

CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO BAJO LA IMPLEMENTACIÓN DE LA
METODOLOGÍA BIM PARA LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DEL PROCESO
CONSTRUCTIVO DEL CONJUNTO CERRADO ALTOS DEL VILLA LUZ TUNJA
(BOYACÁ).

AURA JULIETH RIAÑO FARIAS



V.Bo. Néstor Rojas
Tutor

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
TUNJA
2022

CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO BAJO LA IMPLEMENTACIÓN DE LA
METODOLOGÍA BIM PARA LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DEL PROCESO
CONSTRUCTIVO DEL CONJUNTO CERRADO ALTOS DEL VILLA LUZ TUNJA
(BOYACÁ).

AURA JULIETH RIAÑO FARIAS

Trabajo de grado: Modalidad de pasantía para optar al título de Ingeniero civil

Director: Néstor Iván Rojas Gamba
MSc. En Geotecnia, MSc. En Gestión de la información y Tecnologías
Geoespaciales

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
TUNJA
2022

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de antemano a Dios por haberme permitido concluir esta etapa de mi vida como profesional, así mismo, brindarles un profundo agradecimiento a quienes hicieron posible cumplir esta meta y sueño, aquellos que junto a mí en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo, fortaleza y me brindaron un consejo en cada paso dado. Esta mención en especial es para mi madre, mi padre y a mis padrinos, gracias a ustedes por demostrarme que el amor es el deseo inevitable de ayudar al otro para superarse.

Mi gratitud, también a la empresa Inversiones la Villa Real S.A.S por permitirme ejercer mis conocimientos en el apoyo de las tareas necesarias en el área de ingeniería civil para el desarrollo de mi trabajo de grado y guiarme en el desarrollo del mismo.

A mis tutores por la paciencia, ayuda y dedicación en las instrucciones dadas, para que el producto del trabajo fuera el mejor.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico con todo mi corazón a mi madre, por tu esfuerzo, dedicación amor y comprensión por darme la oportunidad de crecer profesionalmente. Tú madre que con tus palabras fueron mi fuente de motivación e inspiración para superarme cada día más sin dejarme decaer para seguir adelante y siempre perseverare para cumplir mis ideales, sin ella no lo habría logrado. Tú bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien.

Nota de aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Tunja, 25 de febrero, 2022

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
1. OBJETIVOS.....	14
1.1. OBJETIVO GENERAL	14
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.....	15
2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	15
2.2. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO.....	16
2.3. HERRAMIENTAS DE TRABAJO	17
2.3.1. AUTODESK REVIT 2021	17
2.3.2. AUTODESK NAVISWORKS MANAGE	17
2.3.3. MICROSOFT PROJECT	17
3. DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES DESARROLLADAS.....	18
3.1. ANÁLISIS DE PLANOS 2D Y ESTUDIO DEL PROYECTO.....	18
3.1.1. VIVIENDA UNIFAMILIAR.....	18
3.1.2. VIVIENDA BIFAMILIAR.....	18
3.2. ALCANCES BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)	19
3.3. PLAN DE EJECUCIÓN BIM (BEP)	20
3.4. MODELAMIENTO ESTRUCTURAL vivienda bifamiliar	21
3.4.1. CIMENTACIÓN	21
3.4.2. MUROS EN MAMPOSTERÍA REFORZADA	22
3.4.3. PLACA DE ENTREPISO	23
3.4.4. ESCALERA	25
3.4.5. MUROS SEGUNDO PISO	26
3.4.6. CUBIERTA	26
3.5. MODELO ARQUITETÓNICO VIVIENDA BIFAMILIAR y Unifamiliar	28
3.5.1. PRIMER PISO ARQUITECTÓNICO	28
3.5.2. SEGUNDO PISO ARQUITECTÓNICO	29
3.5.3. FACHADA VIVIENDA BIFAMILIAR Y UNIFAMILIAR.....	30
3.6. TABLAS DE CUANTIFICACIÓN REVIT	30
3.6.1. VIVIENDA UNIFAMILIAR.....	31
3.6.2. TABLA DE CUANTIFICACIÓN VIVIENDA BIFAMILIAR.....	31
3.7. URBANISMO DEL PROYECTO	32
3.7.1. CUANTIFICACIÓN MOVIMIENTO DE TIERRAS URBANISMO.....	33
3.8. PRESUPUESTO DE OBRA.....	33
3.9. CRONOGRAMA DE OBRA EN MS PROJECT	34
3.10. SIMULACIÓN CONTRACTIVA INTEGRACIÓN DE MODELOS EN NAVISWORKS.....	34
3.11. INCONSISTENCIAS EN DISEÑOS 2D.....	37

3.12. DOCUMENTACIÓN BIM.....	39
3.13. SOPORTE TÉCNICO PROYECTO JENESANO	40
3.13.1. PROCESO CONSTRUCTIVO VIVIENDA UNIFAMILIAR JENESANO BOYACÁ 40	
4. APORTES DEL TRABAJO	43
4.1. COGNITIVOS	43
4.2. A LA COMUNIDAD	43
5. IMPACTOS DEL TRABAJO DESEMPEÑADO	45
6. CONCLUSIONES	47
7. RECOMENDACIONES.....	49
8. GLOSARIO	50
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
APENDICES Y ANEXOS	58

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cuantificación y planificación	31
Tabla 2. Costo y presupuesto de obra final	34

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización del municipio de Tunja- Boyacá	15
Figura 2. Terreno Altos del Villa Luz	16
Figura 3. Primera Etapa	16
Figura 4. Dimensiones BIM.....	20
Figura 5. Niveles del Proyecto	21
Figura 6. Vista 3D Cimentación y placa contrapiso.....	22
Figura 7. Vista 3D refuerzo vertical para muros.....	23
Figura 8. Detalle Bloquelón, Detalle perfil	24
Figura 9. Detalle Placa entrepiso.	24
Figura 10. Vista explotada placa de entrepiso.	25
Figura 11. Vista 3D fundición de la escalera.....	26
Figura 12. Muros Segundo Piso.....	26
Figura 13. Detalle viga canal y acero de refuerzo.....	27
Figura 14. Vista 3D distribución correas perfil.....	27
Figura 15. Vista 3D colocación de Teja.	28
Figura 16. Distribución arquitectónica Vivienda Bifamiliar y Unifamiliar	28
Figura 17. Acabados para baño.....	29
Figura 18. Distribución arquitectónica segundo piso bifamiliar y unifamiliar	29
Figura 19. Fachada principal vivienda unifamiliar.	30
Figura 20. Urbanismo del proyecto en Revit.....	33
Figura 21. Vista software Navisworks Manage	36
Figura 22. Vista software Navisworks Manage- Urbanismo.....	36
Figura 23. Documentación	39
Figura 24. Boceto proyecto Jenesano Boyacá.....	40
Figura 25. Descapote y limpieza terreno Jenesano	41
Figura 26. Armadura de vigas, zapatas y columnas.	41
Figura 27. Nivelación para placa de contrapiso, fundición vigas y zapatas	41
Figura 28. Fundición placa de contrapiso.	42
Figura 29. Formaleta, armadura y fundición de la placa de entrepiso	42

RESUMEN

La empresa INVERSIONES LA VILLA REAL S.A.S dedicada a la construcción de edificaciones residenciales, constituida como una sociedad por acciones simplificadas y matriculada desde el 30 de octubre del 2012 en la cámara de comercio de Tunja, quiso incrementar su portafolio con nuevos métodos de trabajo para la construcción, utilizando la metodología BIM (Building Modeling Information) basado en un modelo tridimensional inteligente que abarca toda la información del ciclo de vida de un proyecto optimizando el flujo de trabajo permitiendo planear, diseñar, ejecutar y operar las diferentes etapas del mismo.

Con el fin de realizar un cambio en sus proyectos en el presente trabajo se presenta el informe de la aplicación de la metodología BIM para la planificación y control del proceso constructivo del Conjunto Altos del Villa luz ubicado en la ciudad de Tunja Boyacá, que consta de dos viviendas unifamiliares y dieciséis bifamiliares. De acuerdo con el plan de ejecución BIM (BEP) que se elaboró, los entregables presentados del proyecto son: presupuesto de obra, modelo tridimensional de los dos tipos de viviendas, simulación constructiva y programación de obra.

La metodología BIM trabaja bajo diferentes softwares dependiendo de su modelador, de acuerdo a lo planteado en el BEP dichos entregables son trabajados con el software Revit (Autodesk) para el modelo tridimensional y cantidades de obra; Navisworks (Autodesk) para la simulación constructiva y programación de obra.

Con la oportunidad de implementar esta metodología la empresa delego a la estudiante pasante de la Universidad Santo Tomas bajo la supervisión y aprendizaje del representante de la empresa (modelador BIM) al desarrollo de los entregables acordados, sin embargo, la estudiante cumple con otras tareas como la supervisión y apoyo en la obra de una vivienda familiar en el municipio de Jenesano-Boyacá. Esto con el propósito de optar por la opción de grado en modalidad pasantía con una intensidad laboral de 600 horas, con una duración de alrededor de 14 semanas.

Palabras Clave: Revit, Navisworks, Modelación, Simulación, Estructura, Coordinación, Proceso constructivo,

ABSTRAC

The company INVERSIONES LA VILLA REAL S.A.S dedicated to the construction of residential buildings, constituted as a simplified stock company and registered since 30 October 2012 at the Tunja Chamber of Commerce, wanted to increase its portfolio with new methods of work for construction, using the BIM (Building Modeling Information) methodology based on an intelligent three-dimensional model that covers all the information of the life cycle of a project optimizing the workflow allowing to plan, design, execute and operate the different stages of the same.

In order to make a change in their projects in the present work is presented the report of the application of the BIM methodology for the planning and control of the construction process of the Alto del Villa Luz Complex located in the city of Tunja Boyacá, consisting of two detached houses and sixteen bifamily. According to the BIM execution plan (BEP) that was developed, the project's deliverables presented are: construction budget, three-dimensional model of the two types of housing, construction simulation and work programming.

The BIM methodology works under different softwares depending on its modeler, according to what is proposed in the BEP such deliverables are worked with the software Revit (Autodesk) for the three-dimensional model and quantities of work; Navisworks (Autodesk) for constructive simulation and site programming.

With the opportunity to implement this methodology the company delegated to the student intern of the Santo Tomas University under the supervision and learning of the representative of the company (BIM modeler) to the development of the agreed deliverables, However, the student performs other tasks such as supervision and support in the construction of a family home in the municipality of Jenesano-Boyacá. This with the purpose of opting for the option of degree in internship mode with an intensity of work of 600 hours, with a duration of about 14 weeks.

Keywords: *Revit, Navisworks, Modeling, Simulation, Structure, Coordination, Construction process,*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, al desarrollar un proyecto de construcción surgen múltiples deficiencias en su ejecución llegando a retrasar lo planteado en la fase de diseño, ocasionando problemas de sobrecostos, soluciones improvisadas y apresuradas, anomalías en los cronogramas de obra, diseño de planos mal elaborados y principalmente el desperdicio de material [1]. Por otra parte, se observa que los recursos económicos tienen una gran insuficiencia ya que estos no son previstos con claridad llegando a ocasionar desvíos fraudulentos, deudas, recortes de personal o hasta cierre de obra; en general, Colombia es un país que en sus procesos constructivos de infraestructura y de edificación llegan a ser una industria poco competitiva, lo cual llega al punto de ser necesario tener un nuevo enfoque con la finalidad de enfrentar mejor los retos de eficiencia y sostenibilidad [2].

La empresa INVERSIONES LA VILLA REAL S.A.S siendo una empresa dedicada a la construcción de edificaciones residenciales con varios proyectos en la ciudad de Tunja (Boyacá) se enfocó en optimizar sus procesos constructivos con el fin de tener mayor eficiencia en cada aspecto, tanto económico como de tiempo para lograr un mejor rendimiento en sus obras, por ende, se han enfocado en los métodos avanzados que han surgido en la última década y que por su popularidad han conseguido grandes cambios en la industria de la construcción.

Esta nueva tecnología llamada Bulding Information Modeling bajo sus siglas BIM es una metodología basada en optimizar el flujo de trabajo en un proyecto, sus siglas en español significan modelado de la información para la construcción [3]. La metodología BIM es un conjunto coordinado de procesos para administrar datos durante el ciclo de vida de un proyecto permitiendo planear, diseñar, ejecutar y operar las diferentes etapas del mismo, proporcionando información detallada a partir de elementos inteligentes que son el prototipo digital de los elementos físicos de la construcción con el propósito de entender el comportamiento de los mismos antes de que la obra comience.

Creando la visualización realista 3D de la construcción planeada este te ayuda a tomar mejores decisiones a la hora de edificar generando ciertos parámetros en la metodología BIM como la gestión de cambio, una vez que los datos este almacenados en el modelo cualquier modificación que se realice se plasmará o replicará en todas las disciplinas diseñadas del modelo (arquitectura, estructura y MEP), también provee una rigurosa garantía de calidad a través de la coordinación y la interoperabilidad de diferentes especialidades creando la simulación de construcción [4]. Los modelos BIM contienen información de sustentabilidad y otras características que pueden ser fácilmente simuladas anticipadamente con base a la construcción actual. El costo también es parte de BIM ya que permite ver presupuesto o precio estimado en cualquier punto del desarrollo del proyecto, los datos introducidos al modelo BIM pueden ser utilizados durante todo el periodo de

vida de la edificación ayudando a reducir operaciones y costos de manejo de la construcción, lo que significa que es eficiente en cada aspecto de vida del proyecto [5].

Existen diversos programas para manejar la metodología, pero principalmente los más usados o clasificados para aplicar por su eficiencia integrando cada disciplina que se maneja en el sector de la construcción como arquitectura e ingeniería junto con el MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing) el modelado en 3D es REVIT (Autodesk) ya que este se diseña partir de un dibujo paramétrico enfocándose en modelar en un entorno unificado; en la planificación de obra basado en la coordinación, simulación constructiva y programación de obra se usa Navisworks (Autodesk).

El objetivo de la empresa es realizar un cambio en sus proyectos, comenzando a implementar la metodología BIM para la planificación y control del proceso constructivo del Conjunto Cerrado Altos del Villa Luz Tunja (Boyacá). En acuerdo con el representante de la empresa capacitado en términos de modelador BIM y pensando en futuras generaciones se asignó al pasante de la Universidad Santo Tomás el trabajo a cargo de la elaboración de dicho proyecto, para el cumplimiento de los entregables necesarios. El presente informe consiste en explicar el diseño de 18 casas del conjunto, 2 bifamiliares y 16 unifamiliares. Teniendo en cuenta dicho método, se llevó acabo el desarrollo de las siguientes actividades o usos BIM que se plantearon al proyecto:

- Elaboración del Plan de Ejecución BIM
- Modelo Tridimensional en Autodesk Revit ajustados a proceso constructivo
- Documentación respectiva (Arquitectónicos - Estructurales)
- Planos para fase de construcción
- Extracción Cantidades desde Revit Autodesk
- Presupuesto de obra
- Programación Obra en Navisworks vinculado a Microsoft Project
- Simulación constructiva Navisworks

Es importante resaltar la iniciativa de la empresa INVERSIONES LA VILLA REAL S.A.S al dar la oportunidad de adquirir experiencia en esta nueva metodología de trabajo para la construcción pensando en las generaciones futuras ya que el estudiante pudo desempeñar de manera práctica los conocimientos adquiridos durante su formación académica como ingeniero civil y así mismo enriquecerlos, con el fin, de sumar experiencia al comenzar con su vida profesional.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Implementar la metodología BIM para la planificación y control del proceso constructivo del Conjunto Cerrado Altos del Villa Luz Tunja (Boyacá).

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un modelo tridimensional paramétrico a partir de la información suministrada por la constructora (planos 2D) utilizando el software Revit de Autodesk para las disciplinas de arquitectura y estructura.
- Cumplir con el Plan de Ejecución BIM (BEP) elaborado para un trabajo coherente coordinado y exitoso aplicando dicha metodología.
- Generar planos de detalle arquitectónicos y estructurales para hacer entregables concretos de cada parte del proyecto anexando los planos de fases de construcción.
- Integrar cada disciplina en un modelo federado para la coordinación y optimización del proyecto mediante la simulación constructiva por medio de Navisworks para cada vivienda.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

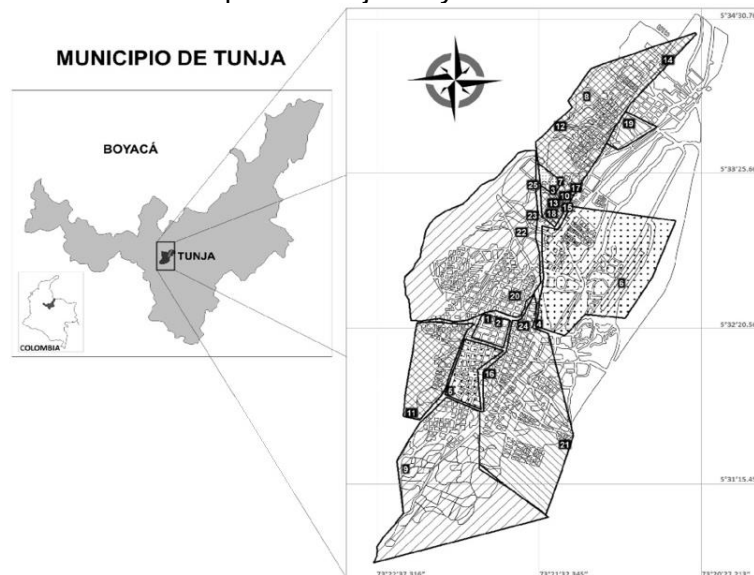
2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La localización del proyecto se ubica en el departamento de Boyacá. Boyacá se encuentra sobre la cordillera oriental de los Andes y al nororiental del país, junto a los treinta y dos departamentos demás que componen la República de Colombia; su capital es la ciudad de Tunja y está dividido política y administrativamente por 123 municipios [6], *Figura 1*.

En el noreste de la ciudad de Tunja se encuentra ubicado el proyecto Conjunto Cerrado Altos del Villa Luz, específicamente en la carrera 11 # 60-33 es un sector residencial que a sus costados lindera con los barrios Villa Luz y barrio Asís, es un área de gran urbanización pues, se encuentra localizado cerca de la avenida norte subiendo por el puente peatonal Villa Luz, *Figura 2*.

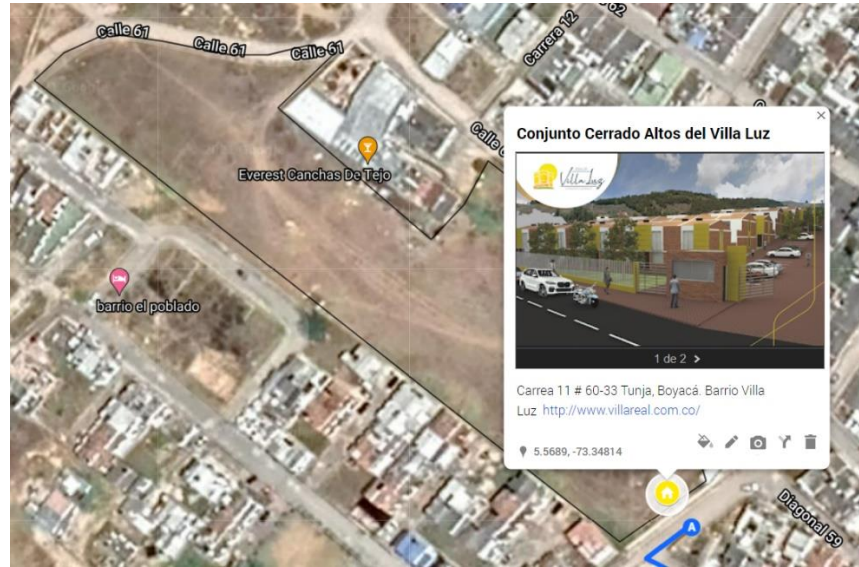
El objetivo del proyecto es la construcción de 130 casas ubicadas en un lote con un área bruta de 13,054 m² con un área neta urbanizable de 11,4647 m² conformado por viviendas bifamiliares y unifamiliares, salón social, portería, vías vehiculares y peatonales, área de parqueaderos y andenes, pero para la implementación de la metodología se modelaron solo 1,398 m² que constan de dieciocho viviendas, portería, zona vehicular y vías peatonales nombrado como primera etapa. En el modelo se incluye la implantación y movimiento de tierras del terreno.

Figura 1. Localización del municipio de Tunja- Boyacá



Fuente. Mapa isocontaminación. Adaptado de Salcedo y otros [7].

Figura 2. Terreno Altos del Villa Luz



Fuente: Google My Maps.

2.2. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

De acuerdo con el convenio de la Universidad Santo Tomás y la empresa Inversiones la Villa Real S.A.S para realizar las actividades laborales de pasante en ese proyecto, primero se analizaron las convenciones y especificaciones dadas en el plano de urbanismo y topografía entregados en CAD para conocer las dimensiones del proyecto. Con ello se detalló y plasmo el área de la primera etapa del modelamiento con BIM, especificado en el anexo A.

A continuación, *Figura 3*, se muestra la distribución del proyecto y se resalta la denominada primera etapa para el modelado en BIM del Conjunto Cerrado Altos Del Villa Luz.

Figura 3. Primera Etapa



Fuente: Inversiones la villa real S.A.S [8].

2.3. HERRAMIENTAS DE TRABAJO

2.3.1. AUTODESK REVIT 2021

Revit es un software que ofrece un ambiente de modelado 3D realizando un simulacro de construcción centralizando en modelos totalmente parametrizados ofreciendo agilidad, precisión y organización, lo que no consigue un software CAD; en un panorama general logra desarrollar varias actividades aumentando las ventajas a la hora de construir, enfocándose en la extracción de cuantitativos creando las tablas de cantidades, estimación de costos, coordinación de diferentes disciplinas, visualización 3D, renderización, documentación y dynamo. Un software completo para la industria de la construcción permitiendo tener seguimiento del ciclo de vida del proyecto [9]. De igual manera, se enfoca en el desarrollo de varias disciplinas como proyectos arquitectónicos, estructurales y de sistemas (eléctrico y hidráulico) logrando que todos los agentes tengan acceso al proyecto completo. Su documentación es creada de forma rápida y eficiente con cortes, vistas y detalles todo a partir del modelo 3D [10].

2.3.2. AUTODESK NAVISWORK MANAGE

Es una herramienta de trabajo de Autodesk que ayuda a revisar de manera íntegra el modelo junto a los datos que lo compone, permitiendo realizar una simulación, coordinación y análisis para evaluar la viabilidad constructiva del diseño del proyecto. También llega a integrar los diseños multidisciplinarios para conformar un modelo integrado constituido de la planificación 4D, cuantificación, coste, animación, detección de interferencias y visualización con el fin de simular las construcciones y desarrollar excelentes diseños. Con el fin de evitar posibles problemas antes de que comience la construcción. Tiene la funcionalidad de resaltar las secciones en un golpe de vista, detectar las colisiones, la lectura de archivos IFC compatibles con Revit, lector de archivos DGN, coordinación BIM con otros softwares, lograra medir líneas, áreas, conteos desde una vista 2D o 3D exportar datos a Excel, lograra un Navisworks en +BIM 360 [11].

2.3.3. MICROSOFT PROJECT

Es un software que tiene como función la planificación y control del desarrollo de un proyecto. Presenta funcionalidades que favorecen la productividad del equipo, economiza tiempo y permite al gestor o usuario a cargo tener siempre a la vista la organización y el cumplimiento de las tareas. Evitando retrasos y se asegura que el proyecto se mantenga dentro de las condiciones de presupuesto previstas. Microsoft Project posee características que centralizan y agilizan los procesos como la planificación del proyecto desde el inicio con una ruta establecida de etapas claramente establecidas, informes en tiempo real que permiten compartir informes que incluyen la evolución del proyecto y la situación financiera [12].

3. DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES DESARROLLADAS

A lo largo de la pasantía, se llevaron a cabo una serie de actividades para el cumplimiento de las funciones pactadas por la empresa y el comité de grado de la facultad ingeniería civil. En la primera semana, la empresa capacito a la estudiante por medio de un curso sencillo guiado de una academia en un sitio web, con el fin de recibir información, aclarar dudas y adquirir conocimientos para aplicar correctamente el manejo de la metodología y así conseguir el objetivo plasmado del proyecto. En esta academia nombrada Elementa Academy con el curso Revit estructural proporciono la fluidez para comenzar con dicho proyecto, ya que en su contenido explican ¿Qué es la metodología BIM? y el cómo aplicarla, así mismo ensañan todas las funciones de Revit Autodesk. Ver anexo B

3.1. ANÁLISIS DE PLANOS 2D Y ESTUDIO DEL PROYECTO

Con los conocimientos adquiridos en Revit (Autodesk) y BIM, se procede a comenzar con el modelamiento y la implementación, por ende, por medio del correo electrónico se hizo la entrega por parte de la empresa los archivos de planos en CAD (.dwg) para el acogimiento del proyecto de acuerdo a planos arquitectónicos, estructurales y de urbanismo. Esto se debe a que es necesario conocer la estructura de cada vivienda para el modelado en 3D ya que el proyecto no es un proyecto diseñado desde cero, sino que ya están estipulados sus diseños por el arquitecto he ingeniero contratado, para ello, la tarea principal del pasante es el análisis de los planos entregados, en donde se observaron características como:

Viviendas unifamiliares y bifamiliares con servicios de dos pisos, diseñadas en mampostería reforzada, distribuidas de la siguiente manera:

3.1.1. VIVIENDA UNIFAMILIAR

- Primer piso: Sala, comedor, baño social, cocina, una habitación, patio y escalera.
- Segundo piso: Dos habitaciones, estudio, baño compartido.
- Cubierta con plata tanque.

Dimensiones 4.0x10.0 m², con un área total de lote 40.00m² las dimensiones se especifican detalladamente en el anexo A al final del documento.

3.1.2. VIVIENDA BIFAMILIAR

Diseñada con la misma distribución de la casa unifamiliar, pero diseñada para construirse en un lote mayor. Sus dimensiones son de 7.8 x10.0 m, con un área total de lote 78.00 m² las dimensiones se especifican detalladamente en el anexo A al final del documento.

Las dos viviendas familiares tienen la distribución correspondiente de acero en los planos estructurales con despieces organizados tanto para vigas como esclareas, placas, acero refuerzo horizontal para muros en mampostería reforzada, acero de cubierta, etc., lo necesario para modelar en 3D. Cabe resaltar que a medida que se modele se encuentran ciertos errores en planos para corrección, esta también es una finalidad de aplicar REVIT al proyecto.

Para comenzar a modelar en Revit es necesario establecer un orden de dibujo para su modelación paramétrica, lo cual implica que:

1. La modelación estructural diseñada en mampostería reforzada, va desde la cimentación, vigas, muros, placa contrapiso, escaleras, vigas segundo piso, muros segundo piso, placa entrepiso, viga de cubierta, placa tanque, columnetas, muros, acero de cubierta.
2. La modelación arquitectónica va desde muros divisorios, ventadas, fachada y puertas.

Esta organización es de suma importancia en el ámbito de modelación ya que al iniciar es necesario ubicar los niveles de la planta estructural y créalos en Revit esto con el fin de definir las diferentes alturas que tienen cada vivienda, por lo que será más fácil la distribución de cada piso, también es importante plasmar los ejes del proyecto porque será la manera en que Revit tenga un plano de referencia para alinear cada elemento que se modela; recalcando que siendo Revit un programa bastante pesado se debe crear las disciplinas que se van a manejar en este caso solo serán arquitectónicas y estructurales.

3.2. ALCANCES BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

Una de los objetivos para la aplicación de la metodología BIM en el proyecto Urbanización del Conjunto Cerrado Altos Del Villa Luz es conocer los alcances que la metodología se propone, con el fin de lograr una correcta implementación y conseguir un proyecto exitoso, de acuerdo a los alcances que expone dicha metodología se definen como una serie de dimensiones con un orden específico, *Figura 4.*

La serie de dimensiones BIM evidencia las partes del ciclo de vida de un proyecto desde la fase de la idea hasta la fase de derribo o mantenimiento de la construcción, por ende, para el desarrollo del proyecto Altos del Villa Luz se establecieron las dimensiones según lo solicitado por el representante de la empresa a cargo; el proyecto comienza desde la dimensión 3D hasta la 5D, pero para hacer más explicativo la implementación del BIM se elaboró el plan de ejecución BIM bajo sus siglas BEP como primera tarea del pasante bajo la supervisión del representante.

Figura 4. Dimensiones BIM



Fuente: Elaboracion propia, Adaptado de Structuralia [13].

3.3. PLAN DE EJECUCIÓN BIM (BEP)

El plan de ejecución BIM bajo sus siglas (BEP o PEB) es una herramienta para la aplicación de la metodología, con el fin de que el trabajo entre sus participantes sea más efectivo, ya que desde el inicio se plantea una serie de condiciones BIM para gestionar una eficiencia a lo largo del proyecto, en este documento se incluyen con una serie de objetivos, asignación de roles, información de datos, características del modelo y los entregables que se realizarán, todo basado desde una organización.

Pero este documento cuya finalidad es promover una estructura de trabajo y estrategias que tienen como fin gestionar el proyecto de forma eficiente fue establecido desde la norma ISO 1965 que es la norma internacional de gestión para el ciclo de vida de un proyecto utilizado Bulding Information Modeling [14].

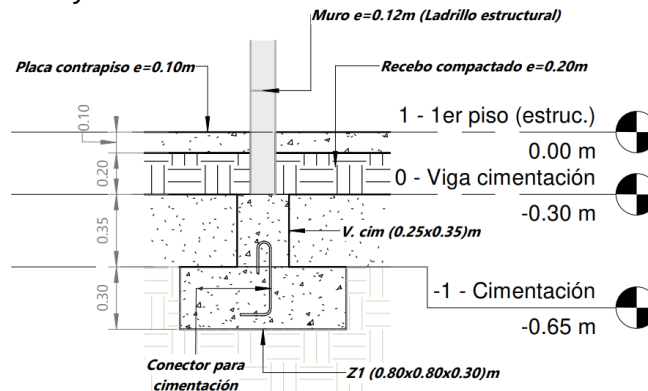
Para el Conjunto Cerrado Altos del Villa Luz se establecieron ciertos parámetros en el (BEP), como los objetivos y usos BIM del proyecto, que estos están relacionados con coordinación, detección de colisiones, elaboración de cantidades, programación

y control de obra, simulación de proceso constructivos y la gestión de interferencias. Así mismo, se resalta el nivel de desarrollo (LOD) de cada elemento perteneciente al proyecto, esto se debe a la madurez en la que puede llegar el elemento definido desde el nivel 100 hasta nivel 400 en su detalle. Ver Anexo C.

3.4. MODELAMIENTO ESTRUCTURAL VIVIENDA BIFAMILIAR

Con los planos de referencia (dwg.) se comenzó con la modelación estructural con mampostería reforzada de la vivienda bifamiliar por su tamaño, cabe resaltar que es el mismo procedimiento para unifamiliar. Dicho esto, se inicia modelando los elementos de cimentación que constan de una zapata aislada diseñadas en material en concreto ciclópeo, así mismo, por ser una vivienda diseñada para construirse en mampostería reforzada se modela el acero para las vigas y ahí mismo el acero vertical para muro estructural. Los niveles se evidencian en la *Figura 5*.

Figura 5. Niveles del Proyecto



Fuente: Elaboración propia en Revit. Anexo E (03)

Los pasos presentados a continuación están extraídos del modelo (rvt.) anexo D y de igual manera de la documentación en anexo E (03) al final del documento.

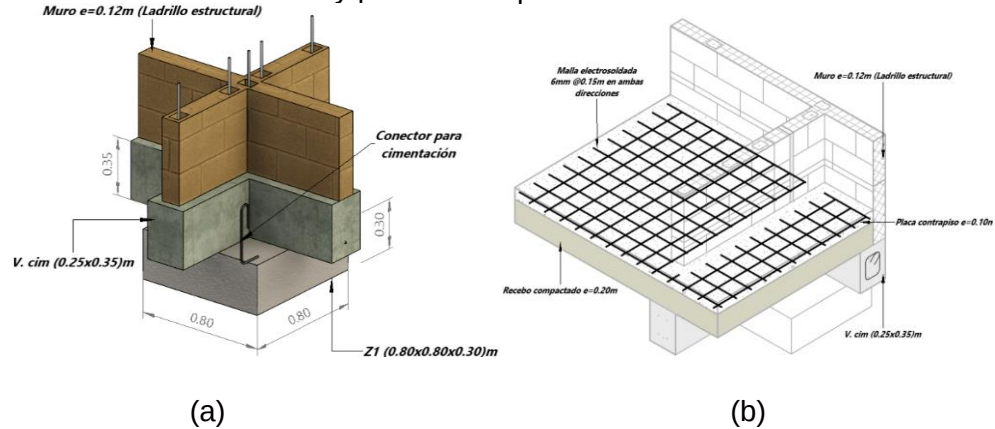
3.4.1. CIMENTACIÓN

Las zapatas están diseñadas con un solo gancho de acero esto está estipulado según el ingeniero estructural encargado, así mismo, las vigas de cimentación tienen sus respectivos ganchos y estribos con despiece. El acero de refuerzo de cimentación está enlazado al acero de los muros en mampostería reforzada ya que se encuentran desde el nivel -0.30m y estos fueron modelados en secuencia, *Figura 6(a)*.

Siguiendo con el modelado de la estructura de la vivienda continuamos con los muros de mampostería reforzada que llegan hasta el nivel cero rellenos de concreto en algunos huecos del ladrillo, por consiguiente, el modelado del suelo de recebo

compactado junto con el acero de placa contrapiso y el relleno en hormigón de placa contrapiso, *Figura 6 (b)*

Figura 6. Vista 3D Cimentación y placa contrapiso



Fuente: Elaboración propia en Revit. Anexo E (03)

Podemos observar que en las vistas 3D se representa una visualización paramétrica enfocada en un dibujo realista de lo diseñado en los planos CAD 2D.

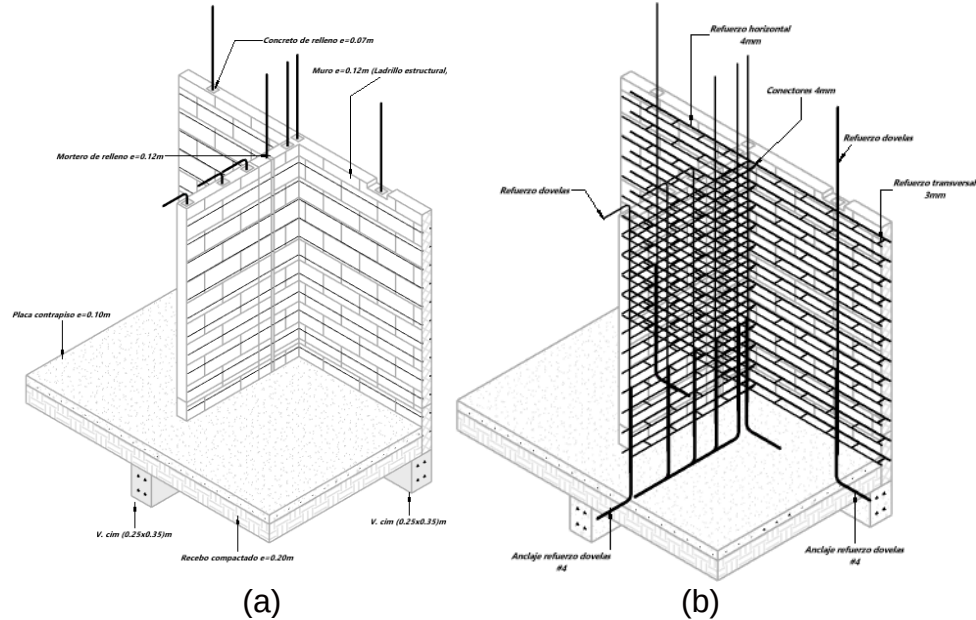
Nota: Se evidencian unas vistas 3D en cada segmento explicativo de cada modelación, con el fin de apreciar mejor las herramientas que ofrece el software Revit. Estas vistas son diseñadas para la Documentación 2D un ítem importante en la implementación del BIM.

3.4.2. MUROS EN MAMPOSTERÍA REFORZADA

Los muros están diseñados en mampostería reforzada lo cual según el esquema de alzado de la estructura CAD presentan un refuerzo vertical hasta el nivel +4.90m (cubierta) y así mismo se evidencia un refuerzo típico horizontal entre pisos denominado grafil ubicados de principio a fin del muro colocados cada dos pegas y en cada unión de estos se encuentran un conector alterno de la misma manera puestos cada dos pegas, *Figura 7(b)*. Dicho lo anterior, se evidencia el modelado en Revit de los muros con su refuerzo respectivo desde el nivel +0.00, piso 1, hasta le nivel +2.45m, piso 2, como se muestra en *Figura 7(a)*.

Es importante nombrar que para la modelación de estos muros es necesario crear una familia en Revit ya que estos muros son de ladrillo estructural con una dimensión de 30x12x09 cm, estos bloques son de perforación para ubicar el refuerzo de acero horizontal y rellenarlo de mortero, denominado como dovelas; esto se ha modelado en Revit con el fin de saber específicamente la cantidad de mortero y concreto que se requiere, y así mismo el acero de refuerzo.

Figura 7. Vista 3D refuerzo vertical para muros



Fuente: Elaboración propia en Revit. Anexo E (03)

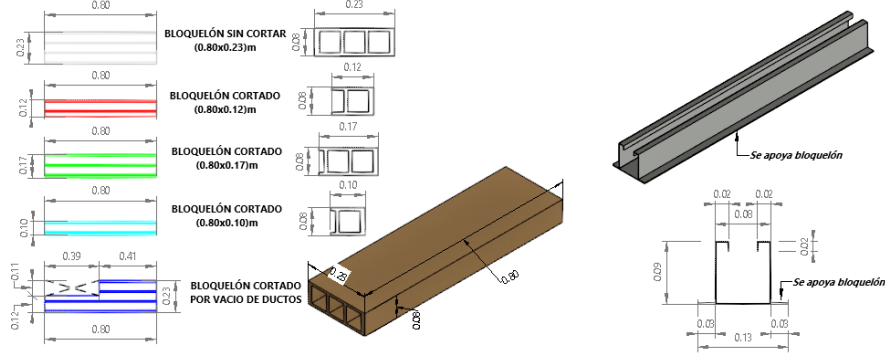
3.4.3. PLACA DE ENTREPISO

Teniendo los muros del primer piso modelados, posteriormente continuamos con el modelado del acero de las vigas de entrepiso. Se modelaron 8 vigas cada viga presenta diferentes tipos de flejes, pero estos están presentados de forma explícita en la documentación 2D (Anexo E). De igual manera se presenta en *Figura 8*, la formatea modelada y el acero de las vigas de entrepiso.

La placa de entrepiso tiene ciertas características que para su modelado se debieron crear familias específicas para ello. Por es una placa fácil se creó la familia del bloquelón con sus dimensiones específicas esto debido a que Revit no posee dicho elemento como predeterminado, de misma manera fue necesario crear un tipo de familia para el perfil de entrepiso de lámina abierta con dimensiones específicas, ver anexo E.

La placa de entrepiso presenta ciertos cortes en los bloquelones según el modelado, lo cual se aprecian diferentes tipos de la familia del bloquelón para cada corte que presente en obra, esto con el fin de saber con exactitud la cantidad de cada bloquelón y así poder manejar el desperdicio de material a la hora de construir, *Figura 9*.

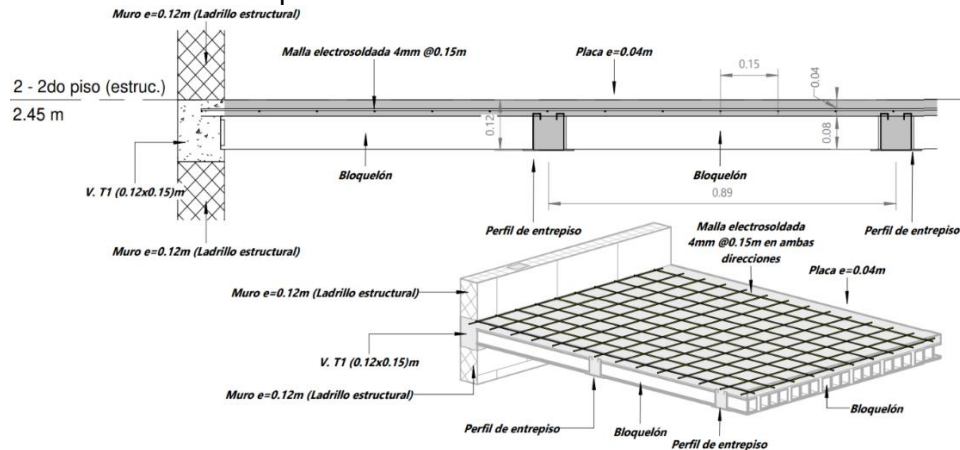
Figura 8. Detalle Bloquelón, Detalle perfil



Fuente: Elaboración propia en Revit. Anexo E (03)

Se colocaron los perfiles a la distancia establecida según los planos CAD, y así mismo se ubicaron los bloquelones como se muestra en la *Figura 8*. Por consiguiente, se modelo la malla electrosoldada para la placa de entepiso y así mismo sobre ella el relleno de concreto; se muestra el detalle de la placa con una vista 3D y el corte de la misma en 2D. *Figura 9*,

Figura 9. Detalle Placa entepiso.

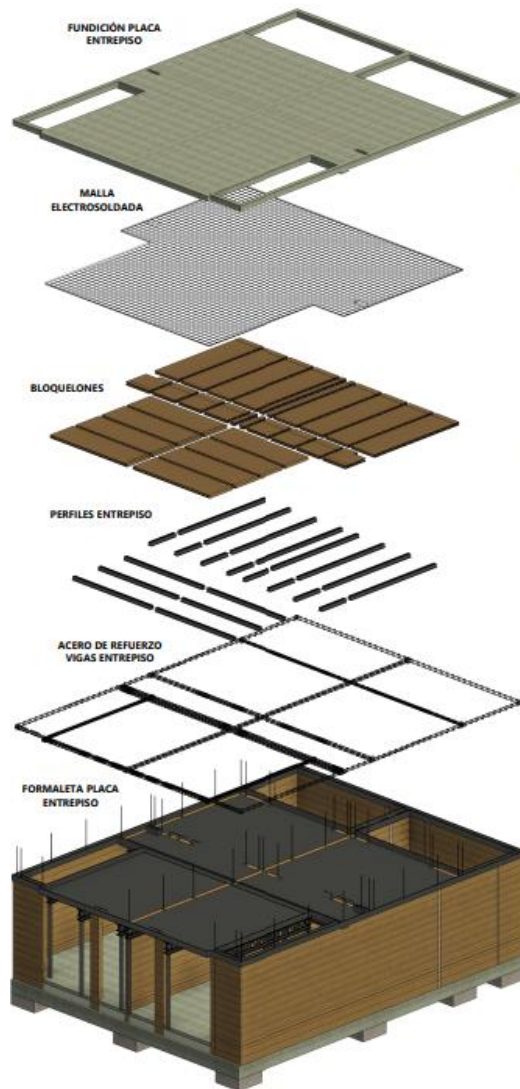


Fuente: Elaboración propia en Revit. Anexo E (03).

En la siguiente *Figura 10*, podemos observar una vista explotada de la construcción total de la placa de entepiso, esto es una herramienta de Revit nos brinda para entender mejor la estructura de la construcción de la placa.

Nota: Los diseños de la placa y de toda la edificación están especificados en la documentación 2D, un objetivo clave para la implantación BIM anexado al final del documento en anexo E.

Figura 10. Vista explotada placa de entrepiso.

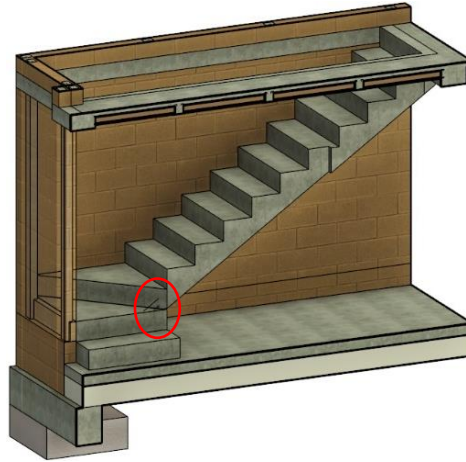


Fuente: Elaboración propia en Revit. Anexo E (03)

3.4.4. ESCALERA

Con la placa fundida en concreto, se realizó el modelado de acero de refuerzo para la escalera y fundición de la misma, así mismo se presenta el detalle respectivo, anexo E, diseñado y modelado según los planos CAD bajo supervisión de ingeniero estructural encargado. En el modelamiento se presentaron incongruencias a la hora de fundir los escalones 03 y 04 evidenciando que el acero queda por fuera, esto es importante resaltar ya que se señala el comportamiento del elemento antes de construirlo, *Figura 11*. A continuación:

Figura 11. Vista 3D fundición de la escalera.

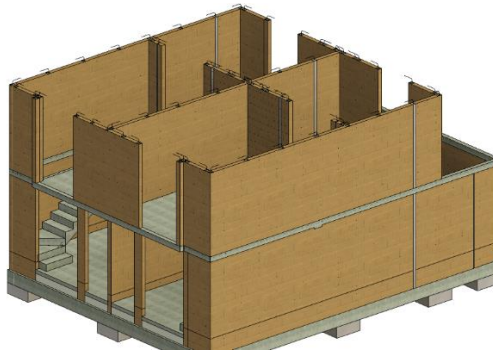


Fuente: Elaboracion propia en Revit. Anexo E (03)

3.4.5. MUROS SEGUNDO PISO

Con la misma dinámica que se explicó anteriormente en el ítem (3.4.2), se modelan los muros de segundo piso hasta el nivel +4.90 con su respectivo acero y así mismo con el relleno de concreto para las dovelas, *Figura 12*.

Figura 12. Muros Segundo Piso.



Fuente: Elaboración propia en Revit. Anexo E (03)

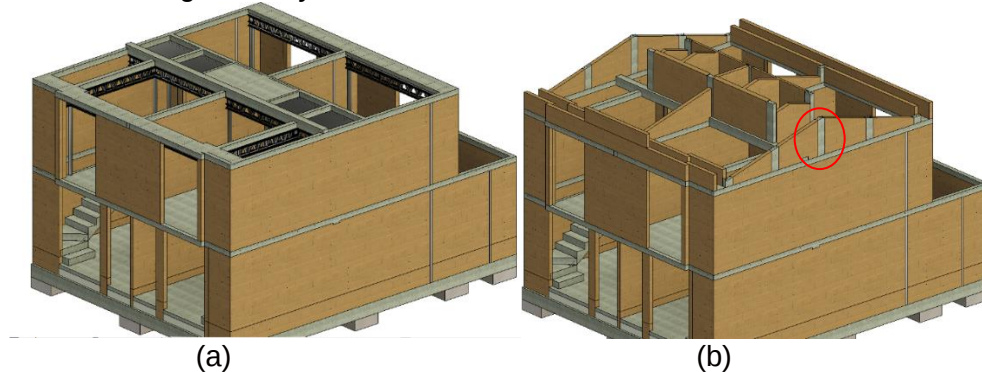
Es importante nombrara que en el modelado de los muros se presenta ciertas características como medio ladrillos, en ciertas partes mortero, y en otras solo está el muro completo sin ninguna franja de refuerzo de mortero, esto se evidencia en el anexo D y anexo E al final del documento con más relevancia.

3.4.6. CUBIERTA

En el proceso constructivo de la cubierta tuvo ciertas fases, se modelo desde los aceros de refuerzo de las vigas (8 en total) y las vigas canales con una placa maciza para tanques para estos elementos se hizo el diseño detallado evidenciando específicamente la forma para su construcción, *Figura 13 (a)*, por consiguiente se

levantaron muros en mampostería confinada con una inclinación especificada del 27% con las columnetas y acero respectivo, *Figura 13 (b)* sobre ellos se modelaron las cintas de remate con su respectivo acero de refuerzo, ver anexo E (03).

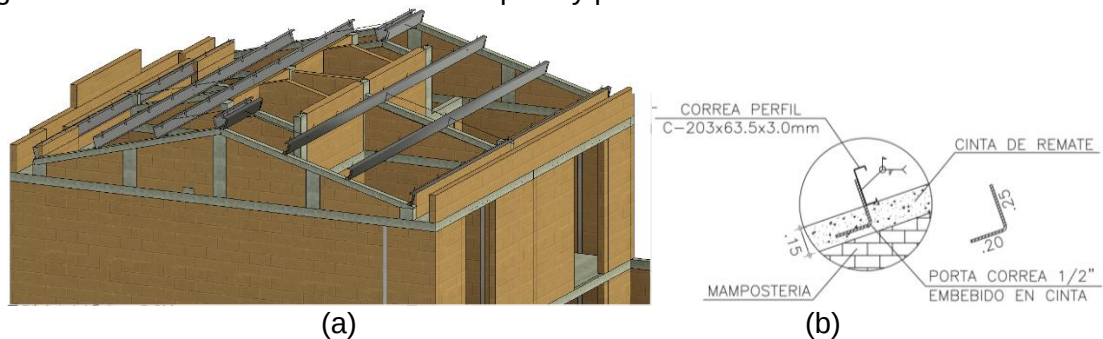
Figura 13. Detalle viga canal y acero de refuerzo.



Fuente: Elaboración Propia en Revit. Anexo E (03)

Simultáneamente en el diseño de la estructura para la cubierta presenta un tipo de correas distribuidas de la siguiente manera *Figura 14 (a)*, estas están apoyadas y sobre la cinta de remate y asimismo hay un sistema de anclaje denominados porta correas que sostiene las correas de perfil *Figura 14 (b)*, todo este modelado para su contabilidad y desperdicio de material.

Figura 14. Vista 3D distribución correas perfil y portacorrea sobre cinta de remate



Fuente: Elaboración propia en Revit.

Así mismo se presenta un anclaje de la teja se presta un tornillo de fijación amarrado correas y amarrando de esta manera la teja de Eternit, *Figura 15*.

Nota: Se presenta un archivo en (.rvt) como anexo del modelado estructural de cada vivienda, cabe resaltar que solo se explicó el modelamiento de la vivienda bifamiliar ya que es el mismo procedimiento para la unifamiliar, revisar anexo e y anexo f.

Figura 15. Vista 3D colocación de Teja.



Fuente: Elaboración propia en Revit. Anexo E.

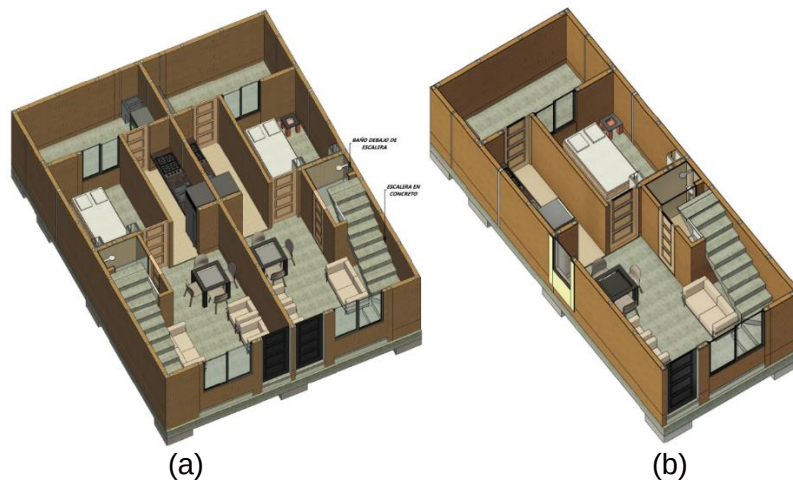
3.5. MODELO ARQUITETCONICO VIVIENDA BIFAMILIAR Y UNIFAMILIAR

Teniendo en cuenta que el proyecto Conjunto Cerrado Altos De La Villa Luz tiene el mismo diseño y distribución arquitectónica para las dos viviendas, en esta sección se explicara la distribución y diseño de las mismas, revisar anexo E.

3.5.1. PRIMER PISO ARQUITECTÓNICO

Los muros arquitectónicos internos están modelados en mampostería confinada y distribuidos de la siguiente manera, *Figura 16 (a)-(b)*.

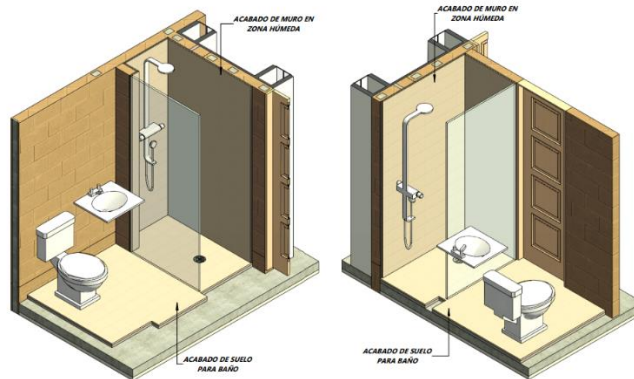
Figura 16. Distribución arquitectónica Vivienda Bifamiliar y Unifamiliar



Fuente: Elaboración propia en Revit. Anexo E (03)

En el diseño arquitectónico interno se presentan ciertos acabados como en el baño y suelo cocina; no se modelan más acabados según lo estipulado con el ingeniero encargado ya que la obra está presupuestada para entregaste en obra gris. Son enchapado de zona húmeda y suelo modelado con mortero y cerámica, *Figura 17*.

Figura 17. Acabados para baño



Fuente: Elaboración propia en Revit. Anexo B (03)

Es importante resaltar cada acabo imprevisto que se presenta al modelar. Se diseño adicionalmente un acabado en la parte de la escalera para cerra el baño, esta tapa superboard no estaba prevista en los planos CAD y así mismo cabe resaltar que se tuvo que hacer una modificación a la escalera ampliándola para el muro de superboard. Los acabados para cocina solo se aprecia el enchapado de suelo este está en mortero y una capa de cerámica, diseñado como se especuló con el ingeniero a cargo.

3.5.2. SEGUNDO PISO ARQUITECTÓNICO

En el planta de segundo piso la distribución se presenta de la siguiente manera, los acabos son los mismo del primer piso a excepción que este no presenta ningún enchape de suelo.

Figura 18. Distribución arquitectónica segundo piso bifamiliar y unifamiliar



Fuente: Elaboración propia en Revit. Anexo E (03) – Anexo F (03)

3.5.3. FACHADA VIVIENDA BIFAMILIAR Y UNIFAMILIAR

- Vivienda Bifamiliar

En la fachada principal mostrada a continuación de la vivienda bifamiliar, evidenciamos que tiene acabados en la parte de las columnas cubiertas de vinilo blanco, y su muro central de vinilo amarillo sobresaliendo en la parte de arriba, junto con unos pasamanos metálicos.

- Vivienda Unifamiliar

En la fachada principal de la vivienda unifamiliar por ser una casa esquinera presenta características similares a la de la fachada bifamiliar pero diseñada hacia un costado, *Figura 19*. Revisar para más detalle anexo F.

Figura 19. Fachada principal vivienda unifamiliar.



Fuente: Elaboración propia en Revit. Anexo F (03)

Es importante resaltar que todo lo planteado y explicado en esta sección se realizó exactamente lo mismo para la vivienda unifamiliar, estos anexos se encuentran en los anexos E y anexos F.

3.6. TABLAS DE CUANTIFICACIÓN REVIT

Una de los objetivos del BIM es llegar a una dimensión 4D optimizando el flujo de trabajo, ya que con la llegada del BIM han quedado atrás los ineficientes procesos de cuantificación, presupuesto y planificación de obra realizados manualmente, en función y/o documentos técnicos que tanto tiempo y trabajo consumen [15]. Estas herramientas permiten planificar y simular el proceso constructivo de manera

congruente, evaluar múltiples escenarios de ejecución y llevar el control de avance efectivo que incluye la gestión del tiempo junto los recueros financieros, es por ello que a partir de los modelos paramétricos creados y explicados anteriormente, se generaron la extracción de cantidades de la obra a partir de la fase de construcción, esto con el fin de tener mayor eficiencia en la creación de las tablas.

3.6.1. VIVIENDA UNIFAMILIAR

La extracción de las tablas de cantidades se generó a partir de unos ítems para cada fase de construcción especificado en la documentación BIM anexado al final del documento, ciertas tablas están generalizadas y totalizadas para mayor eficiencia en su lectura, *Tabla 1*, esto debido a que Revit Autodesk puede realizar un análisis general de la estructura manejando volúmenes totales y/o análisis detallados generando datos individualmente. Dicho esto, las tablas de cuantificación estas organizadas y extraídas ordenadamente, revisar anexo E (02) y anexo F (02) en cantidades de obra para cada vivienda, estas tablas están generalizadas y totalizada para los aceros concreto y materiales de todo el proyecto.

Tabla 1. Cuantificación y planificación

<00A-CONCRETO 21 MPA TOTAL>				
A	B	C	D	E
Familia	Tipo	Material: Nombre	Material: Volumen	Categoría
Suelo	Placa viga canal e=0.10m	Concreto 21 Mpa	0.31 m³	Suelos
Suelo	Placa maciza e=0.10m	Concreto 21 Mpa	0.14 m³	Suelos
Suelo	Placa e=0.04m	Concreto 21 Mpa	0.91 m³	Suelos
Suelo	Placa contrapiso e=0.10m	Concreto 21 Mpa	3.61 m³	Suelos
Suelos: 5			4.97 m³	
Concrete-Rectangular-Column	columneta (0.12x0.25)m	Concreto 21 Mpa	0.23 m³	Pilares estructurales
Pilares estructurales: 12			0.23 m³	
Muro básico	Concreto de relleno e=0.07m	Concreto 21 Mpa	1.13 m³	Muros
Muros: 69			1.13 m³	
Relleno esca. A1	Relleno esca. A	Concreto 21 Mpa	0.05 m³	Escaleras
Relleno esca. A	Relleno esca. A	Concreto 21 Mpa	0.02 m³	Escaleras
Escalera moldeada in situ	Escalera T1	Concreto 21 Mpa	0.86 m³	Escaleras
Escaleras: 3			0.93 m³	
M_Concrete-Rectangular Beam	V. T5 (0.24x0.15)m 2	Concreto 21 Mpa	0.10 m³	Armazón estructural
M_Concrete-Rectangular Beam	V. T5 (0.20x0.25)m	Concreto 21 Mpa	0.19 m³	Armazón estructural
M_Concrete-Rectangular Beam	V. T4 (0.25x0.20)m	Concreto 21 Mpa	0.19 m³	Armazón estructural
M_Concrete-Rectangular Beam	V. T3 (0.20x0.15)m 2	Concreto 21 Mpa	0.39 m³	Armazón estructural
M_Concrete-Rectangular Beam	V. T2 (0.15x0.15)m	Concreto 21 Mpa	0.26 m³	Armazón estructural
M_Concrete-Rectangular Beam	V. T1 (0.12x0.15)m	Concreto 21 Mpa	0.75 m³	Armazón estructural
M_Concrete-Rectangular Beam	V. escalera (0.12x0.1885)m	Concreto 21 Mpa	0.01 m³	Armazón estructural
M_Concrete-Rectangular Beam	V. cim. (0.25x0.35)m	Concreto 21 Mpa	2.96 m³	Armazón estructural
M_Concrete-Rectangular Beam1	Cinta de remate (0.12x0.10)m	Concreto 21 Mpa	0.19 m³	Armazón estructural
Relleno Perfil Entrepiso	130x90x1.5 mm	Concreto 21 Mpa	0.14 m³	Armazón estructural
Armazón estructural: 42			5.18 m³	
Total general: 131			12.44 m³	

Fuente: Elaboración propia en Revit. Anexo E (02)

3.6.2. TABLA DE CUANTIFICACIÓN VIVIENDA BIFAMILIAR

En la extracción de las cantidades de la vivienda bifamiliar se realizó el mismo procedimiento que la unifamiliar extrayendo las tablas generalizadas y totalizadas de cada fase de construcción, revisar el anexo F punto 02-03.

3.7. URBANISMO DEL PROYECTO

Inicialmente fue importante analizar el plano de urbanismo y topografía en CAD, ya que la topografía es de suma importancia al hacer la exportación a Revit en el punto de intersección para la implantación de cada vivienda. Logrando una revisión y ajuste respectivo a los planos CAD, se consiguió importar de manera precisa con los puntos de referencia que se requieren para la implantación, logrando el objetivo; dicho esto, cabe resaltar que desde el principio se definieron la creación de dieciocho viviendas sobre el terreno importado en Revit con un área de modelado de 1612.78 m².

Con la topografía integrada en Revit se importaron los archivos de .rvt en un nuevo documento como una vinculación de cada vivienda, al vincular estos archivos como uno solo se procedió a trabajar sobre la superficie topografía ya referenciada con el fin de obtener las fases de topografía y plasmar la implantación, *Figura 21*. Es importante recalcar que en el trabajo realizado se presentaron anomalías en el modelado, dado esto se generaron soluciones para la nivelación del terreno en la modelación ya que los planos CAD de topografía y urbanismo entregados no tenía los niveles de corte y relleno de cada elemento (vías, parqueadero) y la topografía presenta una gran pendiente, por consiguiente, en la solución se generaron las placas de construcción con una base para los andenes de un material compactado según el estudio de suelos y sobre él se modeló el suelos del andén.

Pasa que en la sección de los andenes están por debajo del nivel porque pese a la estructura del concreto de los andenes podría estar alrededor de entre 15 o 20 Mpas y esto se hace con el fin de no realizar demasiada excavación y que las zonas verdes no presentan tanto relleno. En la sección de la vía y los parqueaderos al avanzar a la parte superior del terreno la pendiente aumenta, entonces, sucede que al ir modelando las placas se generan ciertos taludes de gran altitud, para esto el ingeniero debe tomar la decisión para dar solución al problema. Lo cual, se plasmó la solución de generar un relleno sin la necesidad de excavar para los parqueaderos y la vía vehicular con el fin de no crear el muro de contención al lado izquierdo de la superficie, y evitar excavar lo menos posible. En las tablas de cuantificación gracias a la herramienta de Revit es muy útil conocer el volumen de los cortes y los rellenos que se generan, para hacer más eficiente el trabajo en obra. Revisar Anexo G.

Finalmente, como se muestra en la *Figura 21*, se modeló las vías, andenes, parqueaderos y así mismo se realizó el movimiento de tierras para la extracción de las tablas de cuantificación.

Figura 20. Urbanismo del proyecto en Revit



Fuente: Elaboración propia en Revit. Anexo G

3.7.1. CUANTIFICACIÓN MOVIMIENTO DE TIERRAS URBANISMO

Al tener la implantación de las viviendas, vías vehiculares, parqueaderos, andenes y también la portería se consiguió realizar las tablas de cuantificación de cada área de superficie con los cortes y rellenos generados en movimiento de tierra, con el fin de realizar el presupuesto de obra en los preliminares, dichas tablas son presentadas con más detalle en el anexo G al final del documento.

Cabe resaltar que el diseño de las vías vehiculares y parqueadero están modeladas en pavimento rígido y asfalto flexible esto especificado en el estudio de suelo realizado respectivamente.

3.8. PRESUPUESTO DE OBRA

El fin de realizar el presupuesto de obra es tener la mayor realidad económica del gasto que producirá la construcción, por ende, con la extracción de cantidades desde Revit la estimación a priori del costo total real de la obra es más eficaz, con ello lograr evitar gasto incensario de material y obtener con exactitud cuál es lo previsto para un mayor enfoque en ahorro e inversión [16]. A continuación, se presenta el trabajo elaborado por el pasante relacionado al costo y presupuesto de obra de la vivienda bifamiliar, unifamiliar, urbanismo y portería en su totalidad; para el análisis de precios unitarios se utilizó de referencia la lista oficial de precios unitarios fijos para contratistas con tarjeta profesional de la Gobernación de Boyacá, para un total final de la obra, *Tabla 2*. Ver anexo H

Tabla 2. Costo y presupuesto de obra final

COSTO DIRECTO		\$	1,795,763,790.02
ADMINISTRACIÓN	21%	\$	377,110,395.90
IMPREVISTOS	5%	\$	89,788,189.50
UTILIDADES	4%	\$	71,830,551.60
TOTAL AIU		\$	538,729,137.01
IVA SOBRE LA UTILIDAD	19%	\$	13,647,804.80
COSTO INDIRECTO		\$	552,376,941.81
TOTAL PROYECTO		\$	2,348,140,731.83

Fuente: Elaboración propia, Excel.

3.9. CRONOGRAMA DE OBRA EN MS PROJECT

Para el modelo final es de suma importancia la integración del cronograma de obra ya que su ejecución en el Ms Project genera el tiempo y costos vitales para la gestión del proyecto. Con la planificación de las tareas agendadas en el presupuesto y las opciones de trabajo de Ms Project nos ofrece la visualización de diagramas de Gantt y la realización de la programación de la obra, estas herramientas se elaboran con el propósito de genera un vínculo y sincronización en el modelo federado en Navisworks Manage. Como pasante la teoría principal fue generar le cronograma de obra para su vinculación en la dimensión 4D y 5D de BIM [17].

Para cada modelo se generó un documento de Microsoft Project, teniendo en cuenta las fases de diseño plasmadas en el presupuesto de obra. Es importante resaltar que para la lograr una vinculación exitosa de Project a Navisworks con cada documento correspondiente es necesario manejar el mismo nombre de tareas asignadas en los comentarios de Revit. De igual manera es necesario implementar o definir la ruta crítica para el desarrollo del cronograma en cada fase constructiva del proyecto; en dicha ruta crítica todas las tareas son importantes, pero solo algunas de ellas son críticas. La ruta crítica es una cadena de tareas vinculadas que afectan directamente a la fecha de finalización del proyecto. Si una tarea de la ruta crítica está retrasada, se retrasa todo el proyecto. Para el proyecto se establecieron la ruta crítica de fin a comienzo y se enlazaron de acuerdo a su finalización, es decir, cada tarea al finalizar comienza la siguiente.

Al definir las dimensiones 4D y 5D de BIM del sistema constructivo se diseñó dicho cronograma en cada modelo, estructural, arquitectónico y urbanismo, presentados a continuación. Ver anexo I documento Excel cronograma de obra.

3.10. SIMULACIÓN CONTRACTIVA INTEGRACIÓN DE MODELOS EN NAVISWORKS

Con la planificación del cronograma de obra realizado en Microsoft Project y el orden establecido de las tareas cada una con su fecha incorporada de comienzo a fin y la duración estipulada para cada una se comienza con la ejecución del trabajo de simulación constructiva con la herramienta de Navisworks Manage para la

visualización de los modelos BIM. Navisworks es una herramienta que brinda grandes opciones de trabajo a la hora de vincular un proyecto de construcción, obteniendo propiedades de cada elemento, colisiones, planificación de obra y así mismo visualizar el modelo BIM.

En primer lugar, para crear el modelo en Navisworks se realiza el vínculo y la importación del documento .rvt de cada vivienda y del modelo de urbanismo, cada uno por separado ya que las herramientas que ofrece ese programa es vincular el documento de Microsoft Project ejecutado anteriormente, esto es posible gracias a las opciones que ofrece este software BIM, dicha opción es nombrada como la *Time liner* donde se añade la planificación, en la siguiente imagen se evidencia la interfaz de dicha herramienta. La principal tarea como pasante fue realizar al final todo el proceso de simulación dadas las especificaciones del representante de la empresa.

Con el archivo del cronograma de obra vinculado, se evidencia que la pestaña de *Time Liner* están todas las tareas de planificación estipuladas en el documento de Project. Es de suma importancia resaltar que para realizar la simulación constructiva del modelo se debe enlazar cada tarea del *Time Liner* con cada elemento modelado, esto indica y representa en el modelo qué elementos están enlazados con la tarea en cuestión [18]. Navisworks presenta una herramienta llamada Árbol de Selección, es el listado de las fases de construcción que se presenta en los planos estructurales y arquitectónicos evidenciando las familias de cada elemento con el fin de lograr enlazar las tareas de manera más rápida y fácil con el *Time Liner*, *Figura 21*.

Una de las principales características que presenta el software es especificar el tipo de tarea que se encuentra el prototipo para tener un mayor enfoque en la visualización de la simulación del modelo, *Construcción, Demoler y Temporal* para este caso a cada vivienda se le asigna la tarea de *Construcción*, con tal de definir y personalizar la representación de los elementos en la simulación.

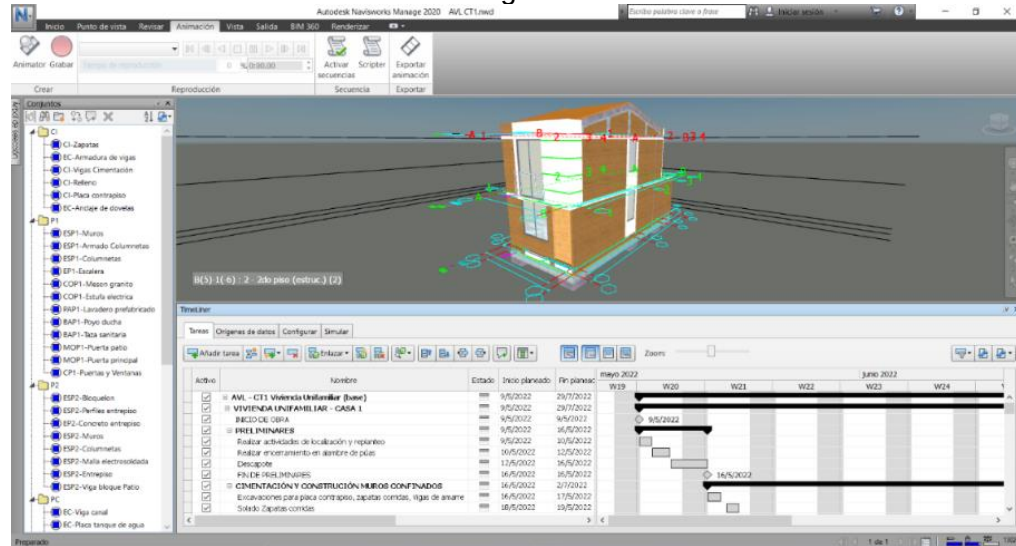
- VIVIENDA UNIFAMILIAR Y VIVIENDA UNIFAMILIAR

Con lo dicho anteriormente, creamos un archivo de Navisworks incorporando el modelo (.rvt) de la vivienda unifamiliar. Seguidamente con el archivo de Microsoft Project elaborado respectivamente se generará la vinculación de la lista de tareas, incluidas las fechas y horas de inicio y fin, a la herramienta *Time Liner* de la vivienda unifamiliar, así mismo se enlaza cada elemento modelado con cada tarea para la ejecución de la misma generando la simulación constructiva y el cronograma de obra según lo plasmado, logrando crear un modelo coordinado, *Figura 21*. Este mismo procedimiento se realiza para la vivienda unifamiliar. Ver anexo J para evidenciar lo dicho anteriormente.

- URBANISMO

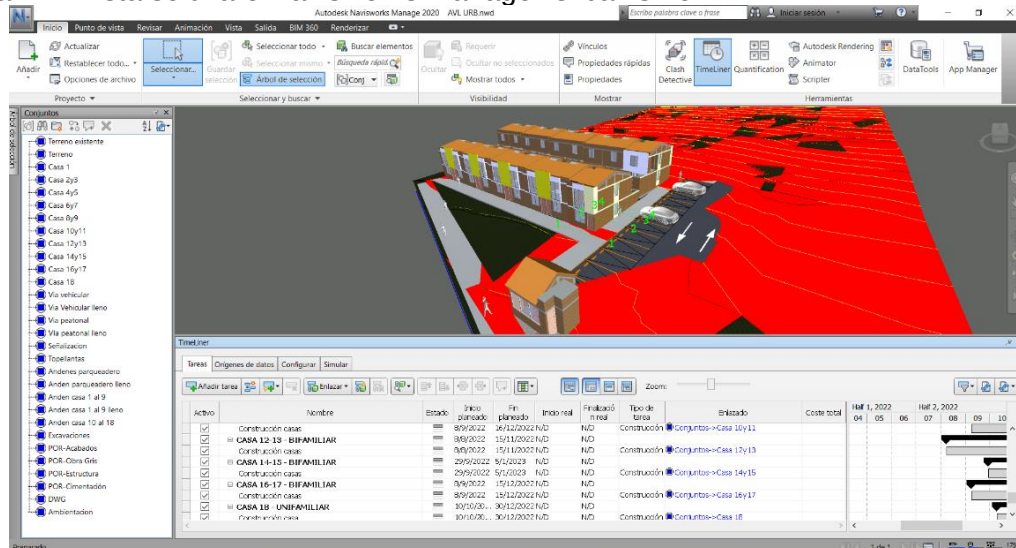
Para el modelo de urbanismo se crea un nuevo (.nwd) con el archivo de (.rvt) teniendo en cuenta el Ms Project con más tareas adicionales por ser el cronograma final, se enlazan los elementos con las tareas en la Tame Liner y en la visualización del modelo usando la opción de *Construcción* para evaluar la simulación y el cronograma de obra ejecutándose correctamente, *Figura 22*. Al integrar un archivo pesado con una topografía, presentamos una visualización de pixeles, pero no perjudicarían al modelo en la simulación. Ver anexo J

Figura 21. Vista software Navisworks Manage



Fuente: Elaboración propia de Navisworks. Anexo J

Figura 22. Vista software Navisworks Manage- Urbanismo



Fuente: Elaboración propia de Navisworks. Anexo J

Nota: En la carpeta anexo J se presenta el cortometraje de la simulación constructiva, donde se presenta la evolución de la obra y así mismo el tiempo de ejecución de las mismas, este mismo procedimiento se realizó para los modelos de urbanismo y vivienda bifamiliar.

3.11. INCONSISTENCIAS EN DISEÑOS 2D

A partir de los planos 2D generados por la empresa se crearon los modelos 3D en Revit, por lo cual es evidente que al modelar se pueden encontrar inconsistencias en los planos 2D. En la presente sección se explican los errores que se presentaron en cada especialidad contenidas en los planos CAD, es de suma importancia resaltar esto ya que a medida que se avanza en el modelado se genera un aumento en el tiempo de trabajo corrigiendo cada detalle, pero esto es un punto a favor o es una de las razones por las cuales BIM es eficiente a la hora de usar ya que utilizando el software Revit los planos de diseño son más exactos y eficaces.

A continuación, las observaciones presentadas para la corrección de errores tanto de los planos estructurales como arquitectónicos y su respectiva solución.

1. PLANOS ESTRUCTURALES

- CAD: El detalle de las zapatas el ancho es de 0.75m no concuerdan con la plata de las zapatas ya que están de un ancho de 0.80m
- REVIT: El diseño de las zapatas se estipulo en el modelo de 0.80m
- CAD: La V-105, no encaja con relleno de concreto en el eje B. En los ejes A y C, el relleno de concreto que va en los muros concuerda con la viga, pero la situación no pasa en el eje B.
- Revit: El hueco de relleno se movió hacia el siguiente hueco del ladrillo por el acero de refuerzo.
- CAD: La V-105 tiene una altura diferente a todas las demás.
- Revit: La viga se inserta en muro diseñando una caja de 5 cm por el ancho de la viga.
- CAD: Según la documentación estructural, los perfiles de entrepiso no tienen una distancia típica para introducirse en las vigas ya que varían las distancias en los planos de planta.
- CAD: Según la documentación estructural, los bloquelones deben introducirse en las vigas de concreto donde sea posible, el detalle del bloquelón realizando se evidencia una cota de 1 cm, pero como tal no se especifica.
- CAD: El detalle del estribo de la V-101 se indican las longitudes de .125 y .09 y esto hace que el gancho no ocupe el espacio de la viga quedado por fuera de la sección, y en varios flejes sucede lo mismo.

- REVIT: Se modelaron según criterio del ingeniero encargado, hasta le fleje de las vigas aproximadamente 4 cm, hasta el recubrimiento de cada viga.
- REVIT: Los bloquelones en la placa se repartieron con el ancho especificado, pero quedan espacios vacíos.
- REVIT: Se modelaron específicamente bloquelones para rellenar dichos huecos, con medidas especificadas para el corte con pulidora en los planos de la documentación 2D.
- CAD: no hay despieces de las vigas de cimentación
- REVIT: Se modelaron con varilla de 12 m, con ganchos de 90 grados y los traslapos de 70cm
- CAD: Solo hay detalles de acero longitudinal de muros que van desde la cimentación hasta la cubierta. En el caso de los muros que van desde la cimentación hasta el entrepiso, o aquellos que van desde el entrepiso hasta la cubierta, no se sabe que si se toma ese despiece solo cortando la varilla y agregando los ganchos de 0.30.
- REVIT: Se modelo una sola varilla con un gancho de 30cm
- REVIT: Se ajusto las longitudes de tal manera que ocupen correctamente la sección de la viga reduciendo su magnitud.
- REVIT: Se modelaron según criterio del ingeniero encargado, hasta le fleje de las vigas aproximadamente 4 cm.

2. PLANOS ARQUITECTÓNICOS.

- CAD: Error en pendientes e inicios de cubierta en el plano arquitectónico. Al tener las mismas pendientes y diferentes longitudes a centro de cubierta, es imposible que tengan la misma pendiente y si así fuera el caso, entonces la caída del eje 4 debería estar más arriba que la del eje 1 y esto no se aprecia en la fachada.
- CAD: Corte arquitectónico no concuerda con la fachada arquitectónica en la zona de cubierta.
- CAD: Corte arquitectónico no concuerda con la fachada arquitectónica en la zona de cubierta.
- CAD: La puerta del baño del primer piso, está interfiriendo con la viga superior, esto ocurre porque todas las vigas tienen una altura igual a 0.15m, pero esta tiene una altura igual a 0.20m. Se puede bajar la altura de la puerta 5cm, pero quedaría con una altura diferente a todas las demás.
- REVIT: Se ubicaron nuevas columnetas y vigas cinta que no se apreciaban en el diseño estructural para poder sostener la cubierta.
- CAD: No se especifica espesor de la placa de la escalera, sin embargo, con un espesor igual a 15cms concuerda perfectamente con la viga
- REVIT: Para la fachada del vinilo sobre pañete amarillo en la casa unifamiliar según el arquitectónico tiene una altura de 3m, pero al modelar no cuadra

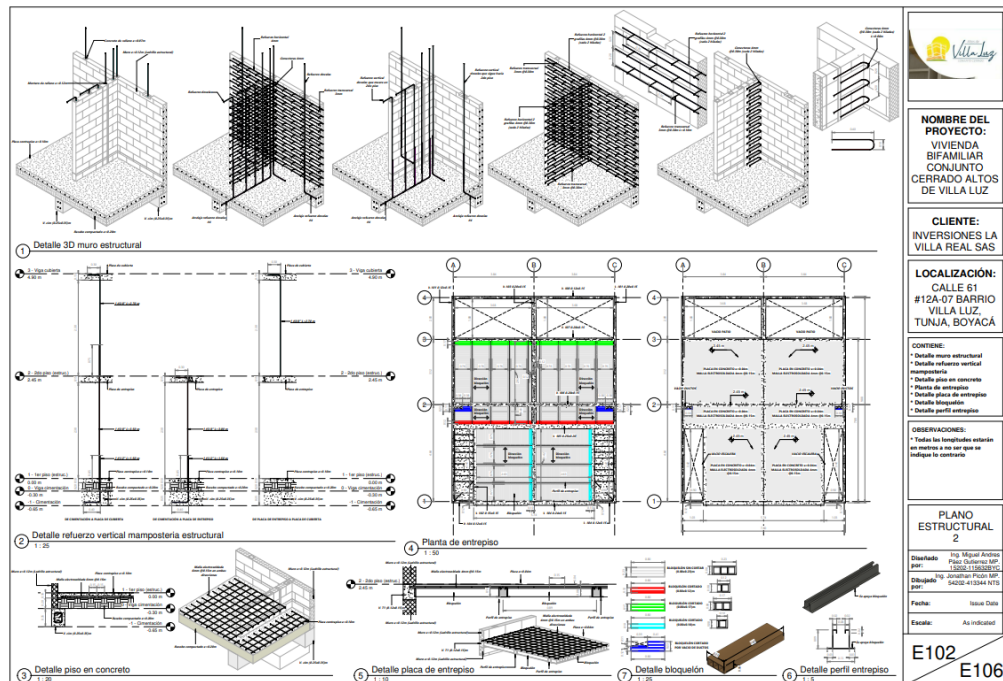
hasta llegar al muro de la viga, entonces el vinilo sobre pañete se acomodó para que quedara acorde con el muro de la viga canal

- REVIT: Se modelaron los aceros necesarios para la viga canal basados en el modelo 3D.
- CAD: La escalera pasa por el baño del primer piso, esto hace que al subir por la escalera se aprecie un vacío que da hacia el baño
- REVIT: Se modela un muro de superboard teniendo en cuenta para la cuantificación.
- CAD: En los planos arquitectónicos los muros dibujados están con un ancho de 0.12m, en obra para los muros no estructurales se utilizará un bloque con un ancho de 0.10m, esto afectará al ancho de las puertas en algunos lugares, aumentando o disminuyendo el ancho en 2cms.

3.12. DOCUMENTACIÓN BIM

En el proceso de la documentación BIM para el cumplimiento y alcance del objetivo planteado se crearon las vistas necesarias en 3D y 2D del proyecto como alzados, secciones y hasta vistas de leyenda mostrando los componentes de la edificación, también se presenta en dichos planos las tablas de cuantificación y hasta las visualización gráfica y todas las vistas del proyecto, un punto importante las fases de construcción, detalles y esquemas representativos importantes a la hora de construir, esto se desarrolló para todo el proyecto y para cada vivienda en específico, *Figura 22*. Ver anexo E y F al final del documento.

Figura 23. Documentación



Fuente: Elaboración propia en Revit. Anexo E (03)

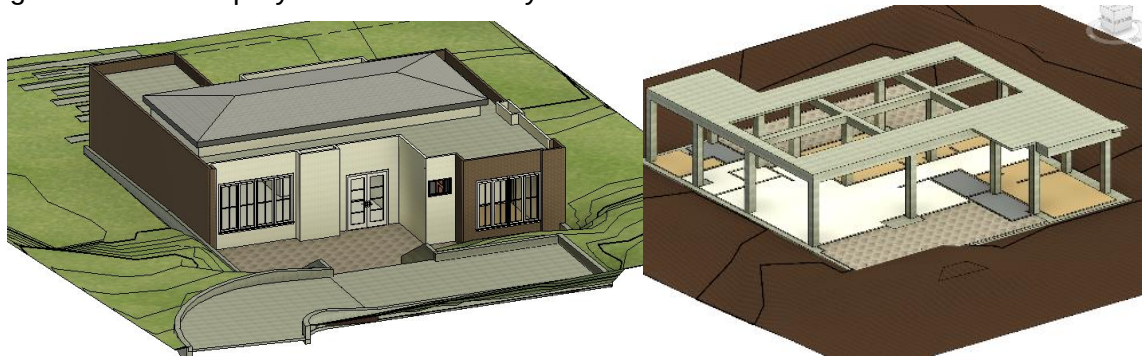
Nota: se presentan los anexos completos de cada plano estructural, arquitectónico y de urbanismo al final del documento.

3.13. SOPORTE TÉCNICO PROYECTO JENESANO

En la participación como pasante en la empresa Inversiones La Villa Real S.A.S se llevó a cabo el desarrollo de un nuevo proyecto en el municipio de Jenesano, que consta de una vivienda unifamiliar en un terreno de 150m² con un área a construir de 80 m², se realizaron los modelos arquitectónicos y el modelo estructural en Revit, pero sucesivamente se proyecta el trabajo de obra al mismo tiempo, por ende, el pasante fue el apoyo en la supervisión técnica de la ejecución de la obra.

A continuación, se presenta el modelado en Revit de la vivienda, y seguidamente el proceso constructivo que se llevó a cabo en terreno. Ver anexo K

Figura 24. Boceto proyecto Jenesano Boyacá



Fuente: Elaboración propia en Revit.

Es importante resaltar que los anexos se presentan al final del documento, una tarea importante para este proyecto fue la acomodación del cronograma de obra y el presupuesto organizado del proyecto Villa luz como guía para la obra en Jenesano.

3.13.1. PROCESO CONSTRUCTIVO VIVIENDA UNIFAMILIAR JENESANO BOYACÁ

Se realizó la supervisión al proceso constructivo en obra donde se hizo seguimiento al movimiento de tierras y nivelación del terreno, *Figura 24 (a)*, para continuar con la excavación de vigas de cimentación y zapatas, *figura 24 (b)*. La armadura de la cimentación y así mismo el empalme para el acero de las columnas, *Figura 25*.

Figura 25. Descapote y limpieza terreno Jenesano



Fuente: Propia

Figura 26. Armadura de vigas, zapatas y columnas.



Fuente: Propia

Se realizó la fundición de vigas de cimentación y nivelación para la placa de contrapiso, *Figura 26*, Seguidamente contando con el material adecuado para la fundición de la placa de contrapiso, instalando la tubería hidráulica e hidrosanitaria para la misma, *Figura 27 (a)*. Armadura de columnas primer piso, y fundición de las mismas, *Figura 27 (b)*. Instalación de formaleta y armadura de la placa de entrepiso *Figura 28 (a)*, así mismo la colocación de los casetones en icopor y la tubería para la función de la placa, *Figura 28 (c)*.

Figura 27. Nivelación para placa de contrapiso, fundición vigas y zapatas



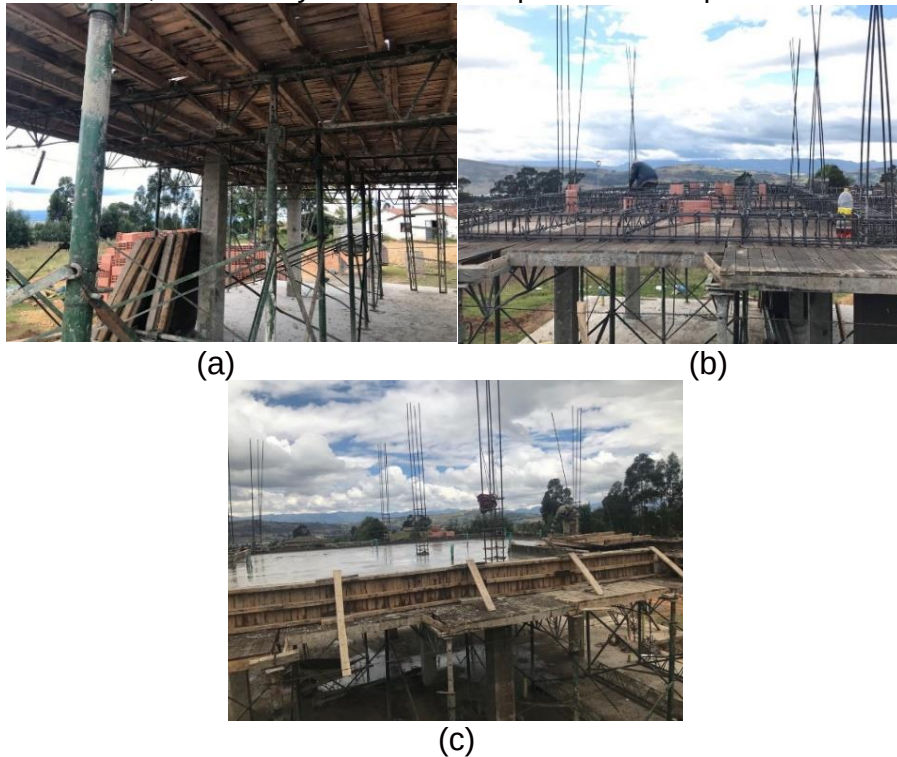
Fuente: Propia

Figura 28. Fundición placa de contrapiso.



Fuente: Propia

Figura 29. Formaleta, armadura y fundición de la placa de entrepiso



Fuente: Propia

En las actividades descritas anterior mente, la pasante realizo el seguimiento de obra para velar por el cumplimiento del cronograma, efectuando controles periódicos de las actividades programadas, y así mismo, el verificando el control de calidad de los materiales a partir de lo establecido en las especificaciones técnicas.

4. APORTES DEL TRABAJO

4.1. COGNITIVOS

En el desarrollo de la practica laboral como recién egresado de ingeniería civil fue principalmente lograr aplicar los temas más relevantes aprendidos a lo largo de la carrera universitaria, aportando con soluciones inéditas en las anomalías presentadas en el trascurso de la implementación BIM, ya que los aportes más significativos fueron a la hora de usar los softwares Revit, Navisworks, Project y AutoCAD, que a la hora de usar son eficientes en el manejo de enfrentar problemas que se presentan en obra pero en un modelo 3D, ahorrando tiempo y dinero a la hora de comenzar a construir.

De igual manera hacer partícipe en la planeación del proceso constructivo del Conjunto Cerrado Altos Del Villa Luz fue de suma importancia ya que se aplicaron los conocimientos más relevantes sobre estructuras en mampostería confinada y aplicando la corrección dada en normativa para armadura de acero, así mismo, realizando apoyo en la supervisión técnica de la ejecución de la obra para el proyecto en Jenesano Boyacá todo esto con el fin de contribuir, apoyar y generar experiencia en las tareas relevantes en la planeación de una obra resaltando actividades como la elaboración de cronogramas de obra, presupuesto y ejecución de las mismas.

Es un trabajo de gran magnitud ya que se generaron los apéndices necesarios para el cumplimiento de obra y generados específicamente para cada contratista resaltando cada plano de trabajo respectivo, los cuales fueron planos de cada especialidad especificando con exactitud cada elemento a construir, del mismo modo los planos para cada fase de construcción respectivamente con sus tablas de cuantificación, con el fin de elaborar el presupuesto de obra y tener con exactitud la estimación del costo total del proyecto.

En los apéndices y anexos se pueden observar los registros de los aportes generados para el proyecto, en dónde se incluyen modelos 3D, observaciones, tablas de planificación y cantidades y planos elaborados.

4.2. A LA COMUNIDAD

El proyecto de urbanización del Conjunto Cerrado Altos Del Villa Luz es de gran beneficio para la sociedad siendo una obra que trabaja en pro de la población para el sector de la ciudad de Tunja; con el fin de satisfacer las necesidades del hombre y a la vez aportar a la economía del país, se genera una gran inversión para el contribuyente y para la empresa, con el fin de ofrecer una mejor calidad de vida y asegurando un futuro para su comprador, así mismo, el propósito de brindar un

crecimiento en el sector de la construcción en la capital de departamento de Boyacá, generando un progreso de eficiencia en la evolución de nuevos métodos para la construcción cumpliendo con el funcionamiento de hacer entregables y presentaciones eficientes con todas las normas exigentes haciendo de la construcción más versátil, igualmente BIM plasma aportes significativos a comunidad proporcionando un futuro más sostenible a través de su competencia en la reducción de residuos y emisiones del proyecto; además, genera un aporte de economía y tiempo a la hora de la estimación de entrega del proyecto sin retrasos para el cliente o beneficiario de la obra.

De igual manera, BIM tiene un aporte de gran escala a los beneficiarios ya que permite a los clientes interactuar con el proyecto antes de la construcción; al crear un modelo 3D puede llegar a ser modificable y así mismo explorado por cualquier usuario, generando una ayuda ya sea para el modelador, diseñador, arquitecto e ingenieros logrando ser más proactivos ante las demandas de los clientes. Y los mismos modelos 3D que se pueden usar con fines de diseño simplifican el intercambio de ideas con los clientes y pueden permitir a las personas sin capacitación en arquitectura e ingeniería especializada ver los planos y tener una idea clara del resultado final.

5. IMPACTOS DEL TRABAJO DESEMPEÑADO

La evolución en la industria de la construcción con los nuevos métodos para la planificación y control de los procesos constructivos en el ciclo de vida de un proyecto lograr generar un gran impacto en la industria la construcción enfrentándose a la realidad de ser parte del cambio que se ha venido generando alrededor del mundo, al ser tan revolucionada crece de una manera ascendente para el beneficio de quien la utilice, de acuerdo con las actividades desarrolladas por el pasante es de suma importancia resaltar el gran impacto de la aplicación de dicha metodología al proyecto Conjunto Cerrado Altos El Villa Luz, ya que se generó una reducción del 30% al precio estimado planteado al inicio de la obra, logrando un ahorro significativo debido a la optimización del uso de materiales porque se planifico de antemano con la ayuda de BIM.

Así mismo, con el trabajo realizado por el pasante para el tiempo requerido en programación de obra y detección de interferencias en la identificación de errores se redujo hasta en un 50%. Las soluciones innovadoras que antes no eran posibles ahora pueden convertirse en realidad porque BIM proporciona una forma de visualizarlas antes de que se construya, brindando beneficios y facilidades en su planificación y optimización en el flujo de trabajo, gracias a los softwares que proporciona dicha metodología.

Estos beneficios relacionados con el alcance, tiempo, costo y calidad han brindado una estrategia de trabajo exitoso reduciendo posibles incongruencias a la hora de construir, permitiendo extraer y elaborar una documentación de mayor precisión en su lectura a lo hora del trabajo en obra, logrando ser uno de los impactos más significativos de BIM, pues a través de las actividades desarrolladas por el pasante se logró evidenciar una mejora en un 40% en la precisión de los dibujos consiguiendo una fluidez en su lectura.

De igual forma, un aporte significativo de su aplicación es la ejecución de costo/tiempo, es decir, maneja la planificación de la obra por medio del cronograma vinculado en Navisworks mostrando la simulación constructiva con la finalidad de detectar cualquier anomalía en su proceso constructivo y de la misma manera con el presupuesto de obra enlazado, este es un objetivo principal para la metodología en pro de la reducción de costes y un control más detallado de la misma.

En cierto modo, implementar la metodología aborda un trabajo en conjunto de las diferentes disciplinas que maneja la construcción, los ingenieros civil y arquitectos están ligados a trabajar bajo el modelo digital paramétrico para sus diseños usando esta herramienta para optimizar el trabajo y de esta manera interpretar mejor sus proyectos logrando el alcance plasmado desde la idea hasta la ejecución del mismo sin seguir los lineamientos de la metodología tradicional.

A través de las actividades desarrolladas por el pasante para el proyecto como la visualización del cambio de planos 2D a un modelo tridimensional el mecanismo hizo que se prolongaran una ampliación de conocimientos logrando un mejor panorama de lo diseñado y esperado, con el propósito de tener un mayor control en lo que sucederá en el transcurso de la ejecución de la obra, de esta manera el impacto es positivo en la planificación del proyecto porque se mantiene una conversación en tiempo real de todo lo que está sucediendo en la obra con el modelo digital y poniendo en acuerdo a todos los participantes del proyecto junto con diseñadores del mismo para brindar soluciones.

A medida que se desarrolló el proyecto el enfoque más crucial en el impacto de la aplicación de la metodología es la obtención de cantidades precisas para la obra, ya que el incremento de ahorro es evidente y así mismo es crucial para el desperdicio de material que se puede presentar al comenzar la edificación, también se puede recalcar que es más eficiente aplicar los conocimientos en la hora de dar cumplimiento de la normativa exigida para construir y aplicarla a cada disciplina de estructura y arquitectura a la cual se enfoca el proyecto.

La importancia del BIM en el proyecto identifica como la empresa está manejando de forma inteligente y eficiente su manera de construir para lograr ser más competitiva en la industria, con el fin de administrar datos inteligentes que se vinculan en el proceso de diseño y construcción utilizándolos en todo el ciclo de vida del proyecto, es decir, que un modelo tridimensional donde se observan todas las disciplinas contribuye a una solución temprana de problemas antes de la construcción evitando sobrecostos al margen de la obra, dicho lo anteriormente aplicado al Conjunto Villa Luz hace que sea de mayor eficiencia y economía logrando estabilidad en construcción, gastos y ganancias.

El margen en un escenario final de los impactos logrados con aplicación de la metodología aumentó en eficiencia y resultado óptimos un 50% a las metodologías tradicionales en relación a: disminución de errores, disminución de costes, detección de interferencias, constructibilidad, precisión en documentación y lectura y claridad en simulación del proceso constructivo.

6. CONCLUSIONES

- Con la metodología BIM se logró tener mayor eficiencia relacionado con los métodos tradicionales ya que con la visualización detallada de cada elemento en un modelo 3D se identificó de la mejor manera los incidentes que se pueden presentar a la hora de construir. Esto permite tener una idea más clara del proyecto evitando en un futuro la modificación de elementos ya construidos por errores que no se previeron.
- Con la extracción de cantidades generadas desde el modelo paramétrico mediante tablas de planificación se obtuvo un cálculo óptimo de la cantidad de acero, concreto y material que la obra necesita, logrando enfocarse en el manejo de desperdicio de material y el gasto innecesario que puede presentar en obra, haciendo este procedimiento eficaz para un modelo BIM y así mismo enfocándose en el mal manejo de recursos presupuestales para el cumplimiento de la entrega de obra en el tiempo estimado.
- El desarrollo de la implementación BIM y los modelos paramétricos tanto de arquitectura como de estructura se evidencio la etapa de vida del proyecto en fases constructivas, presupuestos y diseño obteniendo una efectividad en la elaboración y proyección del mismo.
- Los resultados obtenidos aplicando la metodología BIM son evidencia de que la tecnología se convirtió en un gran promotor para la industria de la construcción logrando impulsar, avanzar y establecer proyectos exitosos con las funciones que brinda la metodología llegando a ser una industria competitiva.
- Con las herramientas BIM se evidencio el proceso constructivo de la obra visualizando la programación de obra para evitar retrasos y reflejando el avance la obra mediante la simulación de un video extraído desde las opciones que genera las herramientas Navisworks para conocer con exactitud que esta sucediendo en la obra y así mismo facilitando el control posterior de la programación en obra.
- En el desarrollo de la implantación de cada vivienda se logró dar solución a inconvenientes presentados en los movimientos de tierras e implantación de cada vivienda es evidente que al utilizar este tipo de herramientas que nos ofrece Revit ahorramos tiempo y dinero en excavaciones innecesarias y se tiene con mayor claridad lo que se debe hacer a la hora del descapote.
- Interactuar en un entorno de modelación tridimensional con elementos cuyos parámetros establecen relaciones y reglas implica un cambio significativo en el

entorno y el modo de trabajo respecto a las mesas de dibujo CAD. Generar un modelo paramétrico requiere habilidades de manejo de software que van más allá de la representación tridimensional y esto implica conocer la forma acertada de parametrizar los elementos de modelación. La asignación de parámetros es fundamental para generar un modelo BIM funcional y útil.

7. RECOMENDACIONES

- En el trabajo de la implementación BIM es importante conocer los aspectos generales y alcances del proyecto mediante el plan de ejecución (BEP) con el fin de tener claro y específica la idea del proceso de construcción y así lograr un proyecto exitoso bajo la metodología BIM.
- La clave del manejo de las herramientas del software Autodesk Revit es modelar de acuerdo a los planos verídicos de los diseños de cada disciplina en 2D y que estos estén sin ninguna modificación ya que a medida que se va generando el proyecto se van solucionado los errores encontrados en Revit.
- Es indispensable que cada elemento modelado tenga su correspondiente familia o propiedad asignada en el programa con el fin de que al generar las tablas de cuantificación no se presente ningún problema ya que estos poseen su marca y tipo de material especificado asignados en el momento de creación de cada elemento en el modelado paramétrico.
- Las tablas de cuantificación de cantidades y planificación en el manejo de materias es importante utilizarlas para los registros de cuanto y que tipo de material se utiliza para tener claridad de lo que se está usando en el proyecto próximo a construir.
- Al modelar es importante crear secciones, alzados y vistas 3D para mayor facilidad en el trabajo de la documentación, ya que ahí se expondrán con exactitud cada elemento con sus respectivos despieces, localización y detalle del mismo.
- Es importante tener los planos de 2D referencias para tener el punto cero en cada nivel de trabajo en Revit, ya que sin la referenciación de cada plano puede generar errores e interferencias.

8. GLOSARIO

- CAD: consiste en el uso de programas de ordenador para crear, modificar, analizar y documentar representaciones gráficas bidimensionales o tridimensionales, utilizado a lo largo de todo el proceso de ingeniería, desde el diseño de productos conceptual y la estructura pasando por el análisis de ensambles hasta la definición del método de fabricación [19].
- BIM (Building Information Modeling): El Modelado de información para la construcción (BIM) es el proceso holístico de creación y administración de la información de un activo construido. Basado en un modelo inteligente e impulsado por una plataforma en la nube, BIM integra datos estructurados y multidisciplinarios para generar una representación digital de un activo durante todo su ciclo de vida, desde la planificación y el diseño hasta la construcción y las operaciones [20].
- BEP (Plan de Ejecución BIM): es un documento en el que se definen las bases, reglas y normas internas de un proyecto que se va a desarrollar bajo metodología BIM, para que todos los agentes implicados hagan un trabajo coordinado y coherente [21].
- Modelador BIM: es el agente responsable del modelado teniendo en cuenta todos los criterios que han sido recogidos en el Plan de Ejecución BIM o BEP. Es el encargado de entregar toda la información necesaria, a todos los agentes involucrados que utilicen software BIM, de todas las disciplinas [22].
- Nivel de desarrollo (LOD): Define el nivel de madurez o compleción de información que posee un elemento del modelo BIM, y éste es la parte de un componente, sistema constructivo o montaje del edificio. Su clasificación numeral es 100, 200, 300, 350, 400 y 500 [23].
- Disciplinas: Son los objetos que integran un modelo BIM dependiendo su función las principales son arquitectura, instalaciones, estructura y topografía vías y urbanismo [24].
- Integración: Enlaza modelos de diferentes disciplinas generando un modelo federado con una base de datos única con los datos de los modelos individuales [25]
- Modelos De Información: conjunto de contenedores de información estructurada o no estructurada. Y un contenedor de información se define a su vez como un conjunto de información persistente y recuperable desde un archivo, sistema o aplicación de almacenamiento jerarquizado [26].

- Planificación de obra: se resume en la administración, coordinación y preparación de todos los recursos que requiere tu empresa para operar un proyecto: recursos humanos, materiales y financieros agrupándolos para operar en un tiempo y costo determinado previamente [27].
- Diseño: se lleva a cabo el diseño conceptual, el análisis, el detallado y la documentación. El proceso previo a la construcción empieza con el uso de datos BIM para orientar al equipo de programación y logística [28].
- Mampostería Reforzada: Es la construcción realizada con dos paredes de piezas de mampostería de caras paralelas reforzadas o no, separadas por un espacio continuo de concreto reforzado, con funcionamiento compuesto y que cumple los requisitos del capítulo D.6. Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad especial de disipación de energía en el rango inelástico (DES) [29].
- Familia: Grupo de objetos pertenecientes a una misma categoría que contiene reglas paramétricas de generación para obtener modelos geométricos análogos [30].
- Flujo de trabajo: Estudio de los aspectos operacionales de una actividad de trabajo, cómo se estructuran las tareas, cómo se realizan, cuál es su orden correlativo, cómo se sincronizan, cómo fluye la información que soporta las tareas y cómo se le hace seguimiento al cumplimiento de las tareas. Concepto fundamental en la creación de modelos BIM y la interoperabilidad entre las distintas herramientas que trabajan en entornos BIM [31].
- Integración modelo BIM: vincula modelos de diferentes disciplinas generando un modelo federado con una base de datos única con los datos de los modelos individuales [32].
- Modelo constructivo: Es el modelo BIM utilizado por el equipo para realizar un análisis constructivo. Este tipo de modelo frecuentemente incluye grúas, andamios y otros medios auxiliares requeridos para la construcción final del edificio [33].
- Paramétrico: Término que se refiere a modelos 3D en los que los objetos/elementos pueden ser manipulados utilizando parámetros explícitos, reglas o restricciones [34].

- **Parámetros:** Variables usadas en funciones o ecuaciones para asignar valores: Coordinadas, dimensiones, materiales, distancia, ángulos, colores, unidades, precio, y muchos más [35]
- **Planificación en Revit:** es la etapa donde el equipo de planificación es informado por medio de la combinación de datos reales, a través de herramientas de captura de la realidad con el fin de generar modelos en contexto de los entornos construidos y naturales existentes [36]
- **Cronograma:** Un Cronograma es una representación gráfica y ordenada con tal detalle para que un conjunto de funciones y tareas se lleven a cabo en un tiempo estipulado y bajo unas condiciones que garanticen la optimización del tiempo. Los cronogramas son herramientas básicas de organización en un proyecto, en la realización de una serie pasos para la culminación de tarea, son ideales para eventos, son la base principal de ejecución de una producción organizada [37].
- **Supervisión:** es una actividad técnica y especializada que tiene como principal objetivo la eficiente y eficaz utilización de los factores productivos que el supervisor tiene a su cargo, tales como materiales, insumos, maquinarias y, por supuesto, trabajadores [38].
- **Topografía:** La topografía es una ciencia geométrica dedicada a la representación gráfica de la superficie terrestre. Es la disciplina que estudia los principios y procedimientos que nos permiten ilustrar las formas, detalles y elementos de la Tierra, tanto los naturales como los creados por el ser humano [39].
- **Nivelación:** es un método altimétrico, que tiene como objetivo obtener la cota de uno o varios puntos, a través de observaciones topográficas como ángulos, desniveles, distancias y un conjunto de mediciones y cálculos para dotar a un punto de cota, con relación a un plano de referencia determinado [40].
- **Formaleta:** son estructuras que hacen las veces de molde para el concreto de forma temporal mientras esta fragua y adquiere una resistencia segura para garantizar su autosoporte, adicionalmente ayudan a definir el acabado del concreto. Las formaletas se deben diseñar de forma tal que sean capaces de resistir su propio peso, el empuje del concreto y el peso de personal, equipos y maquinaria que puedan apoyarse en ellas [41].
- **Detección de interferencias:** constituye uno de los procesos más importantes que preceden a la ejecución material del mismo, ya que permite realizar simulaciones de interferencias entre elementos constructivos, así como detectar duplicidades de estos, anticipando y permitiendo así evitar errores y sobrecostos en obra derivados de ello [42]

- Colisión: El término colisión se utiliza para hacer referencia a una situación en la cual dos o más objetos, cuerpos, entre otros, chocan [43].
- Armadura: Es una estructura compuesta de miembros esbeltos unidos entre sí en sus puntos extremos. Los miembros usados comúnmente en construcción consisten en puntales de madera o barras metálicas. Las conexiones en los nudos están formadas por pernos o soldaduras en los extremos de los miembros unidos a una placa en común [44].
- Descapote: Descapote no es otra cosa que limpiar el terreno sobre el cual se desarrollará la obra de cualquier tipo de residuo de vegetación. Raíces, troncos, tocones deben ser removidos en este proceso que también se conoce como desplantar o las consecuencias pueden ser nefastas [45].
- Gestión de la Información: en los procesos de desarrollo de proyectos de cualquier tipo, constituye una herramienta vital, importante y casi obligatoria, ya que nos brinda muchos beneficios, los cuales se pueden observar en todo el ciclo de vida de un proyecto. Para nosotros en BIM-CA es importante dar a conocer y resaltar la necesidad de almacenar y gestionar la información desde concepción de cualquier proyecto [46].
- Documentación final de obra: Conjunto de documentación e información gráfica y no gráfica que refleja el estado real de un inmueble al finalizar su ejecución o reforma. (ver As Built) [47].
- Disciplina: Cada una de las grandes materias en las que se pueden agrupar los objetos que forman parte del BIM dependiendo de su función principal [48].
- Ciclo de vida: Concepto que permite la aparición, desarrollo y finalización de la funcionalidad de un determinado elemento, proyecto, edificio u obra [49].

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Mojica Arboleda, F. Valencia Rivera, «Implementación De Las Metodologías BIM Como Herramienta Para La Planificación Y Control Del Proceso Constructivo De Una Edificación En Bogotá,» Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2012.
- [2] D. A. Liévano Ramos, «Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto,» Universidad Católica de Colombia, Bogotá, 2017.
- [3] A. Esarte, «EspacioBIM,». [En línea]. <https://www.espaciobim.com/bim>. **Accedido:** 16 de enero de 2021).
- [4] Graphisoft Latam. YouTube. *¿Qué es BIM? – ARCHICAD*. (2 de noviembre de 2017). **Accedido:** 15 de noviembre de 2021. [Video en línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=2pE8f8ah7YM>
- [5] D. Castro. “BIM: la revolución tecnológica de la construcción”. Revista Semana. <https://www.semana.com/mejor-colombia/articulo/bim-la-revolucion-tecnologica-de-la-construccion/202100/> (**Accedido:** 15 de noviembre de 2021).
- [6] A. G. Martínez, «Toda Colombia, la cara amable de Colombia,» 07 Agosto 2010. [En línea] <https://www.todacolombia.com/nosotros.html> (**Accedido:** 2021 Noviembre 15).
- [7] Salcedo, D, Morales-Puentes, M, Vargas, D. Use of Non Vascular Plant Organisms as Indicators of Urban Air Pollution (Tunja, Boyacá, Colombia). *Acta Biologica Colombiana*, vol.1, no. 2, pp. 22. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v19n2/v19n2a10.pdf>
- [8] Inversiones Villareal. “Localización”. Villareal.com.com. <http://www.villareal.com.co/> (**Accedido:** 19 de noviembre de 2021).
- [9] L. André, «Blocks,» REVIT, ¿QUÉ ES?.[En línea]. <https://www.blocksrvt.com/blog-posts-spanish/revit-que-es> (**Accedido:** 15 de noviembre de 2021).
- [10] Blocks. “Revit, ¿qué es?”. Blockrvt.com. <https://www.blocksrvt.com/blog-posts-spanish/revit-que-es?qclid=CjwKCAiA5t-OBhByEiwAhR-hmxV75JDE4w7JDjhkwtfOeXGwVVoOxUBA6r54ztuQFGa3BjBuP91WlhoCuqoQAvD BwE> (**Accedido:** 19 de noviembre de 2021).
- [11] Ramos, F. “Principales novedades y características de Autodesk Navisworks”. Revista Digital INESEM. <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/autodesk-navisworks/> (**Accedido:** 21 de noviembre de 2021).
- [12] SPnet. “Project, la gestión de proyectos de Microsoft”. Software.para.net. <https://softwarepara.net/microsoft-project/> (**Accedido:** 22 de noviembre de 2021).
- [13] Structuralia. “Las 7 dimensiones del BIM y las razones para su dominio”. Structuralia Blog. <https://blog.structuralia.com/las-7-dimensiones-del-bim-y-las-razones-para-su-dominio> (**Accedido:** 23 de noviembre de 2021).

- [14] Bimnd. “Plan de Ejecución BIM (BEP) y cómo funciona. Nuestra Experiencia”. Bimnd.es. <https://www.bimnd.es/plan-de-ejecucion-bim-bep-y-como-functiona-nuestra-experiencia/> (**Accedido:** 23 de noviembre de 2021).
- [15] Autodesk. “Revit Soporte y aprendizaje”. Autodesk. <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2014/ESP/Revit/files/GUID-75DFA31F-1733-48C9-9856-1F323C0AE0E4-htm.html> (**Accedido:** 12 de diciembre de 2021).
- [16] R. Rodríguez, «Como presupuestar un proyecto BIM,» RevistaDigital INESEM, Maracena, España, 2021.
- [17] B. Z. Miguel Angel, «Microsoft Project: herramienta de planificación y control de costos en obras de bajo presupuesto,» Universidad Militar Nueva Granada, Bogota, 2020.
- [18] Autodesk. “Introducción a la herramienta TimeLiner”. Autodesk. <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> (**Accedido:** 20 de marzo de 2018).
- [19] Siemens. “Diseño asistido por ordenador (CAD)”. Plm.automation.siemens.com. <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507> (**Accedido:** 22 de enero de 2021).
- [20] Autodesk. “diseño y construcción con BIM. Modelado de información para la construcción”. Autodesk.mx. <https://www.autodesk.mx/solutions/bim> (**Accedido:** 22 de enero de 2021).
- [21] Esarte, A. “BEP o plan de ejecución BIM (Qué es)”. Espacio BIM. <https://www.espaciobim.com/bep> (**Accedido:** 22 de enero de 2021).
- [22] Esarte, A. “modelador BIM o BIM modeler, ¿qué es un modelador BIM?”. Espacio BIM. <https://www.espaciobim.com/modelador-bim> (**Accedido:** 22 de enero de 2021).
- [23] Imasgal. “Nivel de desarrollo (LOD) en BIM” Imasgal.com <https://imasgal.com/nivel-desarrollo-bim-lod/> (**Accedido:** 22 de enero de 2021).
- [24] Proyectos y construcciones BIM. “Coordinación e Implementación BIM”. Proyectosbim.com <https://www.proyectosbim.com/index.php/servicios/coordinacion-bim#:~:text=Coordinaci%C3%B3n%20e%20Implementaci%C3%B3n%20BIMBuilding%20Information%20Modeling&text=Las%20disciplinas%20que%20generalmente%20integran,Estructura> (**Accedido:** 22 de enero de 2021).
- [25] J. Crespo, «Editeca,» [En línea]. <https://editeca.com/la-importancia-de-la-integracion-bim-gis/>
- [26] J. Ogbamwen. Gestión de proyectos de construcción mediante building information modeling (bim) e integrated project delivery (ipd). Análisis y

estudio de dos casos en EE. UU, Universidad Politécnica de Valencia, p. 171, 2016.

- [27] Argos. "Qué es la planeación de obra y por qué es importante para la construcción". Colombia.argos.co. <https://colombia.argos.co/que-es-la-planeacion-de-obra-y-por-que-es-importante-para-la-construccion/#:~:text=La%20planeaci%C3%B3n%20de%20obra%20se,tiempo%20y%20costo%20determinado%20previamente> (**Accedido:** 23 de enero de 2021).
- [28] DIXON, Cork. Diseño en Ingeniería. Inventiva, análisis y toma de decisiones. Limusa. Wiley. México. 1970.
- [29] UPTC. "Título D Mampostería Estructural". Uptc.edu.co. http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_ingenieria/pregrado/civil/documentos/NSR-10_Titulo_D.pdf (**Accedido:** 23 de enero de 2021).
- [30] Es.BIM. Glosario de términos, 2017. Disponible en http://bim.tecniberia.es/wp-content/uploads/2016/11/GT1-Estrategia-SG1.1_Glosario-de-t%C3%A9rminos.pdf
- [31] L. Moon, «BlogTrello,». [En línea]. <https://blog.trello.com/es/que-es-un-flujo-de-trabajo-ejemplo>. (**Accedido:** 10 de noviembre de 2019).
- [32] Y. Mendoza, «Integración de la metodología BIM con la gestión de sistemas de información de activos,» Universidad Pontificia Javeriana, Bogotá.
- [33] «APIVE,». [En línea]. <https://apive.org/consiste-modelo-construccion-bim/> (**Accedido:** 30 julio 2018)
- [34] Autodesk. "Qué significa "paramétrico". Autodesk. <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2014/ESP/Revit/files/GUID-71F2C8EE-2A90-4076-A6C7-702082566DDF-htm.html> (**Accedido:** 28 de abril de 2014).
- [35] L. Santa Maria, «Especialista 3D,» [En línea]. <https://especialista3d.com/parametros-de-revit/#> (**Accedido:** 2019).
- [36] I. Dila, «Procedimiento Constructivo Ardila,» PCA. [En línea]. <https://procedimientoconstructivoardila.com/saber-como-planificar-obras-de-construccion/> (**Accedido:** 22 junio 2015)
- [37] A. Yirda, «Concepto Definicion,» 02 abril 2021. [En línea]. <https://conceptodefinicion.de/cronograma/>. (**Accedido:** 31 de marzo de 2021).
- [38] «Supervisor,» EnciclopediaEconomica,2021. [En línea]. <https://enciclopediaeconomica.com/supervisor/> (**Accedido:** 18 de noviembre de 2021).
- [39] E. Equipo editorial, «Concepto,» 28 agosto 2020. [En línea]. <https://concepto.de/topografia/>. (**Accedido:** 07 abril 2022).
- [40] I. S. N. Hundiel, «Nivelación,» UNI Norte, 2020.
- [41] K. Zambrano, «ENCOFRADOS, CIMBRAS O FORMALETAS: LAS MÚLTIPLES FORMAS DEL CONCRETO,» Argos, [En línea]. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/encofrados-cimbras-formaletas#:~:text=Los%20encofrados%2C%20cimbras%20o%20formaleta>

- [s.pueden%20ser%20de%20diversos%20materiales](#). (**Accedido:** 06 abril 2022)
- [42] P. González, «Cómo abordar con éxito la detección de interferencias en proyectos BIM,» LinkedIn, 25 junio 2020. [En línea]. <https://www.linkedin.com/pulse/c%C3%B3mo-abordar-con-%C3%A9xito-la-detecci%C3%B3n-de-interferencias-pablo-gonz%C3%A1lez/?originalSubdomain=es> (**Accedido:** 17 abril 2021).
- [43] C. Bembibre, «Colisión,» Definición ABC, febrero 2012. [En línea]. <https://www.definicionabc.com/general/colision.php> (**Accedido:** 10 noviembre 2021).
- [44] Viviana, «Iarquitectos,» 05 enero 2010. [En línea]. <http://www.iarquitectos.com/2010/01/armaduras.html> (**Accedido:** 27 octubre 2021).
- [45] M. B. Blaksley, «Descapote y limpieza del terreno: Infórmate bien antes de construir,» homify, 15 abril 2018. [En línea]. https://www.homify.com.co/libros_de_ideas/5254639/descapote-y-limpieza-del-terreno-informate-bien-antes-de-construir (**Accedido:** 13 de junio 2021).
- [46] BIM-CA, «GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN DIGITAL - PARTE 1,» 16 NOVIEMBRE 2020. [En línea]. <https://www.bim-ca.com/bimpills/gestioninfodigital1>
- [47] J. Nogués Mediavilla, R. Veneros Gómez, D. Norena Martín y A. Magdaleno Payan, «Glosario de Términos, Grupo de Trabajo 1: Estrategia,» esBIM , Mayo 2017. [En línea] www.esbim.es (**Accedido:** 10 de mayo de 2021).
- [48] MURALIT, «JERARQUÍA DE ELEMENTOS EN REVIT. Y CÓMO INCLUIR ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS INNOVADORES EN EL MERCADO,» [En línea]. <https://muralit.es/jerarquia-elementos-revit/> (**Accedido:** 13 agosto 2019).
- [49] «GLOSARIO TERMINOLOGÍA BIM,» entornobim.org, 2017. [En línea]. <https://www.yumpu.com/s/sG2EJAOMoCUbuyvk>. (**Accedido:** 22 marzo 2021).

APENDICES Y ANEXOS

Anexo A.	Descripción del terreno
Anexo B.	Diplomado Elemental Academy
Anexo C.	BEP Altos del Villa Luz
Anexo D.	Modelos Revit de cada vivienda
Anexo E.	(02) Cantidades de Obra vivienda bifamiliar
Anexo E.	(03) Documentación vivienda bifamiliar
Anexo F.	(02) Cantidades de Obra vivienda unifamiliar
Anexo F.	(03) Documentación vivienda unifamiliar
Anexo G.	Plano y cantidades urbanismo
Anexo H.	(01) Presupuesto Altos del Villa luz
Anexo I.	(01) AVL- CT1 Vivienda Unifamiliar
Anexo I.	(02) AVL- CT2 Vivienda Bifamiliar
Anexo I.	(03) AVL- Urbanización
Anexo J.	Simulación constructiva
Anexo K.	Proyecto Jenesano