

2021

## **Análisis de comparación con la metodología BIM en proyecto de vivienda multifamiliar en el municipio de Acacias – Meta**

Melissa Amaya Beltran

*Universidad de la Salle, Bogotá, mamaya03@unisalle.edu.co*

John Alejandro Sierra Castiblanco

*Universidad de la Salle, Bogotá, jsierra69@unisalle.edu.co*

Follow this and additional works at: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_civil](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil)



Part of the [Civil Engineering Commons](#), and the [Construction Engineering and Management Commons](#)

---

### **Citación recomendada**

Amaya Beltran, M., & Sierra Castiblanco, J. A. (2021). Análisis de comparación con la metodología BIM en proyecto de vivienda multifamiliar en el municipio de Acacias – Meta. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_civil/944](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/944)

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Civil by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

**ANÁLISIS DE COMPARACIÓN CON LA METODOLOGÍA BIM EN PROYECTO DE  
VIVIENDA MULTIFAMILIAR EN EL MUNICIPIO DE ACACIAS – META**

**MELISSA AMAYA BELTRAN**

**CD 40151003**

**JOHN ALEJANDRO SIERRA CASTIBLANCO**

**CD 40141169**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL**

**BOGOTÁ, DC 2021**

**ANÁLISIS DE COMPARACIÓN CON LA METODOLOGÍA BIM EN PROYECTO DE  
VIVIENDA MULTIFAMILIAR EN EL MUNICIPIO DE ACACIAS – META**

**MELISSA AMAYA BELTRAN**

**CD 40151003**

**JOHN ALEJANDRO SIERRA CASTIBLANCO**

**CD 40141169**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERA CIVIL**

**DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

**ING. ALVARO RODRIGUEZ PAEZ**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL**

**BOGOTA, DC 2021**

## *AGRADECIMIENTOS*

*Quisiéramos agradecerle a Dios por permitirnos consolidar nuestra formación profesional, por ser nuestra guía en este camino, y por darnos el gran regalo de cumplir nuestro sueño de ser profesionales.*

*A nuestros padres por estar presentes en cada una de las etapas y decisiones que tomamos, por orientarnos, ayudarnos y apoyarnos incondicionalmente para conseguir este gran logro.*

*A la Constructora PAXCO por brindarnos toda la información para que pudiéramos desarrollar este proyecto.*

*A nuestro tutor el ingeniero Álvaro Rodríguez por su disposición y apoyo durante el desarrollo de este trabajo de investigación, por sus consejos y su orientación con su conocimiento y experiencia en el tema. A nuestro jurado la ingeniera Sandra Uribe por sus comentarios y sugerencias para el logro de un excelente trabajo*

*Así mismo, a todos los docentes que dedicaron su tiempo en nuestra formación personal, a todos nuestros compañeros y futuros colegas quienes hicieron parte de este proyecto de grado y a la Universidad de la Salle por su excelente gestión durante el desarrollo y culminación de nuestra carrera.*

## DEDICATORIA

*En primer lugar, a Dios, por darme la oportunidad de culminar este proceso académico, por brindarme sabiduría y fortaleza y por ser mi guía en este camino.*

*A mi familia por su apoyo incondicional, por estar presentes en cada proceso de mi vida. A mi madre, quien con su amor y comprensión me acompaña en cada momento de mi vida académica, por ser mi inspiración para ser una mejor persona cada día, por enseñarme los valores de la responsabilidad y el compromiso y por demostrarme que hay que luchar por lo que se quiere sin importar lo largo que sea el camino para cumplir los sueños. A mis hermanos que han sido mi motor en los días difíciles. Y a mis abuelos, que aún tengo la fortuna de tener quienes siempre han estado para mí y me han brindado su más sincero e infinito amor.*

*Finalmente dedico este logro a mi compañero no solo de tesis y de carrera, sino también de vida, quien con su infinito amor a lo largo de estos años me ha apoyado, acompañado y ayudado las veces que lo he necesitado, quien me ha levantado y me ha enseñado a confiar en mí y en todas mis capacidades y quien me ha demostrado que con el más sincero y bonito amor todo es posible.*

MELISSA AMAYA BELTRAN

## *DEDICATORIA*

*En primer lugar, a Dios, por darme la oportunidad de vivir este momento. A mi familia por su apoyo, a mi madre y a mi padre por enseñarme los valores de la responsabilidad y el compromiso. A mi hermano y demás familiares por su apoyo, especialmente a mi abuelito Arturo que está en el cielo, gracias por ser parte de este camino.*

*Finalmente a mi compañera de tesis y de vida, quien con su amor, apoyo y dedicación me ha ayudado las veces que lo he necesitado y me ha enseñado a confiar en mí y en mis capacidades.*

*JOHN ALEJANDRO SIERRA*

## DECLARACIÓN ÉTICA

Como integrantes desarrolladores del presente proyecto nos suscribimos a una declaración ética con la que nos comprometemos a cumplir con cada uno de los objetivos planteados con el fin de llegar a la completa ejecución del mismo, siendo objetivos, transparentes y honestos durante su desarrollo, además, aplicaremos nuestro criterio ingenieril y eficiencia para obtener los mejores resultados.

## Contenido

Introducción.....	10
1. Generalidades.....	11
1.1 Línea de investigación .....	11
1.2 Naturaleza del proyecto .....	11
1.3 Resumen .....	11
1.4 Localización del proyecto.....	13
2. Planteamiento del problema.....	14
2.1 Antecedentes .....	14
2.2 Estado del Arte .....	14
2.3 Diseños del proyecto .....	24
2.4 Presupuesto Tradicional.....	32
2.5 Planteamiento del Problema.....	34
3. Alcance.....	36
4. Justificación .....	36
5. Objetivos .....	37
5.1 Objetivo general .....	37
5.2 Objetivos específicos.....	37
6. Marcos de Referencia .....	37
6.1 Marco Teorico.....	37
6.2 Marco Conceptual .....	41
6.3 Marco Legal .....	43
7. Metodología .....	43
7.1 Fases de Investigación .....	43
8. Aplicación de Modelación BIM.....	45
8.1 Estructura .....	46
8.2 Mampostería .....	48
8.3 Ascensor .....	50
8.4 Escaleras.....	51
8.5 Muros exteriores y zonas comunes de la torre.....	52
8.6 Instalaciones Hidráulicas .....	53
8.7 Instalaciones Eléctricas.....	54
8.8 Instalaciones de gas .....	55



8.9	Ventanas .....	56
8.10	Puertas .....	57
8.11	Acabados (Baños y Cocina) .....	58
8.12	Cubierta.....	59
9.	Resultados .....	62
9.1	Presupuesto BIM .....	62
9.2	Comparación cantidades totales Metodología BIM vs Metodología Tradicional .....	65
9.3	Comparación presupuesto total Metodología BIM vs Metodología Tradicional .....	69
9.4	Comparación presupuesto total Metodología BIM vs Metodología Tradicional con presupuesto Real.....	72
10.	Conclusiones.....	74
11.	Recomendaciones.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....		77

## Lista de Tablas

Tabla 1. Estado del Arte.....	14
Tabla 2. Presupuesto Real por Torre.....	32
Tabla 3. Cantidades Estructurales .....	48
Tabla 4. Cantidades de Mampostería.....	50
Tabla 5. Cantidades Foso Ascensor.....	51
Tabla 6. Cantidades Escalera.....	51
Tabla 7. Cantidades Graniplast.....	52
Tabla 8. Cantidades Hidráulicas (Suministro y Sanitarias) .....	53
Tabla 9. Cantidades de Ventanería.....	56
Tabla 10. Cantidades Accesorios de baño, cocina y acabados .....	58
Tabla 11. Cantidades de Cubierta.....	60
Tabla 12. Presupuesto BIM Reorganizado.....	63
Tabla 13. Comparación de cantidades REVIT y Método Tradicional 2D .....	65
Tabla 14. Comparación de Presupuesto BIM vs Presupuesto Tradicional .....	69
Tabla 15. Comparación Método BIM vs Método Tradicional Real por torre .....	73
Tabla 16. Comparación BIM vs Método tradicional Real por las tres torres .....	73

## Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Ubicación Altos de Araguañey (Google Earth).....	13
Ilustración 2. Ubicación Altos de Araguañey en el Barrio Araguañey.....	14
Ilustración 3. Plano Planta Arquitectónica piso 01 .....	24
Ilustración 4. Plano Planta Arquitectónica Tipo del piso 2 al 8.....	24
Ilustración 5. Plano Arquitectónico Planta Cubierta.....	25
Ilustración 6. Plano Corte Longitudinal A-A.....	25
Ilustración 7. Plano Fachada Principal.....	26
Ilustración 8. Plano Fachada Posterior .....	26
Ilustración 9. Plano Estructural Planta de Cimentación.....	27
Ilustración 10. Plan Estructural del Piso 2 al 8.....	27

<i>Ilustración 11. Plano Estructural Cubierta .....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 12. Plano Hidráulico. Suministro Piso 1.....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 13. Plano Hidráulico. Suministro Piso 2 al 8.....</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 14. Plano Sanitario Piso 1.....</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 15. Plano Sanitario Piso 2 al 8.....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 16. Plano Sanitario Cubierta .....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 17. Plano Eléctrico Piso 1 .....</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 18. Plano Eléctrico Piso 2 al 8.....</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 19. Plano de Gas Piso 1 al 8 .....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 20. Trayectoria de BIM por país (BID Mejorando Vidas).....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 21. Ciclo de Vida de un proyecto.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 22. Fases de la investigación. Fuente propia.....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 23. Vista en Planta Proyecto Altos de Araguañey.....</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 24. Cimentación Altos de Araguañey. Fuente propia.....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 25. Estructura del proyecto Altos de Araguañey. Fuente propia .....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 26. Mampostería. Fuente propia .....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 27. Pañete Sala Comedor.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 28. Foso del Ascensor visto desde el pasillo de la torre.....</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 29. Escaleras tipo del piso 1 al 8 .....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 30. Muros exteriores con pañete y graniplast .....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 31. Graniplast Zonas Comunes.....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 32. Instalaciones sanitarias y de agua lluvia.....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 33. Instalación eléctrica (Luminarias, Tablero 120v, interruptor y tomacorriente) .....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 34. Redes sanitarias (amarillas), suministro (blancas) y de gas (cobre) .....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 35. Ventana como Puerta Balcón.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 36. Ventana Habitación .....</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 37. Puertas de ingreso a los apartamentos .....</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 38. Baño con inodoro, ducha y lavamanos económicos .....</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 39. Cocina con estufa, lavaplatos. Zona de lavado con lavadero .....</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 40. Vista en planta de la cubierta .....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 41. Torre Terminada Altos de Araguañey .....</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 42. Fachada Torre Altos de Araguañey.....</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 43. Presupuesto creado por la extensión PRIMUS .....</i>	<i>62</i>

## **Lista de Tablas**

<i>Tabla 1. Estado del Arte.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 2. Presupuesto Real por Torre.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 3. Cantidades Estructurales .....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 4. Cantidades de Mampostería .....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 5. Cantidades Foso Ascensor.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 6. Cantidades Escalera.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 7. Cantidades Graniplast.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 8. Cantidades Hidráulicas (Suministro y Sanitarias) .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 9. Cantidades de Ventanería.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 10. Cantidades Accesorios de baño, cocina y acabados .....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 11. Cantidades de Cubierta.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 12. Presupuesto BIM Reorganizado .....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 13. Comparación de cantidades REVIT y Método Tradicional 2D .....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 14. Comparación de Presupuesto BIM vs Presupuesto Tradicional .....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 15. Comparación Método BIM vs Método Tradicional Real por torre .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 16. Comparación BIM vs Método tradicional Real por las tres torres .....</i>	<i>73</i>

## ***Introducción***

Las empresas constructoras en Colombia enfrentan problemáticas constantes a la hora de ejecutar proyectos, esto debido a los imprevistos que se generan por los excesos constantes de tiempo, los sobrecostos, los entregables de baja calidad y la disminución de la productividad. Todo eso se atribuye a la poca planeación que se realiza al inicio de cada proyecto, donde todo se basa en las prácticas tradicionales, las cuales hacen todo más complejo en proyectos de gran magnitud. Es por ello, que se requiere implementar el sistema BIM (Building Information Modeling), el cual aborda las ineficiencias interdisciplinarias en los proyectos de construcción y potencia el trabajo colaborativo.

El sistema BIM en Colombia es muy reducido, debido a que no está aún implementado en la industria de la construcción, por lo tanto, se sigue manejando la metodología tradicional para el cálculo de las cantidades de obra y la estimación completa de los presupuestos. Esta metodología tradicional, se basa en el uso de planos 2D, los cuales, con la ayuda de un software como AUTOCAD, es posible obtener las cantidades totales del proyecto, sin embargo, en este proceso pueden ocurrir múltiples errores, ya que cada uno de los profesionales involucrados en los diseños puede manejar de diferente forma el programa, puede tener falencias en la interpretación de planos, o tener una concepción errónea del proceso constructivo, lo que afecta directamente el presupuesto del proyecto, esto a diferencia de BIM, que con softwares como Revit y Primus, ayudan a mantener en un solo conjunto el proyecto entero, generando así, la misma concepción de planimetría y presupuestos para todos los profesionales.

Por todo lo anterior, el presente trabajo, pretende comparar la funcionalidad de una herramienta tan completa como Building Information Modelling (BIM) en la estructuración de un presupuesto para un estudio de caso (Conjunto Multifamiliar Altos de Araguaney), con el sistema tradicional, con el fin de observar las falencias que se han tenido en el cálculo del

presupuesto y durante el proceso constructivo, teniendo en cuenta el análisis de planos y la estimación de cantidades de obra.

De igual manera, se busca determinar las ventajas y desventajas que conlleva la implementación de la metodología BIM con respecto a la metodología tradicional. Para finalmente discutir algunas recomendaciones sobre la implementación en Colombia, referente a los términos de calidad y beneficios que trae para el sector constructor.

## **1. Generalidades**

### **1.1 Línea de investigación**

Innovación y tecnología

Gestión, entorno y competitividad de las organizaciones

### **1.2 Naturaleza del proyecto**

Tomando como base que los retrasos en obra son uno de los problemas más cotidianos para la construcción, debido a los imprevistos que se ocasionan en el transcurso de la ejecución de los proyectos y que gracias a la tecnología e investigación se crean herramientas que facilitan la planeación de los mismos, para evitar dilataciones y sobre costos, esta investigación busca comparar el presupuesto realizado por el sistema BIM con el realizado de manera tradicional de un estudio en caso (Conjunto Multifamiliar Altos de Arguaney).

La metodología de investigación en este proyecto se basa en el análisis de la comparación de los dos sistemas, BIM y tradicional, tomando los planos iniciales del proyecto en conjunto al presupuesto desarrollado, y realizando nuevamente el diseño en Revit y posteriormente en Primus para la recolección de cantidades en el presupuesto arrojado por estas herramientas.

### **1.3 Resumen**

El presente proyecto investigativo se realizara mediante un análisis, que va desde la

recopilación de antecedentes y estudios previos de la ejecución y planeación de un proyecto en caso, iniciando con la investigación de los aportes del sistema BIM en Colombia, específicamente en el Municipio de Acacias – Meta y finalizando con el análisis de comparación entre las dos metodologías BIM y tradicional, y la formulación de recomendaciones que puedan reducir los impactos en la planeación de obras.

El enfoque de esta investigación va hacia el sector constructor de Colombia, concretamente en el Municipio de Acacias, pues es bien sabido que el desarrollo de un país deriva del desarrollo de proyectos de infraestructura, los cuales muchas veces tienen grandes deficiencias al realizar una mala planeación, manejando sobrecostos y extensiones de tiempo, haciéndolos más complejos en su ejecución por demoras o adiciones de dinero.

La industria de la construcción debe ser competitiva en cuanto a costo, tiempo y calidad, y para lograr que esto se cumpla se debe garantizar un cumplimiento en cronogramas y presupuestos; el principal obstáculo que la gestión de proyectos debe superar, es asegurarse de que la obra sea entregada dentro de los parámetros definidos en los diseños, el segundo, es la asignación adecuada de los recursos, con el fin de que se cumplan los objetivos propuestos; y el tercero es que tomando en cuenta que las obras de construcción son un sistema seleccionado y secuencial de actividades que demandan un conjunto de recursos como el tiempo, el dinero, los materiales y la calidad, se deben tener muy claros los objetivos predefinidos, generando un eficiente desarrollo en el proyecto.

En cuanto al caso definido, es el Conjunto Multifamiliar Altos de Arguaney, el cual es un proyecto de vivienda multifamiliar, cuenta con 5 torres de 8 pisos, cada piso con 4 apartamentos para un total de 160 apartamentos; donde hasta la fecha se han ejecutado 3 torres en su totalidad, las cuales serán las comparadas entre el presupuesto inicial, el total generado durante su ejecución y el presupuesto total hallado por medio de la Metodología

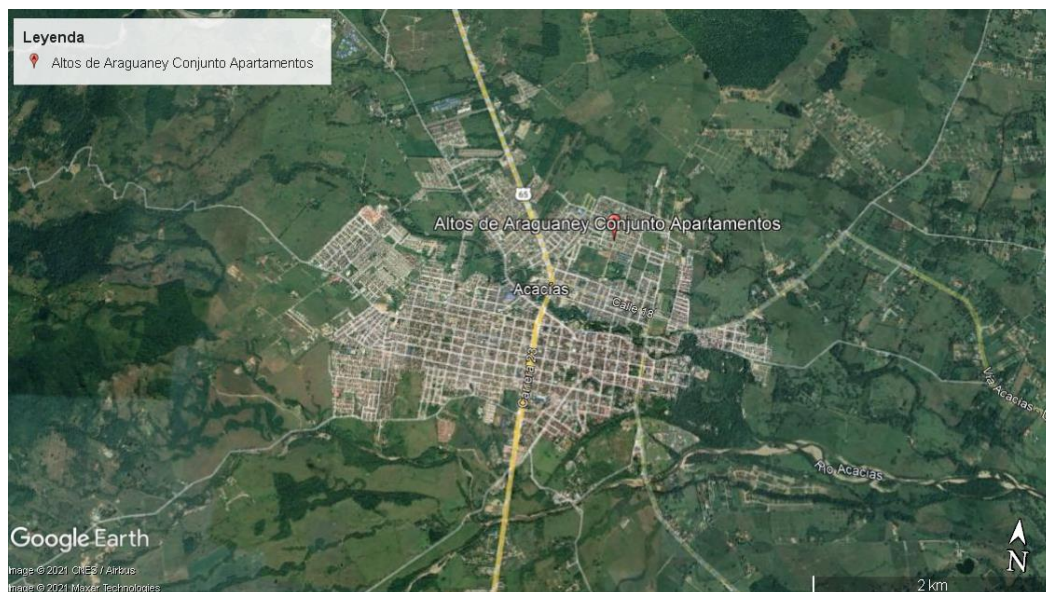
BIM, con el fin de demostrar la eficiencia de esta nueva tecnología para evitar ciertos imprevistos que consumen tiempo y dinero de más.

Por último, la elección de este contenido, se debe a que la ingeniería civil avanza día a día y es necesario mantenerse actualizado en los avances que esta trae consigo, específicamente en herramientas primordiales para la gerencia y planeación de los proyectos, con el fin de posteriormente atribuirse a una buena ejecución, en pro de cumplir con los objetivos de cada proyecto a desarrollar.

Palabras clave: Metodología BIM, planeación, presupuesto, gestión de proyectos, metodología tradicional

#### ***1.4 Localización del proyecto***

El proyecto está ubicado en Colombia, en el Municipio de Acacias, departamento del Meta.



***Ilustración 1. Ubicación Altos de Araguaney (Google Earth)***

Exactamente en la Carrera 24 No.20 – 02, Barrio Araguañey.



Ilustración 2. Ubicación Altos de Araguañey en el Barrio Araguañey

## 2. Planteamiento del problema

### 2.1 Antecedentes

En esta sección se recopiló información de fuentes que han manejado el sistema BIM a nivel mundial y en casos puntuales en Colombia, debido a que la metodología en muchos países se ha venido desarrollando como fuente principal para realizar presupuestos. Por otra parte, se recopilaron planos y el presupuesto inicial con la ayuda del desarrollo de la construcción real y de los estudios previos realizados por la Constructora encargada del proyecto.

### 2.2 Estado del Arte

Tabla 1. Estado del Arte

Nombre	Año	País	¿Qué se hizo?	Resultados
IMPLEMENTACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS	2012	Colombia	Lograr que los equipos de diseño y construcción generen proyectos empleando metodologías BIM desde las primeras fases de diseño no es un proceso sencillo e inmediato. Requiere	El modelo paramétrico generado utilizando herramientas BIM permite una visualización 3D acertada de la edificación; además cuenta con los parámetros necesarios

<p>BIM COMO HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA EDIFICACIÓN EN BOGOTÁ</p>			<p>de tiempo y capacitación adecuada, además de un esfuerzo individual adicional de cada uno de los profesionales involucrados para aprender a utilizar correctamente la herramienta BIM que le permite ejecutar su trabajo de forma eficiente y colaborativa. Por tal razón se presenta este trabajo de grado que expone el caso de un proceso de modelación BIM para una edificación en la Ciudad de Bogotá D.C., Colombia. Se trata entonces de un caso de implementación de metodologías BIM real concebido como una validación de la herramienta para ser usada en el contexto de la construcción a nivel nacional. Para ello se tomó información de un proyecto de construcción que se encontraba en fase constructiva al momento de iniciar el proyecto de investigación. Se generó un modelo BIM 5D con el cual se estableció un comparativo entre los métodos de planificación de</p>	<p>para extracción de cantidades de obra y simulación de cronograma de obra. Es un modelo funcional y versátil que cumple con los requerimientos para considerarse un modelo paramétrico BIM. El modelo paramétrico generado está limitado a parámetros dimensionales y asignaciones de materiales. Aunque los materiales cuentan con las propiedades mecánicas reales, es requisito parametrizar adecuadamente el modelo para obtener cantidades en unidades congruentes con las cantidades suministradas por la empresa. El análisis de cantidades de obra permitió evidenciar la variación porcentual entre las cantidades que presenta la documentación y las extraídas del modelo de Revit para los ítems propuestos. Se obtuvieron variaciones porcentuales casi nulas en algunos ítems demostrando que la metodología es aplicable y funciona si se ejecuta de manera ordenada. No obstante, hubo variaciones porcentuales exageradas para otros ítems, en términos de</p>
---	--	--	--	---



			proyectos tradicionales y BIM en lo referente a la obtención de cantidades de obra, programación de obra y presupuestación	cantidades y presupuestos, debido a limitaciones del modelo por insuficiencia de detalle en los planos de diseño y en los demás documentos de obra que fueron la base de la modelación.
PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS APLICANDO “BUILDING INFORMATION MODELING” UN ESTUDIO DE CASO	2016	México	<p>A nivel internacional existe un avance significativo en materia de tecnologías de información aplicadas al sector de la construcción. En el caso de nuestro país, debido al desconocimiento de las herramientas y nuevos desarrollos tecnológicos se están desaprovechando grandes contribuciones a la productividad del sector.</p> <p>Tradicionalmente, los diseños, la cuantificación de materiales y la programación de obra no se relacionan entre sí y los profesionales trabajan de forma aislada. Esta situación genera múltiples problemas en el momento de la ejecución del proyecto como inconsistencias de diseño, ausencia de programación detallada de actividades, planos obsoletos, entre otros.</p>	<p>El modelo paramétrico generado utilizando herramientas BIM permite una visualización 3D coordinada de la edificación; además cuenta con los parámetros necesarios para extracción de cantidades de obra y simulación de cronograma de obra. El análisis de cantidades de obra permitió evidenciar la variación porcentual entre las cantidades que presenta la documentación y las extraídas del modelo para los ítems propuestos. Se obtuvieron variaciones porcentuales casi nulas en algunos ítems demostrando que la metodología es aplicable y funciona si se ejecuta de manera ordenada. No obstante, hubo variaciones porcentuales exageradas para otros ítems, debido a limitaciones del modelo por insuficiencia de detalle en los planos de</p>

			<p>La disponibilidad de herramientas BIM (Building Information Modeling) en Colombia representa una nueva forma de diseñar, planear, ejecutar y operar proyectos de construcción. El presente artículo está basado en un trabajo de investigación para la aplicación de metodologías BIM al proceso constructivo de una edificación en estructura metálica en la ciudad de Bogotá, con el fin de hacer un análisis comparativo entre los resultados arrojados por el modelo, la documentación de obra y el proceso constructivo real en lo referente al cálculo de cantidades de obra, elaboración de presupuestos y programación de obra para la cimentación, la estructura y los muros interiores. A partir de los resultados obtenidos se logró probar la validez de la metodología BIM para el caso particular y se generaron recomendaciones para su aplicación</p>	<p>diseño y en los demás documentos de obra que fueron la base de la modelación. La simulación aporta la cuarta dimensión (tiempo) al modelo permitiendo una visualización acertada de la programación de obra original. Estas simulaciones facilitan el control posterior de la programación en obra. Mediante la integración del modelo con los Análisis de Precios Unitarios suministrados por la empresa constructora, se logró generar un presupuesto para costos directos (de los ítems propuestos) basado en las cantidades extraídas del modelo utilizando la herramienta Autodesk Quantity Takeoff®.</p>
			<p>La práctica en la construcción de proyectos civiles en el área administrativa ha</p>	<p>Luego de establecer, tanto históricamente, como en metodología, las ventajas de la</p>

PLANEACIÓN BIM: LINEAMIENTOS BASICOS Y BENEFICIOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA FASE DE PLANEACIÓN PARA COMPAÑÍAS DEL SECTOR CONSTRUCTIVO COLOMBIANO	2017	Colombia	demostrado y encontrado una serie de deficiencias en los documentos pactados de diseños e ingeniería. Estos influyen e impactan negativamente durante la etapa de construcción sobre costos y plazos de ejecución de un proyecto y derivan posteriormente a problemas de calidad. La complejidad de los proyectos de edificaciones es cada día mayor, sobre todo en actividades como instalaciones, materiales, insumos y procedimientos que exigen la aplicación no solo de herramientas eficaces de gestión y planificación en la etapa de construcción, sino también de una adecuada revisión, compatibilización y realimentación del proyecto antes de llegar a esa etapa. Para ello la tecnología nos propone un sistema de gestión de la información conocido como BIM (Building Information Modeling) que nos permite compatibilizar e integrar el diseño del proyecto por anticipado y mucho antes de llegar a	implementación BIM en los procesos de planeación en las compañías constructoras en el país se lograron llegar a las siguientes conclusiones; se lograron establecer los beneficios correspondientes a análisis realizado durante el proceso de planeación de un proyecto utilizando la metodología BIM, basándonos en los autores citados en el Trabajo de grado, donde se logra evidenciar: El ahorro de tiempos en programación en un 20% de acuerdo a los tiempos que se gasta con la metodología existente , la disminución en reprocesos en diseño y posibles errores en el proceso constructivo. Predicciones en flujo de caja para tomas de decisiones tempranas y estratégicas a beneficio del proyecto. Presupuestos acertados que contemplen todas las posibilidades constructivas del proyecto reduciendo los imprevistos en un 90%. Base de datos de largo tiempo y retroalimentación al instante a futuros proyectos hasta el cierre y fin de cada uno de
---	------	----------	--	--

			<p>campo, eliminando desperdicios, costo y tiempo de esta manera generar los más altos estándares de calidad.</p>	<p>ellos. Cambios al instante y automáticos en los planos, y envíos digitales a los constructores. Aplicación en 4D de la tecnología para visualización en tiempo real de los procesos constructivos acertados antes de la construcción real.</p>
<p>COORDINACION DE UN PROYECTO DE EDIFICACION MEDIANTE METODOLOGÍAS BIM – CASO DE ESTUDIO EDIFICIO TEQUENDAMA II - PERMODA</p>	2019	Colombia	<p>El mundo de la ingeniería siempre está en constante innovación y en busca de optimizar los procesos que se llevan a cabo en el mismo, BIM (Building Information Modeling) en español modelado de información para la edificación, es una metodología la cual se ha venido implementando en el país desde hace unos años ya, que permite la gestión integral de proyectos de edificaciones e infraestructura en todas sus fases, desde un simple esquema en modelado 3d hasta lograr obtener una composición centralizada de información específica del proyecto abarcando todas las áreas del mismo planificación, diseño, construcción en tiempo real entre</p>	<p>En nivel de detalle (LOD) es uno de los parámetros iniciales que establece que cantidad de información se quiere asociar al modelo, un LOD más alto puede llegar a involucrar información hasta de gasto energético de los diferentes componentes, por eso antes de realizar la implementación BIM en cualquier fase de un proyecto es importante definir ese nivel de detalle con el que se trabajara posteriormente, ya que dé él depende la calidad y cantidad de información que tenga el modelo final. Se evidencio que la implementación BIM al caso de estudio puede conllevar errores, surgiendo reprocesos en algunas etapas, la mejor forma de evitar estos fallos es identificando y analizando la información que se tenga inicialmente con</p>

			<p>otras, vinculando permanentemente durante todo el ciclo de vida del proyecto dichas áreas.</p> <p>Involucrando factores tan importantes para un proyecto como presupuesto, cronograma, mano de obra, materiales, interferencias de diseño. la metodología BIM es mucho más que un modelado en 3d y ha llegado para remplazar al sistema tradicional CAD que simplemente imita el proceso de lápiz y papel en 2d, que no ayuda a visualizar muy bien y tener una idea más completa de lo que se quiere llevar a cabo. Gracias a la implementación BIM en los proyectos se logra una optimización de los procesos lo cual se traduce en una mayor calidad y mayor rentabilidad para las empresas que hacen uso de esta metodología ya que como se mencionó anteriormente la información del proyecto está centralizada por lo cual si se cambia un simple detalle en el modelo ya creado cambiara toda la base de datos del mismo</p>	<p>el fin de plantear una metodología de trabajo acertada. Es importante mencionar que la correcta coordinación e implementación BIM 4D y 5D a un proyecto de construcción depende en gran parte de las configuraciones paramétricas iniciales que se le dé al modelo, ya que, si surgen errores en dichos procesos, en las fases siguientes como el cálculo de cantidades ocurrirían imprecisiones de cuantificación etc. Para realizar un modelo BIM 4D Y 5D acertado es necesario contemplar cada una de las actividades constructivas proyectadas en una obra y tener claros los conceptos de la misma, estableciendo y siguiendo la secuencia lógica de las etapas de ejecución de obra elegidas. Gracias al uso de la metodología BIM 4D y 5D se puede realizar una mejor planificación y visualización de las actividades constructivas y gestión de costos a desarrollar, anticipándose a los problemas que se puedan generar en obra, dando una solución mucho más acertada en</p>
--	--	--	--	---

			ajustando todos los elementos involucrados en tiempo real.	momentos cruciales de la línea de tiempo del proyecto.
“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM, EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN LA EMPRESA CCI INGENIEROS DEL PERÚ S.R.L. EN CAJAMARCA 2020”	2020	Perú	La investigación tiene como objetivo principal la implementación de la metodología BIM, también se determinará la factibilidad económica de implementación, se realizará el modelamiento y comparación de presupuestos de una vivienda multifamiliar de la empresa CCI Ingenieros del Perú SRL, en la provincia de Cajamarca. La investigación nace por la necesidad de solucionar el problema en la empresa, donde existe inconsistencias y deficiencias en los expedientes técnicos, lo que origina en la etapa de ejecución de obra, sobrecostos, demoras y conflictos con los clientes; la empresa tendrá que sacrificar parte de su utilidad para realizar trabajos no considerados en el expediente realizado por el método convencional, y el cliente se verá afectado por la adición de presupuestos adicionales que tendrá que pagar para que se	Se logra determinar el impacto en el presupuesto que es un 3.60% menor que el presupuesto obtenido de manera convencional; debido a la exactitud del metrado del modelado Revit y la visualización 3D del diseño que se realiza paralelamente al realizar el diseño; ya que en la metodología BIM no hay errores en el metrado debido al factor humano, ya que el cálculo lo realiza el programa. Debido a que el presupuesto obtenido se realizó en base al metrado calculado al realizar el modelamiento de la edificación en el programa Revit, lo que demuestra su flexibilidad y adaptabilidad de diseño. En consecuencia se concluye que existe diferencias en los presupuestos obtenidos de diferentes maneras, es por ello que al realizar el comparativo de presupuestos de cada especialidad se tiene que la especialidad de arquitectura el presupuesto Revit es menor en 7.10% a comparación del

			<p>concluya la obra. Está investigación es descriptiva, donde se ha recopilado información respecto al expediente técnico de la edificación, así mismo se ha realizado el modelado en Revit, donde ambos presupuestos obtenidos fueron analizados y comparados, para determinar cómo afecta la implementación de esta metodología en el presupuesto. En conclusión, la implementación de la metodología BIM sí logra influir en un 3.60% el presupuesto de obra de las partidas analizadas.</p>	<p>presupuesto convencional, así mismo en la especialidad de estructuras también el presupuesto Revit es menor en un 4.95%, así mismo el presupuesto de instalaciones sanitarias, también es menor pero en un 6.09%, mientras que en las instalaciones eléctricas el presupuesto Revit es mayor en 12.8% a comparación del presupuesto convencional.</p>
<p>DESARROLLO DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN CON LA METODOLOGÍA BIM: EDIFICIO EL OLMO (LLÍRIA)</p>	2014	ESPAÑA	<p>Durante estos últimos años se está dando a conocer una nueva metodología de realización de proyectos de construcción llamada Building Information Modeling (BIM), en los sectores de la arquitectura, ingeniería y construcción, que está llamada a ser el futuro. Con este Trabajo Fin de Grado, se pretende comparar y demostrar la eficacia de la metodología BIM frente la metodología tradicional de</p>	<p>Es evidente que la metodología BIM nos aporta muchas ventajas a la hora de elaborar un proyecto, pero ello no significa que debamos abandonar por completo la metodología tradicional. De hecho, podemos aprovecharnos de ella y complementarla con la metodología BIM. Entendemos que se trata de un camino duro de recorrer y que las limitaciones al principio sean considerables. El obstáculo más difícil de superar es el cambio de metodología de trabajo</p>

			<p>elaboración de proyectos. Para llegar alcanzar dicho objetivo, se ha realizado un trabajo teórico y otro práctico. Por un lado, con la parte teórica se pretende explicar la metodología BIM y las diferencias existentes frente a la metodología tradicional. Por otro lado, en la parte práctica, se demostrará la eficacia de esta metodología desarrollando un modelo BIM del edificio el Olmo situado en la localidad valenciana de Lliria.</p>	<p>y todo lo que ello conlleva. Pero, como se indica en el trabajo, a largo plazo, esta inversión da sus frutos. Aun así, por mucho que hablemos del gran potencial del BIM, el proceso de migración hasta esta metodología será lento y de manera exponencial, ya que BIM, desgraciadamente, sigue siendo todavía un término bastante desconocido en nuestro país. Trabajo Fin de Grado Héctor Ferrer Sánchez Grado en Arquitectura Técnica – ETS de Ingeniería de Edificación – Universitat Politècnica de València Desarrollo de un proyecto de construcción con la metodología BIM: Edificio el Olmo (Lliria) 103/111 Finalmente, como opinión personal, una vez redactado mi TFG sobre la metodología BIM, he llegado a la conclusión de que esta metodología está llamada a ser el futuro de nuestra profesión.</p>
--	--	--	---	---



## 2.3 Diseños del proyecto

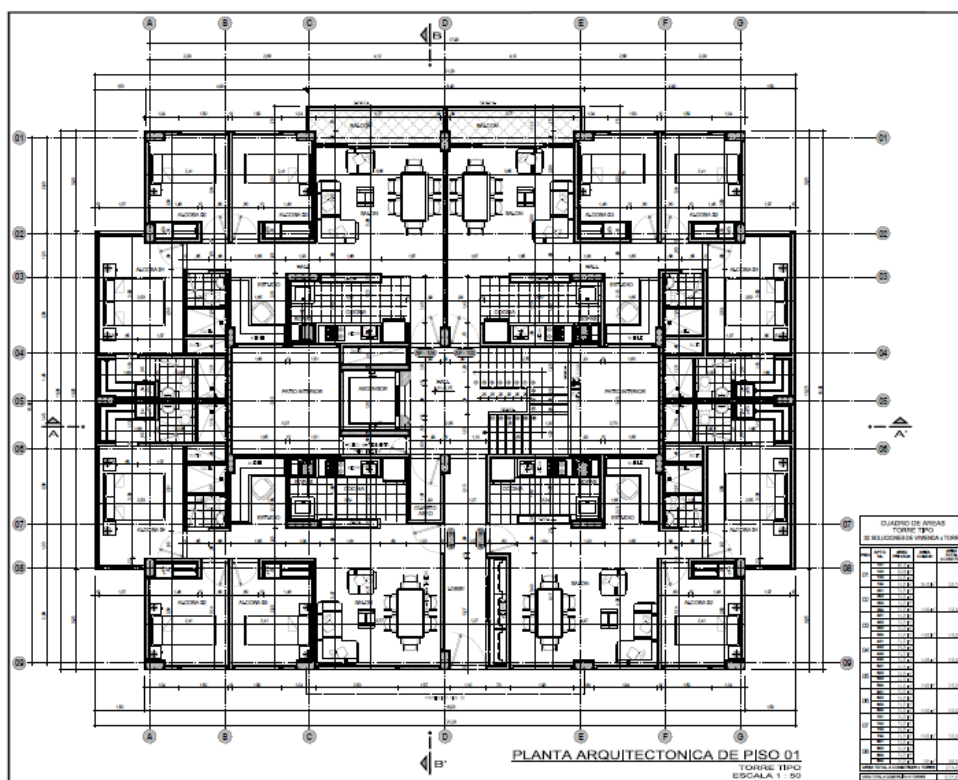


Ilustración 3.Plano Planta Arquitectónica piso 01

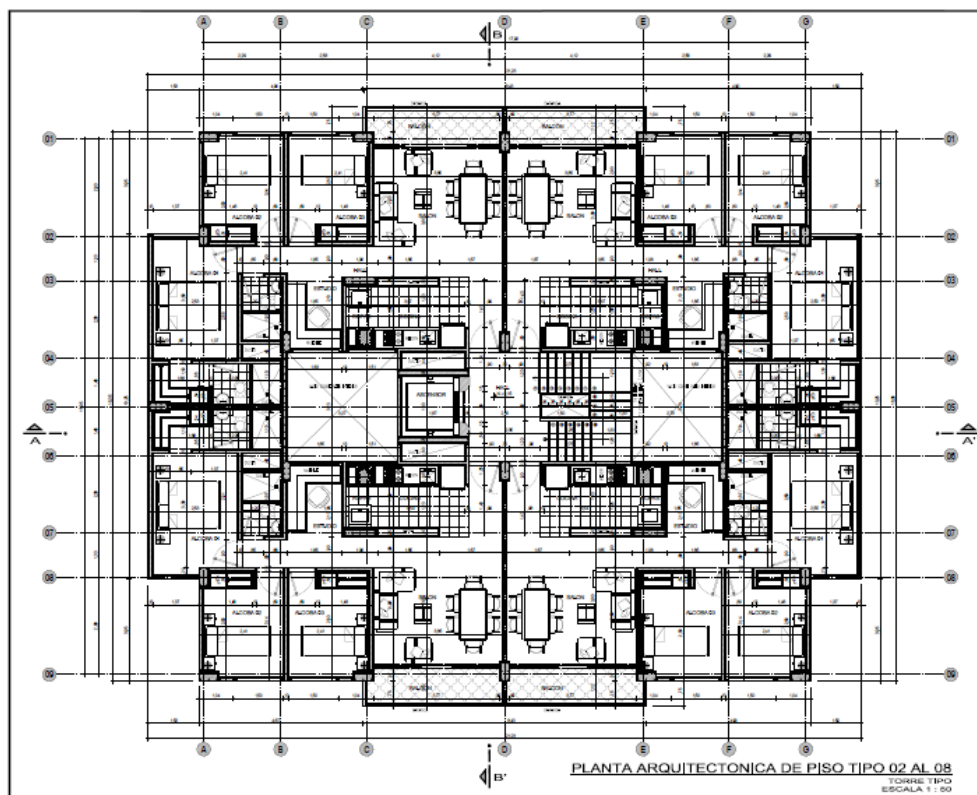
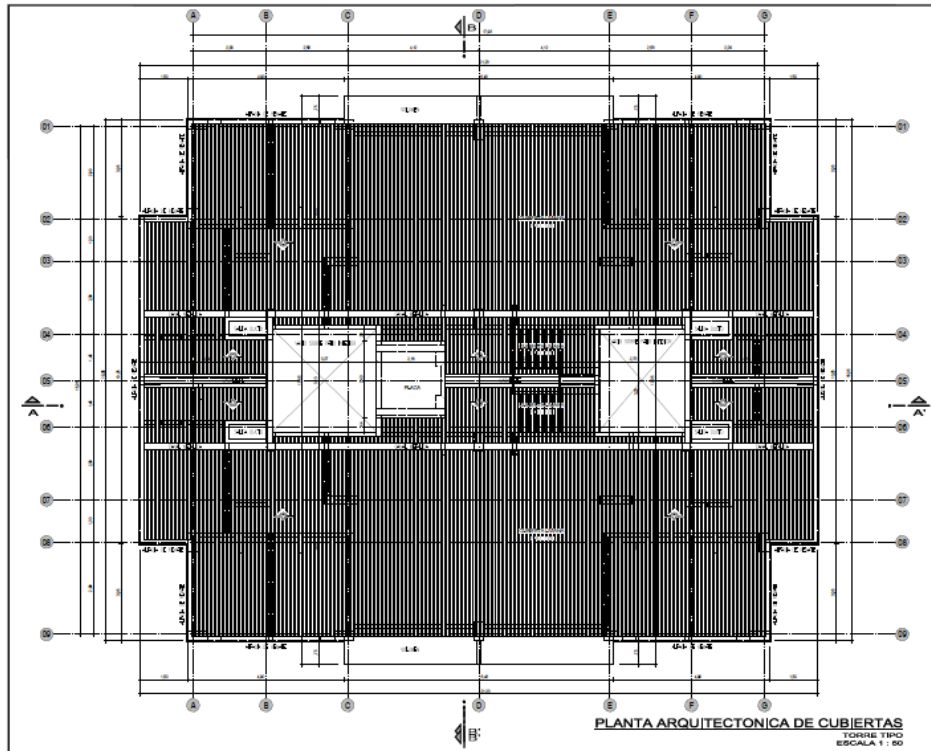


Ilustración 4.Plano Planta Arquitectónica Tipo del piso 2 al 8



*Ilustración 5. Plano Arquitectónico Planta Cubierta*



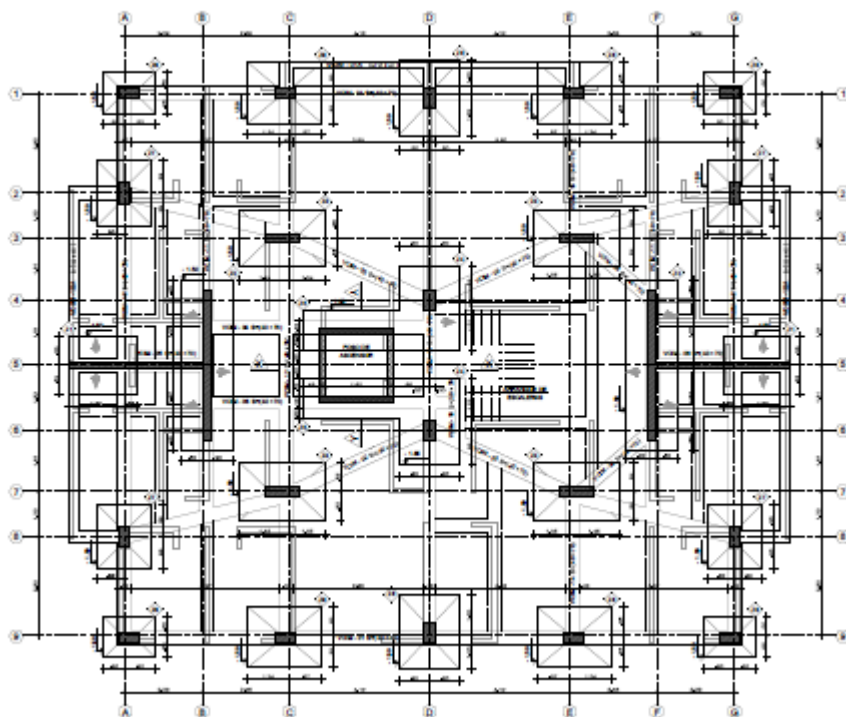
*Ilustración 6. Plano Corte Longitudinal A-A*



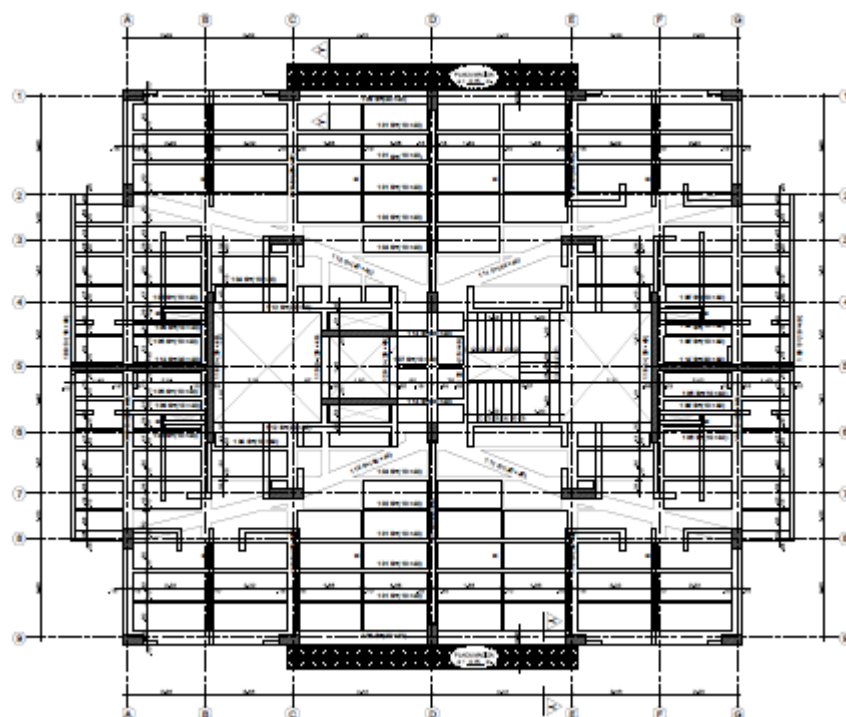
*Ilustración 7. Plano Fachada Principal*



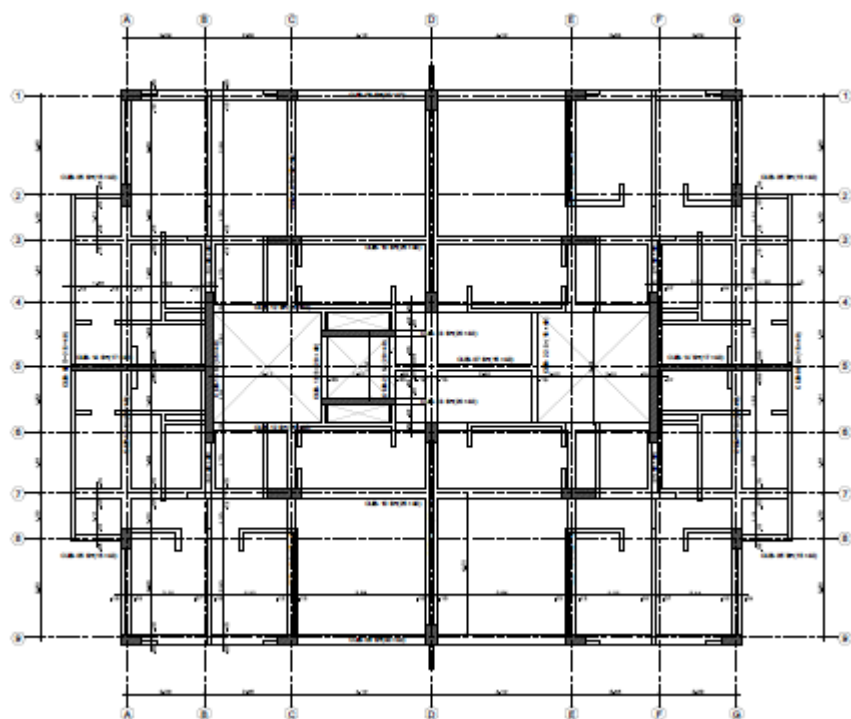
*Ilustración 8. Plano Fachada Posterior*



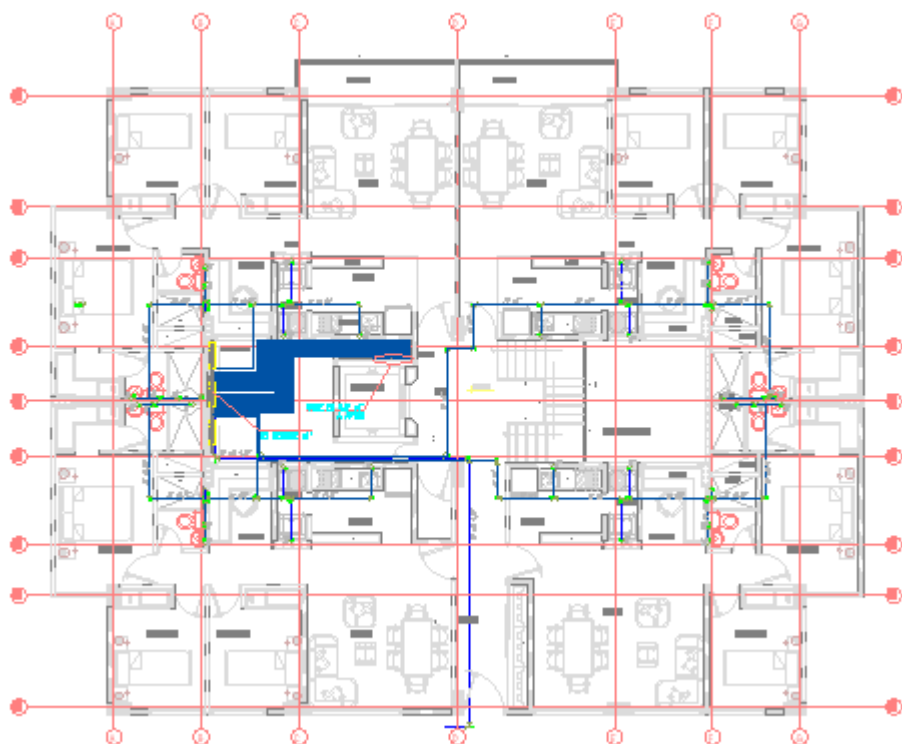
*Ilustración 9. Plano Estructural Planta de Cimentación*



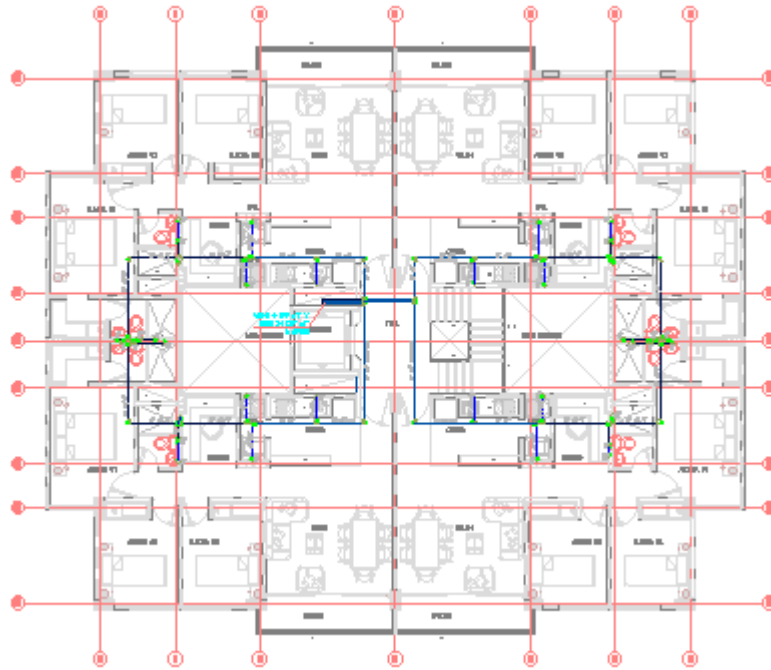
*Ilustración 10. Plan Estructural del Piso 2 al 8*



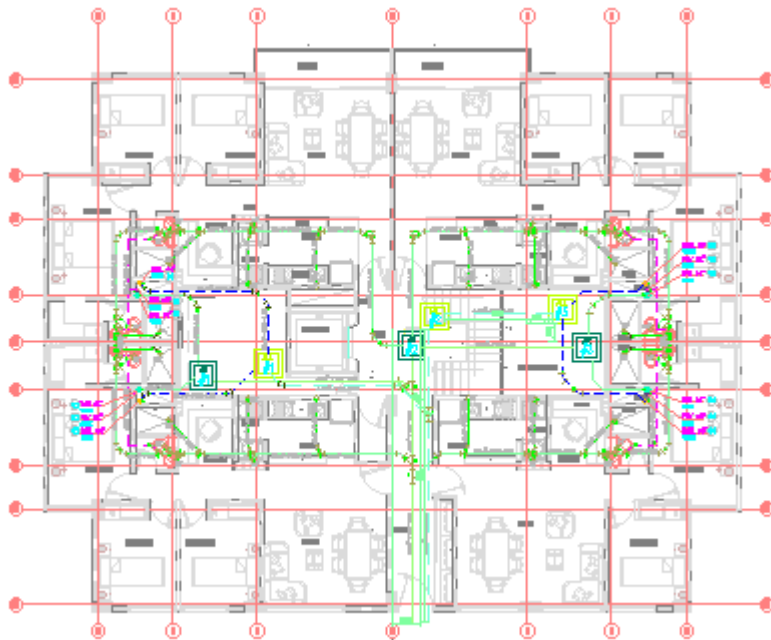
*Ilustración 11. Plano Estructural Cubierta*



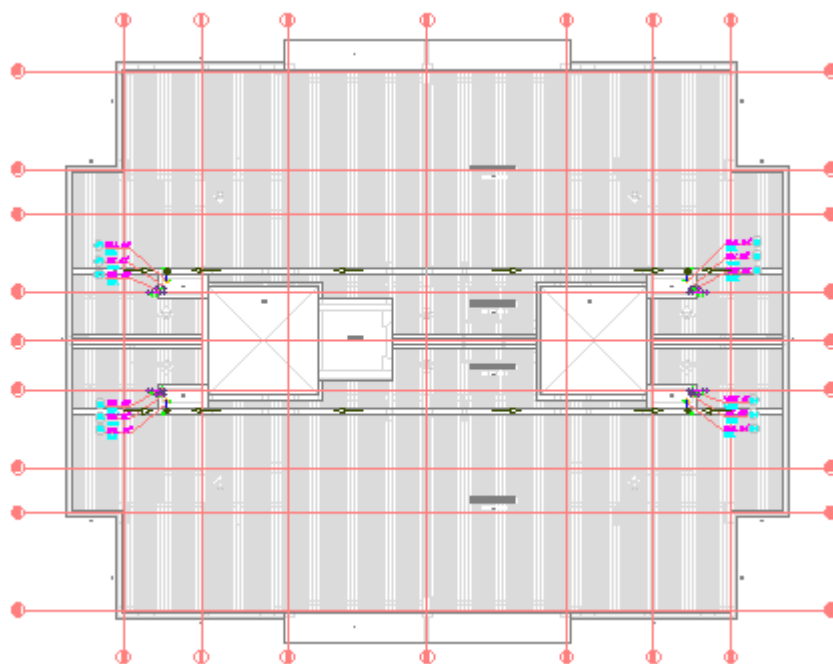
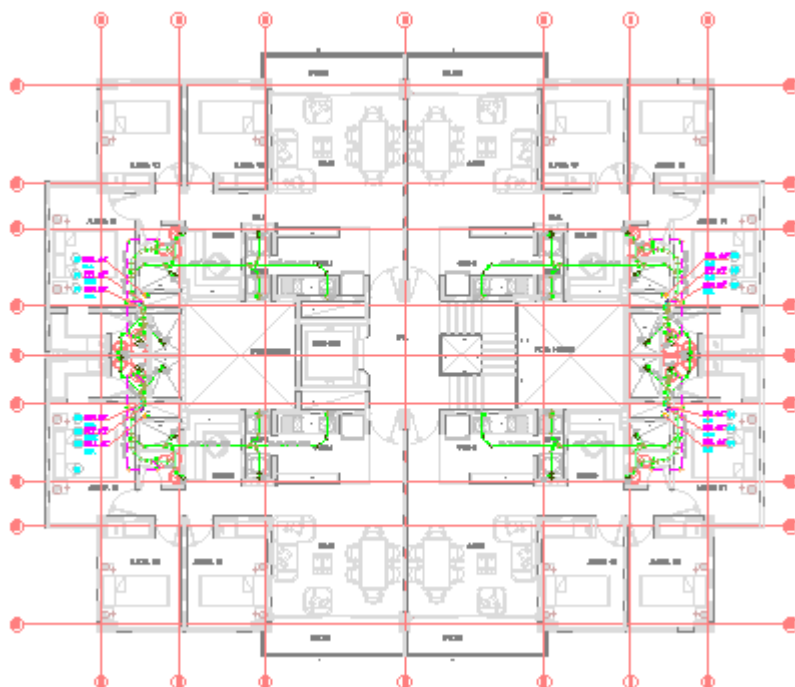
*Ilustración 12. Plano Hidráulico. Suministro Piso 1*

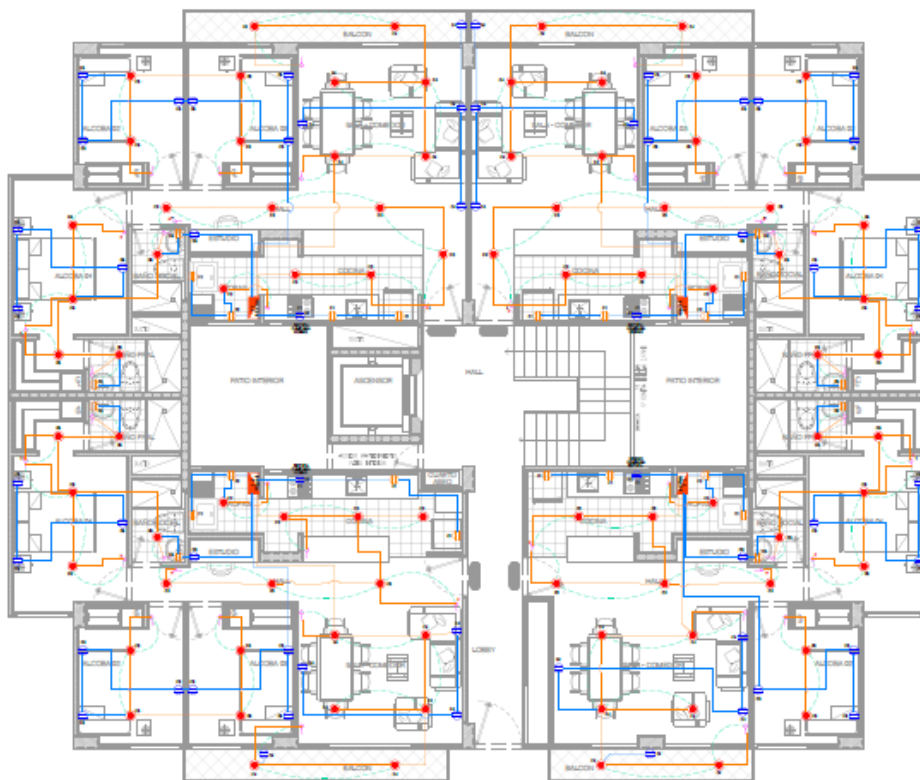


*Ilustración 13. Plano Hidráulico. Suministro Piso 2 al 8*

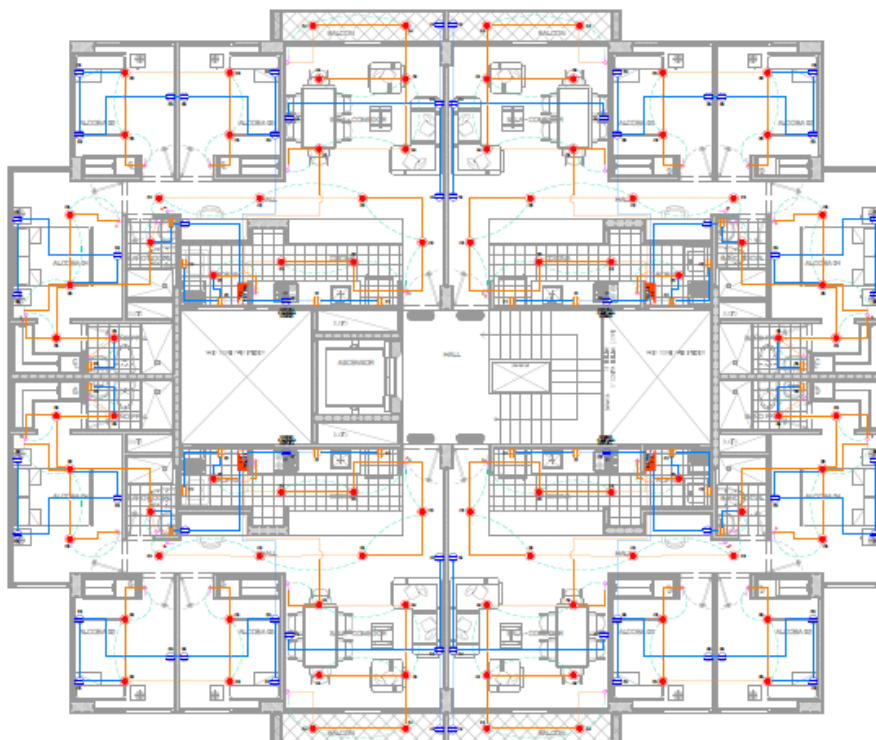


*Ilustración 14. Plano Sanitario Piso 1*



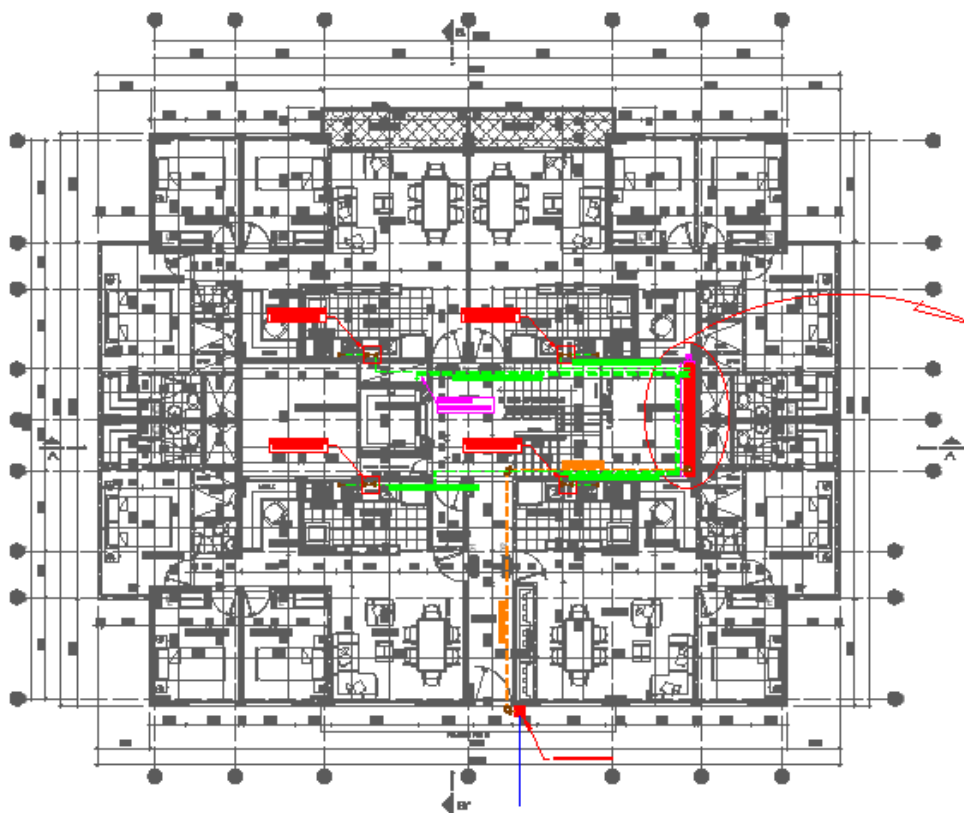


*Ilustración 17. Plano Eléctrico Piso 1*



*Ilustración 18. Plano Eléctrico Piso 2 al 8*





*Ilustración 19. Plano de Gas Piso 1 al 8*

## **2.4 Presupuesto Tradicional**

El presente presupuesto fue realizado de forma tradicional por la constructora encargada de desarrollar el proyecto. El proyecto está en su fase 2, la cual corresponde a la construcción de las torres 4 y 5, sin embargo, a continuación se muestra el presupuesto real ejecutado para cada una de las torres.

*Tabla 2. Presupuesto Real por Torre*

ITEM	DESCRIPCION	VALOR TOTAL METODO TRADICIONAL REAL
1,00	Localización y Replanteo	\$ 2.029.500,00
2,00	Contrato de Estructura	\$ 1.023.100.438,00

3,00	Contrato de Mampostería, Columnetas, Dinteles y Pañete (Todo Costo), Incluye filos, Cubierta, Puntos Fijos, Alistados, Enchapes.	\$ 608.279.230,00
4,00	Contrato de alistado de apartamento, patios, y acceso.	\$ 44.164.208,00
5,00	Contrato Hidrosanitario I (Todo Costo)	\$ 129.589.300,00
6,00	Contrato Eléctrico Interior Torre (Todo Costo)	\$ 191.500.705,00
7,00	Contrato de Gas (Todo Costo) + Matriculas	\$ 24.414.744,00
1,00	Contrato de Ventanería	\$ 93.587.774,00
1,00	Barandas de Balcón y Barandas Internas Escaleras. Se entrega Pintado todos los elementos.	\$ 20.887.302,00
1,00	Contrato Puerta de Acceso a Torre incluye sistema de seguridad, Puertas metálicas	\$ 625.000,00
1,00	Contrato de Carpintería, Puertas de Acceso a apartamentos, puertas de baño y hab. Ppal.	\$ 30.461.680,00
1,00	Contrato Ascensor y Nichos	\$ 105.848.404,00
1,00	Graniplast y puntos fijos internos	\$ 59.443.164,00
1,00	Acabados de Apartamentos (baños, cerámica y cocina)	\$ 210.848.685,00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>		\$ 7.634.340.402,00
<b>A</b>	<b>13%</b>	<b>\$ 806.171.389,00</b>
<b>I</b>	<b>2%</b>	<b>\$ 124.026.368,00</b>
<b>U</b>	<b>3%</b>	<b>\$ 186.039.551,00</b>
<b>TOTAL COSTOS + AIU</b>		<b>\$ 8.750.577.710,00</b>

Este presupuesto se presenta de esta forma, debido a que toda la ejecución fue realizada por contratos a todo costo, de los cuales estaba encargado cada profesional.

## ***2.5 Planteamiento del Problema***

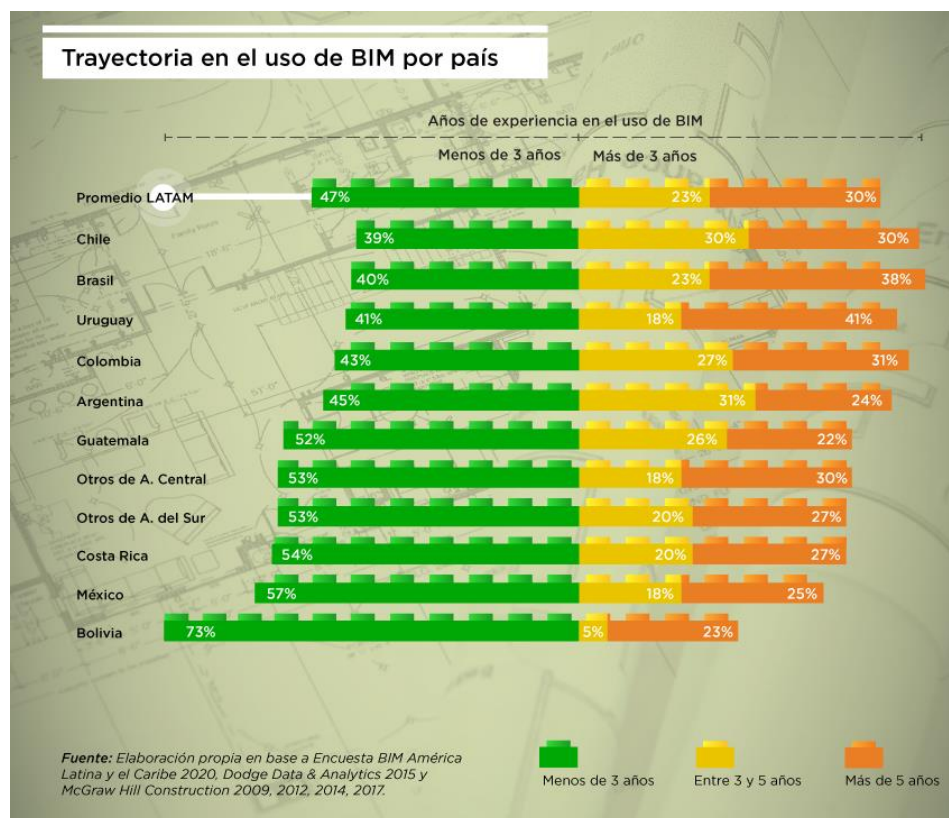
Actualmente, desde la planeación de un proyecto se logran ver falencias para el desarrollo del mismo, puesto que es realizado por un grupo multidisciplinario de profesionales, lo que genera una gran cantidad de planos y diseños primordiales para la ejecución del mismo, entre estos están los planos topográficos, arquitectónicos, estructurales, hidráulicos, sanitarios y eléctricos, con los cuales se determinan las respectivas actividades o ítems a desarrollar, las cantidades y posteriormente sus precios de construcción, ya sean públicos o precios reales por cotización, todo esto con el fin de generar un buen presupuesto final de obra.

Toda esta reunión interdisciplinar puede afectar directamente el proyecto, debido a que cada profesional tiene una perspectiva diferente frente al proceso constructivo, lectura de planos e identificación de imprevistos a la hora de la ejecución, por lo mismo, se hace necesario mantener el proyecto de una forma monolítica, para lograr un trabajo coordinado y una comunicación asertiva entre los diversos profesionales y evitar en lo posible actividades no previstas e incremento de costos de mano de obra, maquinaria o materiales debido al aumento en los tiempos de construcción, que en conjunto representan sobrecostos que pueden poner en riesgo la culminación del proyecto a realizar.

Este método, generado tradicionalmente por el sector constructor para la planificación y ejecución de un proyecto, ha traído consigo muchas falencias, por lo tanto se han creado nuevas tecnologías, con el fin de facilitar y mantener en un solo método toda la información requerida, para que todos los profesionales involucrados tengan una misma visión frente al proyecto.

Esta tecnología es el sistema BIM, el cual es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, con el objetivo de centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes.

Esta modelación BIM se ha esparcido por el mundo, logrando la eficiencia en la planeación de un proyecto y evitando errores en la ejecución del mismo, sin embargo, en Latinoamérica, específicamente en Colombia, son muy pocas las empresas constructoras que manejan estas tecnologías, como se muestra en la ilustración 9.



*Ilustración 20. Trayectoria de BIM por país (BID Mejorando Vidas)*

Por otro lado, actualmente en Colombia hay en marcha dos proyectos insignias de la apertura del sector de la construcción al BIM en la ciudad de Bogotá, la Torre Atrio y la primera línea del Metro de Bogotá, las cuales se presentan como ejemplo de las ventajas del BIM sobre el método tradicional.

Sin embargo en Municipios como Acacias ubicado en el Departamento del Meta, esta tecnología no se ha implementado, debido a usualmente se maneja en empresas grandes con proyectos de

gran magnitud y en empresas emprendiendo es muy poco visible este método, porque por sus proyectos los prefieren manejar por el método tradicional el cual creen que es más confiable.

### **3. *Alcance***

El proyecto tiene como finalidad la implementación del sistema BIM por medio de los programas Revit y Primus, desarrollando la gestión del proyecto Altos de Araguañey ubicado en Acacias Meta, donde se realizará la comparación final entre este método y un método tradicional con documentos ya obtenidos que ayudaran para el planteamiento desde su prefactibilidad hasta su ejecución. Este proyecto como tal, solo realizara la primera fase de factibilidad y presupuesto, con todo lo que se tiene del proyecto, toda vez que ya está en ejecución la construcción.

### **4. *Justificación***

¿Porque decidió utilizar esa variable?

Se decidió utilizar la metodología BIM debido a que se pretende desarrollar un proyecto de gran magnitud, por lo que esta modalidad, es una muy buena alternativa para el desarrollo de proyectos, dando más eficiencia en todas sus fases (planeación, gestión, ejecución y cierre).

¿Para que servirá?

La investigación tiene como propósito mostrar el aporte de la Metodología Bim en un proyecto, con el fin de observar los beneficios que trae consigo desde la prefactibilidad hasta su cierre, teniendo toda la información requerida en un solo sistema, a diferencia del método tradicional, donde se debe tener un orden específico para mantener la información necesaria y obtener un buen desarrollo en cada paso del proyecto.

¿Qué beneficios genera esta investigación?

El proyecto al ser desarrollado por esta modalidad, podrá ser tomado como referencia para el planteamiento de otros proyectos a futuro que se quieran desarrollar tanto en la zona

como en el país, teniendo en cuenta que la Metodología BIM enlaza el diseño, la construcción y la operación de todo proyecto hasta su cierre.

¿Quiénes son los beneficiarios y de qué manera se beneficiarán?

La parte beneficiada es el gremio constructor, puesto que puede tomar como ejemplo el proyecto a desarrollar por Metodología BIM para sus futuras construcciones, puesto que esta modalidad potencia el conocimiento en obras civiles.

## **5. *Objetivos***

### **5.1 *Objetivo general***

Desarrollar y comparar los resultados obtenidos a través de la metodología BIM (Building Information Modeling) con la metodología tradicional de la vivienda multifamiliar Altos de Araguañey en el municipio de Acacias Meta, teniendo en cuenta los costos y cantidades que generan el presupuesto.

### **5.2 *Objetivos específicos***

- Recopilar la información del proyecto (planos arquitectónicos, estructurales, eléctricos, hidráulicos y de gas) con el fin de generar un modelo 3D en el software REVIT.
- Obtener las cantidades precisas y el presupuesto por medio de BIM, generándolo por medio de la extensión PRIMUS que se obtiene de la modelación en REVIT.
- Comparar el presupuesto total del proyecto obtenido por modelación BIM con el presupuesto obtenido por la metodología tradicional

## **6. *Marcos de Referencia***

### **6.1 *Marco Teorico***

La Metodología BIM (Building Information Modeling) es un nuevo acercamiento al diseño, construcción y gestión de los edificios. Se trata de una metodología que enfoca desde

un punto de vista diferente el modo de entender los edificios, su funcionamiento y la manera en la que estos mismos se construyen.

En la industria de la construcción, la incompatibilidad entre sistemas generalmente impide que los miembros del equipo de proyecto puedan intercambiar la información de manera precisa y rápida; este hecho es la causa de numerosos problemas en el proyecto como pueden ser el aumento de costos y tiempos.

La adopción de una metodología BIM y el uso de modelos digitales integrados durante todo el ciclo de vida del edificio supone un paso en la buena dirección para la eliminación de costos resultantes de una incorrecta operación de datos.

El ciclo de vida del proyecto es un conjunto de fases, generalmente secuenciales y en ocasiones superpuestas, cuyo nombre y número se determinan por las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto, la naturaleza propia del proyecto y su área de aplicación. El ciclo de vida del proyecto puede ser determinado o conformado por los aspectos únicos de la organización. Mientras que cada proyecto tiene un inicio y un final definidos, los entregables específicos y las actividades que se llevan a cabo entre éstos variarán ampliamente de acuerdo con el proyecto. El ciclo de vida proporciona el marco de referencia básico para dirigir el proyecto, independientemente del trabajo específico involucrado

### **Características del ciclo de vida**

Los proyectos varían en tamaño y complejidad. Sin importar cuán pequeños o grandes, o cuán sencillos o complejos sean, Los proyectos de construcción que ejercen un control y supervisión constante en cada una de sus etapas pueden configurarse dentro de la siguiente estructura.

- Inicio

Adquisición del terreno adecuado para el desarrollo del proyecto. Como variables Teniendo en cuenta el análisis para la adquisición del lote se elabora el análisis de prefactibilidad técnica donde se plasma la norma aplicable, mediante un esquema básico de diseño arquitectónico cuyo resultado final son las unidades de vivienda, las áreas construidas y vendibles. Definir el valor total de las ventas del proyecto y su estructura de costos, en donde se tiene una visión general de todos los costos incluido el valor por el cual se puede adquirir el lote objeto del estudio de la prefactibilidad técnica, económica y legal.

- Planeación

Una vez se adquiere el lote se da inicio al anteproyecto arquitectónico, el cual evoluciona a proyecto arquitectónico, con el cual se inician los diseños para ventas con planos publicitarios, material de publicidad, especificaciones de acabados y de construcción. Paralelo a este trabajo de ventas se inicia la coordinación de los diseños urbanísticos, estructurales, hidráulicos, eléctricos, y de gas para la obtención de la licencia de construcción y los planos de construcción, se elaboran los presupuestos de costos directos, indirectos, de ventas, administrativos y financieros.

- Ejecución.

El primer paso es definir las actividades preliminares de localización y las de abastecimiento de materiales, entrega de productos e inversiones. Igualmente, se determinan aspectos como tecnología, maquinaria, procesos, equipos, recursos humanos, edificaciones. La organización de las actividades se hará a través de un cronograma detallado basada en una EDT (Estructura Desglosada de Trabajo)



[13], que contenga las actividades que a lo largo del proyecto se desarrollarán con el fin de darle alcance, seguimiento y control, minimizando costos y tiempos.

- Cierre / Entrega.

Una vez concluido la construcción, cuando los inmuebles listos para ser entregados a los propietarios, habiendo cumplido con todos los requisitos legales y de pagos pactados por la compra y financiación del inmueble. Los edificios residenciales o viviendas multifamiliares se refieren a la agrupación de unidades de viviendas en vertical, los cuales se pueden clasificar según su altura y densidad, dejando a un lado por los momentos el tipo de gestión para su construcción, mantenimiento o hasta su tipo de ocupación.

Dirigir un proyecto por lo general incluye, entre otros aspectos: Identificar requisitos; abordar las diversas necesidades, inquietudes y expectativas de los interesados en la planificación y la ejecución del proyecto; establecer, mantener y realizar comunicaciones activas, eficaces y de naturaleza colaborativa entre los interesados; gestionar a los interesados para cumplir los requisitos del proyecto y generar los entregables del mismo y equilibrar las restricciones contrapuestas del proyecto que incluyen el alcance, la calidad, el cronograma, el presupuesto, los recursos y los riesgos.

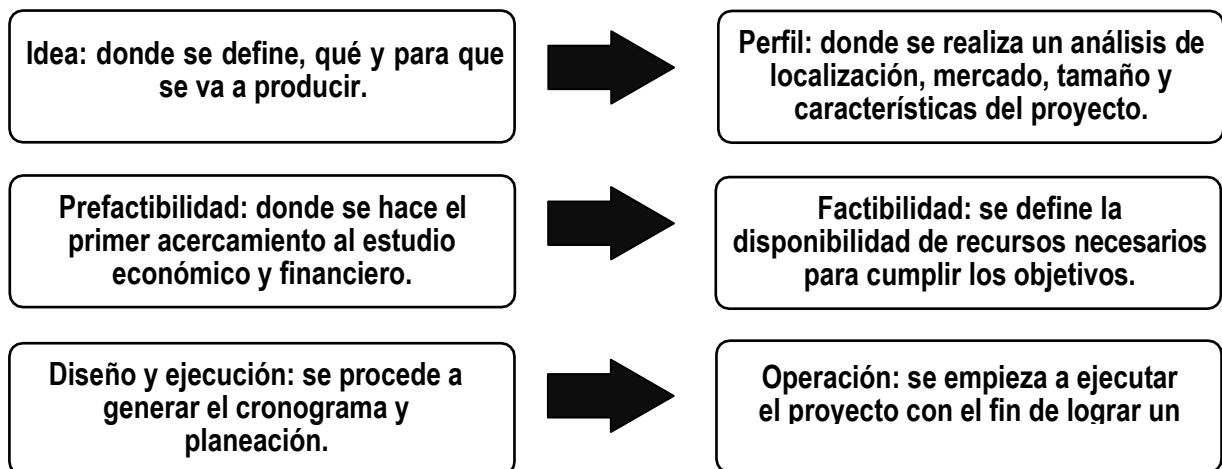
Las características específicas del proyecto y las circunstancias pueden influir sobre las restricciones en las que el equipo de dirección del proyecto necesita concentrarse. La relación entre estos factores es tal que, si alguno de ellos cambia, es probable que al menos otro de ellos se vea afectado.

El proyecto ALTOS DE ARAGUANEY busca la construcción de apartamentos ubicados en el barrio Araguañey de Acacias- Meta son proyectos de vivienda privados pero que cuentan con los subsidios que ofrece el gobierno a las personas que ganan menos de 2 SMLV, este proyecto está a cargo de la Constructora PAXCO SAS, que tuvieron inicio

en enero del 2017 y consta de tres habitaciones, sala comedora, estudio, zona de ropas, dos baños, el proyecto va a contar con 5 torres de 8 pisos, cada una con 32 apartamentos, para un total de 160 apartamentos. Este proyecto cuenta con varias comodidades como piscina, parque infantil, vigilancia privada, parqueadero, entre otras.

## 6.2 Marco Conceptual

- **Ciclo de vida de un proyecto**



*Ilustración 21. Ciclo de Vida de un proyecto*

- **Gestión del tiempo.**

Incluye todos los procesos necesarios para optimizar el tiempo y lograr la conclusión exitosa del proyecto, pues este elemento puede ser un enemigo o un aliado a la hora de llevar a cabo una obra, debido a que es un recurso escaso y si no se controla en función de las prioridades empieza a jugar en contra ya que no se puede comprar, atrapar, detener o regresar.

Manejar el tiempo no es trabajar de prisa sino planificar y agendar las actividades diarias y así obtener los mejores resultados; los enemigos de la gestión del tiempo son: no

presupuestar bien el tiempo, confusión en las prioridades, el desorden, la falta de concentración, la impuntualidad, entre otros.

- ***Planificación estratégica.***

Consiste en determinar la ideal dirección que debe tener un proyecto para conseguir los objetivos esperados a mediano y largo plazo; se debe hacer un análisis de las oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades para elaborar un diagnóstico concreto de la situación interna y externa del proyecto, y de esta manera se busca generar éxito al final del proyecto.

- ***Importancia de un buen cronograma.***

Una de las principales e importantes características de una buena planificación se basa en la correcta realización del cronograma donde se debe realizar un análisis adecuado de cada una de las actividades para asignar tiempos, recursos económicos y el personal idóneo encargado, para dar cumplimiento a cada tarea. El éxito de un cronograma y finalización del proyecto se basa en el cumplimiento de la planeación dada al inicio de una obra en especial respecto a los tiempos, pero sin descuidar la calidad, garantizando la secuencia de actividades y esto gracias a que se debe tener fechas de inicio y fin para todas y cada una de las actividades.

- ***Actividades en un proyecto de construcción.***

Las actividades de un proyecto de construcción se llevan a cabo de manera secuencial debido a que cada una de ellas depende de su antecesora, es por ello que cada uno de los tiempos deben estar estrictamente establecidos y de su cumplimiento depende la correcta y eficaz conclusión de la obra.

Todas las actividades al ser complejas y demandar fuentes de ingresos elevados promueven el correcto cumplimiento el cual se va a ver reflejado gracias a un control pertinente.

### ***6.3 Marco Legal***

ISO 19650: es una norma internacional de gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo construido utilizando el modelado de información para la edificación (BIM o Building Information Modelling). que estandariza la creación, gestión y uso de información BIM y sirve como base para esta investigación. La estrategia adoptada en este trabajo es la Investigación Constructiva, que se utiliza para resolver problemas prácticos en las áreas de arquitectura e ingeniería. En todo el mundo, BIM está cambiando profundamente las prácticas laborales tradicionales en la industria de la construcción. Por tanto, los procesos y protocolos estandarizados son importantes para definir las nuevas responsabilidades, así como las mejores prácticas para que la gestión y el uso de los datos resultantes del trabajo BIM se realicen correctamente.

## ***7. Metodología***

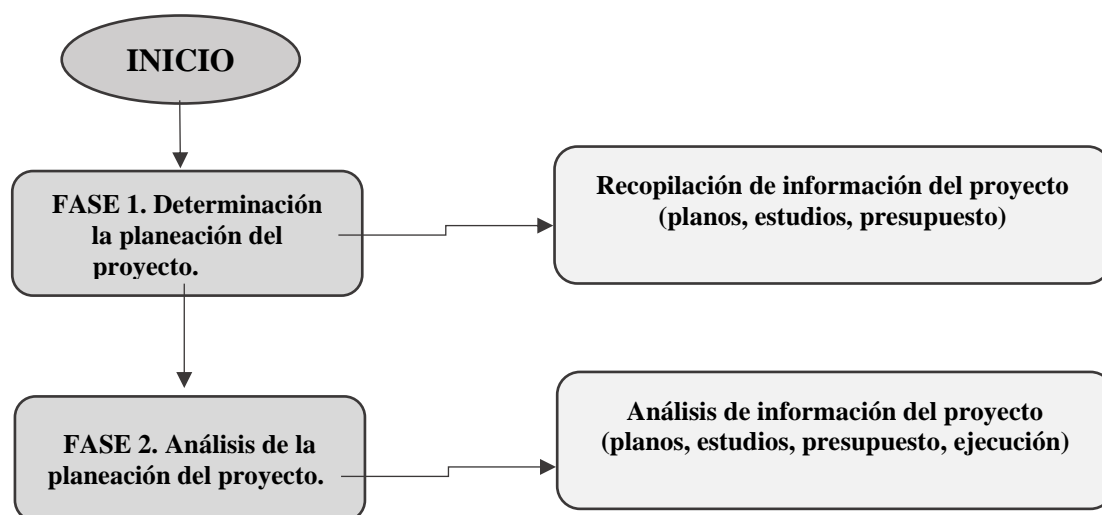
### ***7.1 Fases de Investigación***

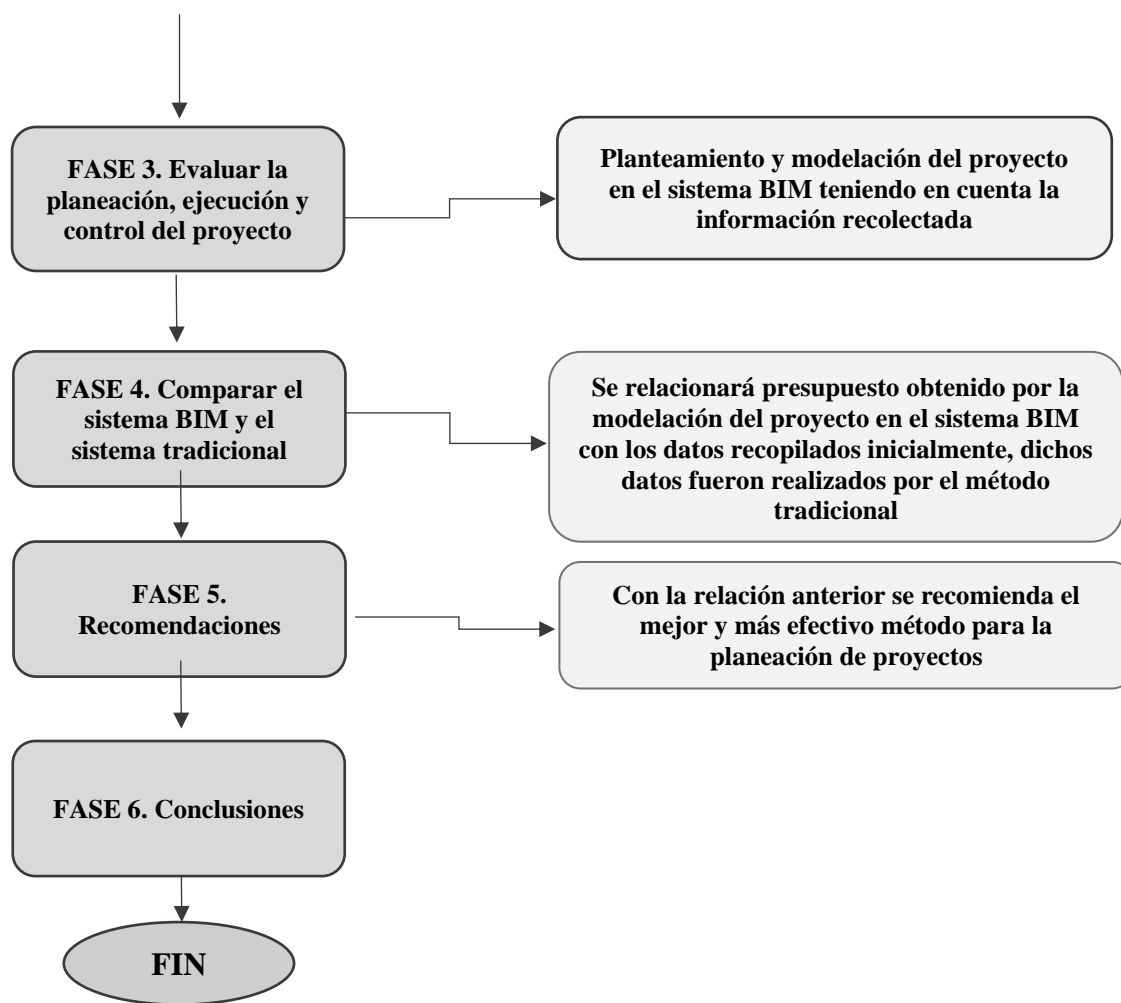
Para realizar el proyecto, se desarrollarán 3 fases que ayudarán de una forma más practica a determinar su etapa de planeación, desde su prefactibilidad, teniendo en cuenta los planos, los estudios y el presupuesto. A continuación, se describen las fases correspondientes:

- Fase 1: Recopilación de antecedentes, planimetría arquitectónica, estructural, eléctrica, hidráulica y de gas; y presupuesto allegado realizado por el método tradicional

- Fase 2: Análisis de la planimetría y del presupuesto total y real generado en la ejecución del Proyecto Altos de Araguañey.
- Fase 3: Modelación en Revit teniendo en cuenta los planos allegados para generar una estructura completa, con toda su estructura y sus acometidas hidráulicas, eléctricas y de gas.
- Fase 4: Análisis y comparación de las cantidades arrojadas por REVIT y el presupuesto final creado en Primus con el presupuesto realizado por el método tradicional
- Fase 5: planteamiento de recomendaciones: Recomendaciones respecto a la funcionalidad, ventajas y desventajas del Sistema BIM frente al método tradicional.
- Fase 6: conclusiones: Se concluye sobre los aspectos más importantes, acerca de las causas y recomendaciones planteadas en el documento.

Con los pasos anteriores se obtendrá la mejor opción para realizar cada uno de los entregables necesarios y con esto realizar la modelación del proyecto previamente seleccionado con el fin de efectuar una comparación detallada, definiendo el mejor y más completo método.





*Ilustración 22. Fases de la investigación. Fuente propia*

## **8. Aplicación de Modelación BIM**

El proyecto que se ha tomado como base de la investigación es el Conjunto Altos de Araguaney, que corresponde a una construcción privada de vivienda multifamiliar, este cuenta con 5 torres de 8 pisos, cada piso con 4 apartamentos para un total de 160 apartamentos. En sus zonas comunes tiene ascensor, parqueadero a doble altura, piscina, zonas verdes, salón social y parque infantil, además de ser un conjunto cerrado con vigilancia.

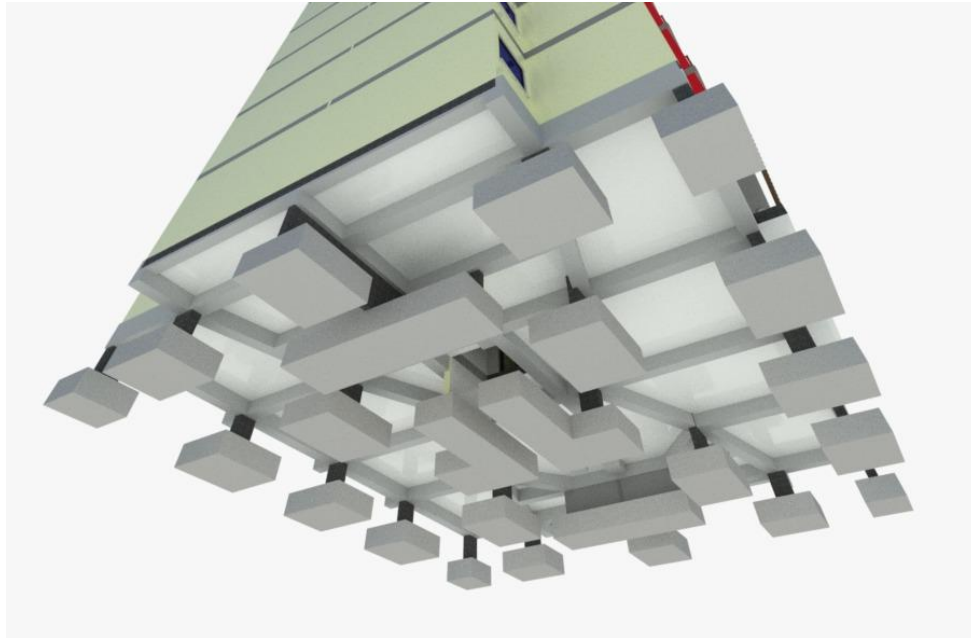


*Ilustración 23. Vista en Planta Proyecto Altos de Araguañey*

Se realizará un análisis comparativo de todos los ítems en donde las cantidades de obra y presupuesto fueron calculadas previamente por un diseñador de la constructora encargada. Por lo tanto, la modelación solo se hará para la parte del proyecto ya ejecutada, la cual es la fase 1 que son las torres 3,4 y 5; sin embargo en Revit se modelara una debido a que son torres tipo y en el presupuesto final las cantidades serán idealizadas para las tres torres a comparar.

### ***8.1 Estructura***

Se da inicio a la modelación 3D con la cimentación (Zapatas, Vigas de cimentación, Placa de Cimentación y Columnas) para esto se utilizan los planos estructurales mostrados en la ilustración 13.



*Ilustración 24. Cimentación Altos de Arguaney. Fuente propia*

Seguidamente, se modela el resto del esqueleto de la estructura, teniendo en cuenta, las vigas aéreas, riostras, columnas, pantallas y placas de entrepiso), todo esto con un mismo modelo, mostrado en la ilustración 14 para los pisos del 2 al 8.



*Ilustración 25. Estructura del proyecto Altos de Arguaney. Fuente propia*



En esta fase de estructura se encuentran las siguientes cantidades para cada uno de las actividades a ejecutar, las cuales se compararán con las cantidades tomadas con el método tradicional 2D.

*Tabla 3. Cantidades Estructurales*

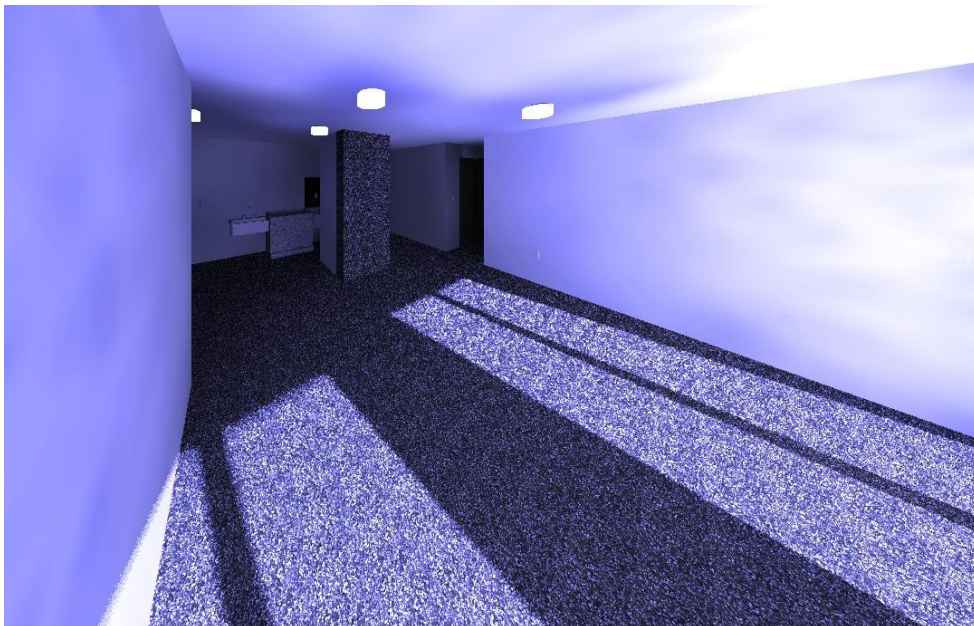
<b>CIMENTACION Y ESTRUCTURA</b>		
<b>ZAPATAS</b>		
Z1 1.50X1.2X.6	M3	11,52
Z2 5X1.5X6	M3	24,00
Z3 1.7X2.5.60	M3	27,20
Z4 1.8X2.5X.60	M3	14,40
Z5 4.6X1.2X.06	M3	10,94
Z6 1.7X2X.60	M3	10,88
Z7 1.9X1.6.60	M3	19,46
Z8 2.2X1.8X.60	M3	38,02
<b>LOSAS DE CIMENTACION Y ENTREPISO</b>		
LOSA	M3	745,08
<b>VIGAS</b>		
V 10X40	M3	20,20
V 15X40	M3	2,96
V 20 X40	M3	3,89
V 30X40	M3	34,59
V 40X40	M3	31,49
V17X40	M3	0,49
V70X40	M3	31,33
V 25X40	M3	9,20
<b>COLUMNAS</b>		
C 1X.25	M3	25,58
C 60X30	M3	54,34
<b>PANTALLAS</b>		
PANTALLA 4.19 X .17	M3	19,39
PANTALLA 2,20X.20	M3	22,11
PANTALLA 4.43X.20	M3	31,87

## **8.2 Mampostería**

Para la mampostería se crearon muros en bloque n.4 con dimensiones de 0.30m x 0.10m x 0.20m, posteriormente se le adiciono pañete de 0,01m de grosor, puesto que todos los apartamentos se entregan en obra gris. Las cantidades arrojadas por el modelo 3d como se muestra en la ilustración 15 fue comparada con la del método tradicional



*Ilustración 26. Mampostería. Fuente propia*



*Ilustración 27. Pañete Sala Comedor*

En esta fase se encuentran las siguientes cantidades

*Tabla 4. Cantidades de Mampostería.*

MAMPOSTERIA		
MURO EXTERIOR	M2	1149,43
MURO BALCON	M2	38,49
MURO LADRILLO 30X20X10	M2	3148,38
PAÑETE		
PAÑETE INTERIOR	M2	7770,16
PAÑETE EXTERIOR	M2	1187,92
ALISTADO PISO	M2	2488,34

### 8.3 Ascensor

El foso del ascensor es construido desde la cimentación, esta parte de la estructura es especial, puesto que esta creado por pantallas estructurales, las cuales están descritas dentro del numeral 8.1.



*Ilustración 28. Foso del Ascensor visto desde el pasillo de la torre*

La parte estructural, descrita como pantallas se encuentran en la tabla 3, sin embargo,

también se realizó el suministro e instalación de la maquinaria y a los muros estructurales, se les aplico pintura anti hongo para que no se dañe con facilidad. Por lo tanto, se muestran las siguientes cantidades:

*Tabla 5. Cantidades Foso Ascensor*

<b>ASCENSOR</b>		
INSTALACION ASCENSOR	UND	1,00
PINTURA ANTIHONGO ASCENSOR	M3	44,22

#### **8.4 Escaleras**

Las escaleras se crearon de acuerdo a las establecidas en plano, con un ancho de 1.20m, una huella de 0,25m y una contrahuella de 0,30m, estas se duplican del piso 1 al piso 8 como se muestra en la ilustración 27.

Al realizar la verificación de cantidades se obtiene la tabla 6.



*Ilustración 29. Escaleras tipo del piso 1 al 8*

*Tabla 6. Cantidades Escalera*

<b>ESTRUCTURAS AUXILIARES</b>		
ESCALERA	M2	16,38



### 8.5 Muros exteriores y zonas comunes de la torre

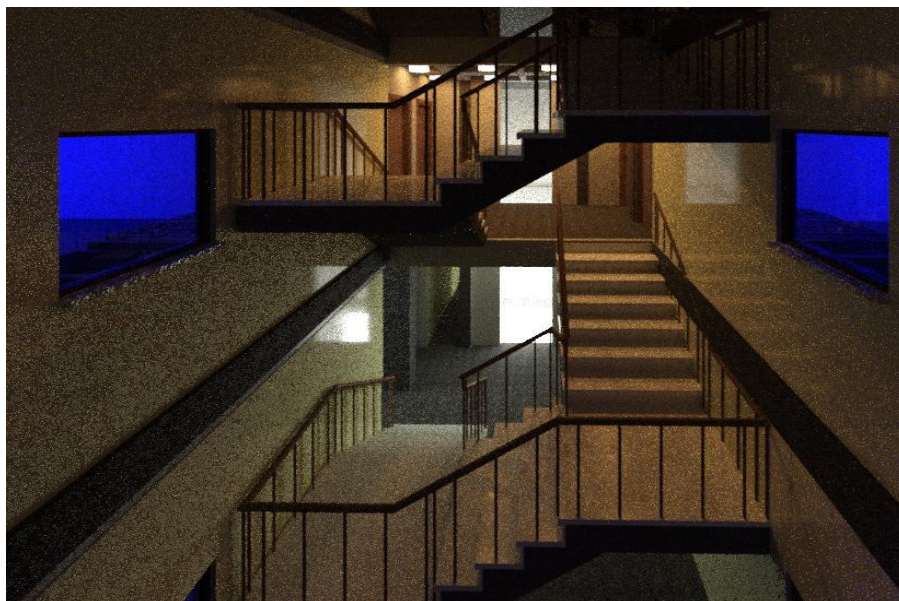
Los muros exteriores y las zonas comunes de la torre, se entregan con acabados, por lo cual se terminan con aplicación de Graniplast color amarillo crema, como se muestra en la ilustración 29, por lo tanto, se calcula la cantidad de material a utilizar.

*Tabla 7. Cantidades Graniplast*

ACABADOS		
GRANIPLAST EXTERIOR Y ZONAS COMUNES	M2	1667,91



*Ilustración 30. Muros exteriores con pañete y graniplast*



*Ilustración 31. Graniplast Zonas Comunes*

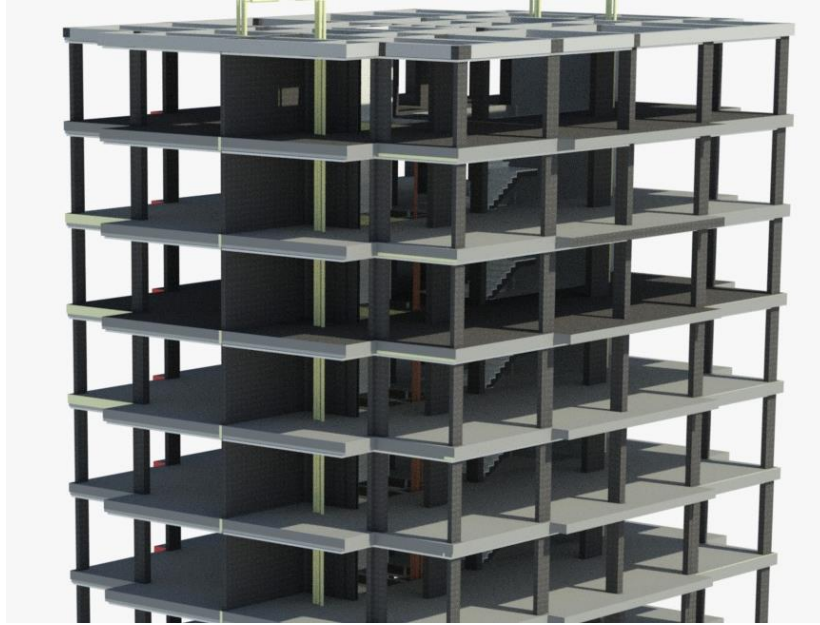
## 8.6 Instalaciones Hidráulicas

Las instalaciones hidráulicas se dividen en 2 tipos, las de suministro de agua y las sanitarias (aguas lluvias y aguas y residuales), por lo tanto se calcula los metros lineales de las acometidas con sus respectivos accesorios y las cajas de inspección como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8. Cantidades Hidráulicas (Suministro y Sanitarias)

INSTALACIONES HIDRAULICAS		
SUMINISTRO		
TUBERIA PVC PRESION 1/2"	ML	74,39
TUBERIA PVC PRESION 1"	ML	1033,93
CODO PRESION 1/2"	ML	25,00
CODO PRESION 1"	ML	418,00
UNION PRESION 1/2"	UND	14,00
UNION PRESION 1"	UND	113,00
TEE PRESION 1"	UND	53,00
SANITARIO		
TUBERIA PVC SANITARIA 1 1/2"	ML	20,19
TUBERIA PVC SANITARIA 2"	ML	471,21
TUBERIA PVC SANITARIA 4"	ML	477,38
TUBERIA PVC SANITARIA 6"	ML	34,38
SIFON 2" SANITARIO 180°	UND	189,00
UNION SANITARIO 1 1/2"	UND	65,00
UNION SANITARIO 2"	UND	6,00
UNION SANITARIO 4"	UND	5,00
CODO SANITARIO 1 1/2"	UND	23,00
CODO SANITARIO 2"	UND	381,00
CODO SANITARIO 4"	UND	184,00
CODO SANITARIA 6"	UND	3,00
YEE SANITARIO 1 1/2"	UND	72,00
YEE SANITARIO 2"	UND	112,00
YEE SANITARIO 4"	UND	48,00
YEE SANITARIO 6"	UND	4,00
CAJA SANITARIA	UND	6,00

Estas tuberías se distribuyen por toda la torre como se muestra en las ilustraciones 30 e ilustración 32.



*Ilustración 32. Instalaciones sanitarias y de agua lluvia*

### ***8.7 Instalaciones Eléctricas***

Las instalaciones eléctricas se distribuyen por toda la torre, cada apartamento, como se muestra en su plano inicial, de allí, se derivan las luminarias, interruptores y tomacorrientes, las cuales llegan al tablero principal de 120v, como se muestra en la ilustración 31.



**X** *Ilustración 33. Instalación eléctrica (Luminarias, Tablero 120v, interruptor y tomacorriente)*

Por lo tanto, se calculan las cantidades totales de la torre a ejecutar.

INSTALACION ELECTRICA		
ACOMETIDA PARCIAL 2No10+1No12 DUCTO PVC 3/4"	ML	341,30
TABLERO 110v	UND	32,00
INTERRUPTOR	UND	380,00
LAMPARA LED	PTO	561,00
TOMA DOBLE	PTO	220,00
TOMA SIMPLE	PTO	502,00

### 8.8 Instalaciones de gas

Se habilita la acometida de gas únicamente para las cocinas de cada uno de los apartamentos, entrando 32 tubos por el ducto y repartiéndose pisos a piso para cada apartamento, como se muestra en la ilustración 32 por lo tanto, se presentan las siguientes cantidades

INSTALACION GAS		
TUBERIA COBRE TIPO L	ML	774,22
CODO COBRE 1"	ML	171,00



Ilustración 34. Redes sanitarias(amarillas), suministro (blancas) y de gas (cobre)



## 8.9 Ventanas

En el proyecto se presentan diferentes tipos de ventanas, las cuales debieron ser distribuidas de forma específica en cada uno de los apartamentos, sumándole a esto, que cada apartamento tiene un balcón, en el cual su puerta es de vidrio, por lo tanto se tomó como un tipo de ventana. Esto se muestra en la siguiente tabla.

*Tabla 9. Cantidades de Ventanería*

VENTANERIA		
VENTANA 80X80	M2	10,24
VENTANA 1.20 X 1.20	M3	46,08
VENTANA 1.40 X 1.40	M4	186,20
VENTANA BALCON 2.40 X 1.60	M5	238,08

Algunos tipos de ventanas fueron diseñados como se muestran en las ilustraciones 33 y

34.



*Ilustración 35. Ventana como Puerta Balcón*



*Ilustración 36. Ventana Habitación*

### **8.10 Puertas**

En el proyecto se presentan tres tipos de puertas, una de carpintería metálica que es la de la entrada principal y los otros dos tipos de carpintería de madera, que se ubican como entrada de cada apartamento y dentro de ellos a cada habitación. Esto se muestra en la siguiente tabla.

<b>CARPINTERIA METALICA</b>		
PUERTA PRINCIPAL TORRE	UND	1,00
<b>CARPINTERIA MADERA</b>		
PUERTAS PRINCIPALES APTOS	UND	32,00
PUERTAS 2	UND	159,00



*Ilustración 37. Puertas de ingreso a los apartamentos*

### **8.11 Acabados (Baños y Cocina)**

Los acabados, corresponden a los exteriores y a las zonas comunes (Graniplast) y foso del ascensor (Pintura anti hongo), sin embargo, los apartamentos se entregan en obra gris. En el área del baño, se entregan con sanitario, lavamanos y ducha económicos; en el área de la cocina con un mesón estufa – lavaplatos; y en la zona de lavado con un lavadero prefabricado. Todas estas cantidades se presentan en la tabla 10.

*Tabla 10. Cantidades Accesorios de baño, cocina y acabados*

<b>ACCESORIOS DE BAÑO</b>		
LAVAMANOS	UND	64,00
DUCHAS	UND	64,00
SANITARIO	UND	64,00
<b>ACCESORIOS DE COCINA Y ZONA LAVADO</b>		
LAVADERO	UND	32,00
LAVAPLATOS	UND	32,00
ESTUFA	UND	32,00
<b>ACABADOS</b>		
ENCHAPE BAÑOS	M2	993,02
PINTURA ANTIHONGO ASCENSOR	M3	44,22

Se modelaron en 3D, estos elementos siguiendo los planos principales como se muestra



en las ilustraciones 36, ilustración 37 e ilustración 38.



*Ilustración 38. Baño con inodoro, ducha y lavamanos económicos*



*Ilustración 39. Cocina con estufa, lavaplatos. Zona de lavado con lavadero*

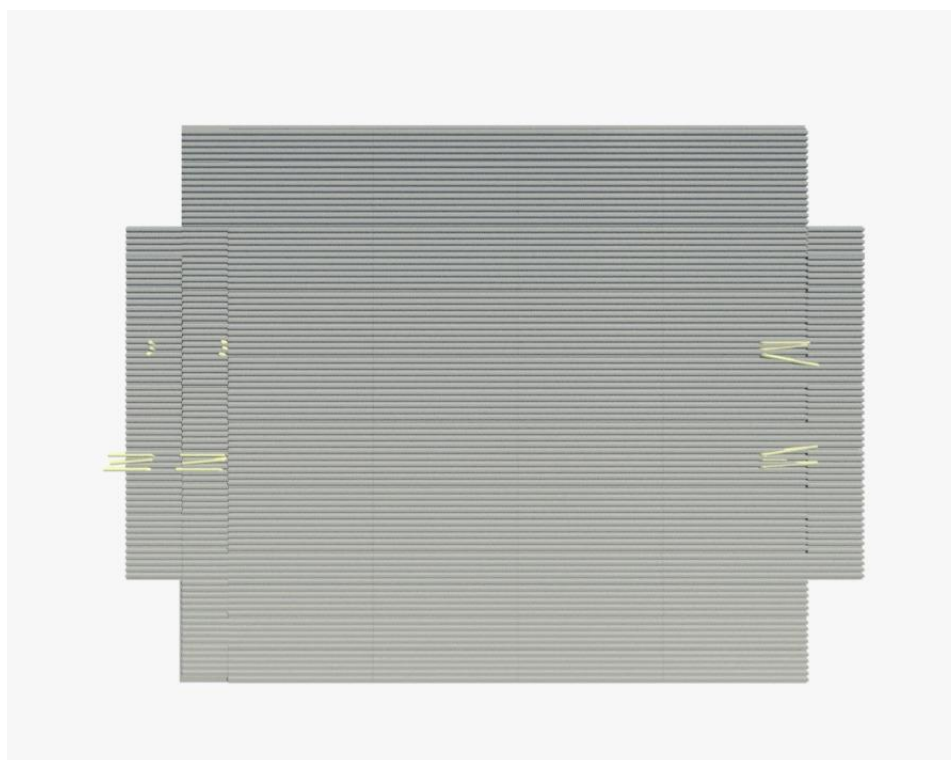
## **8.12 Cubierta**

La cubierta esta realizada con tejas Eternit, en ella se encuentran los desagües de tubería

de aguas lluvias como se muestra en la ilustración 40; por lo tanto; se obtienen las siguientes cantidades.

*Tabla 11. Cantidades de Cubierta*

<b>CUBIERTA</b>		
CUBIERTA EN TEJA FIBROCEMENTO	M2	406,60



*Ilustración 40. Vista en planta de la cubierta*

Después de toda la modelación en Revit y de tener la torre final, ilustraciones 35 y 36, se obtiene el presupuesto final en la extensión de Primus, tomando las cantidades arrojadas por el programa y colocándole precios de la Agencia de Infraestructura del Meta (AIM) 2020, el cual es un documento público utilizado para licitación y tiene APU generados para la creación de presupuestos. Cabe aclarar que estos precios al ser público, están un poco más elevados que los precios comerciales reales de elementos constructivos.



*Ilustración 41. Torre Terminada Altos de Araguañey*



*Ilustración 42. Fachada Torre Altos de Araguañey*



Tabla 12. Presupuesto BIM Reorganizado

ITE M	DESCRIPCION	UND	CANTI DADES BIM	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL METODO BIM
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				
1.1	LOCALIZACION, TRAZADO Y REPLANTEO	M2	340,40	4167,56	\$ 1.418.637,00
1.2	DESCAPOTE	M2	340,40	5848,55	\$ 1.990.846,00
<b>2</b>	<b>CIMENTACION Y ESTRUCTURA</b>				
2.1	ZAPATAS				
2.1.1	Z1 1.50X1.2X.6	M3	11,52	\$ 857.861,00	\$ 9.882.559,00
2.1.2	Z2 5X1.5X6	M3	24,00	\$ 857.861,00	\$ 20.588.664,00
2.1.3	Z3 1.7X2.5.60	M3	27,20	\$ 857.861,00	\$ 23.333.819,00
2.1.4	Z4 1.8X2.5X.60	M3	14,40	\$ 857.861,00	\$ 12.353.198,00
2.1.5	Z5 4.6X1.2X.06	M3	10,94	\$ 857.861,00	\$ 9.384.999,00
2.1.6	Z6 1.7X2X.60	M3	10,88	\$ 857.861,00	\$ 9.333.528,00
2.1.7	Z7 1.9X1.6.60	M3	19,46	\$ 857.861,00	\$ 16.693.975,00
2.1.8	Z8 2.2X1.8X.60	M3	38,02	\$ 857.861,00	\$ 32.615.875,00
2.2	LOSAS DE CIMENTACION Y ENTREPISO				
2.2.1	LOSA	M3	745,08	\$ 1.050.346,00	\$ 782.591.798,00
2.3	VIGAS				
2.3.1	V 10X40	M3	20,20	\$ 913.013,00	\$ 18.442.863,00
2.3.2	V 15X40	M3	2,96	\$ 913.913,00	\$ 2.705.182,00
2.3.3	V 20 X40	M3	3,89	\$ 913.013,00	\$ 3.551.621,00
2.3.4	V 30X40	M3	34,59	\$ 913.013,00	\$ 31.581.120,00
2.3.5	V 40X40	M3	31,49	\$ 913.013,00	\$ 28.750.779,00
2.3.6	V17X40	M3	0,49	\$ 913.013,00	\$ 447.376,00
2.3.7	V70X40	M3	31,33	\$ 913.013,00	\$ 28.604.697,00
2.3.8	V 25X40	M3	9,20	\$ 913.013,00	\$ 8.399.720,00
2.4	COLUMNAS				
2.4.1	C 1X.25	M3	25,58	\$ 1.109.795,65	\$ 28.388.573,00
2.4.2	C 60X30	M3	54,34	\$ 1.109.795,65	\$ 60.306.296,00
2.5	PANTALLAS				
2.5.1	PANTALLA 4.19 X .17	M3	19,39	\$ 1.450.293,00	\$ 28.121.181,00
2.5.2	PANTALLA 2,20X.20	M3	22,11	\$ 1.450.293,00	\$ 32.065.978,00
2.5.3	PANTALLA 4.43X.20	M3	31,87	\$ 1.450.293,00	\$ 46.220.838,00
2.6	ESTRUCTURAS AUXILIARES				
2.6.1	ESCALERA	M2	16,38	\$ 1.064.899,68	\$ 17.443.057,00
<b>3</b>	<b>MAMPOSTERIA</b>				
3.1	MURO EXTERIOR	M2	1149,43	\$ 41.163,00	\$ 47.313.987,00
3.2	MURO BALCON	M2	38,49	\$ 41.163,00	\$ 1.584.364,00
3.3	MURO LADRILLO 30X20X10	M2	3148,38	\$ 41.163,00	\$ 129.596.766,00
<b>4</b>	<b>PAÑETE</b>				
4.1	PAÑETE INTERIOR	M2	7770,16	\$ 20.334,67	\$ 158.003.639,00
4.2	PAÑETE EXTERIOR	M2	1187,92	\$ 27.655,87	\$ 32.852.961,00
4.3	ALISTADO PISO	M2	2488,34	\$ 21.437,37	\$ 53.343.465,00
<b>5</b>	<b>INSTALACIONES HIDRAULICAS</b>				
5.1	SUMINISTRO				



5.1.1	TUBERIA PVC PRESION 1/2"	ML	74,39	\$	10.183,65	\$	757.562,00
5.1.2	TUBERIA PVC PRESION 1"	ML	1033,93	\$	14.621,90	\$	15.118.021,00
5.1.3	CODO PRESION 1/2"	ML	25,00	\$	2.694,35	\$	67.359,00
5.1.4	CODO PRESION 1"	ML	418,00	\$	4.294,64	\$	1.795.160,00
5.1.5	UNION PRESION 1/2"	UND	14,00	\$	2.364,26	\$	33.100,00
5.1.6	UNION PRESION 1"	UND	113,00	\$	3.473,59	\$	392.516,00
5.1.7	TEE PRESION 1"	UND	53,00	\$	4.976,61	\$	263.760,00
5.2	<b>SANITARIO</b>						
5.2.1	TUBERIA PVC SANITARIA 1 1/2"	ML	20,19	\$	16.577,89	\$	334.708,00
5.2.2	TUBERIA PVC SANITARIA 2"	ML	471,21	\$	20.000,88	\$	9.424.615,00
5.2.3	TUBERIA PVC SANITARIA 4"	ML	477,38	\$	29.377,29	\$	14.024.131,00
5.2.4	TUBERIA PVC SANITARIA 6"	ML	34,38	\$	74.216,00	\$	2.551.546,00
5.2.5	SIFON 2" SANITARIO 180°	UND	189,00	\$	48.437,46	\$	9.154.680,00
5.2.6	UNION SANITARIO 1 1/2"	UND	65,00	\$	5.400,07	\$	351.005,00
5.2.7	UNION SANITARIO 2"	UND	6,00	\$	6.665,66	\$	39.994,00
5.2.8	UNION SANITARIO 4"	UND	5,00	\$	18.888,84	\$	94.444,00
5.2.9	CODO SANITARIO 1 1/2"	UND	23,00	\$	5.824,61	\$	133.966,00
5.2.10	CODO SANITARIO 2"	UND	381,00	\$	7.217,88	\$	2.750.012,00
5.2.11	CODO SANITARIO 4"	UND	184,00	\$	23.647,03	\$	4.351.054,00
5.2.12	CODO SANITARIA 6"	UND	3,00	\$	129.669,56	\$	389.009,00
5.2.13	YEE SANITARIO 1 1/2"	UND	72,00	\$	9.387,39	\$	675.892,00
5.2.14	YEE SANITARIO 2"	UND	112,00	\$	10.916,27	\$	1.222.622,00
5.2.15	YEE SANITARIO 4"	UND	48,00	\$	35.455,20	\$	1.701.850,00
5.2.16	YEE SANITARIO 6"	UND	4,00	\$	142.204,24	\$	568.817,00
5.2.17	CAJA SANITARIA	UND	6,00	\$	551.739,81	\$	3.310.439,00
6	<b>INSTALACION ELECTRICA</b>						
6.1	ACOMETIDA PARCIAL 2No10+1No12 DUCTO PVC 3/4"	ML	341,30	\$	21.537,67	\$	7.350.807,00
6.2	TABLERO 110v	UND	32,00	\$	435.400,00	\$	13.932.800,00
6.3	INTERRUPTOR	UND	380,00	\$	7.534,00	\$	2.862.920,00
6.4	LAMPARA LED	PTO	561,00	\$	191.345,39	\$	107.344.764,00
6.5	TOMA DOBLE	PTO	220,00	\$	89.117,00	\$	19.605.740,00
6.6	TOMA SIMPLE	PTO	502,00	\$	76.514,00	\$	38.410.028,00
7	<b>INSTALACION GAS</b>						
7.1	TUBERIA COBRE TIPO L	ML	774,22	\$	40.400,43	\$	31.278.821,00
7.2	CODO COBRE 1"	ML	171,00	\$	5.453,95	\$	932.625,00
8	<b>ACCESORIOS DE BAÑO</b>						
8.1	LAVAMANOS	UND	64,00	\$	241.536,00	\$	15.458.304,00
8.2	DUCHAS	UND	64,00	\$	124.138,38	\$	7.944.856,00
8.3	SANITARIO	UND	64,00	\$	378.342,00	\$	24.213.888,00
9	<b>ACCESORIOS DE COCINA Y ZONA LAVADO</b>						
9.1	LAVADERO	UND	32,00	\$	237.572,00	\$	7.602.304,00
9.2	LAVAPLATOS	UND	32,00	\$	430.190,00	\$	13.766.080,00
9.3	ESTUFA	UND	32,00	\$	373.750,50	\$	11.960.016,00
10	<b>CUBIERTA</b>						

10.1	CUBIERTA EN TEJA FIBROCEMENTO	M2	406,60	\$	69.422,81	\$	28.227.315,00
11	<b>VENTANERIA</b>						
11.1	VENTANA 80X80	M2	10,24	\$	171.878,00	\$	1.760.031,00
11.2	VENTANA 1.20 X 1.20	M3	46,08	\$	171.878,00	\$	7.920.138,00
11.3	VENTANA 1.40 X 1.40	M4	186,20	\$	171.878,00	\$	32.003.684,00
11.4	VENTANA BALCON 2.40 X 1.60	M5	238,08	\$	244.406,00	\$	58.188.180,00
12	<b>CARPINTERIA METALICA</b>						
12.1	BARANDAS	ML	244,22	\$	237.000,00	\$	57.880.140,00
12.2	PUERTA PRINCIPAL TORRE	UND	1,00	\$	551.995,00	\$	551.995,00
13	<b>CARPINTERIA MADERA</b>						
13.1	PUERTAS PRINCIPALES APTOS	UND	32,00	\$	506.474,00	\$	16.207.168,00
13.2	PUERTAS 2	UND	159,00	\$	298.590,00	\$	47.475.810,00
14	<b>ASCENSOR</b>						
14.1	INSTALACION ASCENSOR	UND	1,00	\$	105.108.640,00	\$	105.108.640,00
15	<b>ACABADOS</b>						
15.1	ENCHAPE BAÑOS	M2	993,02	\$	51.961,48	\$	51.598.789,00
15.2	GRANIPLAST EXTERIOR Y ZONAS COMUNES	M2	1667,91	\$	23.987,43	\$	40.008.874,00
15.3	PINTURA ANTIHONGO ASCENSOR	M3	44,22	\$	17.529,64	\$	775.161,00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>							<b>\$ 2.496.369.864,00</b>
<b>A</b>				<b>13%</b>	<b>\$</b>	<b>5.201.154,00</b>	
<b>I</b>				<b>2%</b>	<b>\$</b>	<b>800.177,00</b>	
<b>U</b>				<b>3%</b>	<b>\$</b>	<b>1.200.266,00</b>	
<b>TOTAL COSTOS + AIU</b>							<b>\$ 2.503.571.461,00</b>

## 9.2 Comparación cantidades totales Metodología BIM vs Metodología Tradicional

Se realiza la comparación, de las cantidades resultante del sistema BIM y las cantidades tomadas de forma tradicional por el método 2D, donde se logran observar algunas diferencias puntuales, esto se debe a que en el momento de sacar las cantidades manualmente pudo haber un error, debido a que no se tomó la cantidad de elementos totales o que al contrario se tomó un elemento de más que elevo la cantidad

Tabla 13. Comparación de cantidades REVIT y Método Tradicional 2D

TEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDADES BIM	CANTIDAD METODO 2D	DIFERENCIA
1	<b>PRELIMINARES</b>				
1.1	LOCALIZACION, TRAZADO Y REPLANTEO	M2	340,40	340,40	0,00%
1.2	DESCAPOTE	M2	340,40	340,40	0,00%
2	<b>CIMENTACION Y ESTRUCTURA</b>				
2.1	ZAPATAS				

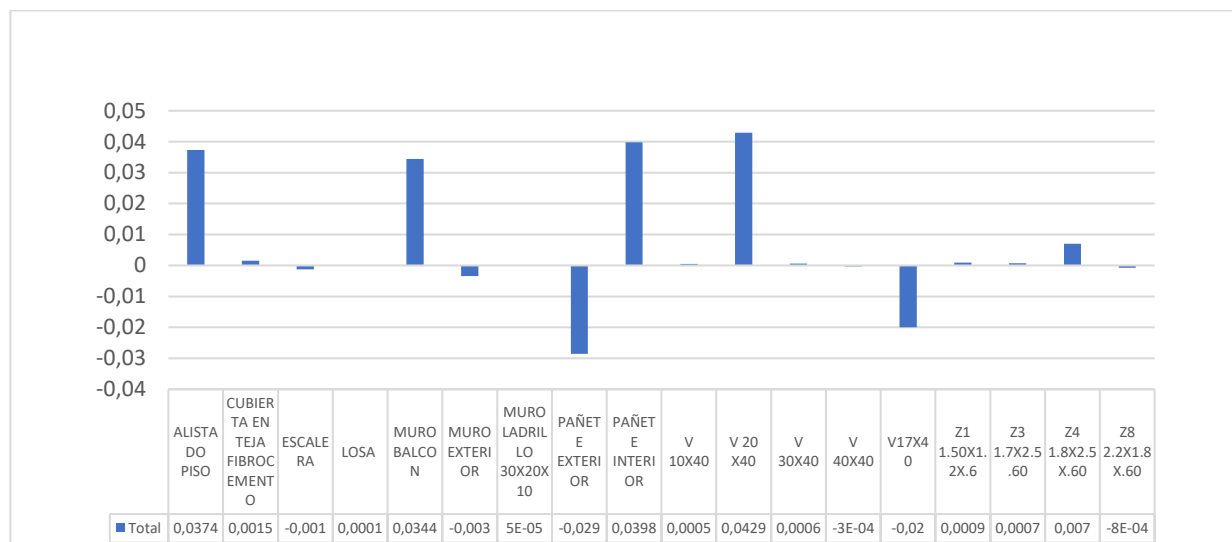
2.1.1	Z1 1.50X1.2X.6	M3	11,52	11,51	0,09%
2.1.2	Z2 5X1.5X6	M3	24,00	24,00	0,00%
2.1.3	Z3 1.7X2.5.60	M3	27,20	27,18	0,07%
2.1.4	Z4 1.8X2.5X.60	M3	14,40	14,30	0,70%
2.1.5	Z5 4.6X1.2X.06	M3	10,94	10,94	0,00%
2.1.6	Z6 1.7X2X.60	M3	10,88	10,88	0,00%
2.1.7	Z7 1.9X1.6.60	M3	19,46	19,46	0,00%
2.1.8	Z8 2.2X1.8X.60	M3	38,02	38,05	-0,08%
2.2	LOSAS DE CIMENTACION Y ENTREPISO				
2.2.1	LOSA	M3	745,08	745,00	0,01%
2.3	VIGAS				
2.3.1	V 10X40	M3	20,20	20,19	0,05%
2.3.2	V 15X40	M3	2,96	2,96	0,00%
2.3.3	V 20 X40	M3	3,89	3,73	4,29%
2.3.4	V 30X40	M3	34,59	34,57	0,06%
2.3.5	V 40X40	M3	31,49	31,50	-0,03%
2.3.6	V17X40	M3	0,49	0,50	-2,00%
2.3.7	V70X40	M3	31,33	31,33	0,00%
2.3.8	V 25X40	M3	9,20	9,20	0,00%
2.4	COLUMNAS				
2.4.1	C 1X.25	M3	25,58	25,58	0,00%
2.4.2	C 60X30	M3	54,34	54,34	0,00%
2.5	PANTALLAS				
2.5.1	PANTALLA 4.19 X .17	M3	19,39	19,39	0,00%
2.5.2	PANTALLA 2,20X.20	M3	22,11	22,11	0,00%
2.5.3	PANTALLA 4.43X.20	M3	31,87	31,87	0,00%
2.6	ESTRUCTURAS AUXILIARES				
2.6.1	ESCALERA	M2	16,38	16,40	-0,12%
3	MAMPOSTERIA				
3.1	MURO EXTERIOR	M2	1149,43	1153,40	-0,34%
3.2	MURO BALCON	M2	38,49	37,21	3,44%
3.3	MURO LADRILLO 30X20X10	M2	3148,38	3148,21	0,01%
4	PAÑETE				
4.1	PAÑETE INTERIOR	M2	7770,16	7472,42	3,98%
4.2	PAÑETE EXTERIOR	M2	1187,92	1222,83	-2,85%
4.3	ALISTADO PISO	M2	2488,34	2398,73	3,74%
5	INSTALACIONES HIDRAULICAS				
5.1	SUMINISTRO				
5.1.1	TUBERIA PVC PRESION 1/2"	ML	74,39	73,98	0,55%
5.1.2	TUBERIA PVC PRESION 1"	ML	1033,93	1033,29	0,06%
5.1.3	CODO PRESION 1/2"	ML	25,00	25,00	0,00%
5.1.4	CODO PRESION 1"	ML	418,00	418,00	0,00%
5.1.5	UNION PRESION 1/2"	UND	14,00	14,00	0,00%
5.1.6	UNION PRESION 1"	UND	113,00	113,00	0,00%
5.1.7	TEE PRESION 1"	UND	53,00	53,00	0,00%
5.2	SANITARIO				
5.2.1	TUBERIA PVC SANITARIA 1 1/2"	ML	20,19	20,05	0,70%
5.2.2	TUBERIA PVC SANITARIA 2"	ML	471,21	471,22	0,00%
5.2.3	TUBERIA PVC SANITARIA 4"	ML	477,38	477,38	0,00%

5.2.4	TUBERIA PVC SANITARIA 6"	ML	34,38	34,38	0,00%
5.2.5	SIFON 2" SANITARIO 180°	UND	189,00	189,00	0,00%
5.2.6	UNION SANITARIO 1 1/2"	UND	65,00	65,00	0,00%
5.2.7	UNION SANITARIO 2"	UND	6,00	6,00	0,00%
5.2.8	UNION SANITARIO 4"	UND	5,00	5,00	0,00%
5.2.9	CODO SANITARIO 1 1/2"	UND	23,00	23,00	0,00%
5.2.10	CODO SANITARIO 2"	UND	381,00	381,00	0,00%
5.2.11	CODO SANITARIO 4"	UND	184,00	184,00	0,00%
5.2.12	CODO SANITARIA 6"	UND	3,00	3,00	0,00%
5.2.13	YEE SANITARIO 1 1/2"	UND	72,00	72,00	0,00%
5.2.14	YEE SANITARIO 2"	UND	112,00	112,00	0,00%
5.2.15	YEE SANITARIO 4"	UND	48,00	48,00	0,00%
5.2.16	YEE SANITARIO 6"	UND	4,00	4,00	0,00%
5.2.17	CAJA SANITARIA	UND	6,00	6,00	0,00%
<b>6</b>	<b>INSTALACION ELECTRICA</b>				
6.1	ACOMETIDA PARCIAL 2No10+1No12 DUCTO PVC 3/4"	ML	341,30	341,27	0,01%
6.2	TABLERO 110v	UND	32,00	32,00	0,00%
6.3	INTERRUPTOR	UND	380,00	380,00	0,00%
6.4	LAMPARA LED	PTO	561,00	561,00	0,00%
6.5	TOMA DOBLE	PTO	220,00	220,00	0,00%
6.6	TOMA SIMPLE	PTO	502,00	502,00	0,00%
<b>7</b>	<b>INSTALACION GAS</b>				
7.1	TUBERIA COBRE TIPO L	ML	774,22	774,20	0,00%
7.2	CODO COBRE 1"	ML	171,00	170,00	0,59%
<b>8</b>	<b>ACCESORIOS DE BAÑO</b>				
8.1	LAVAMANOS	UND	64,00	64,00	0,00%
8.2	DUCHAS	UND	64,00	64,00	0,00%
8.3	SANITARIO	UND	64,00	64,00	0,00%
<b>9</b>	<b>ACCESORIOS DE COCINA Y ZONA LAVADO</b>				
9.1	LAVADERO	UND	32,00	32,00	0,00%
9.2	LAVAPLATOS	UND	32,00	32,00	0,00%
9.3	ESTUFA	UND	32,00	32,00	0,00%
<b>10</b>	<b>CUBIERTA</b>				
10.1	CUBIERTA EN TEJA FIBROCEMENTO	M2	406,60	405,98	0,15%
<b>11</b>	<b>VENTANERIA</b>				
11.1	VENTANA 80X80	M2	10,24	10,24	0,00%
11.2	VENTANA 1.20 X 1.20	M3	46,08	46,08	0,00%
11.3	VENTANA 1.40 X 1.40	M4	186,20	186,20	0,00%
11.4	VENTANA BALCON 2.40 X 1.60	M5	238,08	238,08	0,00%
<b>12</b>	<b>CARPINTERIA METALICA</b>				
12.1	BARANDAS	ML	244,22	244,20	0,01%
12.2	PUERTA PRINCIPAL TORRE	UND	1,00	1,00	0,00%
<b>13</b>	<b>CARPINTERIA MADERA</b>				
13.1	PUERTAS PRINCIPALES APTOS	UND	32,00	32,00	0,00%
13.2	PUERTAS 2	UND	159,00	159,00	0,00%
<b>14</b>	<b>ASCENSOR</b>				
14.1	INSTALACION ASCENSOR	UND	1,00	1,00	0,00%
<b>15</b>	<b>ACABADOS</b>				

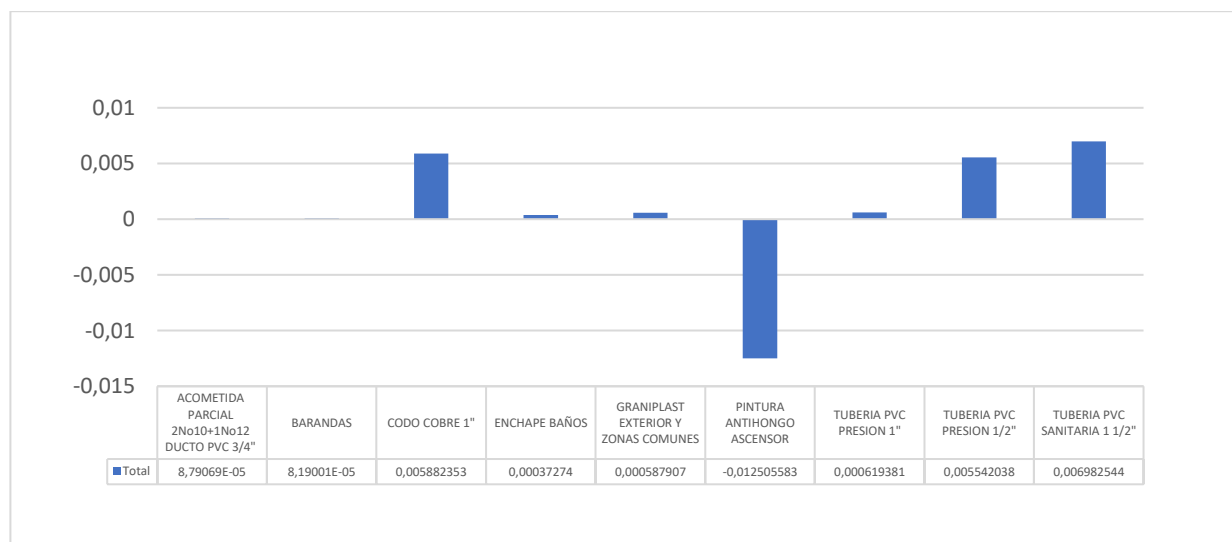
15.1	ENCHAPE BAÑOS	M2	993,02	992,65	0,04%
15.2	GRANIPLAST EXTERIOR Y ZONAS COMUNES	M2	1667,91	1666,93	0,06%
15.3	PINTURA ANTIHONGO ASCENSOR	M3	44,22	44,78	-1,25%

Para observar esta comparación de una forma más detallada, se realiza un gráfico que especifica los ítems que presentan diferencias entre las cantidades

**Gráfico 1. Variación de Cantidades de Estructura, Cubierta y Mampostería**



**Gráfico 2. Variación Cantidades de instalaciones de Redes y Acabados**



En el gráfico 1 se observan detalladamente las diferencias en elementos estructurales, mampostería y cubierta, y en el gráfico 2 se observan las variaciones de la instalación de redes y

algunos acabados de la torre, donde los porcentajes de variación son realmente muy pequeños, por lo tanto, los errores al momento de realizar la toma de cantidades son mínimos, sin embargo, esas diferencias influyen en el precio total. Los materiales e ítems que no aparecen en las tablas se deben a que no tienen diferencia alguna al realizar la comparación por los dos métodos.

### 9.3 Comparación presupuesto total Metodología BIM vs Metodología Tradicional

Se realiza la comparación, del presupuesto total calculado por sistema BIM y de forma tradicional por el método 2D, donde se logran observar algunas diferencias puntuales, esto se refleja debido a la variación de cantidades que afectan los valores de precio total.

**Tabla 14. Comparación de Presupuesto BIM vs Presupuesto Tradicional**

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDADES BIM	VALOR TOTAL METODO BIM	CANTIDAD METODO 2D	VALOR TOTAL METODO 2D	DIFERENCIA
1	<b>PRELIMINARES</b>						
1.1	LOCALIZACION, TRAZADO Y REPLANTEO	M2	340,40	\$ 1.418.637,00	340,40	\$ 1.418.637,00	0,00%
1.2	DESCAPOTE	M2	340,40	\$ 1.990.846,00	340,40	\$ 1.990.846,00	0,00%
2	<b>CIMENTACION Y ESTRUCTURA</b>						
2.1	<b>ZAPATAS</b>						
2.1.1	Z1 1.50X1.2X.6	M3	11,52	\$ 9.882.559,00	11,51	\$ 9.873.980,00	0,09%
2.1.2	Z2 5X1.5X6	M3	24,00	\$ 20.588.664,00	24,00	\$ 20.588.664,00	0,00%
2.1.3	Z3 1.7X2.5.60	M3	27,20	\$ 23.333.819,00	27,18	\$ 23.316.662,00	0,07%
2.1.4	Z4 1.8X2.5X.60	M3	14,40	\$ 12.353.198,00	14,30	\$ 12.267.412,00	0,70%
2.1.5	Z5 4.6X1.2X.06	M3	10,94	\$ 9.384.999,00	10,94	\$ 9.384.999,00	0,00%
2.1.6	Z6 1.7X2X.60	M3	10,88	\$ 9.333.528,00	10,88	\$ 9.333.528,00	0,00%
2.1.7	Z7 1.9X1.6.60	M3	19,46	\$ 16.693.975,00	19,46	\$ 16.693.975,00	0,00%
2.1.8	Z8 2.2X1.8X.60	M3	38,02	\$ 32.615.875,00	38,05	\$ 32.641.611,00	-0,08%
2.2	<b>LOSAS DE CIMENTACION Y ENTREPISO</b>						
2.2.1	LOSA	M3	745,08	\$ 782.591.798,00	745,00	\$ 782.507.770,00	0,01%
2.3	<b>VIGAS</b>						
2.3.1	V 10X40	M3	20,20	\$ 18.442.863,00	20,19	\$ 18.433.732,00	0,05%
2.3.2	V 15X40	M3	2,96	\$ 2.705.182,00	2,96	\$ 2.705.182,00	0,00%
2.3.3	V 20 X40	M3	3,89	\$ 3.551.621,00	3,73	\$ 3.405.538,00	4,29%
2.3.4	V 30X40	M3	34,59	\$ 31.581.120,00	34,57	\$ 31.562.859,00	0,06%
2.3.5	V 40X40	M3	31,49	\$ 28.750.779,00	31,50	\$ 28.759.910,00	-0,03%
2.3.6	V17X40	M3	0,49	\$ 447.376,00	0,50	\$ 456.507,00	-2,00%
2.3.7	V70X40	M3	31,33	\$ 28.604.697,00	31,33	\$ 28.604.697,00	0,00%
2.3.8	V 25X40	M3	9,20	\$ 8.399.720,00	9,20	\$ 8.399.720,00	0,00%

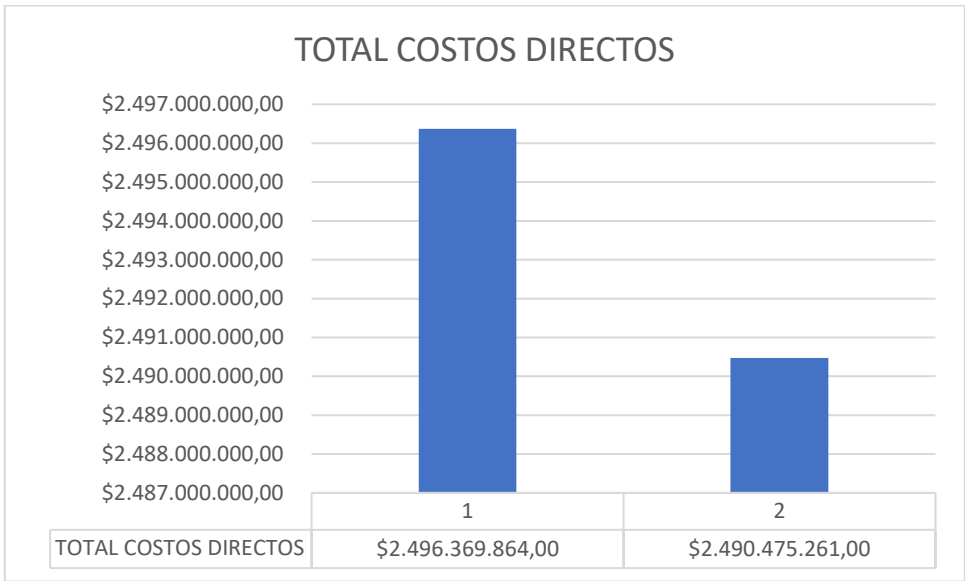
2.4	COLUMNAS						
2.4.1	C 1X.25	M3	25,58	\$ 28.388.573,00	25,58	\$ 28.388.573,00	0,00%
2.4.2	C 60X30	M3	54,34	\$ 60.306.296,00	54,34	\$ 60.306.296,00	0,00%
2.5	PANTALLAS						
2.5.1	PANTALLA 4.19 X .17	M3	19,39	\$ 28.121.181,00	19,39	\$ 28.121.181,00	0,00%
2.5.2	PANTALLA 2,20X.20	M3	22,11	\$ 32.065.978,00	22,11	\$ 32.065.978,00	0,00%
2.5.3	PANTALLA 4.43X.20	M3	31,87	\$ 46.220.838,00	31,87	\$ 46.220.838,00	0,00%
2.6	ESTRUCTURAS AUXILIARES						
2.6.1	ESCALERA	M2	16,38	\$ 17.443.057,00	16,40	\$ 17.464.355,00	-0,12%
3	MAMPOSTERIA						
3.1	MURO EXTERIOR	M2	1149,43	\$ 47.313.987,00	1153,40	\$ 47.477.404,00	-0,34%
3.2	MURO BALCON	M2	38,49	\$ 1.584.364,00	37,21	\$ 1.531.675,00	3,44%
3.3	MURO LADRILLO 30X20X10	M2	3148,38	\$ 129.596.766,00	3148,21	\$ 129.589.768,00	0,01%
4	PAÑETE						
4.1	PAÑETE INTERIOR	M2	7770,16	\$ 158.003.639,00	7472,42	\$ 151.949.195,00	3,98%
4.2	PAÑETE EXTERIOR	M2	1187,92	\$ 32.852.961,00	1222,83	\$ 33.818.428,00	-2,85%
4.3	ALISTADO PISO	M2	2488,34	\$ 53.343.465,00	2398,73	\$ 51.422.463,00	3,74%
5	INSTALACIONES HIDRAULICAS						
5.1	SUMINISTRO						
5.1.1	TUBERIA PVC PRESION 1/2"	ML	74,39	\$ 757.562,00	73,98	\$ 753.386,00	0,55%
5.1.2	TUBERIA PVC PRESION 1"	ML	1033,93	\$ 15.118.021,00	1033,29	\$ 15.108.663,00	0,06%
5.1.3	CODO PRESION 1/2"	ML	25,00	\$ 67.359,00	25,00	\$ 67.359,00	0,00%
5.1.4	CODO PRESION 1"	ML	418,00	\$ 1.795.160,00	418,00	\$ 1.795.160,00	0,00%
5.1.5	UNION PRESION 1/2"	UND	14,00	\$ 33.100,00	14,00	\$ 33.100,00	0,00%
5.1.6	UNION PRESION 1"	UND	113,00	\$ 392.516,00	113,00	\$ 392.516,00	0,00%
5.1.7	TEE PRESION 1"	UND	53,00	\$ 263.760,00	53,00	\$ 263.760,00	0,00%
5.2	SANITARIO						
5.2.1	TUBERIA PVC SANITARIA 1 1/2"	ML	20,19	\$ 334.708,00	20,05	\$ 332.387,00	0,70%
5.2.2	TUBERIA PVC SANITARIA 2"	ML	471,21	\$ 9.424.615,00	471,22	\$ 9.424.815,00	0,00%
5.2.3	TUBERIA PVC SANITARIA 4"	ML	477,38	\$ 14.024.131,00	477,38	\$ 14.024.131,00	0,00%
5.2.4	TUBERIA PVC SANITARIA 6"	ML	34,38	\$ 2.551.546,00	34,38	\$ 2.551.546,00	0,00%
5.2.5	SIFON 2" SANITARIO 180°	UND	189,00	\$ 9.154.680,00	189,00	\$ 9.154.680,00	0,00%
5.2.6	UNION SANITARIO 1 1/2"	UND	65,00	\$ 351.005,00	65,00	\$ 351.005,00	0,00%
5.2.7	UNION SANITARIO 2"	UND	6,00	\$ 39.994,00	6,00	\$ 39.994,00	0,00%
5.2.8	UNION SANITARIO 4"	UND	5,00	\$ 94.444,00	5,00	\$ 94.444,00	0,00%
5.2.9	CODO SANITARIO 1 1/2"	UND	23,00	\$ 133.966,00	23,00	\$ 133.966,00	0,00%
5.2.10	CODO SANITARIO 2"	UND	381,00	\$ 2.750.012,00	381,00	\$ 2.750.012,00	0,00%
5.2.11	CODO SANITARIO 4"	UND	184,00	\$ 4.351.054,00	184,00	\$ 4.351.054,00	0,00%
5.2.12	CODO SANITARIA 6"	UND	3,00	\$ 389.009,00	3,00	\$ 389.009,00	0,00%
5.2.13	YEE SANITARIO 1 1/2"	UND	72,00	\$ 675.892,00	72,00	\$ 675.892,00	0,00%
5.2.14	YEE SANITARIO 2"	UND	112,00	\$ 1.222.622,00	112,00	\$ 1.222.622,00	0,00%
5.2.15	YEE SANITARIO 4"	UND	48,00	\$ 1.701.850,00	48,00	\$ 1.701.850,00	0,00%
5.2.16	YEE SANITARIO 6"	UND	4,00	\$ 568.817,00	4,00	\$ 568.817,00	0,00%
5.2.17	CAJA SANITARIA	UND	6,00	\$ 3.310.439,00	6,00	\$ 3.310.439,00	0,00%

6	<b>INSTALACION ELECTRICA</b>						
6.1	ACOMETIDA PARCIAL 2No10+1No12 DUCTO PVC 3/4"	ML	341,30	\$ 7.350.807,00	341,27	\$ 7.350.161,00	0,01%
6.2	TABLERO 110v	UND	32,00	\$ 13.932.800,00	32,00	\$ 13.932.800,00	0,00%
6.3	INTERRUPTOR	UND	380,00	\$ 2.862.920,00	380,00	\$ 2.862.920,00	0,00%
6.4	LAMPARA LED	PTO	561,00	\$ 107.344.764,00	561,00	\$ 107.344.764,00	0,00%
6.5	TOMA DOBLE	PTO	220,00	\$ 19.605.740,00	220,00	\$ 19.605.740,00	0,00%
6.6	TOMA SIMPLE	PTO	502,00	\$ 38.410.028,00	502,00	\$ 38.410.028,00	0,00%
7	<b>INSTALACION GAS</b>						
7.1	TUBERIA COBRE TIPO L	ML	774,22	\$ 31.278.821,00	774,20	\$ 31.278.013,00	0,00%
7.2	CODO COBRE 1"	ML	171,00	\$ 932.625,00	170,00	\$ 927.172,00	0,59%
8	<b>ACCESORIOS DE BAÑO</b>						
8.1	LAVAMANOS	UND	64,00	\$ 15.458.304,00	64,00	\$ 15.458.304,00	0,00%
8.2	DUCHAS	UND	64,00	\$ 7.944.856,00	64,00	\$ 7.944.856,00	0,00%
8.3	SANITARIO	UND	64,00	\$ 24.213.888,00	64,00	\$ 24.213.888,00	0,00%
9	<b>ACCESORIOS DE COCINA Y ZONA LAVADO</b>						
9.1	LAVADERO	UND	32,00	\$ 7.602.304,00	32,00	\$ 7.602.304,00	0,00%
9.2	LAVAPLATOS	UND	32,00	\$ 13.766.080,00	32,00	\$ 13.766.080,00	0,00%
9.3	ESTUFA	UND	32,00	\$ 11.960.016,00	32,00	\$ 11.960.016,00	0,00%
10	<b>CUBIERTA</b>						
10.1	CUBIERTA EN TEJA FIBROCEMENTO	M2	406,60	\$ 28.227.315,00	405,98	\$ 28.184.272,00	0,15%
11	<b>VENTANERIA</b>						
11.1	VENTANA 80X80	M2	10,24	\$ 1.760.031,00	10,24	\$ 1.760.031,00	0,00%
11.2	VENTANA 1.20 X 1.20	M3	46,08	\$ 7.920.138,00	46,08	\$ 7.920.138,00	0,00%
11.3	VENTANA 1.40 X 1.40	M4	186,20	\$ 32.003.684,00	186,20	\$ 32.003.684,00	0,00%
11.4	VENTANA BALCON 2.40 X 1.60	M5	238,08	\$ 58.188.180,00	238,08	\$ 58.188.180,00	0,00%
12	<b>CARPINTERIA METALICA</b>						
12.1	BARANDAS	ML	244,22	\$ 57.880.140,00	244,20	\$ 57.875.400,00	0,01%
12.2	PUERTA PRINCIPAL TORRE	UND	1,00	\$ 551.995,00	1,00	\$ 551.995,00	0,00%
13	<b>CARPINTERIA MADERA</b>						
13.1	PUERTAS PRINCIPALES APTOS	UND	32,00	\$ 16.207.168,00	32,00	\$ 16.207.168,00	0,00%
13.2	PUERTAS 2	UND	159,00	\$ 47.475.810,00	159,00	\$ 47.475.810,00	0,00%
14	<b>ASCENSOR</b>						
14.1	INSTALACION ASCENSOR	UND	1,00	\$ 105.108.640,00	1,00	\$ 105.108.640,00	0,00%
15	<b>ACABADOS</b>						
15.1	ENCHAPE BAÑOS	M2	993,02	\$ 51.598.789,00	992,65	\$ 51.579.563,00	0,04%
15.2	GRANIPLAST EXTERIOR Y ZONAS COMUNES	M2	1667,91	\$ 40.008.874,00	1666,93	\$ 39.985.367,00	0,06%
15.3	PINTURA ANTIHONGO ASCENSOR	M3	44,22	\$ 775.161,00	44,78	\$ 784.977,00	-1,25%
			<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>	<b>\$ 2.496.369.864,00</b>		<b>\$ 2.490.475.261,00</b>	<b>0,24%</b>



En la comparación se encuentra que hay una diferencia del 0,24% entre los precios totales de los costos directos, esto teniendo en cuenta las diferencias de cantidades, determinando su afectación directa para el desarrollo del mismo.

Gráfico 3. Comparación costos Directos



**9.4 Comparación presupuesto total Metodología BIM vs Metodología Tradicional con presupuesto Real**

Una vez determinadas las comparaciones, se solicita a la constructora el presupuesto real de la ejecución de las torres, el cual se compara con el realizado en BIM, tomando los valores unitarios reales

**Tabla 15. Comparación Método BIM vs Método Tradicional Real por torre**

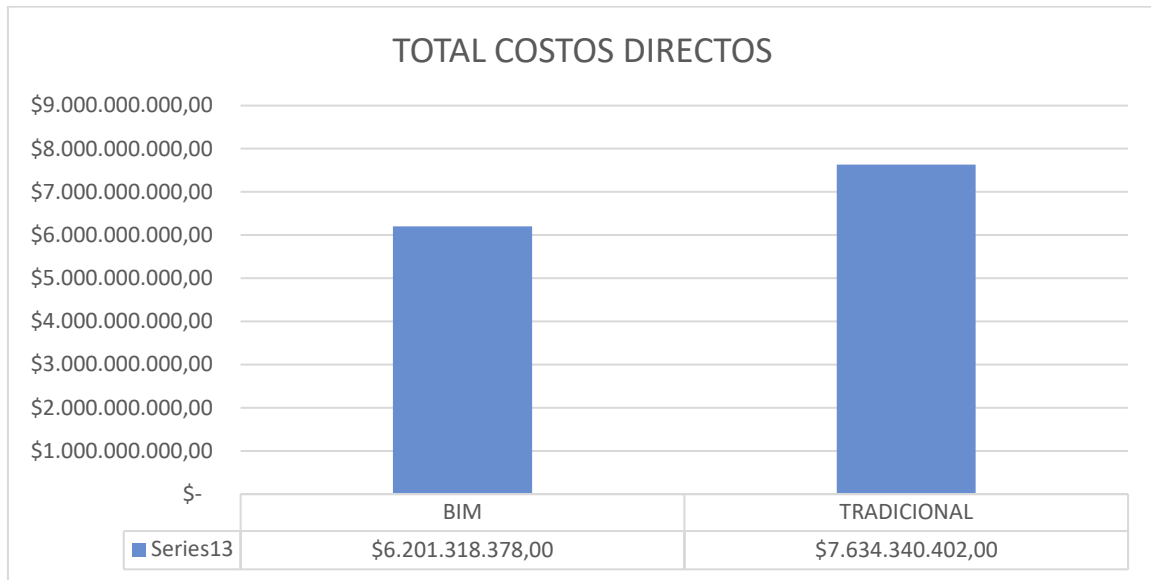
ITEM	DESCRIPCION	VALOR TOTAL METODO BIM	VALOR TOTAL METODO TRADICIONAL REAL
1,00	Localización y Replanteo	\$ 2.795.777,00	\$ 2.029.500,00
2,00	Contrato de Estructura	\$ 1.026.482.312,00	\$ 1.023.100.438,00
3,00	Contrato de Mampostería, Columnetas, Dinteles y Pañete (Todo Costo), Incluye filos, Cubierta, Alistados, Enchapes.	\$ 326.014.805,00	\$ 608.279.230,00
4,00	Contrato de alistado de apartamento, patios, y acceso,	\$ 43.741.642,00	\$ 44.164.208,00
5,00	Contrato Hidrosanitario (Todo Costo)	\$ 56.995.133,00	\$ 129.589.300,00
6,00	Contrato Eléctrico Interior Torre (Todo Costo)	\$ 155.395.788,00	\$ 191.500.705,00
7,00	Contrato de Gas (Todo Costo)	\$ 26.413.386,00	\$ 24.414.744,00
8,00	Contrato de Ventanería	\$ 81.895.067,00	\$ 93.587.774,00
9,00	Barandas de Balcón y Barandas Internas Escaleras. Se entrega Pintado todos los elementos.	\$ 47.461.715,00	\$ 20.887.302,00
10,00	Contrato Puerta de Acceso a Torre incluye sistema de seguridad	\$ 452.636,00	\$ 625.000,00
11,00	Contrato de Carpintería, Puertas de Acceso a apartamentos, puertas de baño y hab. Ppal.	\$ 52.220.042,00	\$ 30.461.680,00
12,00	Contrato Ascensor	\$ 105.108.640,00	\$ 105.848.404,00
13,00	Graniplast	\$ 32.807.277,00	\$ 59.443.164,00
14,00	Acabados de Apartamentos (baños, cerámica, y pintura)	\$ 109.321.906,00	\$ 210.848.685,00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>		\$ 2.067.106.126,00	\$ 2.544.780.134,00
<b>A</b>	<b>13%</b>	\$ <b>268.723.796,00</b>	\$ <b>268.723.796,00</b>
<b>I</b>	<b>2%</b>	\$ <b>41.342.123,00</b>	\$ <b>41.342.123,00</b>
<b>U</b>	<b>3%</b>	\$ <b>62.013.184,00</b>	\$ <b>62.013.184,00</b>
<b>TOTAL COSTOS + AIU</b>		\$ <b>2.439.185.229,00</b>	\$ <b>2.916.859.237,00</b>

**Tabla 16. Comparación BIM vs Método tradicional Real por las tres torres**

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>		\$ 6.201.318.378,00	\$ 7.634.340.402,00
<b>A</b>	<b>13%</b>	\$ <b>806.171.389,00</b>	\$ <b>806.171.389,00</b>
<b>I</b>	<b>2%</b>	\$ <b>124.026.368,00</b>	\$ <b>124.026.368,00</b>
<b>U</b>	<b>3%</b>	\$ <b>186.039.551,00</b>	\$ <b>186.039.551,00</b>
<b>TOTAL COSTOS + AIU</b>		\$ <b>7.317.555.686,00</b>	\$ <b>8.750.577.710,00</b>

Como se observa en la tabla 15, los ítems cambian, debido a que la ejecución de cada una de las torres se hizo por contratos a todo costo, lo que aumentó significativamente el valor total de las mismas. En la tabla 16 se observa el valor total de las 3 torre ejecutadas, las cuales también varían en precios como se observa en la siguiente grafica.

**Gráfico 4. Costos Reales BIM vs Método Tradicional**



## 10. Conclusiones

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y el cumplimiento de los objetivos planteados, se definen las siguientes conclusiones en el estudio comparativo:

- Al comparar las dos metodologías se obtienen algunas diferencias en varios factores que afectan directamente, como las cantidades, los ítems o actividades a evaluar y los precios; por lo tanto, se quiso realizar la comparación de estos elementos, donde se encontraron porcentajes bajitos de diferencia, los cuales influyen en el cambio del precio total de los costos directos y, por ende, del presupuesto en general.
- Realizando la comparación entre las cantidades, se pudo observar que éstas cambian en algunos ítems, con diferencias que oscilan entre un 0,01% y el 5%, lo que hace entender que siempre y cuando los dos trabajos se desarrollen bien, con precaución al momento de diseñar, en el caso de BIM o al momento de tomar las cantidades por el método 2D, no

presentarán discrepancias, por lo que en este sentido, los dos métodos servirán para calcular las cantidades.

- En la comparación de los precios, se debe tener en cuenta el valor a utilizar para el presupuesto, para que se ajuste un poco más a los precios reales, debido a que hay variaciones según la tasa de manejo en el mercado, la cual puede hacer subir o bajar el precio unitario; por ello, los precios totales de los costos directos se tomaron del AIM 2020, donde al correlacionar los dos valores totales, estos varían en tan solo 0,24%.
- Al comparar el presupuesto de cantidades tomadas por BIM con el presupuesto de cantidades halladas por el método tradicional y al relacionarlas con los precios reales o comerciales del mercado, se pudo determinar una variación del 19%, toda vez, que la demanda de los materiales, la contratación de mano de obra o el transporte del material influyen directamente en el valor total de la actividad.

## ***11. Recomendaciones***

Entre las recomendaciones se tienen las siguientes:

- El método más seguro para realizar una planeación más eficaz y eficiente, con toda la información más compacta, es el sistema BIM, el cual es un sistema capaz de reunir todas las áreas encargadas del desarrollo de un proyecto es un solo dispositivo, desde su etapa inicial. Por ello, al tener todo en un solo conjunto, es mucho más fácil encontrar falencias o deficiencias dentro de una estructura al momento de organizar, programar y calcular las cantidades de todas las actividades a desarrollar, lo que permiten percibir de una manera más sensata el proceso constructivo de la edificación, permitiendo establecer cronogramas más realistas según los tiempos de ejecución y detectar conflictos antes de

iniciar la obra, lo que obliga a tener un conocimiento más amplio del proyecto y establecer alternativas de ejecución.

- Al crear estos modelos en la Metodología BIM, los elementos más grandes y de mayor influencia constructiva como las vigas, columnas, pantallas, escaleras y losas de entrepiso, son más fáciles de calcular, teniendo así, las cantidades exactas, las cuales pueden ser proyectadas económica y temporalmente, con el fin de evitar imprevistos de gran dimensión, puesto que estos son elementos principales que mayor dinero necesitan para su desarrollo constructivo.
- La Metodología BIM ofrece un análisis más riguroso en la planeación de infraestructura, sin embargo, su implementación tiene algunos obstáculos, dado a que su conocimiento es muy pobre, por lo tanto encontrar fuentes de información que permiten su desarrollo o fácil implementación es muy difícil, debido al vacío normativo que hay actualmente en el país sobre su implementación y los costos asociados en los que se debe incurrir implementarlo.
- La Metodología BIM ayuda con la productividad, tanto para la planeación del proyecto, como durante su ejecución, puesto que al tener un solo modelo con unas cantidades definidas, es más viable que haya menos imprevistos entre los profesionales de las diferentes ramas que influyen dentro del proyecto, a diferencia del sistema tradicional, donde cada profesional mantiene sus cantidades y las maneja de la mejor forma posible según su criterio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Cerón, I. A., & Liévano Ramos, D. A. (2017). Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto. *Universidad Católica de Colombia*.  
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15347/1/PLAN%20DE%20IMPLEMENTACI%c3%93N%20DE%20METODOLOGIA%20BIM.pdf>
- Choclán Gámez, F., Soler Severino, M., & González Márquez, R. J. (2014). Introducción a la Metodología Bim. *Researchgate*. [https://www.researchgate.net/profile/Ramon-Jesus-Gonzalez-Marquez/publication/284159764\\_INTRODUCCION\\_A\\_LA\\_METODOLOGIA\\_BIM/inks/564cbc6b08aeafc2aaaf73c2/INTRODUCCION-A-LA-METODOLOGIA-BIM.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ramon-Jesus-Gonzalez-Marquez/publication/284159764_INTRODUCCION_A_LA_METODOLOGIA_BIM/inks/564cbc6b08aeafc2aaaf73c2/INTRODUCCION-A-LA-METODOLOGIA-BIM.pdf)
- Rodríguez Lesmes, D. H. (2020). Asistencia y seguimiento técnico al proceso constructivo del proyecto de vivienda del sector privado, a cargo de la Constructora PAXCO SAS ubicado en la Calle 24 No. 20–02 barrio Araguaney en el municipio de Acacías- Meta. *Universidad Cooperativa de Colombia*.  
[https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/32717/1/2020\\_asistencia\\_seguimiento\\_t%c3%a9cnico.%20pdf.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/32717/1/2020_asistencia_seguimiento_t%c3%a9cnico.%20pdf.pdf)
- Valencia Rivera, D. F., & Mojica Arboleda, A. (2012). Implementación de las Metodologías BIM como Herramienta para la Planificación y Control del Proceso Constructivo de una Edificación en Bogotá. *Pontificia Universidad Javeriana*.  
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11135/MojicaArboledaAlfonso2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramírez León, J. A. (2018). Comparación entre Metodologías Building Information Modeling (BIM) Y Metodologías Tradicionales en el Cálculo de Cantidades de Obra y Elaboración de Presupuestos. Caso de Estudio: Edificación Educativa en Colombia. *Universidad Distrital Francisco José De Caldas*.  
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7820/6/RamirezLeonJorgeAndres2018.pdf>
- Gómez Cabrera, A., Valencia Rivera, D. F., Mojica Arboleda, A., & Alvarado Vargas, Y. (2017). Planificación y Control de Proyectos Aplicando “Building Information Modeling” un Estudio de Caso. *Ingeniería Revista Académica de la Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Yucatán*, 20(1).  
<https://www.revista.ingenieria.uady.mx/ojs/index.php/ingenieria/article/view/47/64>

- Marulanda, J. C., Fajardo Garzón, N., & Gonzales Morales, E. (2017). Planeación BIM: Lineamientos Básicos y Beneficios en la Implementación de la Metodología BIM en la Fase de Planeación para Compañías del Sector Constructivo Colombiano. *Universidad Piloto De Colombia*. <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00004006.pdf>
- Ángel Torres, y. A. (2019). Coordinación de un Proyecto de Edificación Mediante Metodologías BIM – Caso De Estudio Edificio Tequendama II - PERMODA. *Universidad Católica De Colombia*. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23896/1/TRABAJO%20DE%20GRADO-BIM%20D%20Y%205D-YEISON%20ANGEL-505745.pdf>
- Laiza Otiniano, J. L., & Ayay Gonzales, S. (2020). Propuesta de Implementación de la Metodología BIM, en la Construcción de un Edificio Multifamiliar en la Empresa Cci Ingenieros Del Perú S.R.L. En Cajamarca 2020. *Universidad Privada del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25360/Ayay%20Gonzales%2c%20Severino%20-%20Laiza%20Otiniano%2c%20Jorge%20Luis%20Emanuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arequipa Iza, D. J. (2020). Análisis de Interferencias en el Proyecto Inmobiliario “Conjunto Habitacional Reina Julia”, Mediante la Metodología BIM. *Universidad de las Fuerzas Armadas*. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22101/1/T-ESPE-043656.pdf>
- UNE-EN ISO 19650–1:2019 Organización y digitalización de la in. . . (2019). UNE NORMALIZACION ESPAÑOLA. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0062137>
- Gonçalves Carezzato, G. (2018). Protocolo de gerenciamento BIM nas fases de contratação, projeto e obra em empreendimentos civis baseado na ISO 19650. *Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP Universidade de São Paulo*. Published. [https://explore.openaire.eu/search/publication?articleId=od\\_\\_\\_\\_\\_3056::cd37fc5b141a24fb0d68b6fa021ee743](https://explore.openaire.eu/search/publication?articleId=od_____3056::cd37fc5b141a24fb0d68b6fa021ee743)
- Pramod Reddy, K. (2012). *BIM for Building Owners and Developers Making a Business Case for Using BIM on Projects* K. Pramod Reddy. Wiley, 1.
- Eastman, C., Liston, K., Teicholz, P., & Sacks, R. (2008). *BIM HANDBOOK. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. Wiley.

- Salazar, M., & Galindo, J. (2018). *Impacto económico del uso de BIM en el desarrollo de proyectos constructivos: estudio de caso en Manizales (Colombia)*. *Espacios*, 39(7). <https://www.revistaespacios.com/a18v39n07/a18v39n07p24.pdf>
- López, P. H. A. (2018, 2 abril). *Comparación entre metodologías building information modeling (BIM) y metodologías tradicionales en el cálculo de cantidades de obra y elaboración de presupuestos. Caso de estudio: edificación educativa en Colombia* - hdl:11349/7820. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7820>
- Cabrera, G. A. (2017, 26 abril). *Comparación de los principales sistemas constructivos de VIS en Colombia, desde una perspectiva de sostenibilidad, empleando BIM: caso estudio en Soacha*. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/19639>
- Tamayo, Y. (2018, 30 octubre). *Estudio sobre potencial de la metodología BIM para optimización de presupuestos de construcción. Caso de estudio*. <https://Repository.Eia.Edu.Co/Handle/11190/2087>.
- Cabrera, G. A. (2015, 19 enero). *Razón de costo efectividad de la implementación de la metodología BIM y la metodología tradicional en la planeación y control de un proyecto de construcción de vivienda en Colombia*. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/12691>
- Henriquez, P. (2021, 17 mayo). *BIM: ¿Qué tan digitalizada está la industria de la construcción en la región?* Puntos sobre la i. <https://blogs.iadb.org/innovacion/es/bim-que-tan-digitalizada-esta-la-industria-de-la-construccion-en-la-region/>  
<https://blog.structuralia.com/bim-colombia>