la columna estructural C-1, de igual forma, a la derecha de la figura se presenta la colisión en el nudo con la tubería de desagüe que conecta al segundo piso, claramente solucionar estos inconvenientes en obra ralentiza la productividad del proyecto, acarrea pérdidas de tiempo y dinero.



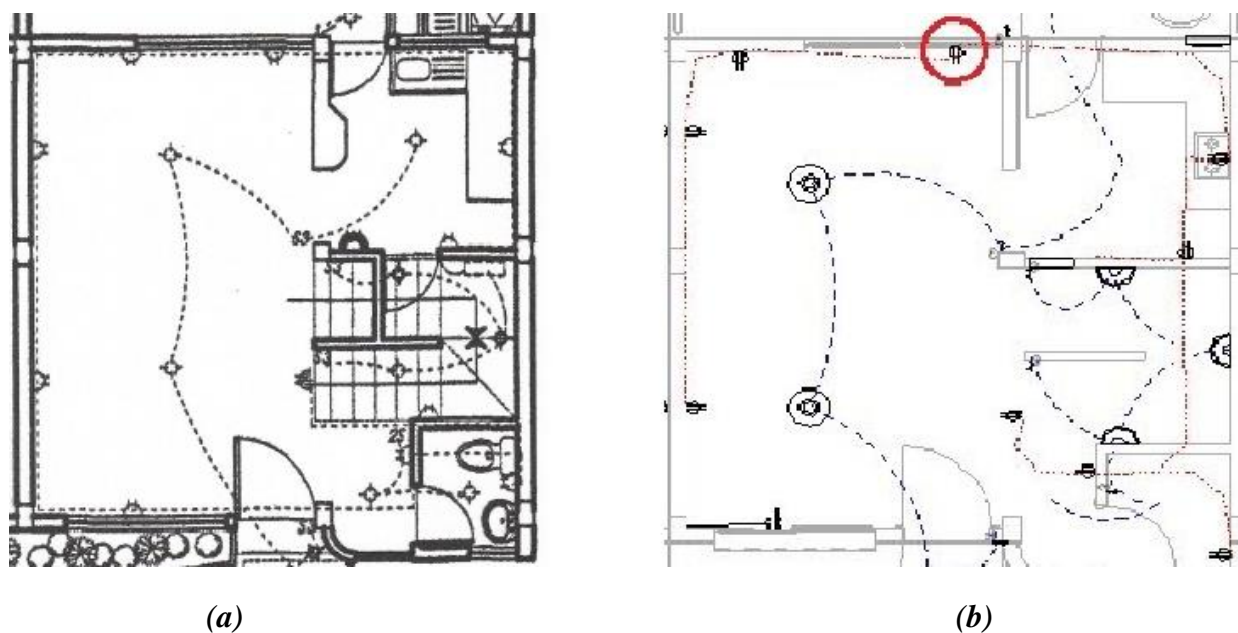
**Figura 35.** Tubería de lavabo embebida en la columna estructural (a). Colisión en el nudo por una la tubería de desagüe que conecta al segundo piso (b)

De forma análoga, se detalla en la Figura 36 las conexiones innecesarias de dos tuberías marcadas en la Figura 34 (b). Las conexiones no llegan a ningún lado, en una y otra parte corta la ventana de la planta baja y del cerramiento verde. Estos detalles son rápidamente visibles gracias al sistema BIM.



**Figura 36.** Tubería que corta la ventana del primer piso (a). Tubería de desagüe que corta el cerramiento verde (b)

Es conveniente precisar las interferencias con las disciplinas de arquitectura e instalaciones eléctricas en la misma planta. En la figura 37, se presenta en plano en planta de instalaciones eléctricas, se observa un interruptor colocado en una puerta de cristal, claramente un error de detalle al momento de elaborar el plano. Para una mejor comprensión, se presenta una visualización 3D de este hecho.

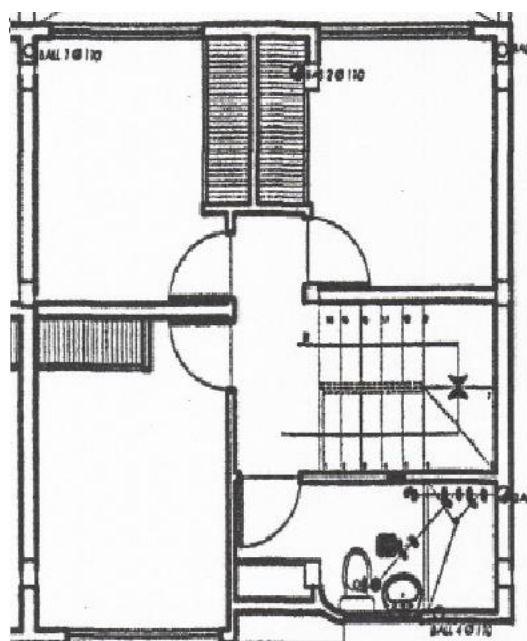




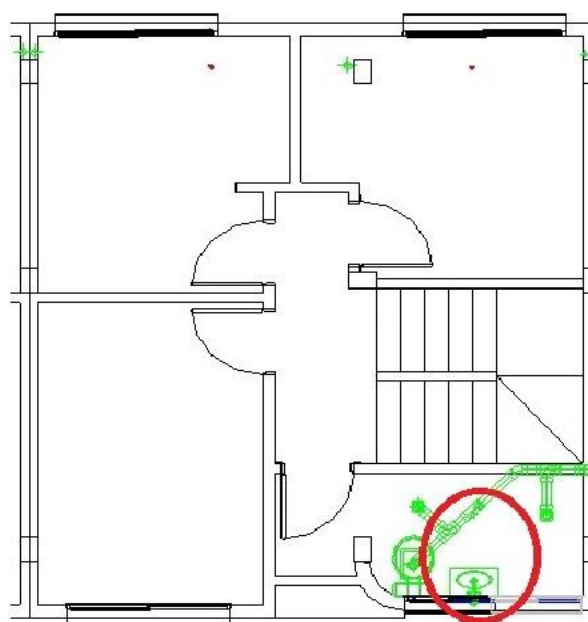
(c)

**Figura 37.** Plano de instalaciones eléctricas en el sistema CAD (a). Planos de instalaciones representado en BIM, se denota en color rojo el detalle del interruptor en un muro de cristal (b). Representación 3D del interruptor colocado en el muro de cristal (c).

En la Figura 38, se presenta el plano en planta del segundo piso, a la izquierda en el sistema CAD y a la derecha en el sistema BIM, se aprecia que no está conectado los accesorios del lavabo, hecho claramente visible en una vista 3D.

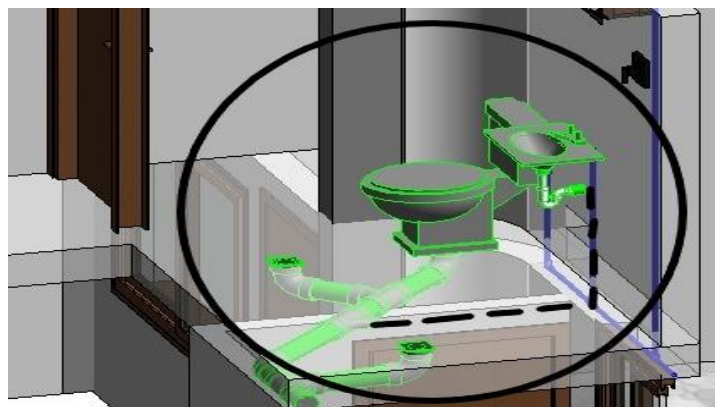


(a)



(b)

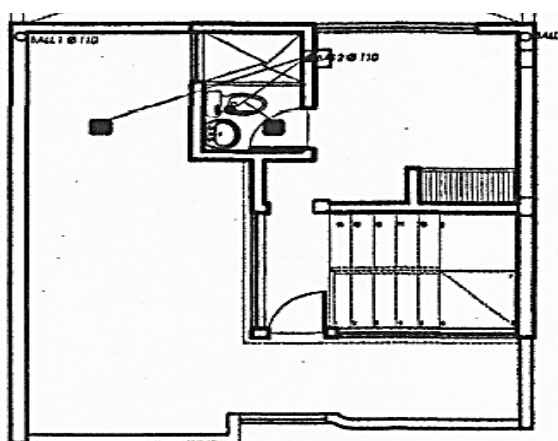




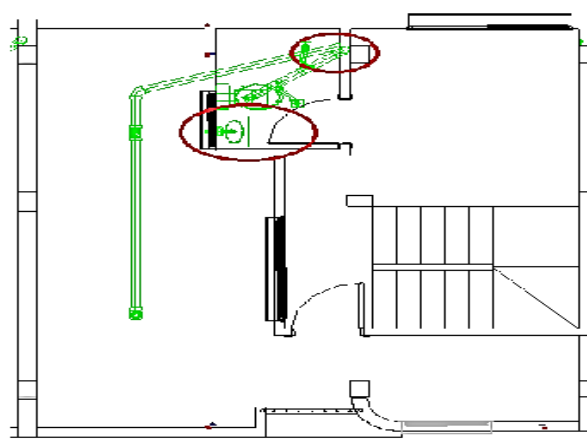
(c)

**Figura 38.** Plano en planta del segundo nivel en el sistema CAD (a). Representación del plano en el sistema BIM, en el mismo se resalta las no conexiones del lavabo (b). Representación 3D de la no conexión del lavabo (c).

Dando paso al tercer nivel, en la Figura 39, se presenta el plano en planta, a la izquierda en el sistema CAD y a la derecha en el sistema BIM, se observa dos anomalías, en primer lugar el lavabo no está conectado a la red de desagüe, y la segunda es la unión de las dos tuberías, una de agua lluvia y otra de aguas servidas, dichas tuberías no llega de forma correcta hacia el ducto de descarga, esta unión no puede funcionar, la unión funcionaría siempre y cuando se coloque a dos niveles distintos, en nuestro caso no es posible porque la losa es de 20cm y la altura de entre piso no permite colocar cielo falso.



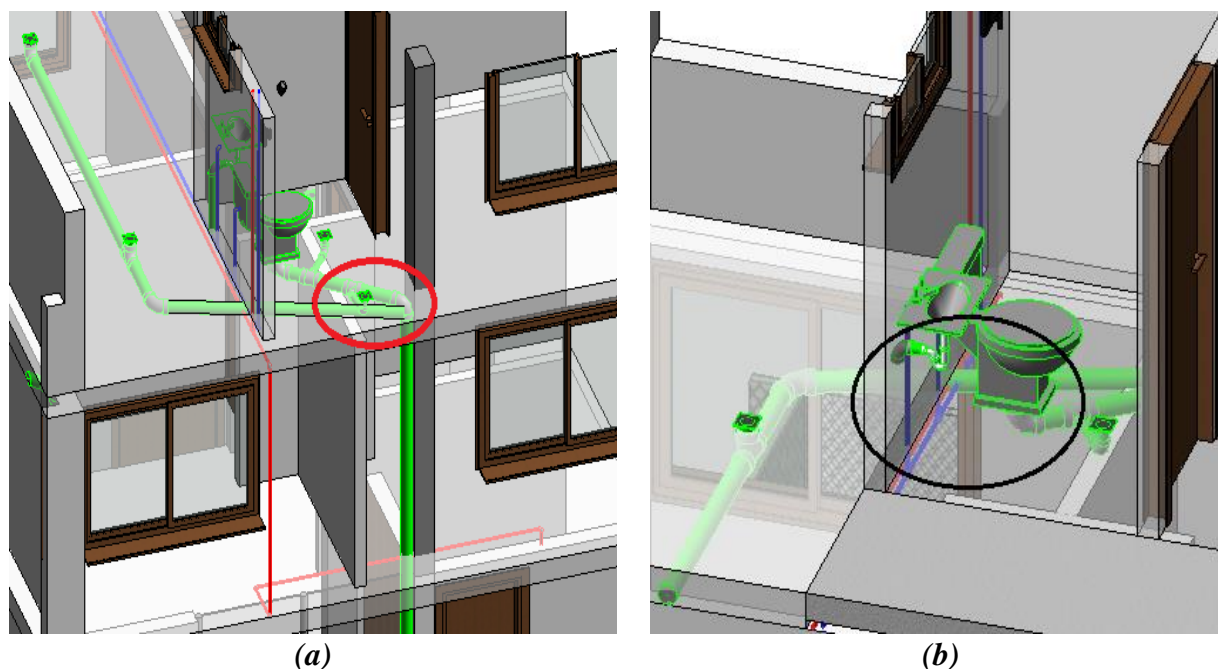
(a)



(b)

**Figura 39.** Plano en planta del tercer nivel en el sistema CAD (a). Representación del plano en el sistema BIM, se resalta la no conexión del lavabo y la unión de las tuberías hacia el ducto de descarga (b).

El detalle de las interferencias mencionadas en el apartado anterior se presenta en la Figura 40, a la izquierda la unión incorrecta de las dos tuberías de desagüe que convergen en el ducto de desagüe, la tubería de agua lluvia esta desconectada y a la derecha la no conexión del lavabo del baño, una vez más BIM nos ayuda a identificar de forma clara y oportuna las anomalías previo a al proceso constructivo.



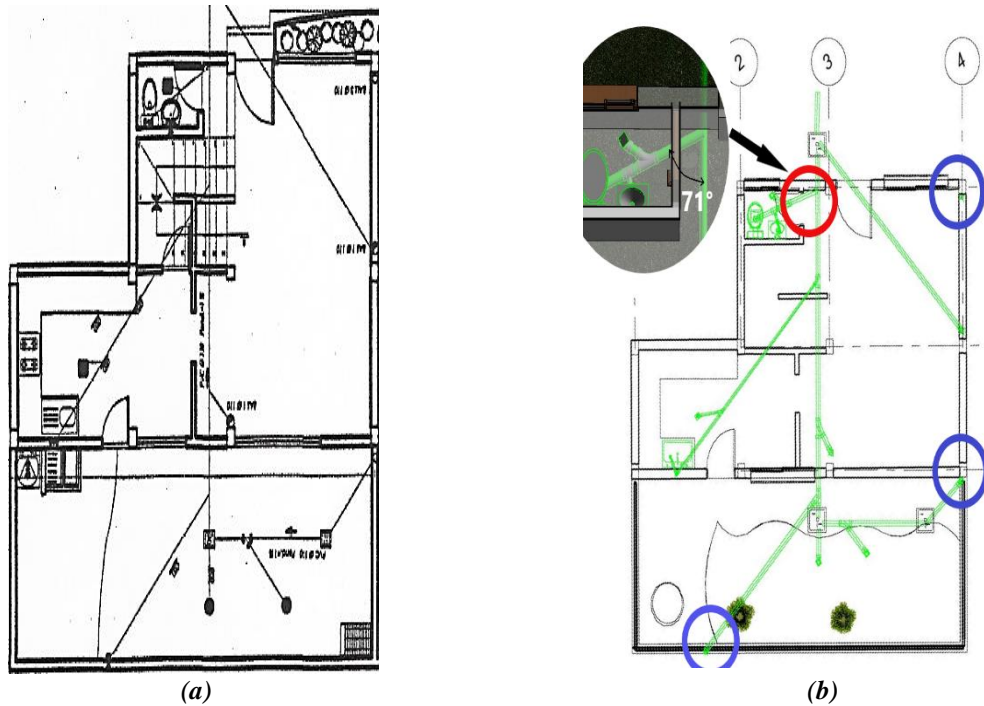
**Figura 40.** Detalle de la conexión en ducto de descarga, la tubería de agua lluvia no llega al ducto de descarga (a). El lavabo no está conectado a la red de desagüe (b)

### 3.1.3.2 Casa tipo 2

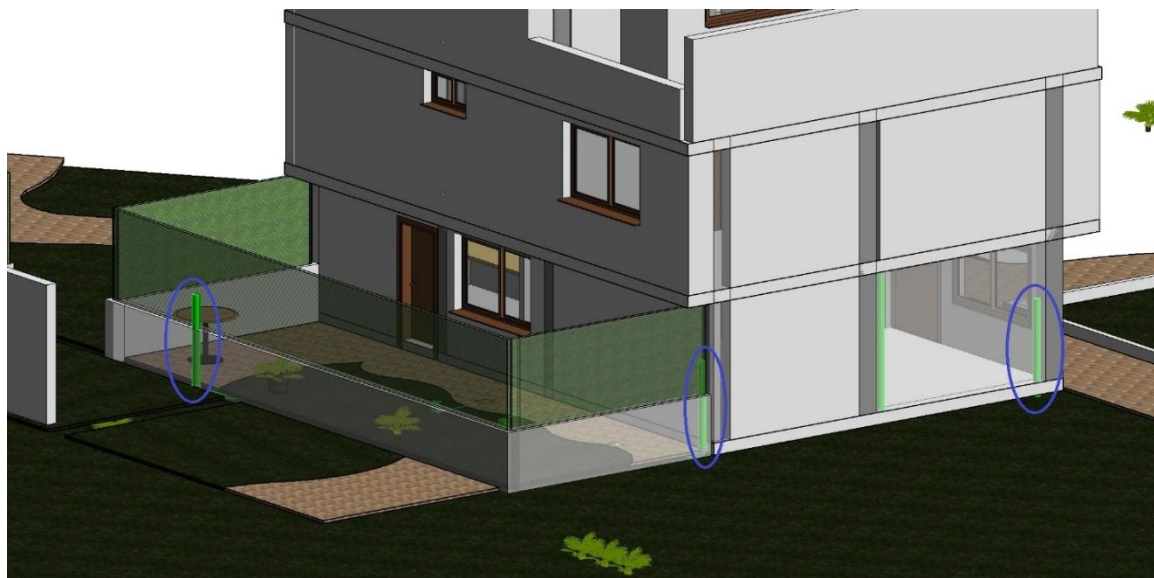
En la Figura 41 se presenta una vista 3D de la casa tipo 2 modelada en un software BIM, mientras que en la Figura 42 se presenta la planta baja de la casa tipo, a la izquierda en el sistema CAD y a la derecha en el sistema BIM, aquí se resaltan dos tipos de interferencias en la especialidad de fontanería, en primer lugar existen tres tuberías de descarga que parten del primer nivel no conectan a ningún lugar denotado en color azul, y en segundo lugar la unión de la tubería de desagüe del baño con la red de agua servidas, esta llega con un ángulo diferente de  $45^\circ$  echo por el cual no permite la unión, se detalle resaltado en color rojo este hecho. Además, en la Figura 43 se presenta una vista 3D de las anomalías.



**Figura 41.** Perspectiva 3D de la casa tipo 2 modelado en un software BIM

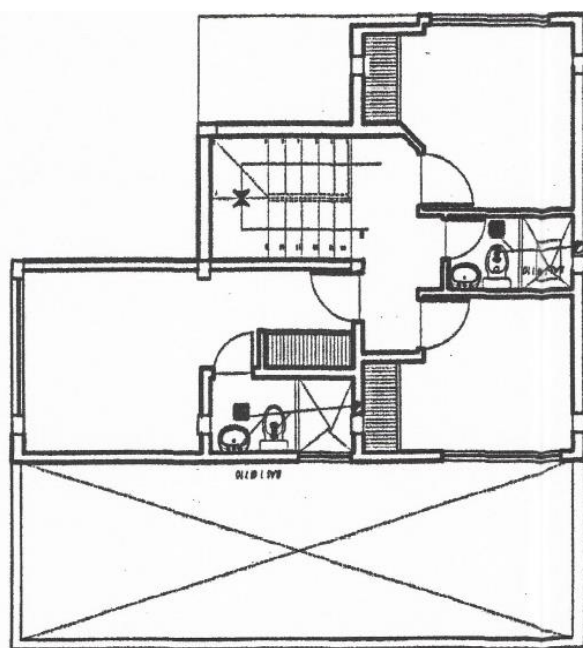


**Figura 42.** Plano en planta en el sistema CAD (a). Plano en el sistema BIM, se denotado en color azul tres tuberías innecesarias y en color rojo una unión con un ángulo diferente a  $45^\circ$  (b).

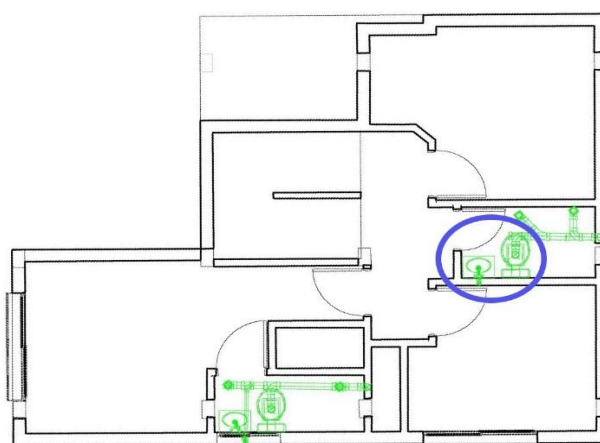


**Figura 43.** Perspectiva 3D de la casa tipo 2, en ella se denota las tres tuberías de desagüe innecesarias

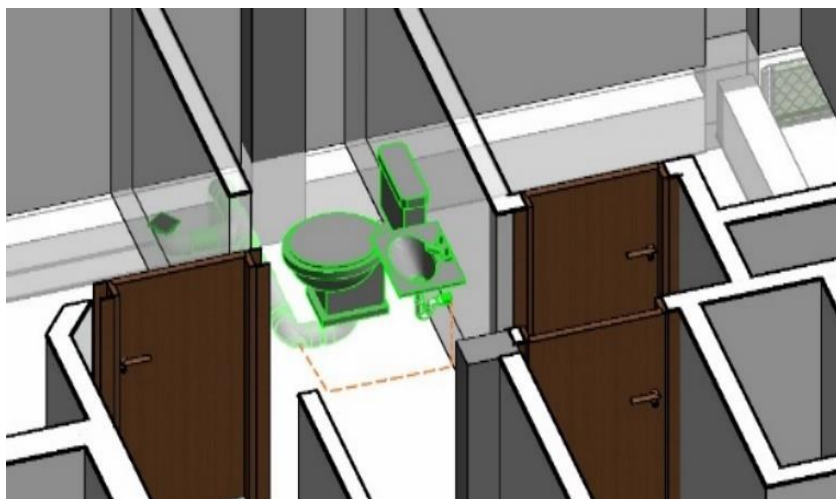
En la Figura 44, se presenta el plano en planta del segundo piso, a la izquierda en el sistema CAD y a la derecha en el sistema BIM, se aprecia que no están conectado los accesorios de desagüe al lavabo, en la Figura 44 (c) se visualiza en 3D esta interferencia.



(a)



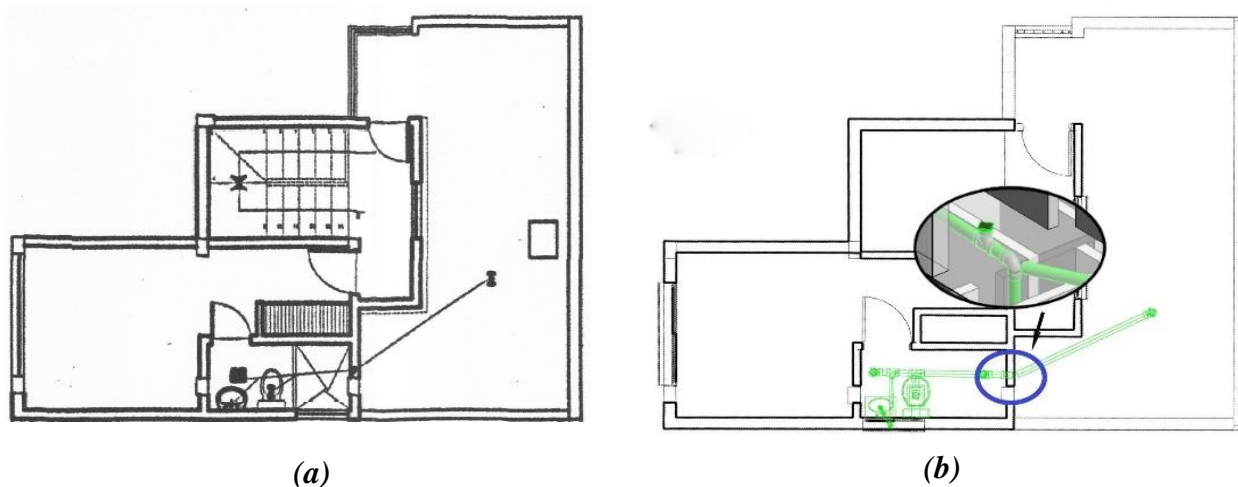
(b)



(c)

**Figura 44.** Plano en planta del segundo nivel en el sistema CAD (a). Representación del plano en el sistema BIM, se resalta la no conexión del lavabo a la red de desagüe (b). Representación 3D de la no conexión del (c).

Dando paso al tercer nivel, en la Figura 45 se presenta el plano en planta de la casa tipo, a la izquierda en el sistema CAD y a la derecha en el sistema BIM. Aquí se resalta la unión de las dos tuberías, una a de agua lluvia y la otra de aguas servidas, dichas tuberías no llegan de forma correcta hacia el ducto de descarga, esta unión no puede funcionar, claramente la tubería de agua lluvia queda desconectada del sistema.



(a)

(b)

**Figura 45.** Plano en planta del 3er nivel en el sistema CAD (a). Representación del plano en el sistema BIM, se resalta la convergencia de las tuberías de agua lluvia y aguas servidas hacia el ducto de descarga (b).

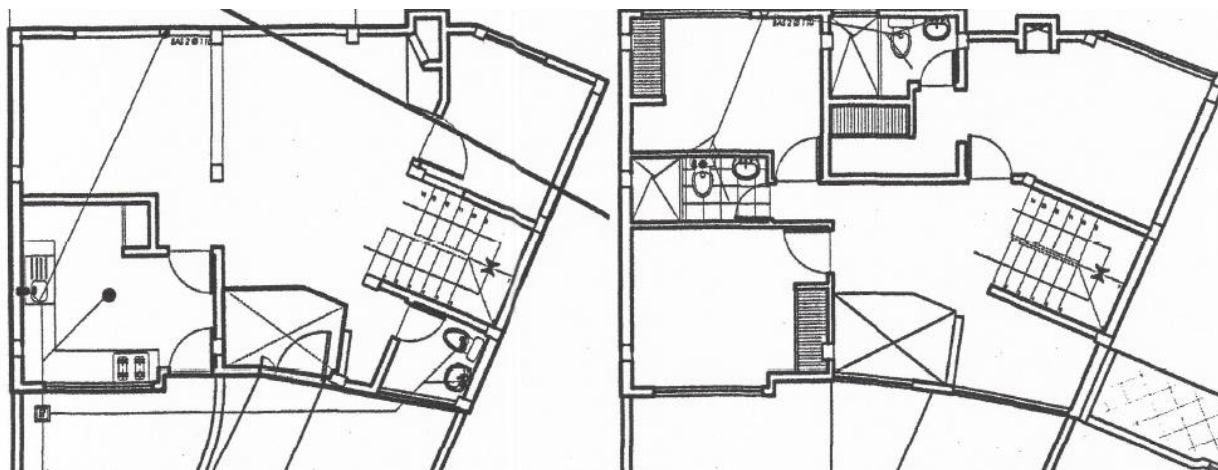
### 3.1.3.3 Casa tipo 3

En la Figura 46 se presenta una vista de la casa tipo 3 modelado en el sistema BIM, de la misma se realizará el análisis de interferencias en las cuatro especialidades

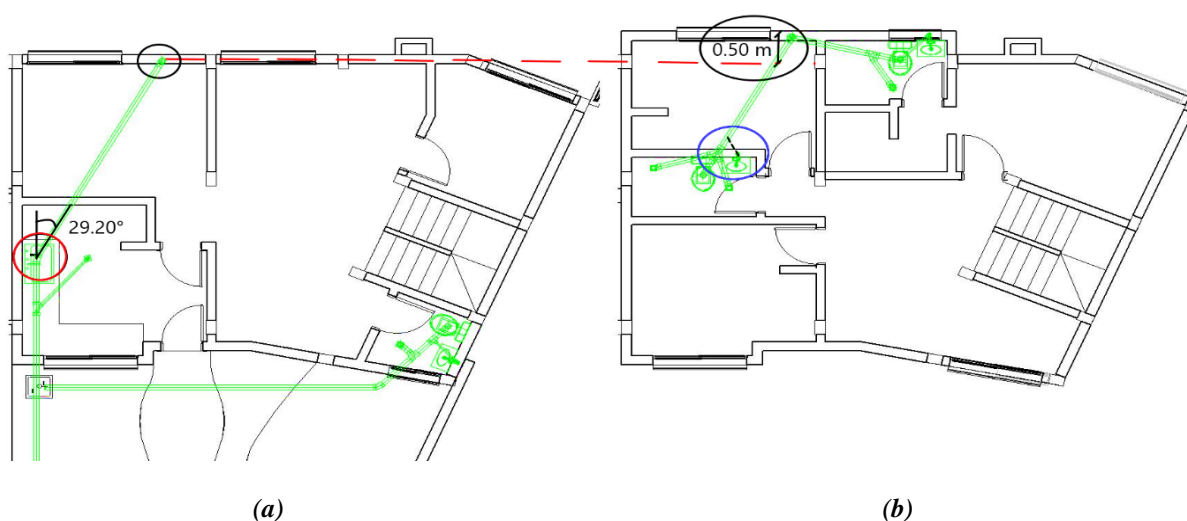


**Figura 46.** Perspectiva 3D de la casa tipo 3 modelado en un software BIM

En la Figura 47 se presenta el plano en planta del nivel 1 y 2 en el sistema CAD, de igual forma en la Figura 48 se presenta en el sistema BIM, en esta se resalta tres interferencias, en primer lugar, la tubería de desagüe de la planta baja no está conectado al sistema, existe una interrupción en la unión debido al ángulo de acople que es diferente a los del mercado, en segundo lugar la bajante de aguas servidas que se presenta en la planta baja llega con un desfase de 50 cm en la planta alta, este hecho se resalta en color negro, y en tercer lugar no existe la conexión del lavado del baño del segundo piso la misma se resalta en color azul.

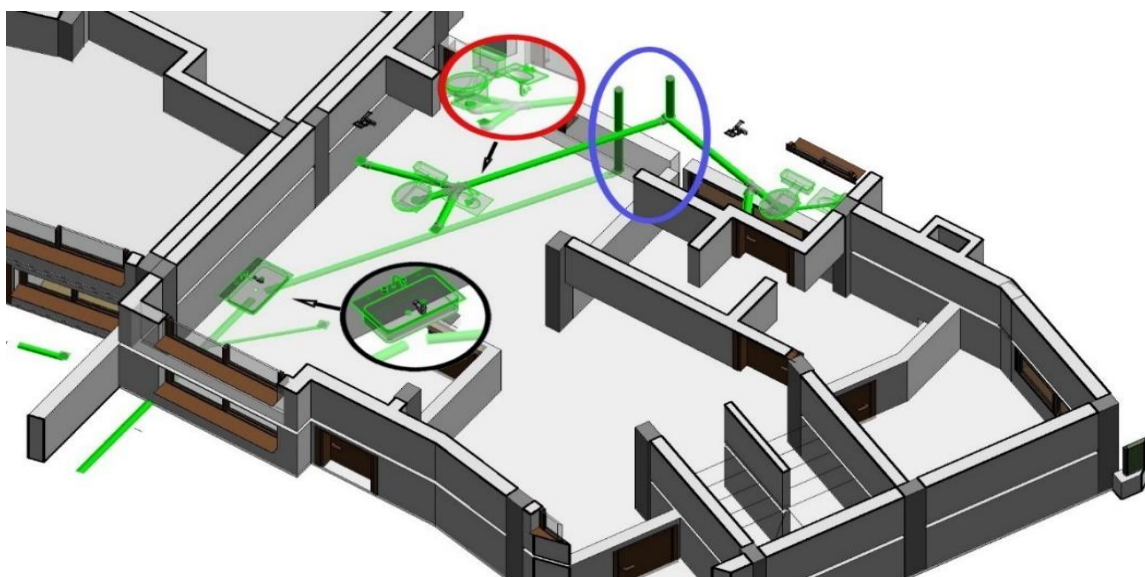


**Figura 47.** Plano en planta del 1er nivel en el sistema CAD



**Figura 48.** Plano en planta del primer nivel en el sistema BIM, se resalta el ángulo de unión de la tubería de desagüe y la posición de la tubería que sube al segundo nivel (a). Plano en planta del segundo nivel en el sistema BIM, se detalla la desconexión de la tubería de desagüe del primer piso con el segundo y la desconexión del lavabo con la red de desagüe del segundo piso (b)

Para una mejor comprensión se presenta una perspectiva 3D de esto hecho, en la Figura 49 se resalta en color negro el detalle de la tubería de desagüe que no está unida, en color azul el detalle de la bajante del segundo piso y en color rojo se presenta el lavabo del segundo piso desconectado.



**Figura 49.** Perspectiva 3D de la casa tipo 3. En color negro se aprecia la desconexión del lavabo de la cocina con la red de desagüe, en color azul de desconexión de la bajante y en color rojo la desconexión del lavabo del baño del segundo piso con la red de desagüe.

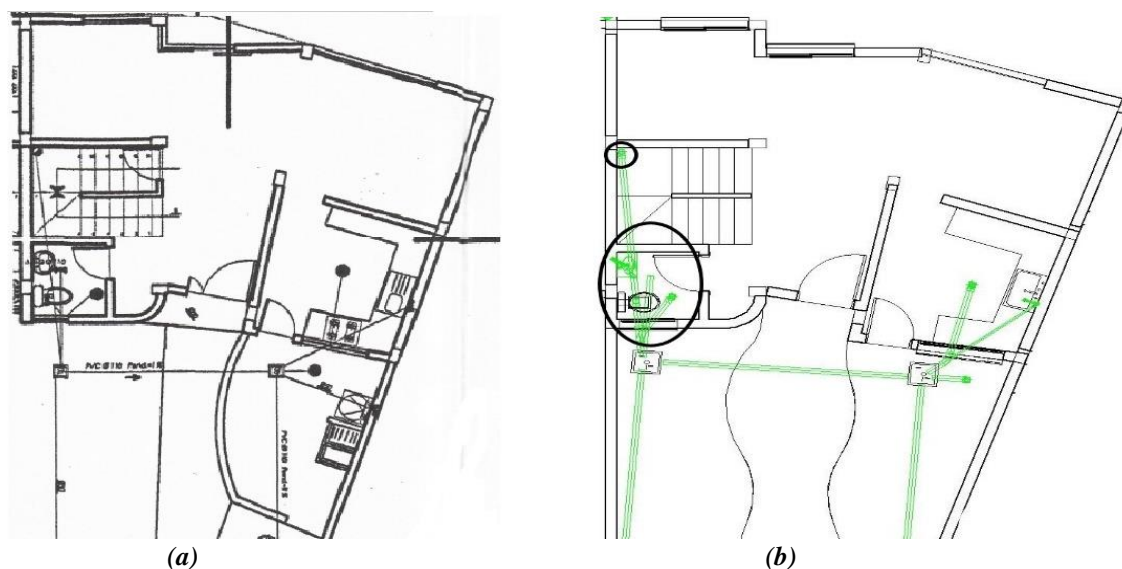
### 3.1.3.4 Casa tipo 4

En concordancia con el análisis, en la Figura 50 se presenta una vista 3D de la casa tipo 4 en el sistema BIM, de la misma se realizará el análisis de interferencias en las cuatro especialidades



**Figura 50.** Perspectiva 3D de la casa tipo 4 modelado en un software BIM

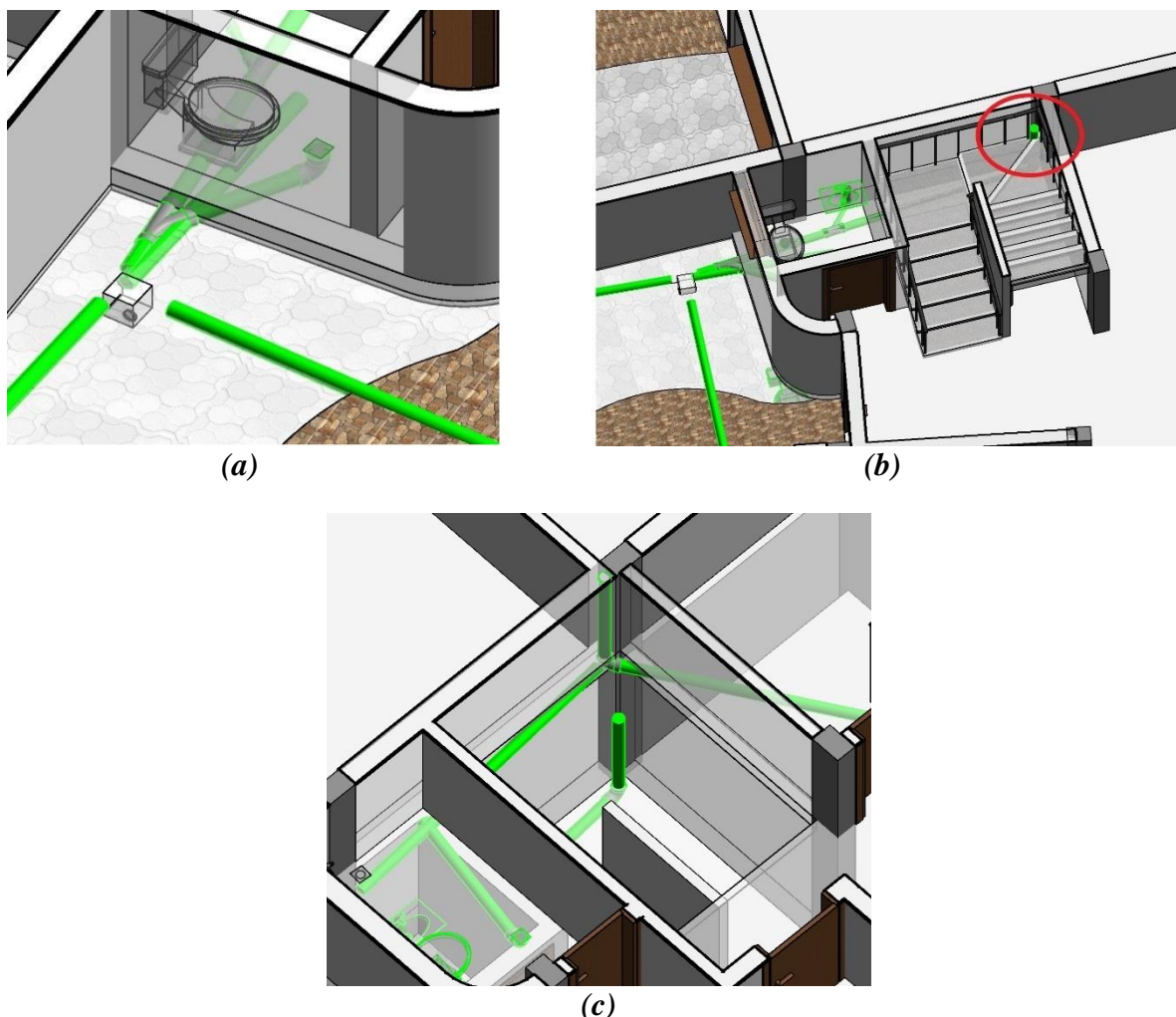
En la Figura 51, se presenta el plano en planta del primer nivel, a la izquierda en el sistema CAD y a la derecha en el sistema BIM, aquí se resaltan dos interferencias con la disciplina de fontanería, en primer lugar, es el ángulo de unión de tuberías diferente al estándar echo por el cual no se acoplan y en segundo lugar es el choque de las gradas con la tubería de desagüe.



**Figura 51.** Plano en planta de la casa tipo 4 en el sistema CAD (a). Plano en el sistema BIM, se resalta la unión de tuberías y un choque con la escalera (b).

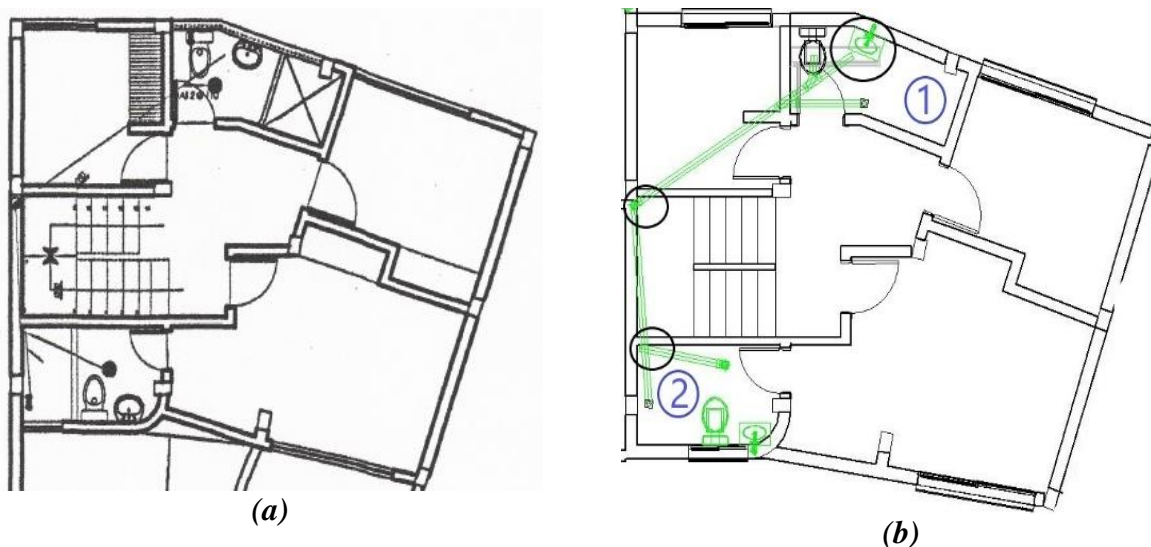


En la Figura 52 se presenta a detalle las interferencias, en la figura 52 (a) se observa la convergencia de tres tuberías, en la figura 52 (b) el choque de la tubería de desagüe con la escalera y en la figura 52 (c) la desconexión de la tubería de desagüe que une los dos niveles.



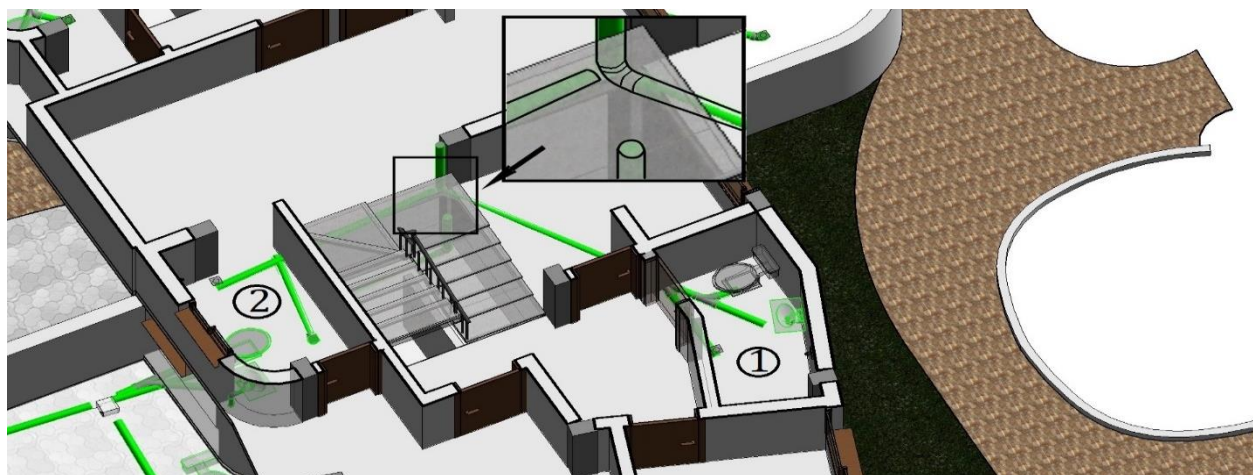
**Figura 52.** Convergencia de las tuberías de desagüe con un ángulo inferior a los  $45^\circ$  (a). Colisión entre la disciplina de fontanería y arquitectura en la escalera (b). Tubería de desagüe que no conecta al segundo piso (c)

En la Figura 53, se presenta el plano en planta del segundo piso, a la izquierda en el sistema CAD y a la derecha en el sistema BIM, se aprecia tres interferencias, en primer lugar, el choque de tuberías en un solo punto ocasiona la desconexión de una de ellas, en segundo lugar, la desconexión del lavabo del baño 1 y el tercer lugar es la desconexión del inodoro y el lavabo en el baño 2.



**Figura 53.** Plano en planta del segundo nivel en el sistema CAD (a). Representación del plano en el sistema BIM, se resalta la convergencia de las tuberías de desagüe en el ducto, así como la desconexión del lavabo e inodoro en el baño 1 y 2 (b).

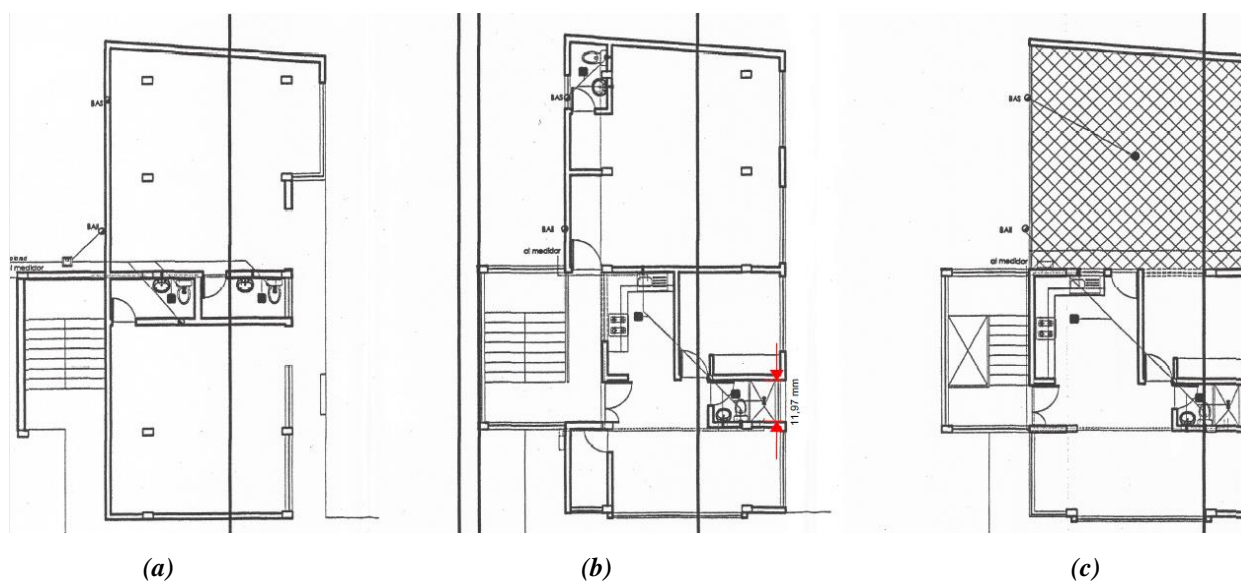
A continuación, se presenta una vista 3D, en la cual se resalta las interferencias que presenta la planta, en primer lugar, el baño 1 tiene un lavabo y desagüe de la ducha no conectado, en segundo lugar, la tubería que parte del primer nivel no llega al segundo nivel y la tubería que parte del segundo nivel no conecta al primer nivel, y por último en el baño número dos el inodoro y el lavabo no está conectado a la red de desagüe.



**Figura 54.** Perspectiva 3D, se detalla la interferencia en la grada por la tubería por la tubería de desagüe

### 3.1.3.5 Casa tipo 5

Para finalizar se presenta los planos en planta de la casa comunal o casa tipo 5 en el sistema CAD (ver Figura 55) y en el sistema BIM (ver Figura 56) además de una perspectiva 3D (ver Figura 57). La casa tipo no presenta interferencias, todas las disciplinas están correctamente coordinadas.



**Figura 55.** Plano en planta del primer nivel en el sistema CAD (a). Plano en planta del segundo nivel en el sistema CAD (b). Plano en planta del tercer nivel en el sistema CAD (c).



**Figura 56.** Plano en planta del primer nivel en el sistema BIM (a). Plano en planta del segundo nivel en el sistema BIM (b). Plano en planta del tercer nivel en el sistema BIM (c).



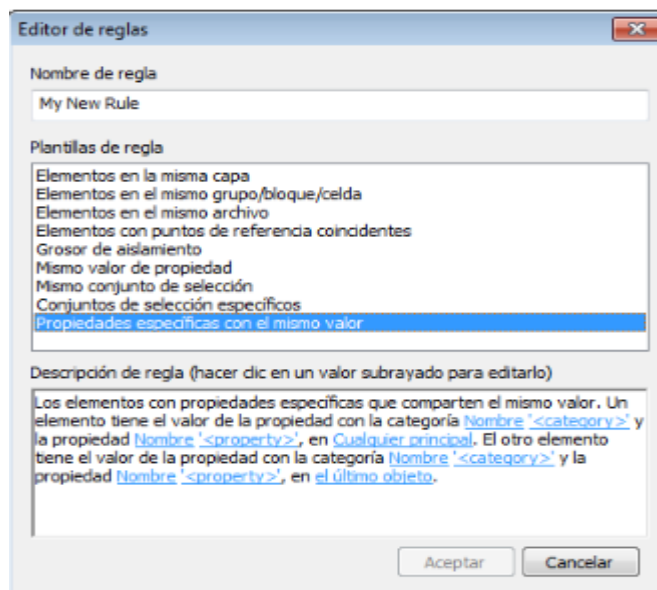
**Figura 57.** Perspectiva 3D de la casa comunal en el sistema BIM

### **3.1.4 Etapa 4: Simulación del proceso constructivo**

BIM incorpora un software de manejo y gestión de proyectos, que permite mejorar el desempeño del diseño, este software no realiza ediciones, sino que analiza, comunica, coordina y simula en 5D la viabilidad constructiva de los diseños. La interfaz combina en un modelo todas las especialidades de arquitectura, estructura, mecánica, eléctrica y fontanería, de manera que permite un trabajo óptimo de gestión, planificación, cuantificación, costos, animación y visualización lo que da como resultado una simulación constructiva que proporciona una alta perspectiva y mejor capacidad de predicción a las futuras interferencias. (Autodesk, 2015)

#### **3.1.4.1 Clash Detection**

La herramienta Clash Detection es parte del software de manejo y gestión de proyectos, genera test de prueba, el cual incorpora tres tipos de análisis: estático, espacio libre y duplicado. El test estático es el choque entre un elemento de cualquier disciplina con otro, el test de espacio libre detecta todos los elementos que no están unidos, por ejemplo: vigas que no llenan a las columnas, y el test de duplicado consiste en encontrar elementos que se encuentren duplicados sobre ellos mismos. Además, la herramienta incorpora cuatro opciones para complementar el test de pruebas que son, regla de omisión, archivos a comparar, resultados del análisis y presentación de los informes. Las reglas de omisión que tiene la interfaz son nueve (ver Figura 58). Se recomienda no seleccionar ninguna regla, de esta manera se tiene un test completo.



**Figura 58.** Reglas de omisión en el análisis de interferencia  
Fuente. (Autodesk, 2015)

En la selección de archivos se escoge las disciplinas a comparar y el tipo de análisis. Se recomienda realizar un test para cada opción de prueba (ver Figura 59).

---

### SELECCIÓN DE OPCIONES DE PRUEBAS DE CONFLICTOS

---

Por:  AUTODESK.

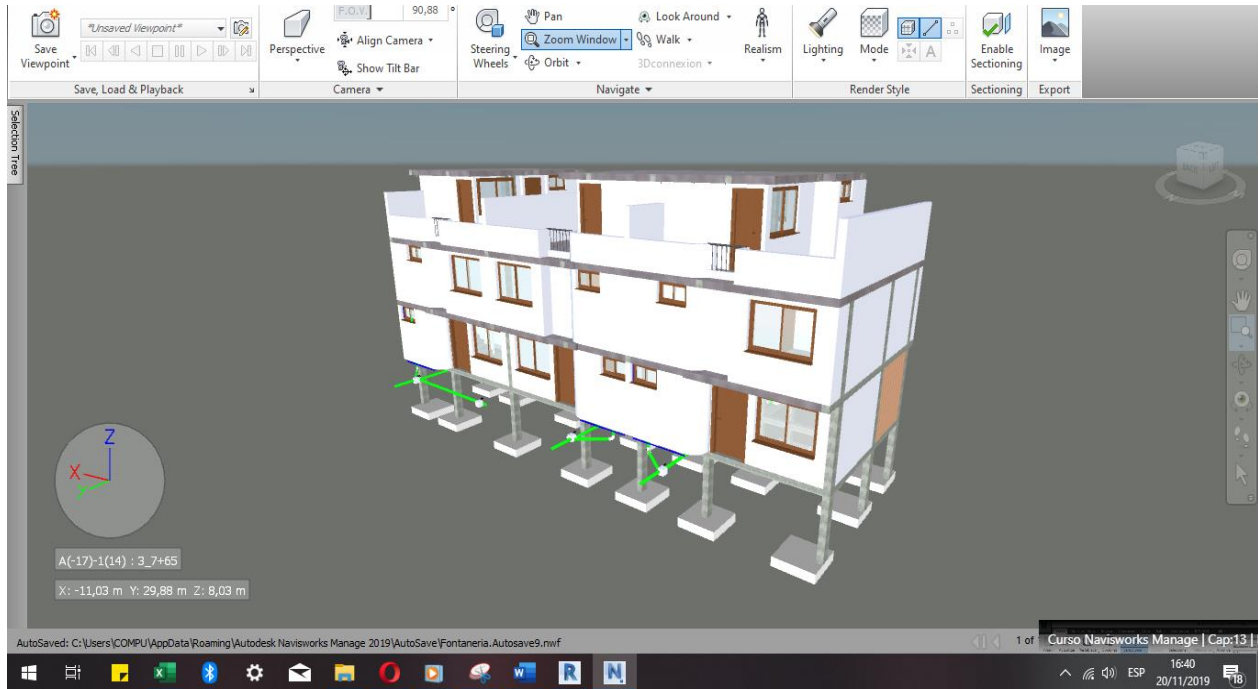
Puede elegir entre cuatro tipos de pruebas de conflicto por defecto:

- Estático. Seleccione esta opción si desea que la prueba de conflictos detecte las intersecciones reales entre los elementos de la geometría.
- Estático (conservador). Esta opción ejecuta la misma prueba de conflictos que la opción Estático, pero además aplica un método de intersección conservador.
- Espacio libre. Seleccione esta opción si desea que la prueba de conflictos compruebe la geometría que se encuentra a una distancia determinada de otra geometría (consulte la tolerancia para obtener más información). Puede usar este tipo de conflicto, por ejemplo, cuando las tuberías deben mantener un espacio de aislamiento a su alrededor.
- Duplicados. Seleccione esta opción si desea que la prueba de conflictos detecte la geometría duplicada. Puede usar este tipo de prueba de conflictos para comprobar el modelo completo y asegurarse de que, por ejemplo, no se ha dibujado, o incluido como referencia externa, la misma parte dos veces.

**Figura 59.** Selección de opciones de pruebas de conflictos  
Fuente. (Autodesk, 2015)

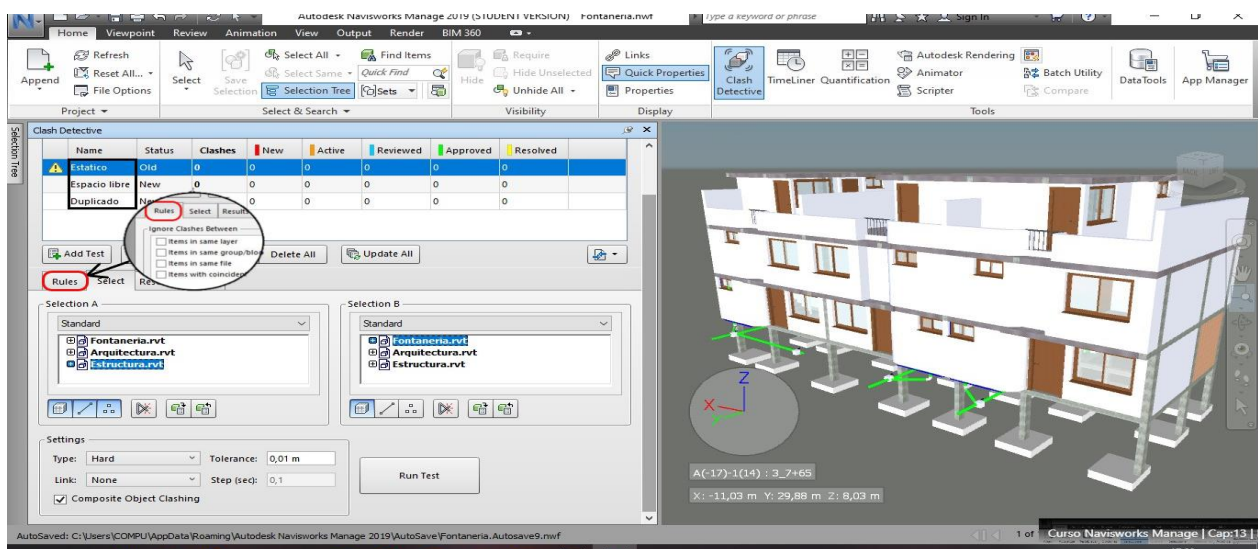
En la parte final se asigna un responsable para cada conflicto, con la finalidad de dar una solución a las interferencias detectadas. Se da paso al análisis de interferencias (ClashDetection) de la planta baja en la casa tipo 1 paso a paso.

**PASO 1.-** Se cargan todas las disciplinas, arquitectura, estructura y fontanería, en un solo archivo (ver Figura 60), para un control global del proyecto.



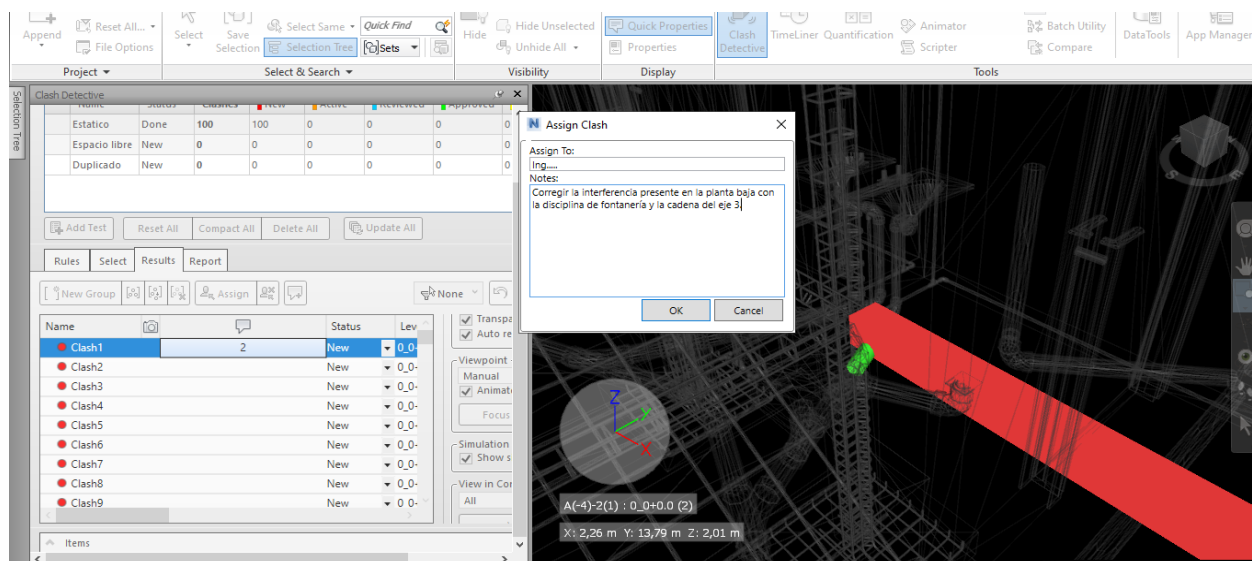
**Figura 60.** Disciplinas de arquitectura, estructura y fontanería cargadas en software de gestión de proyectos

**PASO 2.-** Se asigna los tres casos de test de prueba para cada disciplina. Se recomienda desestimar la regla de omisión. (Ver Figura 61).



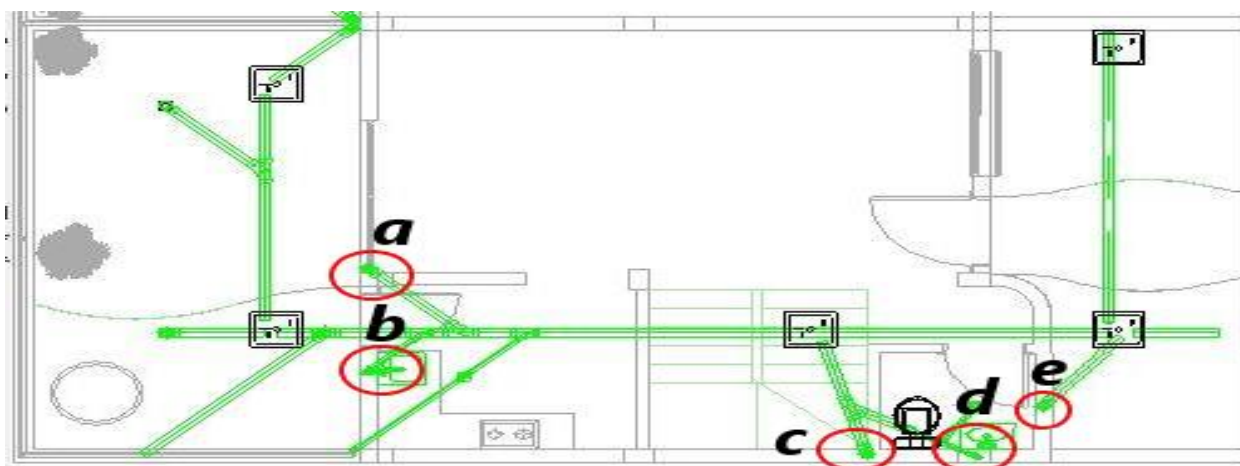
**Figura 61.** Designación de las reglas y tipo de análisis, estático, espacial y duplicado.

**PASO 3.-** La herramienta arroja el reporte de las interferencias y se asigna las tareas para su corrección a los técnicos responsables del modelo. Cabe mencionar que se debe tener un criterio técnico para dar como válido las interferencias que arroje el programa.

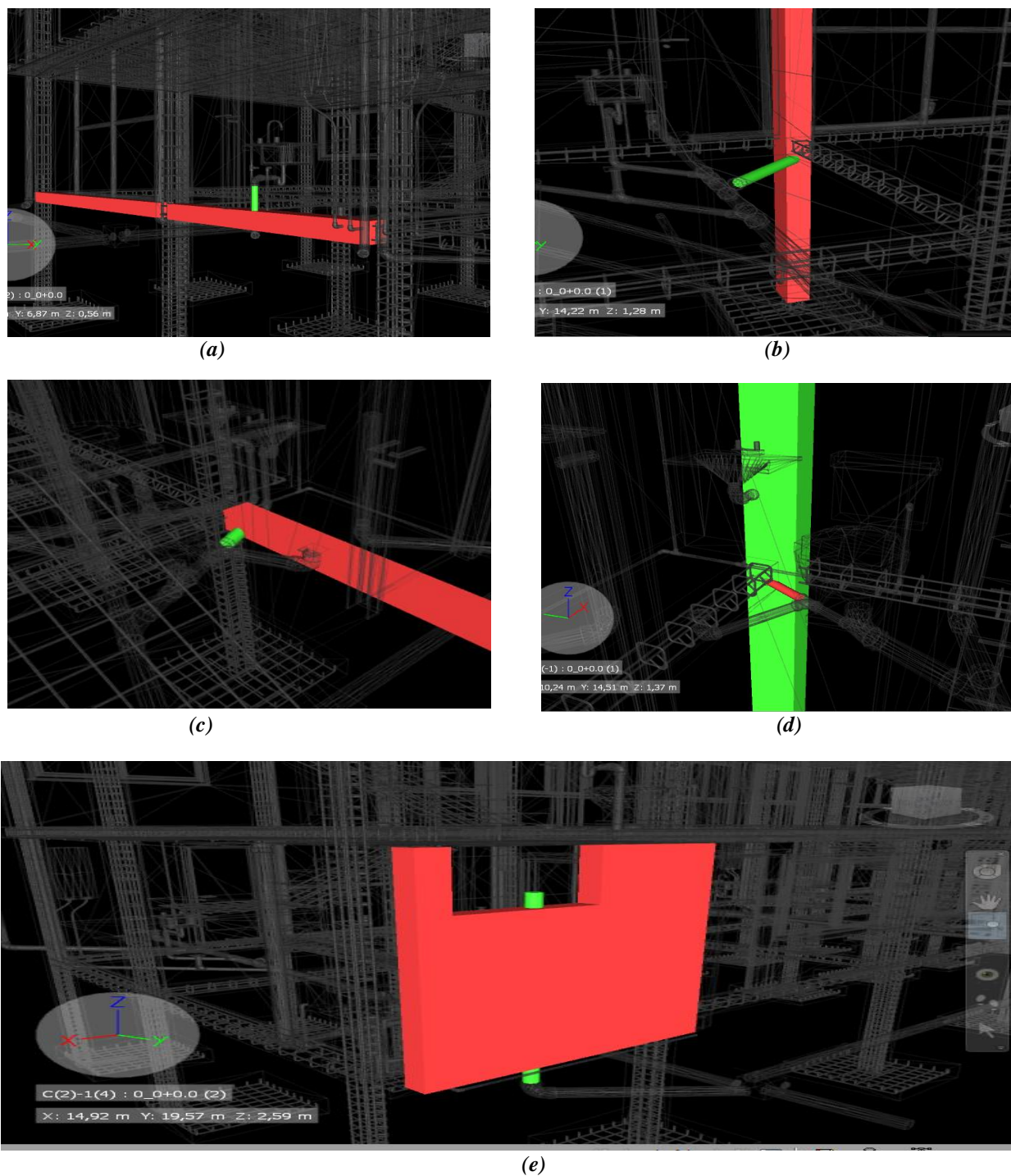


**Figura 62.** Resultado de la interferencia y asignación de tareas a los responsables del diseño

Se presenta en la Figura 63 las interferencias de la planta baja en la casa tipo 1 y, en las sub siguientes figuras las interferencias en el software de gestión de proyectos, con estas se demuestra la viabilidad del software.



**Figura 63.** Interferencias de la planta bajan en la casa tipo 1 en el sistema BIM.

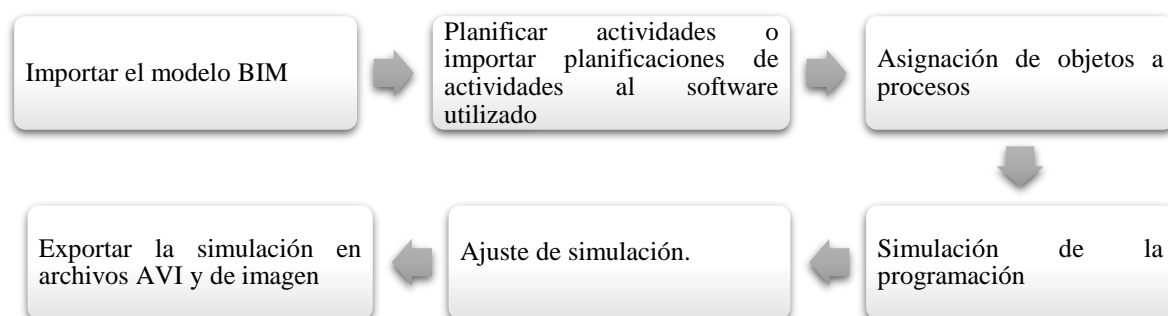


**Figura 64.** Interferías detectadas en el software de gestión de proyectos. Colisión de la tubería de desagüe con la columna estructural (a). Colisión de tubería de lavabo con la cadena de cimentación (b). Colisión de tubería de desagüe con la cadena de cimentación (c). Colisión de la tubería de desagüe con la columna estructural (d). Colisión de tubería de desagüe con una pared de baño (e).



### 3.1.4.2 Simulación del proceso constructivo

El software de gestión en tiempo y costo permite programar y simular el proceso constructivo en su interfaz, además incorpora animaciones de elementos como: cuadrilla tipo, andamios, maquinaria, etc., esto con la finalidad de optimizar el espacio en obra. Se conecta las tareas de programación a los modelados, de esta manera se observa los efectos del cronograma de obra en la simulación y se compran las fechas estipuladas con las de ejecución y de finalización (Autodesk, 2015). Como complemento a la herramienta es la asignación de costos a las tareas para un control en su planificación. Como es parte de la esencia de BIM, la actualización es automática ante un cambio en la programación o los diseños. En la Figura 65 se presenta el flujo de trabajo a seguir y continúa con la simulación de la casa tipo 1 paso a paso.

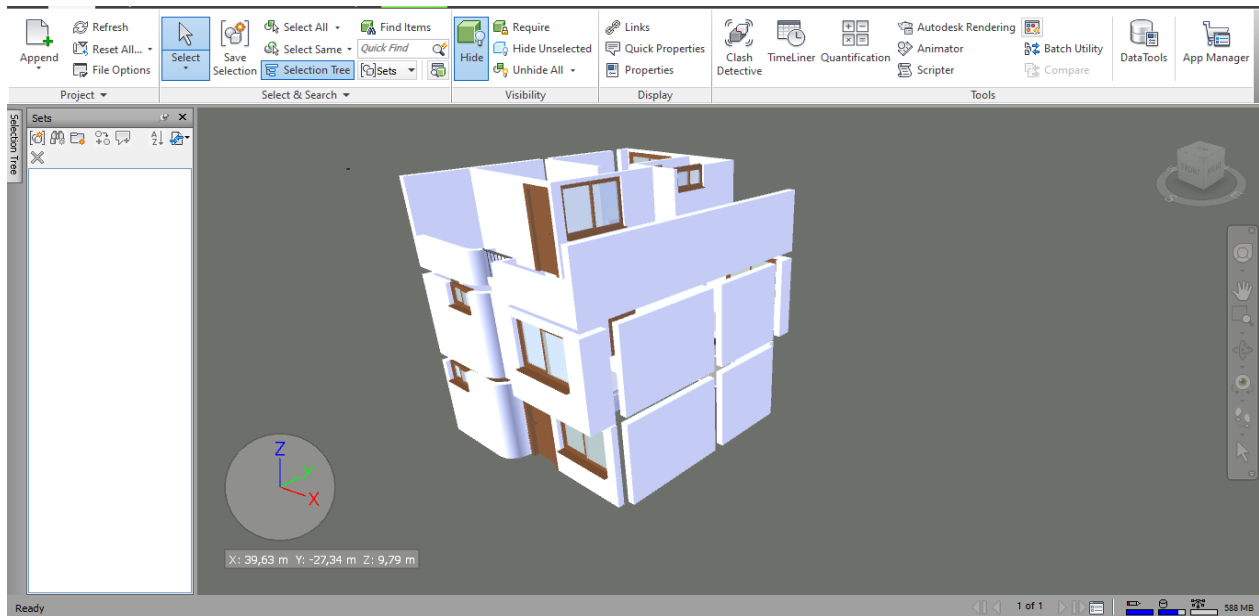


**Figura 65.** Flujo de trabajo “TimeLiner”  
Fuente. (Autodesk, 2015)

#### PASO 1.- IMPORTAR EL MODELO BIM

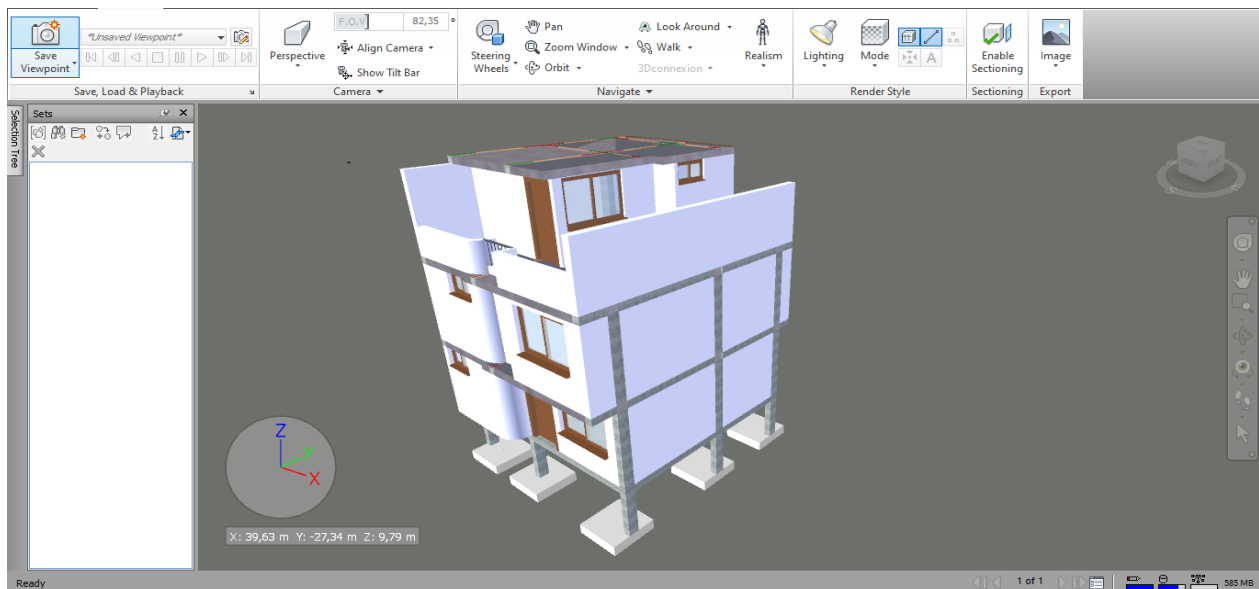
Las disciplinas de arquitectura, estructura y fontanerías que previamente se crearon en un software de diseño se fusionaron de manera íntegra en uno solo archivo, dando paso a un trabajo coordinado que facilita el manejo de la información.

En la Figura 66 se presenta la disciplina de arquitectura en el software de manejo y gestión de proyecto. Nótese que el modelo no cuenta con cimientos, columnas, vigas y losas, dado que estas pertenecen a la disciplina de estructura.



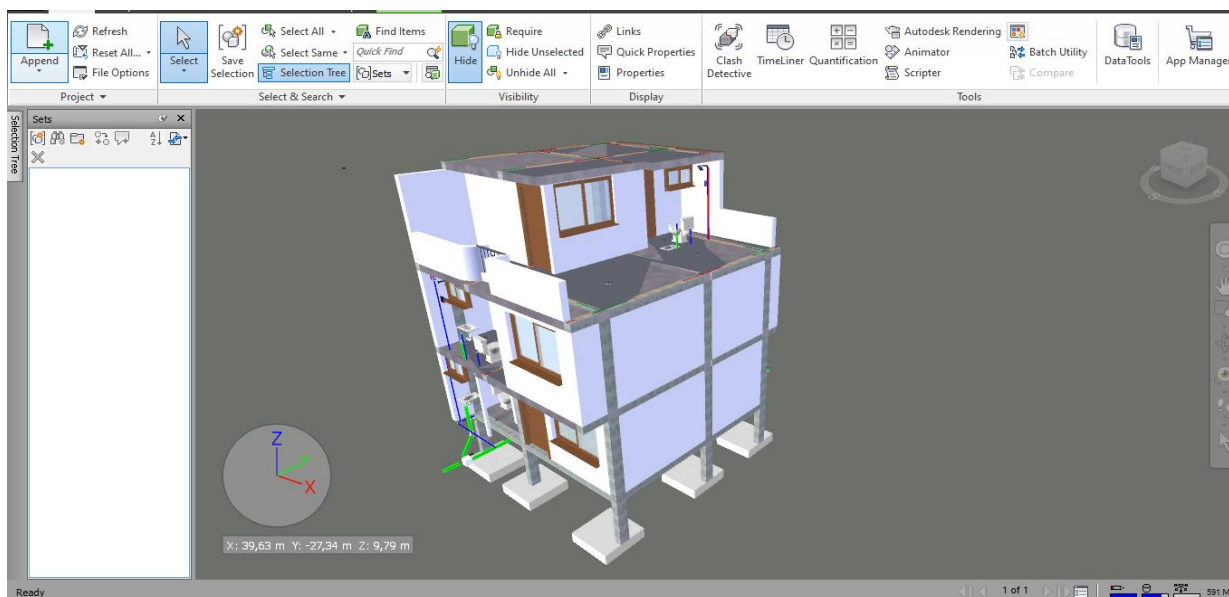
**Figura 66.** Disciplina de arquitectura importado desde un software de diseño de la familia BIM.

Con el archivo de arquitectura presente, se añade el archivo de la disciplina estructural para fusionarse. Nótese que en la Figura 67 se aprecia a disciplina de arquitecturas más la disciplina de estructura



**Figura 67.** Fusión de la disciplina de arquitectura y estructura en un solo archivo

Para finalizar el paso 1, se añade la disciplina de fontanería en el modelo. En la Figura 68 se presenta las tres disciplinas, arquitectura, estructura y fontanería en un solo modelo.



**Figura 68.** Fusión de la disciplina de arquitectura, estructura y fontanería en el software de manejo de proyectos

## PASO 2.- PLANIFICAR ACTIVIDADES

Las tareas se puede generar de forma manual en la interfaz, de esta manera a cada objeto se asigna un orden cronológico y un presupuesto. Se debe hacer hincapié y considerar que la creación de tareas corresponde a un análisis de precios unitario (APU).

Para generar los APUs primero se determina los rubros que intervienen en la obra, el volumen de obra, la cuadrilla tipo, el rendimiento y los costos directos e indirectos. En la Tabla 8 se presenta un resumen de los rubros de la casa tipo 1, los volúmenes de obra se determinaron en un software de diseño BIM, para el análisis de precios unitarios se toma como referencias los valores de la CAMICON. Para mejor comprensión del presupuesto de obra refiérase al ANEXO 7, en el que se detalla los APUs de cada rubro. Por otro lado, en el ANEXO 8 se presenta el diagrama de GANNT y la curva de inversión que es el resultado de los APUs.

Una gran ventaja que brinda este software de manejo de proyectos es importar el cronograma de obra de archivos con extensión CSV, XER y MPP, en este contexto, para la simulación se importa el cronograma de obra de la extensión CSV. En el ANEXO 9 se presenta la programación del proceso constructivo en la interfaz.

**Tabla 8.***Resumen del presupuesto de obra de la casa tipo 1*

<b>PRESUPUESTO DE LA OBRA</b>					
<b>Casa tipo 1</b>					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				
1.01	Cerramiento provisional de yute H=2.40	M	9.20	10.30	94.76
1.02	Replanteo y nivelación	M2	94.32	1.91	180.15
1.03	Excavación de estructuras menores	M3	22.81	11.08	252.73
1.04	Relleno y compactación de material en sitio	M3	18.25	11.08	202.18
<b>2</b>	<b>ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO</b>				
2.01	Hormigón simple f'c= 180 kg/cm2 para el replantillo	M3	0.76	129.70	98.70
2.02	Hormigón simple f'c= 210 kg/cm2 para zapatas	M3	4.56	166.27	758.69
2.03	Hormigón ciclópeo 60% hormigón simple, 40% piedra bola	M3	8.12	146.02	1,185.10
2.04	Hormigón en cadenas inferiores f'c= 210 kg/cm2	M3	1.32	166.27	219.81
2.05	Hormigón simple f'c = 210 kg/cm2 para columnas, vigas y gradas	M3	10.09	149.18	1,505.23
2.06	Malla electrosoldada 5.5 mm a 15 cm (malla r-158)	M2	18.24	7.49	136.60
2.07	Acero de refuerzo fy=4200 kr/cm2	KG	620.13	1.81	1,122.44
2.08	Hormigón simple f'c = 210 kg/cm2 para losa no incluye encofrado	M3	11.16	131.29	1,465.20
2.09	Encofrado / desencofrado metálico para columnas	M2	58.30	11.74	684.44
2.10	Encofrado de losa	M2	96.81	26.93	2,607.09
2.11	Encofrado en gradas	M2	86.62	15.96	1,382.46
2.12	Alivianamiento	U	561.00	0.83	465.63
<b>3</b>	<b>MAMPOSTERÍA</b>				
3.01	Mampostería de bloque e= 20 cm	M2	131.97	18.40	2,428.25
3.02	Mampostería de bloque e= 15 cm	M2	46.94	13.40	629.00

CONTINUA →

<b>PRESUPUESTO DE LA OBRA</b>					
<b>CASA TIPO 1</b>					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
3.03	Fundido de mesón de cocina e= 8 cm	M2	3.37	15.10	50.89
3.04	Bordillo de tina de baño alto= 20 cm	M	3.08	8.42	25.93
3.05	Picado y resane en pared de bloque (sin enlucir) para instalaciones	M	15.00	1.84	27.60
<b>4</b>	<b>ENLUCIDOS</b>				
4.01	Enlucido vertical interior baño	M2	44.78	8.66	387.77
4.02	Enlucido vertical interior	M2	190.71	8.66	1,651.51
4.03	Enlucido vertical exterior	M2	206.93	7.45	1,541.64
4.04	Masillado y alisado de piso	M2	103.78	4.56	473.26
4.05	Enlucido filo de ventanas	M	9.00	2.86	25.74
4.06	Alfeizar	M	9.00	28.96	260.64
4.07	Empaste exterior	M2	206.93	6.44	1,332.64
4.08	Pintura de caucho interior, látex vinilo acrílico	M2	190.71	3.98	759.01
4.09	Pintura de caucho exterior, látex vinilo acrílico	M2	206.93	4.15	858.76
<b>5</b>	<b>PISOS</b>				
5.01	Contrapiso h,s, 180 kg/cm2	M2	6.43	10.81	69.51
5.02	Acera frontal h,s, 180 kg/cm2	M3	1.47	11.84	17.44
5.03	Cerámica de piso baño	M2	37.97	30.16	1,145.21
5.04	Porcelanato nacional en piso de 50x50cm	M2	63.51	38.94	2,473.16
5.05	Barredera de porcelanato h= 10cm	M	90.73	6.83	619.69
<b>6</b>	<b>CARPINTERÍA HIERRO/MADERA</b>				
6.01	Cerradura llave - llave (tipo yale)	U	1.00	32.78	32.78
6.02	Cerradura baño (tipo yale)	U	8.00	32.78	262.24
6.03	Puerta hierro y tol con vidrio cat, 300 x 3	U	1.00	55.93	55.93
6.04	Puerta de madera panelada 70 cm lacada, inc. marco y tapa marco	U	2.00	102.23	204.46
6.05	Puerta de madera panelada 80 cm lacada, inc. marco y tapa marco	U	6.00	105.34	632.04
6.06	Puerta de madera panelada 100 cm lacada, inc. marco y tapa marco	U	1.00	105.34	105.34

CONTINUA →

<b>PRESUPUESTO DE LA OBRA</b>					
<b>CASA TIPO 1</b>					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
6.07	Ventanas de aluminio natural fija y vidrio de 4 mm	M2	54.63	82.42	4,502.52
6.08	Closet mdf laminado	U	2.00	211.54	423.08
6.09	Cerramiento de malla metálica 5mm incluye tubo galvanizado de 50 mm	M	22.80	16.44	374.83
<b>7</b>	<b>Instalaciones de agua potable</b>				
7.01	Agua fría pvc u/r 1/2"	PTO	6.00	25.24	151.44
7.02	Punto de agua caliente hg.1/2"	PTO	3.00	25.24	75.72
7.03	Tubería pvc u/r de 1/2"	ML	10.00	17.36	173.60
<b>8</b>	<b>APARATOS SANITARIOS</b>				
8.01	Ducha senc. cr. incluye llave de campanola	U	2.00	104.76	209.52
8.02	Inodoro tanque bajo con accesorios (blanco-tipo fv	U	3.00	111.92	335.76
8.03	Cortina de baño vidrio templado 8mm	U	2.00	145.56	291.12
8.04	Lavamanos con pedestal y llave prismática	U	3.00	116.76	350.28
8.05	Fregadero un pozo acero inoxidable- grifería-acceso	U	1.00	73.82	73.82
8.06	Accesorio para baños	U	3.00	25.85	77.55
8.07	Calefón	U	1.00	292.67	292.67
<b>9</b>	<b>INSTALACIONES SANITARIAS</b>				
9.01	Punto de desagüe de pvc 110 mm inc. accesorios	PTO	3.00	30.74	92.22
9.02	Punto de desagüe de pvc 75 mm inc. accesorios	PTO	2.00	30.74	61.48
9.03	Punto de desagüe de pvc 50 mm inc. accesorios	PTO	11.00	30.74	338.14
9.04	Canalización pvc 110 mm	M	7.00	35.99	251.93
9.05	Canalización pvc 75 mm	M	5.00	35.99	179.95
9.06	Canalización pvc 50 mm	M	5.00	35.99	179.95
9.07	Caja de revisión de unifamiliar 0,60*0,60*0,60 m	U	2.00	74.78	149.56
9.08	Rejilla interior de piso 50 mm	U	8.00	3.78	30.24

CONTINUA →

---

**PRESUPUESTO DE LA OBRA**


---

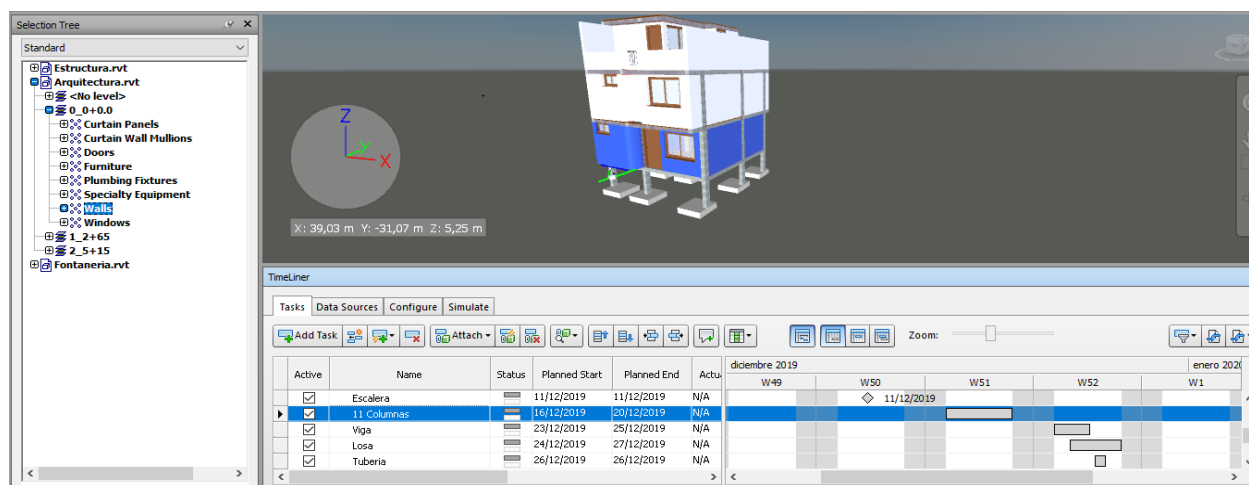
**CASA TIPO 1**


---

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
10 Instalaciones eléctricas				
10.01 Tablero de control 3 disyuntores	U	1.00	40.02	40.02
10.02 Iluminación	PTO	20.00	55.07	1,101.40
10.03 Tomacorriente doble	PTO	21.00	27.08	568.68
10.04 Cable de iluminación awgthhn	M	30.00	12.90	387.00
10.05 Varilla de copperweld 5/8 " l=1.80 m	U	1.00	14.70	14.70
10.06 Punto de iluminación conmutada	U	2.00	55.07	110.14
<b>11 Limpieza</b>				
11.01 Limpieza final de la obra	M2	90.00	4.80	432.00
<b>TOTAL</b>			40,539.22	
<b>C.I. 20%</b>			8107.844	
<b>M. TOTAL</b>			43,038.27	

**PASO 3.- ASIGNACIÓN DE OBJETOS A PROCESOS**

Se asigna tareas al modelo en base al cronograma de obra, para ello se usa la herramienta árbol de selección, el cual divide el diseño por disciplinas, sub disciplinas, niveles y elementos. En la Figura 69 se observa la coordinación de la herramienta, modelo virtual y las tareas programadas.



**Figura 69.** Coordinación de la herramienta “árbol de selección” con el modelo virtual y las tareas programadas

#### **PASO 4.- SIMULACIÓN DE LAS TAREAS**

Permite la visualización de las tareas en cualquier fecha del cronograma de obra, con la finalidad de optimizar virtualmente el proceso constructivo. Este paso se enfoca en el recorrido virtual, el cual permite añadir animaciones como: colocación de andamios, personal de cuadrilla tipo, transporte de materiales y más, de esta manera se obtiene una mejor calidad de las simulaciones acercándose lo más posible a la realidad.

#### **PASO 5.- AJUSTE DE SIMULACIÓN**

Este paso se enfoca en detalles minuciosos de la simulación como, cambiar las tonalidades de los elementos, además de asignar acciones de construcción, demolición y colocación de elementos temporales. Es muy importante señalar que el tipo de procesador en el cual esté instalado el software de la familia BIM influye en su correcta funcionalidad, en este caso particular no es posible editar las tonalidades de los elementos ni asignar nuevas acciones debido al procesador.

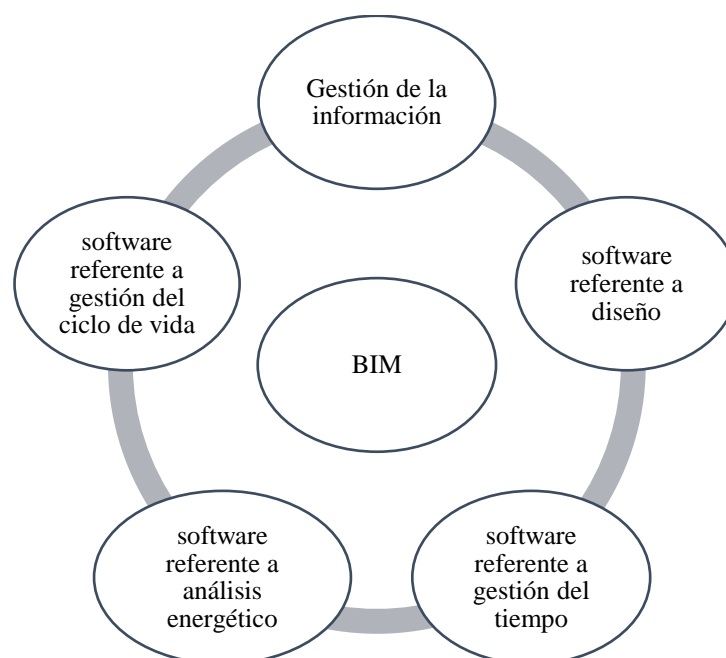
#### **PASO 6.- EXPORTAR LA SIMULACIÓN EN ARCHIVOS AVI Y DE IMAGEN**

El paso final es exportar la simulación mediante un archivo de video o imagen. Previo a exportar es importante realizar todas las correcciones necesarias en la programación del cronograma de obra, dado que la finalidad de este software de manejo y gestión de proyectos es adelantarse a la tomar de decisiones.

### **3.2 Proceso de finalización en la etapa de proyecto y análisis de resultados**

En contexto al objetivo principal del presente trabajo, el análisis de interferencias es solo una fracción de la capacidad de la metodología BIM. El análisis de interferencias abarca aproximadamente hasta la quinta dimensión en función de las siete. Para alcanzar el máximo potencial de la metodología se debe abarcar todas las fases del ciclo de vida de la infraestructura. Con la intención de no fomentar alguna marca comercial en específico, en la Figura 70 se presenta los tipos de software que permite alcanzar el desarrollo completo de la metodología.





**Figura 70.** Software que permite el desarrollo de la metodología BIM

De esta manera, al tener lineamientos claros de cómo abordar una infraestructura civil con la metodología, se da paso al análisis de resultados.

### 3.2.1 Análisis de resultados

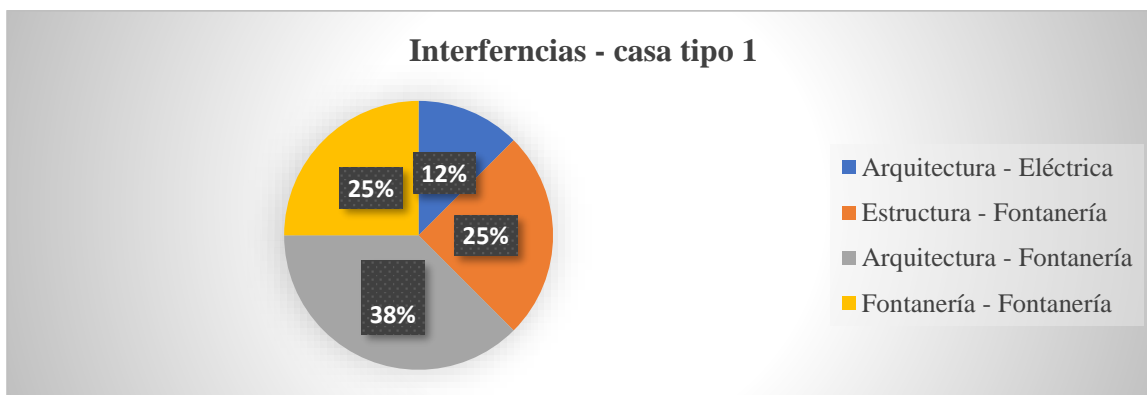
#### 3.2.1.1 Dimensiones utilizadas

En función a la literatura citada, BIM cuenta con siete dimensiones, sin embargo, para detectar las interferencias se utilizó la tercera dimensión que emplea en un software de diseño, se recalca que la cuarta dimensión conlleva el uso de un software de gestión de proyectos.

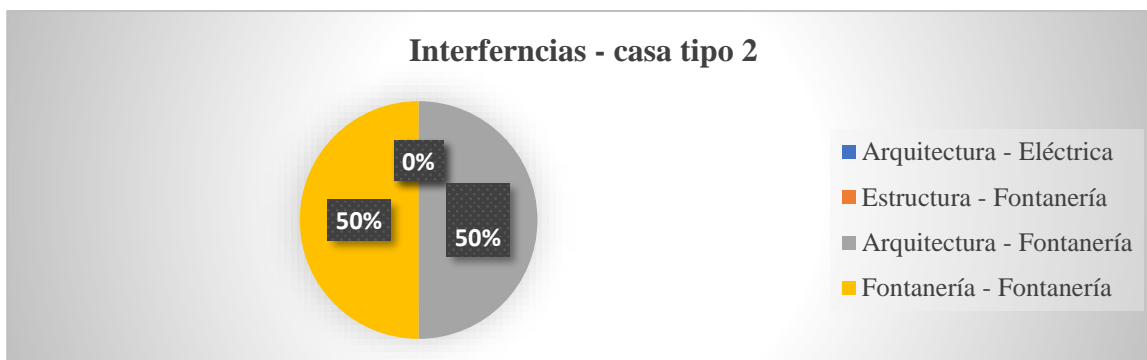
#### 3.2.1.2 Interferencias Detectadas

El conjunto habitacional tiene un total de 22 interferencias, 8 en la casa tipo 1, 6 en la casa tipo 2, 4 en la casa tipo 3, 4 en la casa tipo 4 y 0 en la casa comunal. En la figura 71 se presenta, la influencia de las interferencias en la casa tipo 1, predomina con un 38% la disciplina de arquitectura con fontanería, en la Figura 72 las interferencias de la casa tipo 2 que mantiene una igualdad del 50% entre la disciplina de fontanería con estructura. En la Figura 73 se presenta las interferencias en la casa tipo 3, similar a la casa tipo 2 se mantiene una igualdad entre las disciplinas de fontanería con estructura. En la Figura 74 las interferencias de la casa tipo 4 aquí destaca la disciplina de

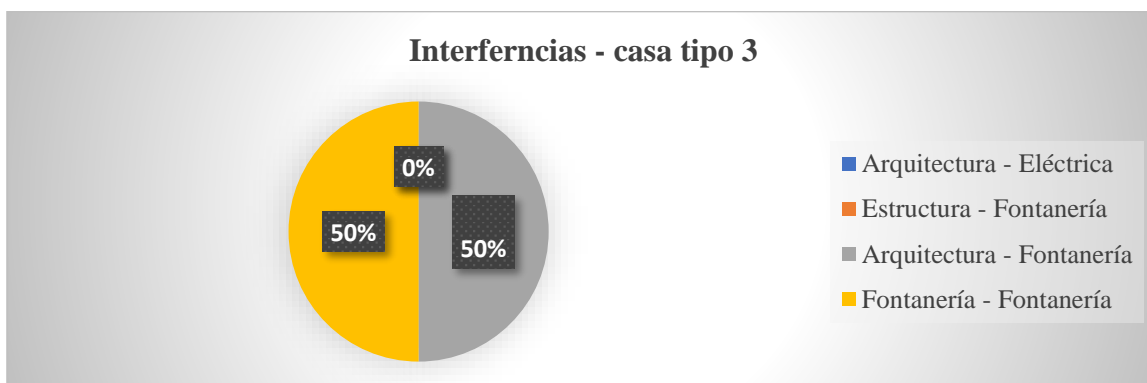
fontanería en un 75% y en la Figura 75 se aclara que la casa tipo 5 no presenta interferencia alguna. Por otro lado, en la Figura 76 se presenta un global de las interferencias en el proyecto, predominando las interferencias en la disciplina de fontanería.



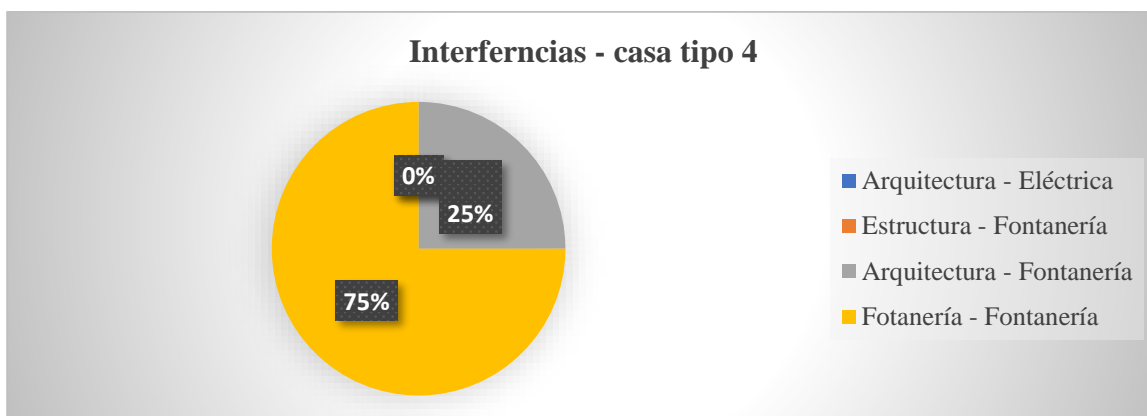
**Figura 71.** Porcentaje de influencia de interferencias en la casa tipo 1



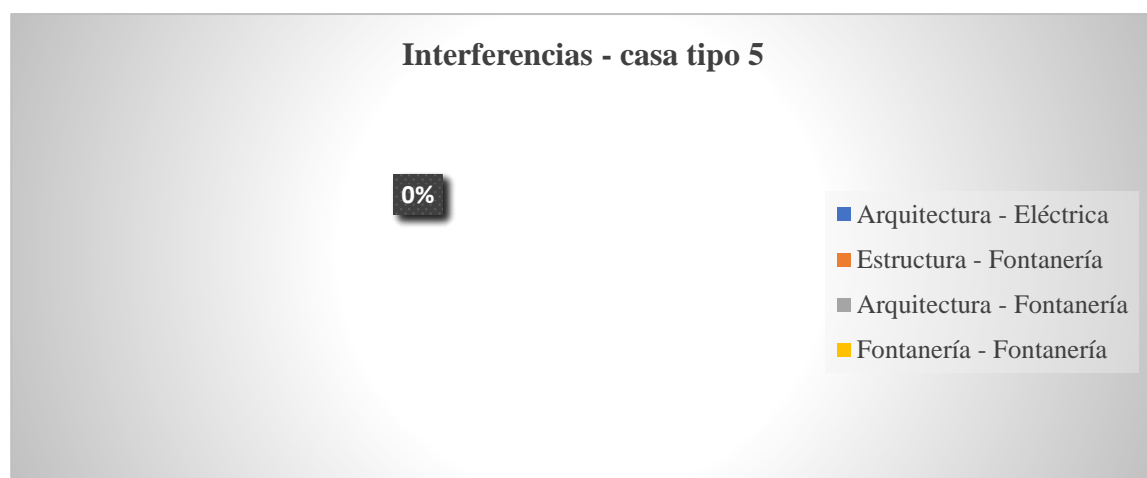
**Figura 72.** Porcentaje de influencia de interferencias en la casa tipo 2



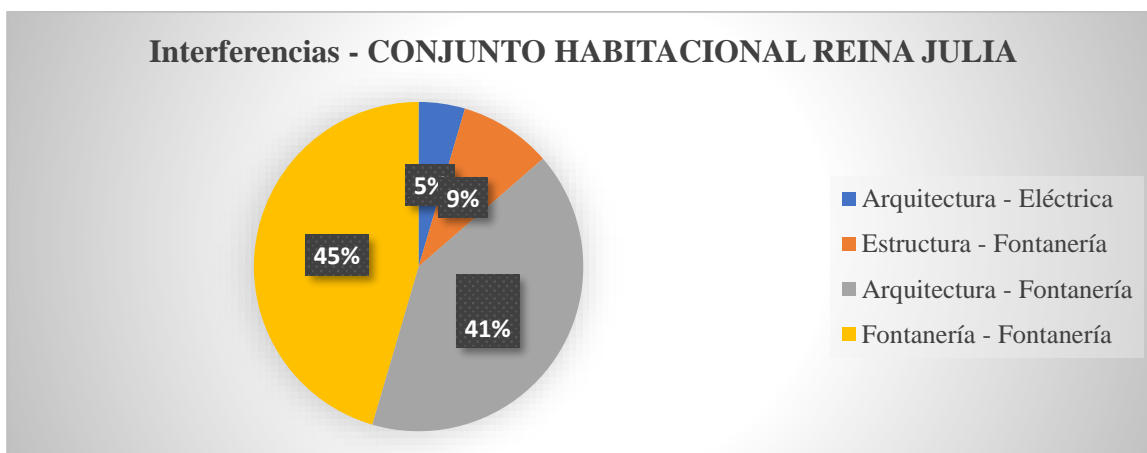
**Figura 73.** Porcentaje de influencia de interferencias en la casa tipo 3



**Figura 74.** Porcentaje de influencia de interferencias en la casa tipo 4



**Figura 75.** Porcentaje de influencia de interferencias en la casa tipo 5



**Figura 76.** Porcentaje de interferencias en el conjunto habitacional REINA JULIA

### 3.2.1.3 Gestión del tiempo con un software BIM

Para la gestión del tiempo se tomó la casa tipo 1, el proceso inició con:

- **Importar el modelo BIM**

Es importante resaltar que el modelo debe ser creado por niveles o de acuerdo a la proyección de la construcción dada por los técnicos, por citar un ejemplo: las columnas A-1, A-2, A-3, B-3 y C-3 se crearon desde en nivel 0 hasta el nivel 3 y la columnas B-1, B-3, C-1 y C-2 desde el nivel 0 hasta el nivel 4, esta manera de trabajo genera un inconveniente al importar al software de gestión de proyecto, en vista que no permite dividir las columnas por niveles para la planificación de construcción, por este hecho las columnas deben ser creadas por nivel, es decir desde el nivel 0 hasta el nivel 1, del nivel 1 hasta el nivel 2 así sucesivamente. Con este punto claro, la disciplina de arquitectura, estructura y de sistemas de la casa tipo 1 se fusionan en la interfaz.

- **Vincular los elementos del modelo a la tarea que se va a realizar**

Las tareas es el resultado de un análisis de precios unitarios, en este contexto la casa tipo 1 cuenta con un total de 70 rubros, dando un tiempo de construcción aproximado de 4 meses con un presupuesto referencial de 43,038.276 dólares americanos (valores tomados de la CAMICON). Las actividades se vinculan a cada elemento, dándoles propiedades de tiempo de construcción y costo.

- **Crear la animación y exportar**

Para finalizar la simulación y en función de cuan detallado se quiere presentar la animación, se puede colocar: movimiento de andamios, personal de obra, camiones y más. Para el caso, la animación del proceso constructivo se presenta un recorrido interno y externo de la edificación de forma que se aprecia todas las fases de la construcción. En la parte final se exporta la simulación en formato de video, es importante hacer mención a que la calidad del video depende de la cantidad de fotogramas que se procese.

## CAPÍTULO 4

### 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- El conjunto habitacional Reina Julia presenta un total de 22 interferencias, 8 en la casa tipo 1, 6 en la casa tipo 2, 4 en la casa tipo 3, 4 en la casa tipo 4 y 0 en la casa tipo 5, siendo la disciplina de fontanería la de mayor conflicto con un 45 % de presencia, esto demuestra que el uso de un software BIM vs el software del sistema CAD permite identificar interferencia, colisiones y elementos duplicados de manera oportuna en un modelo virtual.
- El conjunto habitacional cuenta con las disciplinas de arquitectura, estructura, instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias, no cuenta con instalaciones mecánicas. Todas las disciplinas se modelaron en un software de diseño BIM, como resultado del modelo se tiene 1 interferencia en la disciplina de electricidad, 2 en estructura, 8 en arquitectura y 11 en instalaciones sanitarias. Se debe hacer hincapié que usar el software BIM no necesariamente significa que se esté empleando la metodología BIM, se puede usar la metodología CAD con software BIM al trabajar de manera aislada. Para el caso se usó un software BIM de diseño y otro de planificación y control de obra de esta manera se trabaja de forma colaborativa al vincular y gestionar la información en un solo archivo, de modo que todos los agentes que participan en el diseño están al tanto de cualquier modificación.
- La metodología BIM incorpora software de gestión de la información, diseño, tiempo-costo, análisis energético y ciclo de vida del proyecto. Implementar las siete dimensiones conlleva un trabajo colaborativo entre el cliente, arquitectos, ingenieros, contadores, proveedores, contratistas y constructores.
- La esencia de BIM es trabajar de forma colaborativa y centralizar toda la información en un solo modelo, cabe señalar que aún no es posible, el mercado latinoamericano aún más el ecuatoriano sigue en transición a pesar que existen profesiones que conocen la metodología BIM no es así con los proveedores. En este panorama el presupuesto y cronograma de obra no es resultado automático del modelo sino de un análisis de precios unitarios aislado, con

este punto claro se vinculó el presupuesto y el cronograma de obra al modelo en un software de diseño de manera que se simula el proceso constructivo a través de una animación 4D.

- BIM centraliza la información en un solo modelo, se realiza un cambio y se actualiza todo el modelo, planos, presupuesto y cronograma a diferencia del sistema CAD que aísla la información.

## **4.2 Recomendaciones**

- Se recomienda realizar más proyectos de titulación que abarque las siete dimensiones de la metodología BIM de modo que permita demostrar todo el potencial que tiene.
- Se recomienda a todos los profesionales y empresas que decidan migrar a BIM adquirir la gama de software suficientes y necesarios para su correcta implementación, además se debe tener claro que usar software BIM no significa que se esté implementado la metodología de trabajo por este motivo se debe invertir en capacitaciones para manejar la metodología.
- Se recomienda analizar la magnitud del proyecto antes de implementar BIM para verificar la viabilidad, puede darse el caso que resulte óptimo usar la metodología CAD con software BIM.
- Se recomienda a todas las entidades alineadas a la industria de la construcción como universidades, municipios, empresas públicas y privadas, colegios de arquitectos e ingeniero divulgar la metodología BIM en conferencias, presentaciones, talleres y demás con la finalidad de acelerar la transición de CAD a BIM.
- BIM es un mundo versátil, se recomienda a las entidades pertinentes que regula la industria de la construcción capacitarse en BIM de tal manera que sea un requisito para participar en procesos de contratación pública.

## REFERENCIAS

- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking: Como utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa*. Free Press.
- Alonso, J. (12 de Abril de 2012). *CAD vs BIM*. Madrid, España.
- Arce Manrique, S. (2010). *Identificación de los principales problemas en la logística de abastecimiento de las empresas constructoras bogotanas y propuesta de mejoras*. Bogotá: PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA.
- Autodesk. (Enero de 2015). *Introduccion a la herramienta Time Liner*. Obtenido de <https://knowledge.autodesk.com/es/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ESP/Navisworks/files/GUID-D0D36E3D-F1D0-43B6-AB4E-2E7799B340A3-htm.html>
- Baboonlab. (2015). *Ventajas de BIM, la tecnología más eficaz en arquitectura*. Obtenido de <http://www.baboonlab.com/blog/noticias-de-marketing-inmobiliario-y-tecnologia-1/post/ventajas-de-bim-la-tecnologia-mas-eficaz-en-arquitectura-16>
- Bentley, K., & Workman, B. (2003). *Does the Building Industry Really*. Bentley Systems, 10.
- BIMCommunity. (Junio de 2017). *El BIM en Latinoamérica*. Obtenido de <https://www.bimcommunity.com/news/load/667/bim-in-latin-america>
- Coloma Picó, E. (2008). *Introducción a la tecnología BIM*.
- Colwell, D. (2008). *Improving Risk Management and Productivity in Megaprojects through ICT Investment*. (P. f. NB, Ed.)
- Cuartas, L. E. (3 de Abril de 2013). *BIM en el mundo*. Obtenido de asociación colombiana - BIM: <http://asociacioncolombianabim.co/recursos/bim-en-el-mundo/>
- Cuartero, J. A. (22 de Febrero de 2018). *Siete dimensiones del BIM, la metodología que cambiará la construcción en A. Latina. América-Economía*. Obtenido de <https://www.americaeconomia.com/analisis-opinion/7-dimensiones-del-bim-la-metodologia-que-cambiara-la-construccion-en-latina>

- EDITECA. (2018). El BIM en Latinoamérica. Sangolquí, España: ESPE. Obtenido de <https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/>
- Espinoza Rosado, J. &. (2014). Mejoramiento de la constructabilidad mediante herramientas BIM.
- Espinoza, & Pacheco. (2014). Mejoramiento de la constructabilidad mediante herramientas bim. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Eyzaguirre Vela, R. R. (2015). Potenciando la capacidad de análisis de construcción, mediante herramientas virtuales BIM 4D durante la etapa de planificación. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ferrer Sánchez, H. (2013). Desarrollo de un proyecto de construcción con la metodología BIM: Edificio el Olmo (Lliria) . Universitat Politècnica de València .
- Ferrovial Overview. (27 de Abril de 2018). BIM en fase de construcción de infraestructuras, Presa de Daivoes | Caso práctico. España.
- FR4 Construcciones. (5 de Mayo de 2017). Etapas de un proyecto de construcción. Santo Domingo, Republica Dominicana . Obtenido de <http://fr4.com.do/etapas-proyecto-construccion/>
- Fuentes Hurtado, D. A. (2017). Tecnología BIM en la industria de la construcción. LIMA: pupc.
- Graneto, Á. (13 de Marzo de 2017). Metodología tradicional vs. metodología BIM. Obtenido de <http://suite-pro.com/es/metodologia-tradicional-vs-metodologia-bim/>
- Hodge, B., William, P., & Gales, L. (2003). Teoría de la Organización: Un enfoque estratégico. Madrid: Pearson Educación.
- Jaafari, A. (2000). Construcción concurrente y Gestión del ciclo de vida del Proyecto. Journal of Construction Engineering and Management, IV, 427-436.
- Kubicki, S. (2015). Découvrez les métiers du BIM, les compétences liées et l'offre de formation actuelle. Reino Unido: Cardiff University. Obtenido de <http://docplayer.fr/78652081-Passez-au-bim-formez-vous.html>



- Martínez Rojas, M., Marín Ruiz, N., & Vila Miranda, A. (Martínez et al., 2013). Aplicación de las TICs en el Ámbito de la Construcción (Vol. IV). España: Universidad de Jaén.
- McWILLIAMS. (2014). The Legal BIM Frontier. Contracts, execution planning and recent case development. USA: Revit User Group.
- Morales, & Guzmán. (2018). Implementacion de BIM en Chile. Chile. Obtenido de <https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/>
- Our Story. (2018). Director Responsable de Obra DRO 0507.
- PMI Global. (2013). Fundamentos para la direccion de proyectos (Quinta ed.). Estado Unidos: Project Management Institute, Inc.
- Rodríguez, E. (2012). BIM-4D: El tiempo añadido al modelado de.
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B., & Owen, R. (Sacks et al., 2010). Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, CXXXVI.
- Salinas, J. R., & Ulloa Roman, K. A. (2014). Implementación de BIM en Proyectos Inmobiliarios. *Sinergia e Innovación*, II(1).
- Sanz Bohigues, M. J. (2017). BIM en el mundo. Implantación de la nueva metodología en el sector de la arquitectura. España. Obtenido de <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/bim-en-el-mundo-implantacion-de-la-nueva-metodologia-en-el-sector-de-la-arquitectura>
- Sigurdur, A. S. (2009). Benefits of Building Information Modeling. Copenhagen School of Design and.
- Solminihaq, H. (2017). ¿Sabías que la productividad de la construcción es más baja que la de toda la economía? Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*(18).
- Taboada, J., Alcántara, V., Lovera, D., Santos, R., & Diego, J. (Taboada et al., 2011). Detección de interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificaciones usando

tecnologías BIM. Obtenido de

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwiqtr\\_WkKXhAhWxY98KHbH-BhAQFjABegQIBRAC&url=http%3A%2F%2Frevistasinvestigacion.unmsm.edu.pe%2Findex.php%2Fiigeo%2Farticle%2FviewFile%2F672%2F526&usg=AOvVaw0nr-Rq0sdtDSwAmw2SrwJq](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwiqtr_WkKXhAhWxY98KHbH-BhAQFjABegQIBRAC&url=http%3A%2F%2Frevistasinvestigacion.unmsm.edu.pe%2Findex.php%2Fiigeo%2Farticle%2FviewFile%2F672%2F526&usg=AOvVaw0nr-Rq0sdtDSwAmw2SrwJq)

Viboni, D., Espinet, X., & Roig, V. (2016). Efecto del BIM en las fases del ciclo de vida de un proyecto. Barcelona, Provincia de Barcelona, España. Obtenido de <http://www.espacioleanbim.com/episodio-10-efecto-del-bim-las-fases-del-ciclo-vida-proyecto/>

Wilkinson, P. (26 de Julio de 2017). Asite launches BIM clash detection. Obtenido de <http://extranetevolution.com/2017/07/asite-launches-bim-clash-detection/>