

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**



**“RELACIÓN DE LA INGENIERÍA DE VALOR CON LA METODOLOGÍA BIM
APLICADO A PROYECTOS INMOBILIARIOS EN LA FASE DE DISEÑO, 2022”**

TESIS:

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. BRITO AGUIRRE JOSÉ MIGUEL

ASESOR:

MG. ING. MIRANDA TEJADA HÉCTOR HUGO

Cajamarca – Perú

2023

COPYRIGHT © 2023 by
JOSÉ MIGUEL BRITO AGUIRRE
Todos los derechos reservados

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome salud y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mi asesor, Mg. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada, agradecer de manera muy especial por su tiempo, consejos, comprensión y apoyo incondicional.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, gracias a la enseñanza de sus docentes, logre los conocimientos y valores para formarme como un profesional y servir a mi Perú.

DEDICATORIA

A mi amada madre Merly Isabel Aguirre Camacho, por brindarme su apoyo incondicional, quien ha luchado por darme lo mejor sin importar el cansancio, apoyándome ante cualquier situación, impulsándome a ser mejor cada día con sus sabios consejos y por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta propuesta, este trabajo va para ti madre amada.

A mi querido padre Lelis Alisander Brito Camacho, por su amor y apoyo constante, por la formación y valores que me inculcaste, así como también el respeto a todas las personas este trabajo va para ti padre querido.

A mis hermanos Heyssen y Tatiana por estar siempre presentes brindándome su apoyo en cada momento.

A mis abuelitos José Aguirre y Betsabeth Camacho por brindarme sus sabios consejos y su amor incondicional.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Introducción.....	12
1.2. Planteamiento del problema.....	12
1.3. Formulación del problema.....	14
1.4. Justificación de la investigación	14
1.5. Alcances o delimitaciones de la investigación.....	15
1.6. Objetivos	16
1.6.1. Objetivo General.....	16
1.6.2. Objetivos específicos.....	16
1.7. Limitaciones	17
1.8. Hipótesis	17
1.8.1. Hipótesis general.....	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	18

2.1.	Antecedentes Teóricos.....	18
2.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	18
2.1.2.	Antecedentes Nacionales	20
2.1.3.	Antecedentes Locales	24
2.2.	Bases Teóricas	27
2.2.1.	Ingeniería de valor	27
2.2.2.	Fases de la Ingeniería de valor.....	39
2.2.3.	Metodología BIM.....	46
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS		54
3.1.	Ubicación geográfica de la zona de estudio.....	54
3.2.	Tipo, nivel, diseño y método de investigación	55
3.3.	Población de estudio.....	55
3.4.	Muestra	55
3.5.	Unidad de análisis.....	56
3.6.	Procedimiento	56
3.7.	Materiales.....	56
3.8.	Proyecto de estudio.....	59
3.9.	Estado actual de la Metodología BIM en la empresa costo para su implementación	62
3.10.	Costos importantes del proyecto.....	67
3.11.	Resultados al aplicar metodología BIM.....	69
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		72

4.1. Procesamiento de los resultados	72
4.2. Discusión de resultados	72
4.3. Contrastación de hipótesis	77
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
5.1. Conclusiones.....	78
5.2. Recomendaciones.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXOS	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales involucrados en un proyecto de construcción	58
Tabla 2. Fases de la Ingeniería de valor en la Metodología BIM.....	61
Tabla 3. Análisis de Recursos Humanos.....	62
Tabla 4. Análisis de recursos materiales.....	63
Tabla 5. Partidas conductoras de costos	67
Tabla 6. Resumen de análisis de alternativa 1 Ingeniería de valor	69
Tabla 7. Resumen de análisis de alternativa 2 Metodología BIM.....	70
Tabla 8. Comparativo del costo de las dos alternativas	71

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Ingeniería de valor en construcciones inmobiliarias	36
2. Lluvia de ideas para recoger datos en la Ingeniería de Valor.....	38
3. Teoría de los 6 grados escrito por Frigyes Karinthy en 1929	49
4. Una maqueta digital permite gestionar una edificación durante su vida útil	51
5. Beneficios de la metodología BIM	52
6. Ubicación del proyecto inmobiliario	54
7. Etapas del proceso de construcción.....	57
8. Esquema de modelado en plataforma BIM	58
9. Vista 3D del proyecto	60
10. Vista 3D del edificio	64
11. Diseño primer piso del edificio.....	65
12. Diseño del dos al sexto piso.....	65
13. Medidas de la azotea del edificio	66
14. Vista 3D de la azotea del edificio	66

RESUMEN

En esta investigación se planteó como objetivo principal determinar la relación de la ingeniería de valor en la metodología BIM en proyectos inmobiliarios en la fase de diseño en la ciudad de Cajamarca, en el año 2022, para llegar a ello se establecieron los siguientes objetivos específicos: Determinar el estado actual de la metodología BIM en la empresa, identificar los costos más importantes del proyecto, presentar los resultados al aplicar la ingeniería de valor y la metodología BIM. La investigación siguió un diseño no experimental, porque no se manipularon las variables, siguiendo un enfoque cuantitativo con un horizonte de tiempo transversal de tipo aplicada. Luego de obtener los datos se llegaron a las conclusiones: de que el estado actual de la metodología BIM en la empresa requiere un costo en recurso humano de 7 964.40 soles y en materiales 13 812 soles, los costos más importantes del proyecto está determinados en seis componentes como: losas postensadas, losas aligeradas, placas, columnas, vigas postensadas y losas macizas; finalmente al aplicar la metodología BIM en el proyecto en la fase de diseño tiene una reducción de costos de 204 056.01 soles.

Palabras clave: ingeniería de valor, metododología BIM, costos, conductores de costos.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the relationship of value engineering in the BIM methodology in real estate projects in the design phase in the city of Cajamarca, in the year 2022, to achieve this the following specific objectives were established: Determine the current status of the BIM methodology in the company, identify the most important costs of the project, present the results when applying value engineering and BIM methodology. The research followed a non-experimental design, because the variables were not manipulated, following a quantitative approach with a cross-sectional time horizon of applied type. After obtaining the data, the following conclusions were reached: the current state of the BIM methodology in the company requires a cost in human resources of 7 964.40 soles, and in materials 13 812 soles, the most important costs of the project are determined in six components such as: post-tensioned slabs, lightened slabs, plates, columns, post-tensioned beams and solid slabs; finally by applying the BIM methodology in the project in the design phase there is a cost reduction of 204 056.01 soles.

Keywords: value engineering, BIM methodology, costs, cost drivers.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

Es el momento crucial de implementación de una nueva agenda urbana, las ciudades se han expandido, pero muchas veces de manera desordenada y poco atractiva, siendo un impedimento para el normal desenvolvimiento de las personas, un factor importante es el transporte, muchas de las ciudades no están diseñadas para que el transporte sea óptimo, las otras veces los proyectos ambiciosos de este tipo, se quedan a medio camino por el tema de los costos de las empresas ejecutoras; ello significa entablar medidas urgentes, hacer un análisis riguroso del sector inmobiliario en las ciudades que tienen millones de personas como ciudadanos, las hoy llamadas ciudades metropolitanas, lo que implica entablar nuevas medidas y políticas, unir esfuerzos tanto en el sector privado como el público, para ello BIM será una metodología invaluable e innovadora que sirve para el desarrollo de los proyectos, ya sean inmobiliarios, o de interconexión entre urbes. (Gómez-Álvarez, Bajack, López-Moreno, & Lanfranchi 2019).

1.2. Planteamiento del problema

En la industria de la construcción, la planificación y el diseño de proyectos inmobiliarios se han vuelto cada vez más complejos debido a la creciente demanda de calidad, costos y tiempos de entrega más eficientes. En este contexto, la ingeniería de valor y la metodología BIM se presentan como dos metodologías claves en la fase de diseño, ya que permiten la optimización del proceso de diseño y la toma de decisiones de manera más efectiva.

La ingeniería de valor es una metodología que busca reducir los costos y mejorar la calidad de los proyectos mediante la identificación de los aspectos que generan el mayor valor para el cliente. Esta metodología se enfoca en el análisis y optimización de los procesos de diseño, producción y construcción para lograr una mejor eficiencia y rentabilidad en el proyecto.

Por otro lado, BIM se ha convertido en una metodología cada vez más popular en la industria de la construcción debido a su capacidad para generar modelos digitales en 3D que incluyen información detallada de los componentes del proyecto. Esto permite una mejor visualización y coordinación entre los distintos actores del proyecto, mejorando así la calidad y eficiencia del proceso de diseño.

Sin embargo, aunque ambas metodologías son consideradas cruciales en la fase de diseño de proyectos inmobiliarios, la relación entre la ingeniería de valor y la metodología BIM no está claramente definida. Esto puede generar problemas de coordinación, comunicación y eficiencia en el proceso de diseño y afectar la calidad y rentabilidad del proyecto.

Por lo tanto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la relación entre la ingeniería de valor y la metodología BIM en la fase de diseño de proyectos inmobiliarios?

Por ello fue necesario analizar cada metodología y cómo se complementan en la fase de diseño de proyectos inmobiliarios. Asimismo, se debe considerar la percepción y experiencia de los distintos profesionales involucrados en el proceso de diseño, como arquitectos,

ingenieros, contratistas y clientes, a fin de identificar posibles obstáculos y desafíos que puedan surgir en la aplicación de ambas metodologías.

Además, es importante analizar la literatura existente en relación a la ingeniería de valor y la metodología BIM en la industria de la construcción, a fin de identificar las mejores prácticas y casos de éxito en la aplicación de ambas metodologías en la fase de diseño. De esta manera, se pueden extraer lecciones aprendidas y recomendaciones que puedan ser útiles para mejorar la eficiencia y calidad del proceso de diseño en proyectos inmobiliarios.

En resumen, el problema de investigación planteado se enfoca en la relación entre la ingeniería de valor y la metodología BIM en la fase de diseño de proyectos inmobiliarios, con el objetivo de determinar la relación de ambas metodologías y de esa manera mejorar la eficiencia y calidad del proceso de diseño. Este problema de investigación es importante porque la optimización del uso de la ingeniería de valor y la metodología BIM en la fase de diseño puede tener un impacto significativo en la eficiencia, calidad y costo de los proyectos inmobiliarios.

1.3. Formulación del problema

¿Cuál es la relación de la ingeniería de valor con la metodología BIM en proyectos inmobiliarios en la fase de diseño?

1.4. Justificación de la investigación

La industria de la construcción enfrenta una serie de desafíos en la planificación y diseño de proyectos inmobiliarios, incluyendo la necesidad de mejorar la calidad, reducir costos y tiempos de entrega y garantizar la seguridad y sostenibilidad de las construcciones. En este

contexto, la ingeniería de valor y BIM se presentan como metodologías claves en la fase de diseño de proyectos inmobiliarios para mejorar la eficiencia y calidad del proceso de diseño.

Aunque ambas metodologías se utilizan ampliamente en la industria de la construcción, su relación no está claramente definida, lo que puede generar problemas de coordinación, comunicación y eficiencia en el proceso de diseño y afectar la calidad y rentabilidad del proyecto. Por lo tanto, es necesario investigar la relación entre la ingeniería de valor y la metodología BIM en la fase de diseño de proyectos inmobiliarios.

La justificación de esta investigación radica en la necesidad de identificar cómo se pueden optimizar el uso de la ingeniería de valor y la metodología BIM para mejorar la eficiencia y calidad del proceso de diseño en proyectos inmobiliarios. La investigación permitió identificar las mejores prácticas y casos de éxito en la aplicación de ambas metodologías en la fase de diseño, así como los obstáculos y desafíos que pueden surgir en su implementación.

Además, la investigación fue importante para los distintos actores involucrados en la fase de diseño de proyectos inmobiliarios, incluyendo arquitectos, ingenieros, contratistas y clientes, ya que permitió mejorar la comunicación y coordinación entre ellos y garantizar la toma de decisiones más efectivas y eficientes.

1.5. Delimitaciones de la investigación

Las delimitaciones en tiempo y espacio de la investigación sobre la relación de la ingeniería de valor con la metodología BIM aplicado a proyectos inmobiliarios en la fase de diseño son las siguientes:

Tiempo:

La investigación se limitó al período comprendido del año 2022, para la recolección y análisis de datos.

Espacio:

La investigación se centró en un proyecto inmobiliario de la ciudad de Cajamarca.

La recolección de datos se realizó en la construcción seleccionada de acuerdo con su relevancia en la industria de la construcción y disponibilidad de información.

Los resultados y conclusiones de la investigación se limitaron al proyecto y contexto específico estudiado, pudiendo estos ser generalizados a otras regiones o tipos de proyectos inmobiliarios.

Estas delimitaciones en tiempo y espacio se han establecido para garantizar la viabilidad de la investigación y permitir una recolección y análisis de datos adecuados dentro de un marco temporal y geográfico limitado. Sin embargo, se reconoce que existen limitaciones en términos de la generalización de los resultados y conclusiones a otros contextos y proyectos inmobiliarios.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Determinar la relación de la ingeniería de valor con la metodología BIM en proyectos inmobiliarios en la fase de diseño.

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar el estado actual de la metodología BIM en la empresa.
- Identificar los costos más importantes del proyecto.

- Presentar los resultados al aplicar la ingeniería de valor y la metodología BIM.

1.7. Limitaciones

El tiempo que conlleva realizar la identificación de las partidas de costos más importantes, sin embargo, ello se logró superar siguiendo la estructura del cronograma planteado en el proyecto de investigación.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

La metodología BIM obtuvo menos costos con relación a la ingeniería de valor en proyectos inmobiliarios en la fase de diseño.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Trejo C. (2018), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil: Estudio del Impacto del Uso de la Metodología BIM en la Planificación y Control de Proyectos de Ingeniería y Construcción, de la Universidad de Chile.

En los resultados de las entrevistas a expertos en proyectos, se puede ver que BIM aún no ha generado el impacto que se hubiera deseado en proyectos de gran dimensión o en las industrias como la minería, la energía y la industria. De acuerdo con los resultados de las encuestas se puede observar que manifiestan tener un conocimiento medio respecto a la metodología BIM, además la amplia mayoría cree que BIM trae muchos beneficios por su aplicación en los proyectos de construcción inmobiliaria, también para la planificación y el control, además se percibe sobre la dificultad para su implementación en las organizaciones.

Valdés I. (2014), en su tesis para optar el Grado de Magíster en Dirección y Administración de Proyectos Inmobiliarios, Universidad de Chile.

Se determinó que mediante el uso de las herramientas BIM para la gestión de un proyecto inmobiliario en altura se obtuvo un 13% en la rentabilidad del proyecto, lo cual es importante, si se hace la comparación con un proyecto de las mismas características en el que

no se haya utilizado la metodología BIM, y mediante estudios de empresas tanto chilenas así como extranjeras, se ha determinado que existe una rentabilidad de al menos 6% en construcción de proyectos en cuanto al costo de la construcción de esos proyectos, lo fundamental de la investigación es incentivar a las organizaciones a hacer uso de la herramientas BIM para maximizar sus beneficios y el producto sea de mejor calidad, ya que al hacer las estimaciones el costo de la implementación no es muy elevado, haciendo la comparación al no utilizarse, en el peor escenario se habla de que la rentabilidad sea un 5% en un proyecto.

Antonio I. & Liévano D. (2017), en su tesis para optar el título de especialista en Gerencia de Obras de la facultad de ingeniería de la Universidad Católica de Colombia.

Lo más relevante es en la parte del proceso de diseño y obviamente también en los otros procesos, pero si el diseño es el adecuado y se tiene bien en claro, los otros procesos van a fluir de manera adecuada. Como resultado resaltante la implementación de la metodología BIM es importante para Colombia, porque ayudaría que en las construcciones se optimicen procesos, sea de mejor calidad los productos, porque al ahorrar tiempo también se ahorra costos dinerarios. Para la implementación se debe realizar utilizando un equipo especializado para que la demora no sea más de la prevista junto con los costos de implementación.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Broncano M. (2019), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil: Integración de las metodologías Building Information Modeling Para el Manejo y Control de la Información en el Proyecto Ampliación y Mejoramiento de Servicios de Aulas y de los Servicios de Soporte Académico de la Oficina General de Estudios de la UNASAM, distrito de independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash – 2017, de la Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.

En esta investigación se planteó como hipótesis: La integración de la metodología BIM mejora el manejo y control de la información en el proyecto: ampliación y mejoramiento de los servicios de aulas y de los servicios de soporte académico de la oficina general de estudios de la UNASAM, teniendo como objetivo general el aplicar la integración de la metodología BIM en el proyecto de ampliación y mejoramiento de los servicios de aulas y de los servicios de soporte académico de la oficina general de estudios de la UNASAM. En la investigación llegando a los resultados de que al aplicar la metodología BIM en el proyecto que se eligió, al lograrse documentar todo el proceso según sus categorías, sus familias y sus tipos, en el cual se logró ver la facilidad para clasificar la información esto según las requeridas; también se ha demostrado la facilidad del trabajo interdisciplinario en el cual solo se usó una plataforma de trabajo, con esto se logra con mayor facilidad el ordenamiento de la información haciendo uso un único software de trabajo, en el proyecto elegido al utilizar la metodología BIM se vislumbró

deficiencias a nivel de cimentación, en el que se presentaron diferentes niveles de cimentación en las zapatas. Finalmente, la reducción utilizando la metodología BIM en comparación con el método tradicional fue de 12%.

Piña F. (2020), en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil: Propuesta de implementar la metodología BIM para mejorar la eficiencia en la gestión de proyectos de edificación de la ciudad de Yurimaguas, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

El objetivo que se planteó en esta investigación fue proponer la implementación de la metodología BIM con la finalidad de mejorar la eficiencia en la gestión de proyectos de edificación de la ciudad de Yurimaguas, planteando el ROI estratégico básico, la investigación finalmente ha buscado servir como guía que se utilicen para analizar las entidades y también las empresas que se dedican a las construcciones inmobiliarias en la ciudad de Yurimaguas, ya que no tienen implementado la metodología BIM para la gestión de sus proyectos, en la investigación se llegaron a los resultados: que mediante la metodología BIM, en la gestión de los proyectos de edificación en la ciudad de Yurimaguas, hay una fluida comunicación entre los profesionales que conforman el proyecto, ya que se integran sus especialidades, además de ello el presupuesto que se genera utilizando el BIM es confiable, ya que se hace con precisión los metrados, de esa manera se optimiza el proceso de la construcción, también el tiempo que

dura la obra y todo el proceso de construcción de tal forma que cada operador sabe las tareas que se deben ejecutar, de esa manera se ha evitado las interferencias, ya que la obra al realizar la simulación data de una finalización antes del plazo previsto y por ende no se requiere pedir ninguna ampliación, la eficiencia del proyecto es en el diseño, durante la construcción y también después de ello, también al aplicar la encuesta se evidencia que existe desconocimiento parcial en la zona acerca de esta metodología para las construcciones, se ha logrado por ende identificar los recursos humanos tanto como técnicos para la obra, obviamente el cambio es importante porque ello significa migrar al trabajo colaborativo a través de la metodología BIM.

Thea N. & Salluca R. (2019), en su tesis para obtener el título de Ingeniero Civil: Desarrollo de protocolos de interoperabilidad BIM estructural para proyectos de edificación, de la Universidad Peruana Unión, Juliaca-Puno.

En esta investigación el objetivo general fue de desarrollar un proceso de comunicación bajo el enfoque openBIM que permita y garantice la interoperabilidad BIM estructural entre sistemas ajenos para proyectos de edificación en el Perú, después de procesar los resultados de la investigación se determinó: en el Perú existe un gran cambio de acuerdo a la tendencia de las construcciones y de la implementación de las herramientas BIM, que luego es casi una obligación de todos los involucrados en el sector de construcción de formar parte de ese cambio que se viene dando, tanto de los profesionales que se van adaptando a

las nuevas tendencias, el conocimiento que se va generando en las universidades para aplicar esta metodología en las diferentes construcciones que se vienen dando en el Perú, con ello implica también el cambio de perspectivas y de mentalidad, ya que gracias a ello el cambio se dará de manera fluida, para luego obviamente gozar de los beneficios de todo el cambio que se ha dado, esta metodología en la fase de diseño es preponderante porque con ello se podrá dimensionar el proyecto, vislumbrar las partes o caminos importantes de todo el proyecto. Es un lenguaje que se ubica dentro de lo más accesibles que permite la interoperabilidad de los proyectos, también se debe tener en cuenta que existen hoy en día diferentes versiones, puesto que cada día los softwares van evolucionando.

2.1.3. Antecedentes Locales

Alfaro L. (2019), en su tesis para optar el título profesional en Ingeniería Civil: Incidencia en Presupuesto Aplicando la Metodología Building Information Modelling (BIM) para la UGEL Bambamarca y Bloque 1 del Hospital de Jaén.

En esta investigación se tuvo como objetivo principal determinar la incidencia que tiene el presupuesto al hacer uso de la metodología BIM en comparación de la metodología tradicional, para los proyectos de construcción que se hicieron el estudio en la investigación, luego de hacer las comparaciones en ambos casos de construcciones con la metodología BIM se llegó a los resultados siguientes: en el caso de la UGEL comparando el uso la metodología tradicional con la metodología BIM es de 3.37%, y para el caso del Hospital de Jaén fue de 1.53%, De acuerdo a los datos recogidos y procesados se obtuvo errores en la cuantificación de instalaciones eléctricas y también para el suministro de cables para la UGEL Bambamarca, y errores de cuantificación en cuanto al acero para el caso del Hospital de Jaén, haciendo un análisis de ambos proyectos se obtuvo una variación del 4% que estuvo en función al costo total y el de presupuesto, pero ello no significa que en todos los proyectos los errores sean los mismos, cada proyecto tiene sus propias particularidades y además están siempre inmersas diferentes variables que se pueden presentar al momento de realizar el proyecto.

Poclin E. (2014), en su tesis para optar el título de ingeniero civil: Evaluación del Diseño del Hospital II-2 de Jaén con el uso de tecnología BIM, de la Universidad Nacional de Cajamarca.

En esta investigación al contrastar la hipótesis se obtuvo que al momento de realizar el modelamiento BIM 3D de la edificación del hospital II-2 de Jaén, se han identificado las incompatibilidades en los planos tanto en los arquitectura como también en los de estructuras, también se identificaron interferencias en algunos componentes estructurales y también no estructurales, por lo que la tecnología BIM ha logrado identificar estas interferencias en el diseño de este Hospital, con lo cual queda contrastada la hipótesis que se planteó para la investigación. Dichas incompatibilidades en el Hospital de Jaén generalmente por un deficiente diseño como en las puertas, las ventanas que tenían diferentes dimensiones entre los planos de arquitectura, los ejes con diferentes nombres, las placas y las aberturas de las losas que generalmente no existen coincidencias entre los planos de arquitectura y los planos de estructuras, todas estas incompatibilidades son las que llevan a errores durante todo el proceso de la construcción, con ello el deficiente uso del factor tiempo, y muchas veces no entregando la obra en los plazos previsto, y obviamente esto lleva a que exista un sobre costo en toda la obra.

Ayay S. & Laiza J. (2020), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil: Propuesta de Implementación de la Metodología BIM en la construcción de un edificio multifamiliar en la empresa CCI Ingenieros del Perú SRL en Cajamarca 2020, de la Universidad Privada del Norte.

La investigación tuvo como objetivo general: determinar la influencia del presupuesto con la implementación con la metodología BIM en la fase de diseño de la construcción de una vivienda multifamiliar de la empresa CCI Ingenieros del Perú SRL. La hipótesis general fue: La implementación de la metodología BIM, impactará en el presupuesto, reduciéndolo en un 10%. Se determinó que el impacto en el presupuesto fue de 3.60% menor al presupuesto que se obtiene de manera tradicional, esto debido a que con el uso de la metodología BIM los metrados han sido exactos y también la visualización del diseño en 3D, por lo tanto, se demuestra la versatilidad, flexibilidad y adaptabilidad de la metodología BIM. También manifiesta que existe diferencia en los presupuestos obtenidos de diferentes formas, al comparar los presupuestos de arquitectura se tiene que con la metodología BIM es un 7.10% menor al procesamiento tradicional, además de ello en lo que respecta al presupuesto de estructuras es menor en un 4.95% , en las instalaciones sanitarias se tiene un presupuesto menor en 6.09%, mientras que las instalaciones eléctricas el presupuesto es mayor en un 12% en comparación al presupuesto tradicional.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Ingeniería de valor

Es una metodología la cual sirve para reducir costos dentro de una construcción, también reducir los problemas, en la cual se mejora los requerimientos, se mejora en tiempo de respuesta y también en los costos, estos pueden ser aplicados a diferentes ámbitos, como la construcción, los servicios, la industria y el transporte.

Los orígenes de la ingeniería de valor se remontan a la época de General Electric, que fue durante la segunda guerra mundial, por lo general había escasez de la mano de obra calificada a nivel mundial, también los componentes y las materias primas. Para ello Lawrence D. Miles y Harry Erlicher, Ingenieros de General Electric en 1940, se vieron en la necesidad de buscar sustitutos aceptables para la generación de los productos, al hacer esto se dieron cuenta de que los procesos fluían de manera más natural, se reducían los costos y lo más importante que el producto aumentaba sustancialmente en su calidad.

Luego del éxito que se vivió en General Electric, este método se hizo masivo a todos los sectores, sobre todo para el sector privado quien fue que acogió con mucho entusiasmo esto de la ingeniería de valor, lo más resaltante era que con poco capital se obtenía grandes rendimientos, diferentes organizaciones gubernamentales querían implantar esta novedosa metodología (Lawrence D. Miles y Harry Erlicher).

Watson G. (2005). A lo largo del tiempo la ingeniería de valor ha ido presentándose de la siguiente manera:

General Electric en 1947.

Departamento de defensa de los Estados Unidos 1954.

Luego la mayoría de los sectores organizados la implementan 1990.

La ingeniería de valor en la crisis petrolera 1973.

2.2.1.1. Meeker & Mc Williams, (2011). Para ellos los pasos que sigue la ingeniería de valor son los siguientes:

- a) El primer paso es que se debe crear una base de datos, pero esa base de datos debe tener información relevante, también se debe incluir el costo de cada proceso que están en esa base de datos, esos registros deben contener, bases, datos, registros, costos, procesos, cantidades, tiempos y toda la información auxiliar que sea necesario para que se tenga en claro todo el panorama que se abarca en la organización, pues también se habla de muchos de esos aspectos permiten pequeños errores, errores que se masificarán con el volumen de la producción. La eliminación de los errores pues maximiza los beneficios para la empresa.
- b) El otro aspecto es saber identificar las partidas de los costos de producción, para tener un ahorro se debe conocer cuál es el mayor volumen en el que se tiene los costos mayores, pues para ello se debe calcular el costo extendido, los cuales se deben tabular y ordenar para que el panorama sea claro, siendo un aporte al costo total.
- c) Al identificar la parte más amplia en donde están esos costos, pues entonces se tienen que hacer los cambios internos necesarios para que esos costos que son mayores vayan disminuyendo, de esa manera pues se maximiza la rentabilidad

de la organización.

d) Si se aplica la ingeniería de valor para reducir los costos, pues entonces se tienen que utilizar las técnicas de la ingeniería de valor, para ello pues se necesitan equipos y dentro de ellos a personas que estén plenamente involucradas y un tomador de decisiones. Por eso se han identificado ciertas técnicas que apoyan la ingeniería de valor.

- Rediseño es una de las principales formas para reducir costos de producción, debido a que se va a trabajar en conjunto toda la organización y con todo el equipo de involucrados. Para esto el equipo que la conforma es de todas las áreas o departamentos de la organización.
- El otro aspecto es aislar cada uno de los procesos para ver como están en los tiempos, los costos y demás factores que influyen.
- Luego realizar una lluvia de ideas que ayuden a tener en claro el manejo de los procesos.
- Luego de ello se evalúan los costos y también los beneficios de cada proceso.
- Luego se crea el plan de acción para que se haga la implementación, entonces ello va a permitir que se establezca la solución elegida.
- Luego de ello se llega a un acuerdo y se empieza a ejecutar la mejor.

e) Los costos de los componentes existentes que es una forma

rápida de reducir los costos en una organización, pues para ello se puede renegociar con los proveedores que tiene la organización, para ello pues se tiene que tener todo el mapeo de los proveedores y empezar a analizar cuál de ellos es el que aporta mayor valor a la organización y por ende al producto, el otro aspecto sera realizar las compras más grandes y de esa manera tener poder para negociar con el precio, como es una práctica habitual de algunas organizaciones.

- f) Otros aspecto que tenemos es la sustitución de componentes, que también se puede usar para hacer la reducción de los costos, para ello se dice que existe tres formas que se pueden lograr : se puede hacer que se compre los mismos componentes o materia prima, pero esa compra que se haga a diferetes proveedores, pues en el sector siempre va a existir la competencia entre fabricantes de insumos y entre ellas siempre están viendo en qué precios se están vendiendo los mismos componentes y por ende a veces las empresas proveedoras quieren vender un poco más bajo que la competencia. El otro aspecto sería comprar los componentes pero que su desempeño sea menor, es decir es el mismo diseño, pero su función de durabilidad es menor, como es el caso de los productos de China o Taiwan, pero obviamente que no afecten al desempeño del producto final. El otro aspecto sería comprar componentes similares pero que su desempeño sea menor, pero también que no afecte el rendimiento de todo el proceso, pero esto es peligroso porque generalmente al hacer

eso, muchas veces el componente no tiene la durabilidad deseada, por lo que a veces hacer recambios sale más costoso que haber comprado un componente de mayor costo y mayor calidad.

g) Otro de los aspectos que se tiene para mejorar los tiempos de entrega y de esa manera hacer que la producción sea más simplificada, es hacer el outsourcing, es decir es cuando la empresa contrata a otra haga la producción de cierto componente necesario, y claro esa empresa es experta en hacer ese tipo de componentes, debido a que son expertos su tiempo de producción será en menor tiempo, de mayor calidad y la empresa principal se ahorra esos costos en materia prima, mano de obra, capacitación y entrenamiento en su talento humano. Ello le va a permitir tener mayor tiempo y recurso para enfocarse en otros procesos que son clave y son el ADN de la empresa.

h) Tenemos otra práctica por ejemplo de hacer dos análisis: uno es hacerlo de manera exhaustiva de las funciones de la organización y también de las capacidades que se tiene del producto que se está poniendo a la venta en el mercado, también se debe hacer un análisis de mercado, para recoger la opiniones de las características más relevantes de los productos que se está poniendo en el mercado.

2.2.1.2. La ingeniería de valor tiene cuatro componentes que son importantes desde su origen teórico:

✓ Información: En donde se tiene que tener en claro el problema

que se quiere solucionar y que está mellando la imagen de la organización, para ello se tiene que hacer un análisis si se puede aplicar la ingeniería de valor, para ello se hace la recopilación de datos actuales del proceso o del producto, cuáles son esos requisitos , cuáles son esos recursos y también para la asignación de los recursos para ese proceso o producto.

- ✓ Especulativa: Es acá donde se desarrollan procesos que reemplacen al proceso antiguo, pero obviamente con costo menor.
- ✓ Analítica: Acá es donde se hacen la comparación de los costos de la producción de ese producto o de ese proceso, para luego elegir el más óptimo.
- ✓ De propuesta: Se incluye la preparación y la planificación, luego que se ha hecho la presentación de resultados de la ingeniería de valor, generalmente a los stakeholders, para que se reciba la aprobación del cliente y ya se tenga todo listo para la producción.

Un estudio que se hace aplicando la ingeniería de valor, es un estudio muy riguroso que cualquier otro tipo de estudio, se hace de forma sistémica y también de manera creativa, con el fin de obtener un retorno de la inversión que se ha hecho, se dice que el aspecto más principal de la ingeniería de valor es hacer un buen análisis de la función. Se hace una preparación y planificación, generar creatividad y desarrollar y dar seguimiento a la propuesta que sea la más óptima (Meeker & Mc Williams, 2011).

Los beneficios de la ingeniería de valor son múltiples, dentro de ellos

tenemos algunos que se consideran que son los más importantes:

- a) Se identifica y se reasigna los costos de producción en la que incurre el proceso o la función.
- b) Reducción en el costo de componentes o de la materia prima para ese proceso.
- c) La eficiencia en la línea de producción de ese componente o ese proceso.

La ingeniería de valor aporta múltiples beneficios a la empresa, tanto en los costos de producción, de materia prima, incluso en la mano de obra al estar más identificados con la organización, la generación de valor del producto, creando una buena imagen de la organización, derivado de estos beneficios económicos, se tiene los beneficios en el medio ambiente a partir de esta ingeniería de valor, como por ejemplo:

- ✓ Se reduce el impacto al hacer menos uso de algún tipo de energía, al mejorarse los procesos de fabricación de cierto componente ese impacto generado antes va a desaparecer del medio ambiente, al hacer menos uso de la energía eléctrica, menos uso de los combustibles, y también menos uso de los recursos naturales de manera general.
- ✓ Tener un enfoque ecoamigable, esto se logra con las diferentes certificaciones de organismos internacionales que hacen a la producción de cualquier empresa, que sea ecológicamente amigable, que no es otra cosa que hacer uso de los recursos naturales de manera conciente y no indiscriminada como lo

hacen algunas organizaciones creando un impacto adversos en los diferentes ecosistemas del planeta (Meeker & Mc Williams, 2011).

En la industria de la construcción es un método que se usa de manera sistemática y básicamente está dirigido a hacer un análisis de los materiales, los sistemas y los procesos, también el equipamiento que tendrá el edificio, con el fin que todo se haga con menor costo y de esa manera maximizar la rentabilidad que hoy en día es un aspecto de los más importantes para todo tipo de organizaciones, la ingeniería de valor siempre empieza haciendo las preguntas de ¿qué es esto? ¿qué es lo que hace? ¿qué es lo que deberían hacer? ¿cuánto cuesta? ¿qué otro material u otro método se puede usar para hacer lo mismo, pero sin sacrificar el desempeño y la seguridad, confiabilidad y mantenimiento del proceso? Para ello la ingeniería de valor es aquello que se debe ocupar de eliminar o también hacer la modificación de cualquier aspecto que requiere un incremento de costo en cualquier proceso de la organización que sea importante y que dependa de ello el producto principal de la organización (Meeker & Mc Williams, 2011).

Pero también se ve con mucha frecuencia que se confunde a la ingeniería de valor con la reducción del costo, a veces esto se practica de manera errada, y muchas veces sin tener en cuenta el factor del tiempo, teniendo en cuenta los equipos de trabajo y también la oportunidad de incorporar a diversos actores en todo el proceso. En los costos en la construcción y también en la selección del equipo de diseño, analizar estos costos cuando son para edificaciones muchas

veces grandes y que otras veces son mixtas, los montos más grandes muchas veces se encuentran en la estructura, la cimentación y también la superestructura con un 45%, las instalaciones con 35%, los acabados un 13%, los exteriores 5%, y otros aspectos con el 2%, esto también depende las características que tenga la construcción o el edificio, el aspecto de análisis es que los ahorros más importantes están en las estructuras y las instalaciones, claro que depende de cómo se haya hecho el diseño de la arquitectura, por esta razón es que se hace muchas veces difícil encontrar y seleccionar a un buen equipo de diseño, teniendo en cuenta que las decisiones que tome el arquitecto son importantes para todo el proyecto y su desarrollo, dependiendo si las inversiones son tan grandes y por ende se esperan beneficios también grandes de acuerdo a la dimensión del proyecto (Meeker & Mc Williams, 2011).

Figura 1. *Ingeniería de valor en construcciones inmobiliarias*



Fuente: Meeker & Mc Williams 2011.

Arellano A. 2020. Al aplicar el método de la ingeniería de valor abarca un reto que es de vital importancia, que es identificar aquellos beneficios que muchas veces es difícil de contar, que generalmente están dentro de la estética, la seguridad, teniendo en cuenta el impacto ambiental, también la preservación histórica si la construcción se va a realizar en una zona que es intangible o centro histórico, para ello es importante empezar desde el principio, como se sabe en todo el diseño es la parte más importante, es donde se va a determinar los sistemas que fundamentan a las construcciones o en los edificios, las etapas que se requieren y también los gastos.

Arellano A. (2020). Para este autor en la automatización de las diferentes construcciones, especialmente cuando se habla de edificios, toma fuerza el concepto de ingeniería de valor, la cual por algunos es confundida con

la contraespecificación. La ingeniería de valor no es otra cosa que una metodología en donde se nos permite analizar y luego aplicar medidas que corrijan un servicio, lo cual va a buscar maximizar los recursos y también disminuir los costos en los que se acarrea, obviamente sin sacrificar la calidad y la confiabilidad del servicio, normalmente en la industria de la construcción. Pero esta metodología se puede aplicar a cualquier tipo de empresa o de negocio, en cualquier sector económico, pero es más en la construcción, en la industria, el mismo gobierno y otras empresas de servicios, todo esta metodología de la ingeniería de valor, es en donde se requiere el trabajo en equipo, de manera ordenada y por ende de especialistas, que normalmente deben ser personas de diferentes disciplinas, de tal forma que se cumplan los objetivos. Es necesario indicar que los equipos integrados es algo fundamental dentro de esta metodología, no se puede omitir alguna especialidad o disciplina, el proyecto se puede ver afectado.

La ingeniería de valor recomienda que se tengan en cuenta los siguientes pasos:

- ✓ Primero es identificar los elementos más principales de un producto, como el caso de la construcción de un edificio.
- ✓ Luego de ello se analizan cada uno de los elementos del proyecto.
- ✓ Luego de ello se usa una lluvia de ideas, en los cuales se busca desarrollar o tomar opiniones de diseños que sean alternativos, para de esa manera se pueda ejecutar las funciones.
- ✓ Luego de ello se evalúan las alternativas, pero teniendo en cuenta que el proyecto con esas alternativas no sufran algún tipo de merma.

- ✓ Luego de ello a cada alternativa se asigna el costo que le corresponde.
- ✓ Para al final se desarrolla las recomendaciones que sean aceptables, de acuerdo a las alternativas que mejor se ajusten al proyecto.

Es fundamental hacer mención que la ingeniería de valor en la construcción, su principal objetivo es alcanzar la excelencia en el proyecto que se vaya a desarrollar, también que la calidad sea mejor en comparación a otros proyectos del mismo sector, por ende se minimiza esos costos que se pueden hacer en inversión, se reduce el tiempo en la construcción del proyecto, de tal forma que se garantice que las operaciones sean seguras, también asegurar o tener en cuenta el aspecto medioambiental y también el ecológico (Arellano A. 2020).

Figura 2. Lluvia de ideas para recoger datos en la Ingeniería de Valor



Fuente: Arellano A. (2020).

2.2.2. Fases de la Ingeniería de valor

Para el logro de un proceso adecuado en la aplicación de la ingeniería de valor, se debe adoptar las siguientes fases (Meeker & Mc Williams, 2011).

2.2.2.1. Fase de información:

Requiere primeramente tener en cuenta toda la información del proyecto, esto sirve para tomar una buena decisión, esa información ponerla en orden, que generalmente no es tan complejo si los ingenieros a cargo del proyecto han recabado toda la información, que hubiese estado disponible para hacer este estudio, este tipo de información puede ser para lo siguiente:

Se define de manera clara los parámetros y también el problema principal o principales del diseño que requieren.

Luego definir con mucha certeza la función que tendrá cada elemento del estudio, pues es necesario hacer el análisis por componentes o hacerlo los componentes que, con los más significativos, por ejemplo, utilizando la regla de Pareto, donde el 20% de los elementos más importantes, quizás pueda corresponder al 80% del ahorro total que se tenga en el proyecto. Para ello también es importante si se consigue información adicional relevante respecto a esos procesos que ayuden a tomar mejor las decisiones, por ejemplo, la información que se haya recabado quizás depende de equipos antiguos que ya están obsoletos o que ya estén desechados y por ello es de manera importante hacer uso de tecnologías actualizadas.

Puede ser que la recopilación de esa información sea un poco

engorrosa y difícil, el ingeniero que supervisa esta parte debe ser una persona con mucha experiencia, para que sepa separar cuál es la información real y cuál de esa información es una falacia o ficción, que esa información que no tiene ningún sustento o justificación, generalmente este proceso es un poco desagradable porque requiere un grupo amplio de personas para recoger la información, las decisiones que se tomen en esta fase será de una manera muy relevante más adelante en la ejecución del proyecto (Meeker & Mc Williams, 2011).

2.2.2.2. Fase de especulación:

Una vez que ya se haya terminado la fase de la información, ya se puede empezar con la siguiente fase que es la especulación, pero todos sabemos que generalmente la fase de recojo de información no termina nunca hasta que el proyecto se haya concluido por completo, pues la información a medida que avanza el proyecto va llegando de manera constante y muchas veces se tiene que saber qué información tomar como verdadera y qué información puede ser falsa y no estar sustentada. Muchas veces la información que llegue más tarde después de esta fase es la información que puede cambiar el rumbo del proyecto, por ello es de vital importancia que se busque toda la información lo más rápido posible, luego de ello ya se podrá ver si la información que se obtuvo nos brinda los elementos suficientes para que en la toma de decisiones sea de manera más óptima, pues es ahí donde entra la especulación, pues se dice que esta fase es en donde se puede implementar la

creatividad en toda su dimensión, para que sirva en la reducción de costos, para ello se hace varias propuestas que sirvan, para que luego se haga las consultas a los clientes o el cliente, de esa manera se asegura que las propuestas sean funcionales (Meeker & Mc Williams, 2011).

La especulación y la creatividad: Como ya se dijo anteriormente es aquí donde entra la parte creativa del equipo, ya que los problemas fueron definidos, ya se puede comenzar el plan de trabajo de la ingeniería de valor, se hace una primera pregunta que está vinculada a qué función tendrá el objeto de estudio, en donde se pueden generar todas las soluciones que sean posibles, ya está demás mencionar que todos los enfoques tienen en cuenta la funcionalidad que tenga el cliente y también hacer complementos porque de ello depende la calidad del servicio o del producto desde la perspectiva que tiene el cliente, se tiene un pensamiento que sea organizado y también deliberado, la que la psicología mencionan que la creatividad tiene cuatro pasos:

- ✓ La preparación.
- ✓ La incubación.
- ✓ La iluminación.
- ✓ Y la verificación.

Es muy posible que, al hacer la aplicación de la creatividad, es posible que nos lleve a otros métodos que hagan que en el proyecto se economice, también sirve para saber que los problemas son oportunidades, para el caso de la ingeniería de valor

la aplicación de la creatividad también puede implicar nuevos procesos utilizando recursos actuales y disponibles (Meeker & Mc Williams, 2011).

2.2.2.3. Fase analítica:

Estamos ya en la tercera fase del plan de trabajo que requiere la ingeniería de valor, para ello se tiene que analizar cada una de las ideas que se hayan generado, cada idea es necesario que se vea desde la perspectiva de la pregunta ¿cómo se puede llevar a cabo este tipo de trabajo? y también tener en cuenta los conocimientos que se deben tener que pueden ser especializados, es donde es importante la experiencia y también la capacitación y que se familiarice con los materiales del proyecto, los procesos de la construcción, las nuevas tecnologías que se puedan hacer uso para el proyecto, también es importante los proveedores que sean adecuados y que entreguen los materiales en el tiempo correcto para que se evite las pérdidas, todas las ideas se tiene que revisar por los expertos y de manera integral, no se puede descartar por el solo hecho de que no se ajusten, es necesario analizar de manera conjunta con todos los profesionales de los componentes que tenga el proyecto, es donde se tiene que hacer uso del juicio razonable para poder escoger el camino que resulte más productivo y de esa manera seguir, si se tiene un error en esta fase eso puede llevarnos a desperdiciar tiempo valioso, por ello es importante tomar en cuenta todas las alternativas posibles antes de que se tome una decisión, pues es necesario recordar que el

objetivo es generar ideas, no es adecuado hacer que la lista de posibilidades sean más cortas o se vayan descartando, mientras más amplio sea el abanico de posibilidades sería más mejor, luego separar las funciones básicas de la funciones que son secundarias, porque no vaya a ser que el trabajo secundario tenga costos más excesivos de lo previsto en el proyecto, pues si se hace la revisión se puede detectar, esto es verdad a pesar del hecho de que normalmente se busca reducir los costos para beneficiar el panorama de gastos general. En búsqueda de un mayor valor, es importante mantener una confianza total en que este en efecto existe (Meeker & Mc Williams, 2011).

2.2.2.4. Fase de la planeación del problema:

Es la fase en donde se tiene en cuenta la planeación que se haya hecho del proyecto, en donde se toman en cuenta las ideas que son las más relevantes, en lo cual se elabora un programa para un teniendo en cuenta lo cual será parte fundamental del nuevo diseño, estas ideas no se pueden realizar por una sola persona, es necesario consultar a personas que sean especialistas, no necesariamente puede estar dentro o fuera de la ingeniería de valor, para ello se recomienda que se deben conseguir expertos y que conozcan acerca del proyecto que se va a desarrollar, de esa manera se puede evitar que en el futuro se tenga problemas, para lo cual se necesita el apoyo para que se superen los obstáculos que se presenten en el desarrollo del proyecto, es por ello que los aportes de los expertos aportarán información sumamente valiosa

para superar estos obstáculos, otro modo de superar los obstáculos es también desarrollando la compenetración que haya en el equipo de diseño, para que la ingeniería de valor en el proyecto vaya en buen camino, luego de que se haya desarrollado las alternativas y también los respectivos costos para cada una de ellas, es momento de hacer más corta la lista de las alternativas que sean las mejores y también las alternativas que se pueden usar como un plan B en el desarrollo del proyecto si es que no sale como se espera el plan A, por ejemplo, la aplicación de la ingeniería de valor en la cimentación, se puede haber propuesto hacer una excavación con taludes que sean verticales, pero el ingeniero ya en campo se puede dar cuenta de que hacer eso no es posible porque el terreno es inestable, por eso la cimentación cambiará y eso puede ser encontrado en el plan que se ha elaborado al momento de analizar cada una de las alternativas que se haya tenido al principio (Meeker & Mc Williams, 2011).

2.2.2.5. Fase de ejecución del problema:

Se dice que es la fase de continuación de manera natural de la fase de la planeación, es donde todas las ideas se empiezan a materializarse y también a desarrollarse. Deben de ser revisadas con una pregunta en mano que es ¿es en realidad está la mejor idea? En donde se puede hacer el juzgamiento de la importancia, debe tener un trato por los especialistas, es decir que es continuo el involucramiento de los especialistas, también de los proveedores, incluso de los subcontratistas, entre otros. Toda la

acumulación de información, pensamiento creativo, evaluación y planeación no tienen ninguna relevancia si no se llevan a cabo y esta es la etapa de acción, donde los esfuerzos hechos rinden frutos. Habiendo planeado extensivamente lo necesario, ahora se debe asignar el trabajo a un equipo para ejecutar apropiadamente dicha planeación (Meeker & Mc Williams, 2011).

2.2.2.6. Fase de reconocimiento y conclusiones:

Este ya es el último paso del plan de trabajo que se tiene de la ingeniería de valor, es donde ya el proyecto se puede poner en marcha, para ello ya se hace uso de la información que se ha recogido en los pasos anteriores y que se tiene a la mano, aquí es donde se hace uso de los bosquejos, de los dibujos, las fotos, y entre otras cosas o herramientas que se hayan recabado con el equipo que es experto, este documento se debe mostrar y lo debe conocer todo el equipo, para saber de qué manera se abordó el problema, este reporte final es un documento que se tiene y en donde contiene todo el estudio de la ingeniería de valor de todos los elementos que se tuvo en el proyecto que se desarrolla, también incluye las recomendaciones que sean concisas para llegar a la reducción y ahorros de los costos. La cual debe contener:

- ✓ Se debe tener una explicación de manera gráfica del antes y también del después del proyecto de la ingeniería de valor.
- ✓ Se estima las cantidades que se utiliza de las obras al año.
- ✓ El material y mano de obra y los costos también de los mismos, que se puede hacer con el nuevo enfoque y también con el

enfoque antiguo.

- ✓ El costo de las herramientas y de las maquinarias que se van a utilizar en los nuevos métodos (Meeker & Mc Williams, 2011).

2.2.3. Metodología BIM

De manera tradicional en el sector de la construcción se ha hecho la comunicación que todo proyecto requiere de su información, esto se ha hecho mediante planos y también especificaciones técnicas de manera separada, para ello la metodología BIM, su principal objetivo es que toda esa información debe ser reunida en una sola base de datos, en donde toda la información está integrada, y también de manera interoperable, de esa manera puede ser utilizada por todos los miembros que están involucrados en el equipo de trabajo, que incluye al diseño y también a la construcción y luego también por los propietarios del proyecto, ya que esto sirve para que se haga la operación y también el mantenimiento todo el tiempo de durabilidad de la edificación, para ello es fundamental ver las aplicaciones, los beneficios, las herramientas y también conocer la filosofía de trabajo mediante las herramientas que ayuda a los proyectos de construcción (BIM).

2.2.3.1. Concepto de BIM

Actualmente ha revolucionado la práctica en la construcción sobre todo de edificios familiares o condominios, mediante el diseño, la construcción y el mantenimiento, viene a ser actividades interrelacionadas y coordinadas lo cual el principal enfoque se centra en el logro de resultados que se propusieron al comienzo, que están sujetos a un presupuesto y también a un periodo de tiempo (Building Information Modelling, BIM).

2.2.3.2.BIM Una revolución en la industria de la construcción

Empezó hace aproximadamente hace diez años, hoy en día ya cuenta con millones de adeptos en todo el mundo, pero lo fundamental es ver que es eso que llevó a los ingenieros y arquitectos a migrar de ese modo tradicional de hacer los diseños y demás componentes para una construcción, a una nueva que es totalmente digital, generalmente en los años 90, poco a poco se fueron dando los cambios del diseño de planos a nivel manual a otro que sea asistido por las computadoras y bajo un estándar de software, pues también con el despliegue de la computadora ayudó a que sea más la masificación y diversificación, gracias a ello se mejora el trazo, dibujo y visualización de los planos y sus componentes (Business, 2021).

Pero solo eran unos dibujos o planos representativos de las edificaciones o proyectos en los que se iban a intervenir, llegó BIM e introduce a la ingeniería a la era de la digitalización y también a la era de la información. Los ingenieros u arquitectos utilizan una plataforma BIM principalmente para hacer la creación de modelos 3D de un edificio completo y que esté amueblado, para ello se usa softwares como: Revit, Microstation, Graphisoft, Archicad, entre otros. BIM es todo un proceso en donde se interrelaciona los datos compartidos, es un modelo que ahora está disponible para toda aquella persona que se interese, desde aquellos que son diseñadores de edificios, hasta aquellas empresas que deseen hacer la implementación, para luego también a los propietarios y administradores de las obras después de su entrega. BIM contiene información de todo el ciclo de construcción del edificio y también los

requisitos que pueden haber para que se haga su mantenimiento, como la palmificación del tiempo, las estimaciones de los costos y también la sostenibilidad (Business, 2021).

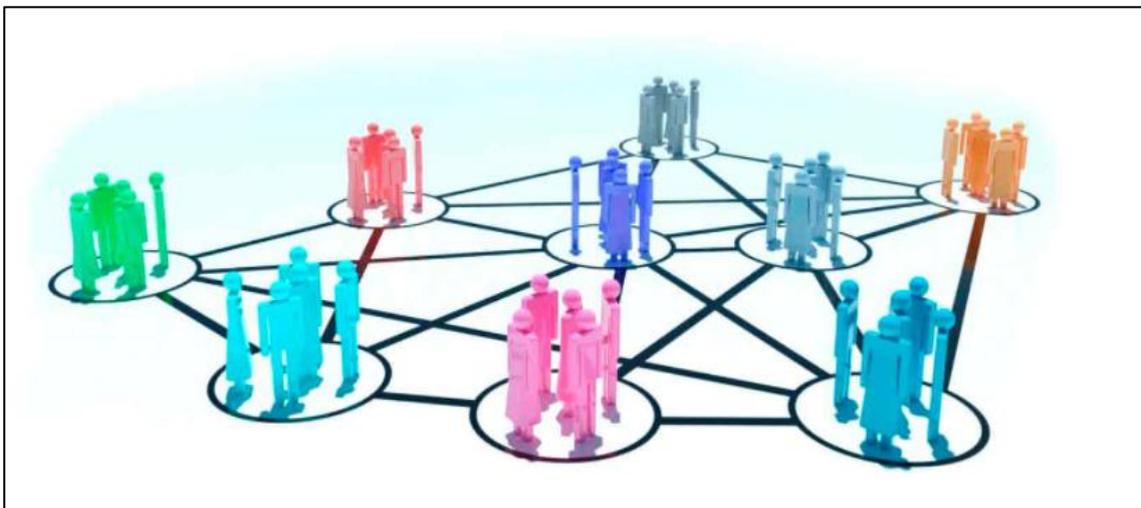
2.2.3.3.El valor del contenido BIM

Para poder hacer el trabajo con BIM es necesarios que todos los actores que forman parte del proyecto tengan disponibles en un formato totalmente digital, en donde se puede hacer de uso de manera fácil al momento de realizar la descarga y usar el software para luego generar el modelo BIM, actualmente existen modelos genéricos, como de las puertas, las ventanas, los inodoros, las lámparas, etc. Son los que reemplazan a los modelos bidimensionales, hoy en día no solo es aquello que te da los datos y parámetros de la construcción, sino que también incluye datos que son esenciales, como la información de la construcción que está ejecutando, el consumo de la energía y demás etiquetas de la construcción, los costos operativos y también la vida útil. BIM también hoy en día en plena era de la información digital no solo se queda en eso, sino que también abarca hoy en día en desarrollar edificios enteramente digitales y sobre todo ecológicos, para crear un futuro que sea sostenible que se basa en generar inspiración a los ingenieros y arquitectos (Rodríguez J. 2021).

Hoy en día estamos viviendo una era eminentemente globalizada, para que la interoperabilidad de las personas y también en las empresas a nivel global, que actualmente es de manera cotidiana, existe la teoría de 6 grados que dice que una persona está conectada con cualquier persona del planeta a través no más de cinco conocidos, que hoy se puede reducir

a cuatro con la ayuda del internet, esto es claro que la vida se hace cada vez más exponencial en cuanto a la digitalización de todo el mundo mediante el uso de las plataformas online, pues esta conexión se ha hecho más plausible por el contexto de la covid, y se ha materializado en el sector de la arquitectura y la ingeniería a través de la metodología BIM. La metodología BIM forma parte de la revolución digital y también en cuanto a los flujos de trabajo y de la conexión entre los agentes que esta tienen, es un medio por el cual se conectan diferentes equipos que pueden estar en diferentes lugares y que tienen objetivos muy claros y precisos, para la reducción de plazos, los costos, y por ende la mejora de la calidad del servicio o el producto (Rodríguez J. 2021).

Figura 3. *Teoría de los 6 grados*



Fuente: (Rodríguez J. 2021).

Esta metodología es la que ordena las personas, también las herramientas y por ende a todos los procesos, básicamente basándose en una gestión colaborativa que se hace en la gestión de proyectos, por ejemplo, se puede utilizar una maqueta digital que se hace, para ello sirve hacer la gestión de todos los involucrados durante la duración del proyecto, en este aspecto es fácil hacer la inclusión de los proyectistas, también de los constructores y de los proveedores y también de muchos más que están involucrados en el proyecto, BIM es la que pone al servicio de todos toda esta información que van a facilitar que los procesos sean más llevaderos y con ello faciliten su consecución, con ello al conectar todo facilitan y cambian los estilos de vida ya que se conectan con todo, por ejemplo las Smart cities, con el uso de la metodología BIM, que recopila, gestiona y analiza los datos, se logran conectar a las diferentes edificaciones, también a las organizaciones y también los espacios públicos dentro de las urbes, las cuales se dotan de herramientas que hacen análisis y lo más importante que es conectar a las personas de una manera mucho más colaborativa para lograr el propósito (Rodríguez J. 2021).

Figura 4. Una maqueta digital permite gestionar una edificación durante su vida útil.

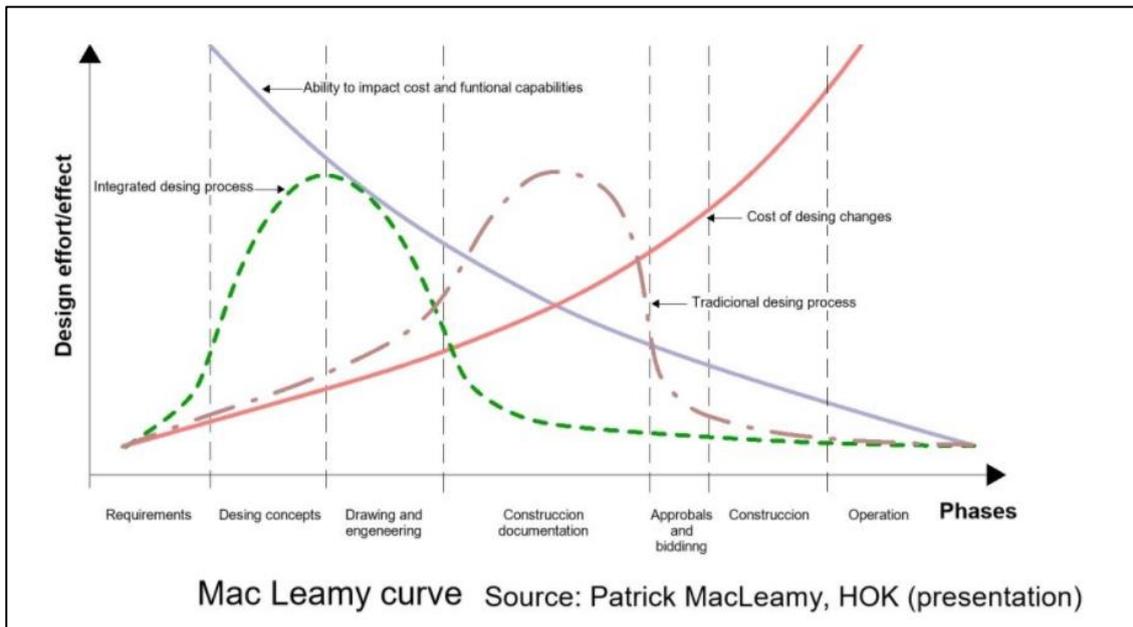


Fuente: Rodríguez J. 2021.

2.2.3.4. Los beneficios de la metodología BIM

Cabe mencionar que esta metodología no pretende sustituir a otras metodologías existentes, lo que hace es dotar de herramientas que son más eficientes a lo largo de todo el proceso de construcción de un edificio o de cualquier otra construcción, esto se hace de manera distinta ya que aborda sus diferentes fases, lo que se basa en el uso de modelos de contenedores de la información en los que se apoyan para la toma de decisiones que se hacen mediante un trabajo llamado colaborativo, lo que hace que se cree una automatización del desarrollo de todo el proyecto, lo cual hace que se estandaricen los elementos y también los procesos. Esta metodología hace que los costos disminuyan drásticamente, lo cual quizás incluye un incremento del trabajo en las fases iniciales, como por ejemplo del diseño, haciendo un cambio de las etapas, que posteriormente crean un impacto en los imprevistos o en las modificaciones que se pueden realizar en las fases (Rodríguez J. 2021).

Figura 5. Beneficios de la metodología BIM



Fuente: Rodríguez J. 2021.

También permite que el acceso sea fácil a los modelos para todo aquel usuario, con la estandarización de todos los proyectos BIM, da soporte y también orienta a todos los equipos técnicos, en los procesos que deben de seguir para actualizar y también utilizar el modelo de la información, lo que permite es que estos modelos sean de fácil acceso para todo aquel usuario que lo requiera, haciendo el trabajo más llevadero. Con esta metodología también se consigue hacer un mayor control de todo el proyecto, como el control más exhaustivo de todas las mediciones del proyecto, también del presupuesto y que anticipa que se presenten problemas posibles durante la ejecución de la obra (Rodríguez J. 2021).

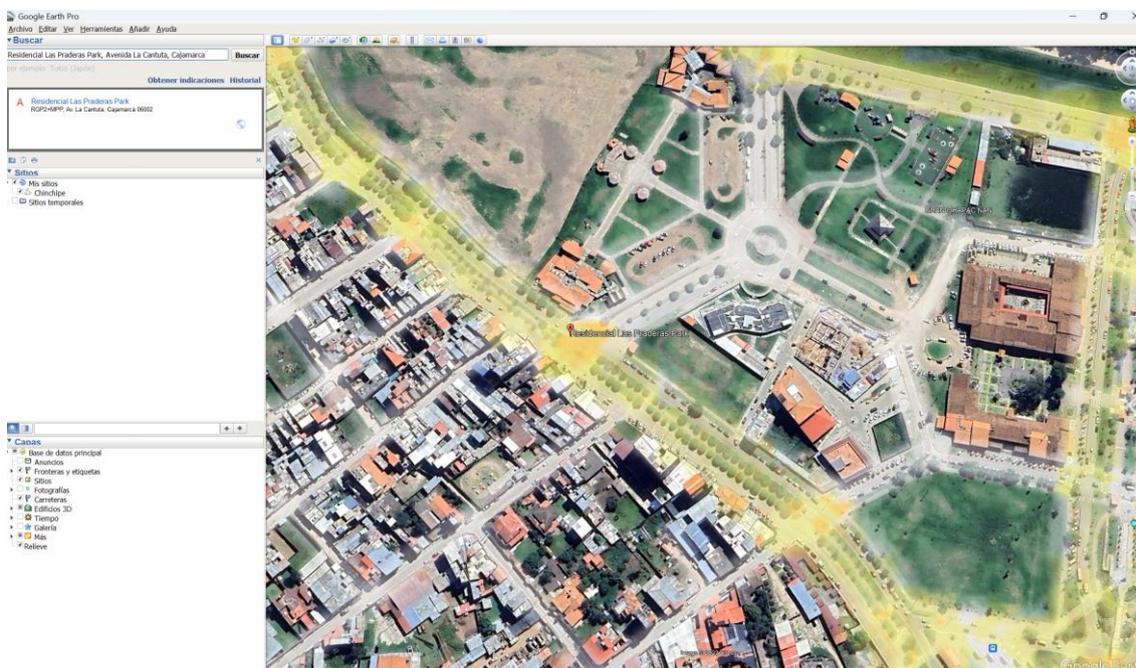
Con un modelo BIM se mejora considerablemente el almacenamiento y también el uso de la información, ya que la información está en un solo repositorio y también en un único contenedor de donde está la información, con ello se tiene toda la información de manera más

ordenada, y por ello es de fácil acceso, ya que no pueden existir duplicaciones en la información y también da la facilidad para ubicar la información que se necesita. Con ello es de vital ayuda para la mejor toma de decisiones, ya que con ello se mejora la capacidad de reacción ante imprevistos que se presente en el proyecto y también se mejora el nivel de comunicación entre los involucrados, ya que es una ayuda importante en la transferencia de la información, pues desde la fase del diseño que es el inicio, hasta llegar a la operación y mantenimiento del proyecto. Pues también se debe decir que la metodología está en constante movimiento y evolución, porque hoy en día los cambios son más rápidos y dinámicos, es una metodología que provee múltiples beneficios en todas las escalas, y muchos más ahora con la incorporación a la inteligencia artificial (Rodríguez J. 2021).

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio

Figura 6. Ubicación del proyecto inmobiliario



Fuente: Ubicación por Google Earth.

Descripción del proyecto:

El proyecto de condominios Praderas Park, torre A, se desarrolló en un terreno de 305 metros cuadrados, en Av. La Cantuta, a espaldas del centro comercial Real Plaza, distrito, provincia y región de Cajamarca.

Terreno: En su totalidad llano, conformado por sub-lotes en donde la constructora ha previsto la construcción de edificios por bloques, en este estudio se abordó el bloque A. Que conforman un conjunto residencial, distribuidos y a la misma vez orientados a generar la mayor cantidad de espacios abiertos como son los jardines y patios, que son de uso común a todos los habitantes del edificio.

Consta de 06 pisos, desarrollando un total de 12 departamentos,

además de ello en frente del edificio estuvieron distribuidos los aparcamientos para los vehículos de los propietarios.

Base de datos de la plataforma BIM:

Se muestran los datos más relevantes que se extrajeron de la plataforma BIM del proyecto, enfocados en las partidas de costos más importantes, el modelamiento se efectuó en el software REVIT 2022, este software también permite realizar el análisis de la Ingeniería de Valor.

3.2. Tipo, nivel, diseño y método de investigación

Tipo: No experimental, en esta investigación no se manipularon las variables: Ingeniería de valor y metodología BIM, se recogió información tal y como se encuentra para analizarla.

Nivel: Relacional, se estudió como la ingeniería de valor tiene relación con la metodología BIM.

Enfoque: Cuantitativo, se usó el método científico estructurado para llegar a las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

Medición: Transversal, se recolectaron datos en un solo periodo de tiempo, el año 2022.

3.3. Población de estudio

La población estuvo conformada por un proyecto inmobiliario que se encuentra en la región de Cajamarca, ubicado en el condominio Praderas Park, en la Av. La Cantuta S/N.

3.4. Muestra

Se estudió el proyecto inmobiliario para la investigación, que consta de un edificio de 6 pisos, en cada piso dos departamentos que tiene un área de

305 m2.

3.5. Unidad de análisis

Viene a ser el proyecto inmobiliario que se tomó en cuenta.

3.6. Procedimiento

Se estableció el proyecto de la TORRE A del condominio Praderas Park en la región de Cajamarca, para evaluar la relación de la ingeniería de valor en la metodología BIM, para establecer la relación entre variables.

La ingeniería de valor es la que se enfoca más en la optimización de procesos y también en mejorar la capacidad de los recursos económicos.

En el uso de la metodología BIM, es la que nos dio la apertura a la información en cuanto a la ingeniería de valor, luego de obtener la información se trabajó la parte del creativa, en donde se desarrollen dos alternativas de solución que fueron compatibles con respecto al proyecto escogido, con sus procesos y también en cuanto a la disminución de sus costos, pero sin descuidar en disminuir la calidad de la construcción que se realizó.

3.7. Materiales

Proyecto: Condominios Praderas Park Cajamarca.

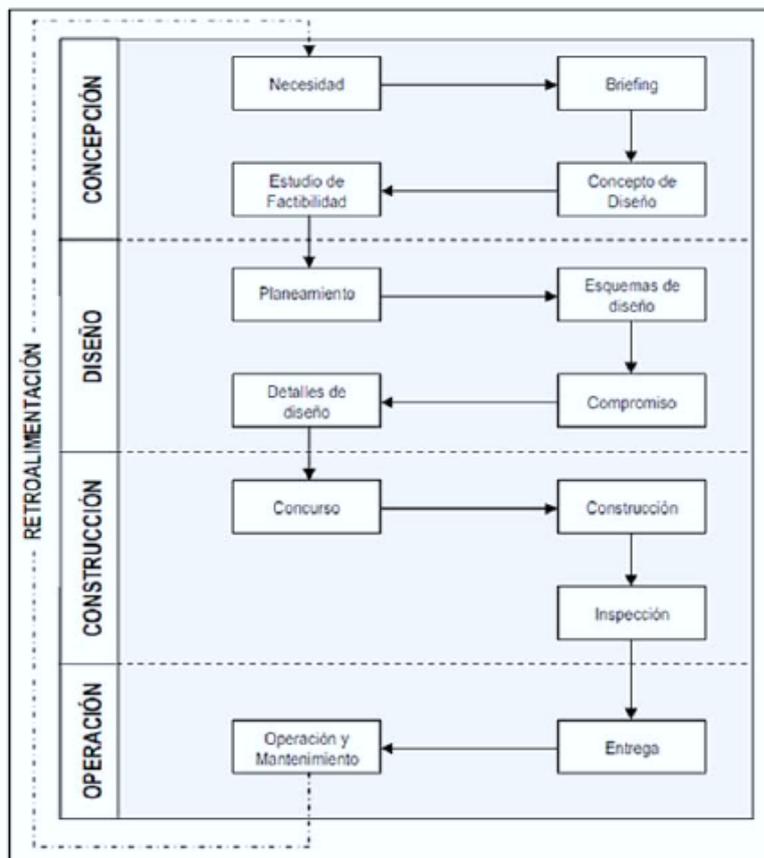
Función Básica: Departamento y oficinas.

Fecha: año 2022.

Unidad: Moneda local.

Luego de ello se analizó las diferentes fases tomadas en el marco teórico de esta investigación para la ingeniería de valor y metodología BIM, para de acuerdo con ello llevar adelante el análisis del modelado en la fase del diseño del proyecto escogido.

Figura 7. Etapas del proceso de construcción



Fuente: Fernández de Ortega, 2017.

Tabla 1. Principales involucrados en un proyecto de construcción

INTERNOS		EXTERNOS	
DEMANDANTES	PROVEEDORES	PRIVADOS	PÚBLICOS
Clientes.	Arquitectos.	Residentes	Agencias
Financistas.	Ingenieros.	locales.	reguladoras.
Empleados del	Contratista	Dueños de tierra.	Gobierno nacional.
cliente.	principal.	Ambientalistas.	Gobierno Local.
Clientes del	Especialistas.	Conservadores.	
cliente.	Proveedores de	Arqueólogos.	
Arrendatarios del	insumos.		
cliente.			

Fuente: Datos Obtenidos del Proyecto

Figura 8. Esquema de modelado en plataforma BIM



Fuente: Fernández de Ortega, 2017.

3.8. Proyecto de estudio

Proyecto: Proyecto A

Uso: Edificio de departamentos y oficinas

Ubicación: Av. La Cantuta S/N.

Número de pisos: 6 pisos

Figura 9. *Vista 3D del proyecto*



Fuente: Obtenido del Modelo Revit.

En los tiempos actuales la plataforma BIM, tiene muchos beneficios respecto a las construcciones o grandes proyectos en donde se necesita optimizar el tiempo y el análisis para el diseño, la documentación, también la construcción, la puesta en valor, y también se tiene en cuenta el mantenimiento la operación del edificio o del proyecto. Se puede decir que al utilizar esta metodología generó un ahorro en el proyecto según estudios puede bordear hasta en un 45%

de ahorro, pues de esta manera también se reduce el costo final del proyecto. Debido a ello muchas empresas en la actualidad vienen implementando de manera importante una metodología que les ayude a optimizar su trabajo, ya que esta metodología les va a brindar muchos beneficios, pues en un inicio la implementación de una plataforma el costo era alto y a que para ello se requiere un hardware que sea adecuado y que soporte los procesos que se necesitan dentro de la organización, como por ejemplo hay algunos tipos de programas que se usan muy a menudo para estas plataformas y su implementación Autodesk Revit Arquitectural, Revit Estructure, Revit MEP, TEKLA, Autodesk Navisworks.

Tabla 2. *Fases de la Ingeniería de valor en la Metodología BIM*

Fase de información	Revisar la información de diseño; la cual incluye los dibujos, especificaciones, diseño y estimación de costos.
Fase especulativa	Un listado de posibles ideas de ahorro en costos, las cuales se deben producir de manera espontánea.
Fase analítica	Análisis de las ideas y la elección de la mejor de ellas, eliminando automáticamente a las ideas

	menos prácticas como solución.
Fase de propuesta	Se procede a la preparación de dicha propuesta, esto incluye una presentación oral de lo analizado y de los resultados, un informe escrito.

Fuente: Meeker & Mc Williams 2011.

3.9. Estado actual de la Metodología BIM en la empresa costo para su implementación

Tabla 3. *Análisis de Recursos Humanos.*

RECURSO HUMANO	HORAS		
	HOMBRE	SOLES	PARCIAL
Modelamiento Arquitectura	125	16	2000
Modelado en Revit	82	17.2	1410.4
BIM Manager	207	22	4554
TOTAL			7964.4

Fuente: Datos Obtenidos del Proyecto

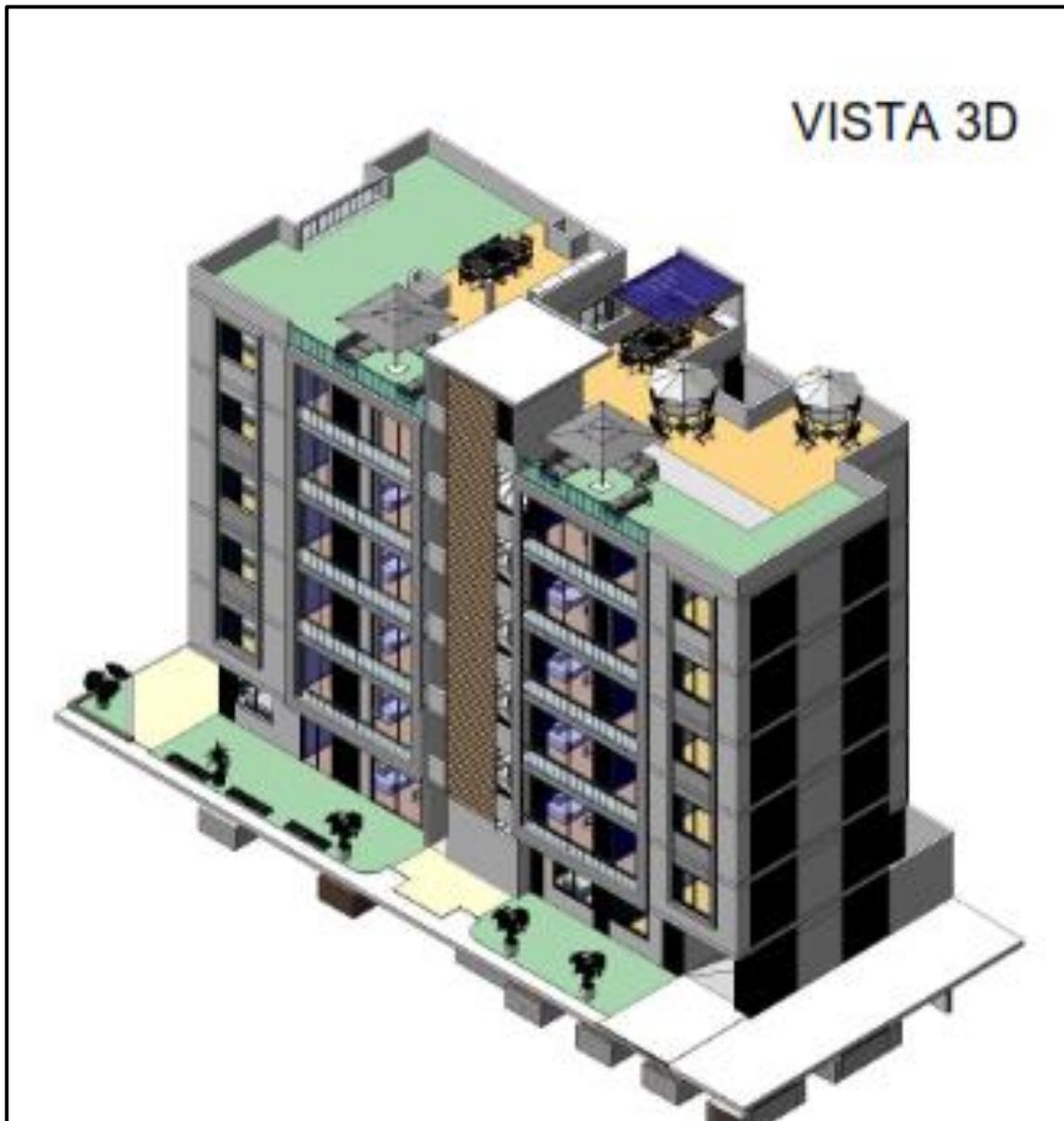
Tabla 4. *Análisis de recursos de materiales*

RECURSO			
MATERIAL	UNIDAD	SOLES	PARCIAL
Software	2	6300	6302
Ordenadores	2	2800	2802
Monitores	2	750	752
Proyectores	2	1500	1502
Ecrans	2	1200	1202
Mobiliario	2	1250	1252
TOTAL			13812
COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACIÓN			21776.4

Fuente: Datos Extraídos del Proyecto.

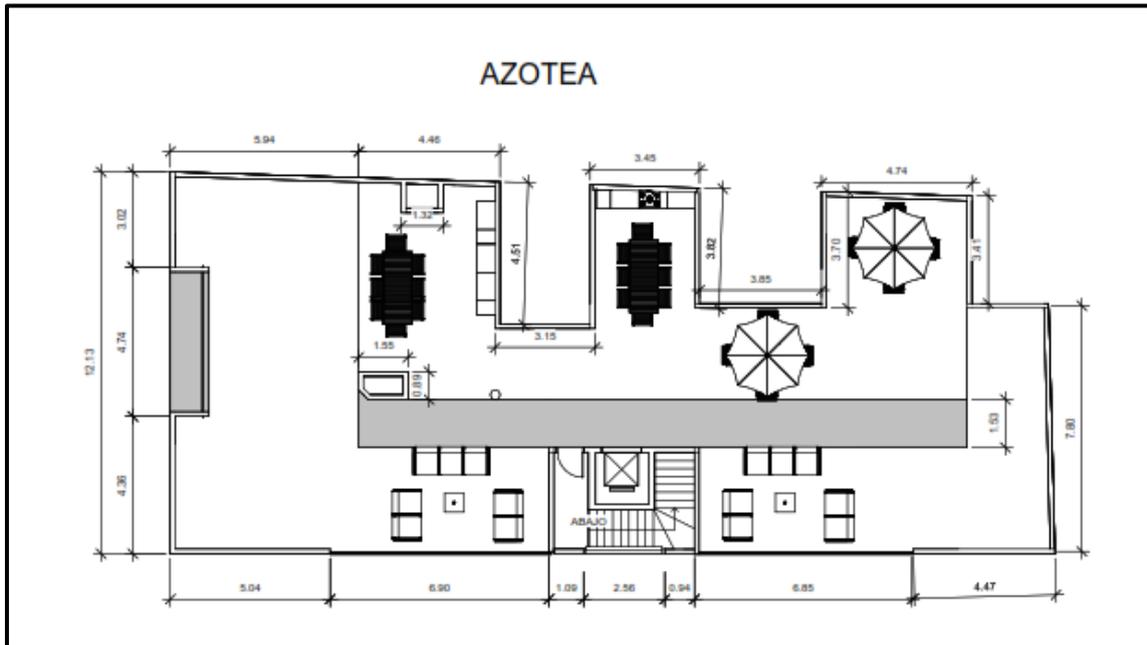
Para el proyecto se hizo un modelamiento de la arquitectura, para ello se usó el software Revit Arquitectural, para efectuar el modelado del edificio, este nivel de diseño también es el adecuado para analizar la ingeniería de valor, de acuerdo con ello se tiene un costo de implementación de la metodología BIM en la empresa de 21 776.40 soles.

Figura 10. *Vista 3D del edificio*



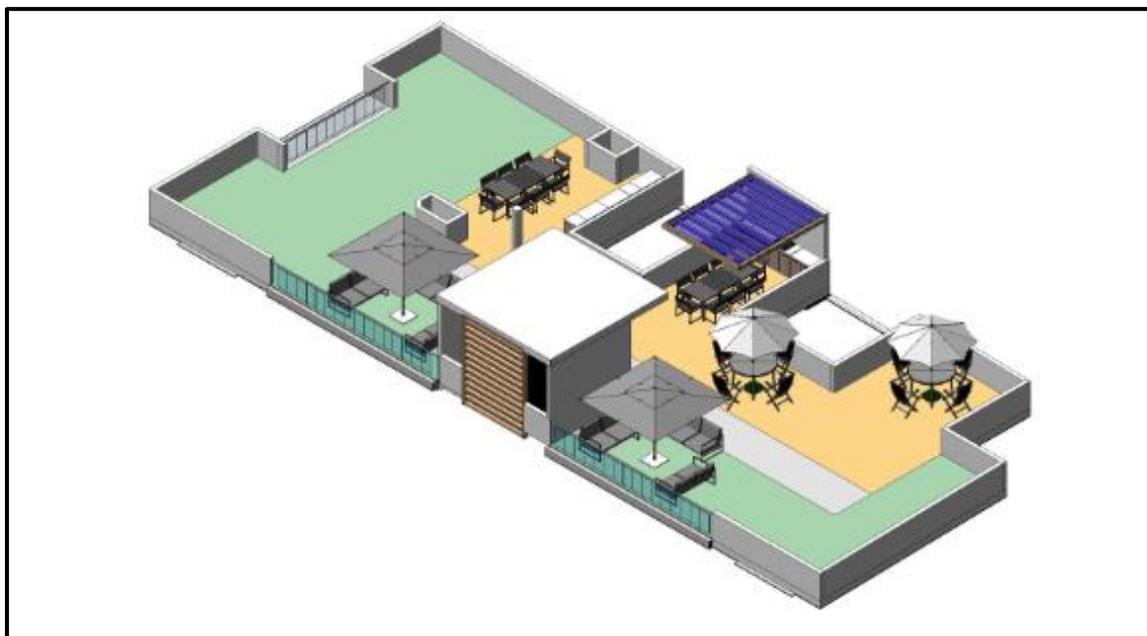
Fuente: Obtenido del Modelo Revit.

Figura 13. Medidas de la azotea del edificio



Fuente: Obtenido del Modelo Revit.

Figura 14. Vista 3D de la azotea del edificio



Fuente: Obtenido del Modelo Revit.

3.10. Costos importantes del proyecto

Una vez que se ha realizado todo el proceso de modelado en la plataforma BIM y luego de ello se obtuvo los resultados de diferentes elementos, entonces debido a ello se procedió a evaluar las diferentes partidas, luego de ello se buscó las partidas que son conductoras de costo, estas partidas son generalmente en donde existe una mayor cantidad de costo, también tienen una mayor asignación de recursos, por ello que si existe una disminución en estas partidas, generalmente la disminución en cuanto a costo del proyecto es significativo, fueron 6 partidas más importantes de conductoras de costos, que se detallan a continuación:

Tabla 5. Partidas conductoras de costos

DESCRIPCIÓN	SUB TOTAL	% COSTO
Losas postensadas	321118	20%
Movimiento de tierras	38440	2%
Losas aligeradas	292780	18%
Placas	283985	18%
Columnas	131976	8%
Hormigón	46110	3%
Vigas	68350	4%
Vigas postensadas	74320	5%
Losas Macizas	86730	5%
Zapatatas	49120	3%
Losas en rampas	39340	2%
Cisterna	25450	2%
Losas sin refuerzo	38630	2%

Escaleras	33560	2%
Cimentación de muros	39380	2%
Vigas de cimentación	22630	1%
TOTAL	1591919	100%

Fuente: Datos Obtenidos del Proyecto.

Las partidas conductoras de costo son: losas postensadas con 20%, losas aligeradas con 18%, placas con 18%, columnas con 8%, vigas postensadas 5% y losas macizas con 5%, haciendo un total del 74% del total de costos del proyecto.

3.11. Resultados al aplicar metodología BIM

Tabla 6. Resumen de análisis de alternativa 1 Ingeniería de valor

	ENCOFRADO	PU	SOLES	CONCRETO	PU	SOLES	TOTAL
	(M2)			(M3)			
Losas postensadas	1228.5	41.59	51093.32	782.11	355.07	277703.80	328797.113
Losas aligeradas	1321.81	40.79	53916.63	270.63	335.28	90736.83	144653.456
Placas	1221.23	51.12	62429.28	608.43	353.61	215146.93	277576.21
Columnas	3432.46	56.96	195512.92	375.66	342.15	128532.07	324044.991
Vigas postensadas y losas macizas	10354.68	37.93	392753.01	532.48	332.76	177188.04	569941.057
			TOTAL				1645012.82

Fuente: Estructura de costos de GASA Inmobiliaria.

Según la estructura de costos en esta alternativa con las partidas de costos más importantes es 1 645 012.82 soles.

Tabla 8. Comparativo del costo de las dos alternativas

		COSTO DE	
ANÁLISIS DE COSTOS CON MEJORAS		% REDUCCIÓN	REDUCCIÓN
COSTO ALTERNATIVA 1 PROPUESTA INICIAL	1645012.83		
COSTO ALTERNATIVA 2 CON MEJORA	1440956.81	12.40	204056.01

Fuente: Datos Obtenidos del Proyecto

Luego de ello al mostrar estas tablas se calculó el porcentaje de reducción del costo entre las alternativas presentadas como propuesta de valor en función de ellas, tenemos que para la alternativa dos se obtuvo 12.40% de reducción del costo, con ello se logra reducir un costo de 204,056.01 soles.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Procesamiento de los resultados

Siguiendo el procedimiento que tenemos durante la presentación del proyecto en la plataforma BIM, se efectuó una fase de análisis en la plataforma Autodesk Revit 2022 para la elaboración del modelo BIM-3D de la edificación, y de acuerdo con ello seguir con el procedimiento que es el más adecuado para la implementación de la metodología que tiene que ver con la ingeniería de valor y de acuerdo con ello obtener resultados que se esperan sean óptimos.

4.2. Discusión de resultados

En el proyecto propuesto tenemos un recorrido eficiente de los ductos, también la optimización del aire tanto en la inyección como en la extracción, el diseño conforme a los parámetros establecidos actuales en las construcciones, al igual como se menciona en la investigación de **Alfaro L. (2019), en su tesis para optar el título profesional en Ingeniería Civil: Incidencia en Presupuesto Aplicando la Metodología Building Information Modelling (BIM) para la UGEL Bambamarca y Bloque 1 del Hospital de Jaén.**

En cuanto a la seguridad tenemos que se tiene en cuenta la capacidad que previene las fallas, evita también los riesgos y otros siempre vistos que tengan la misma conexión en cuanto a las fallas y también a riesgos, también se ha tenido en cuenta el cumplimiento de acuerdo con la ley para la utilización y también la comercialización de este tipo de construcciones que se hacen en el estado peruano, también concuerda con lo planteado en la investigación de **Trejo C. (2018), en su tesis para**

optar el título de Ingeniero Civil: Estudio del Impacto del Uso de la Metodología BIM en la Planificación y Control de Proyectos de Ingeniería y Construcción de la Universidad de Chile.

La estética también es un elemento importante a la hora de presentar un proyecto, tomado en cuenta en la investigación de **Piña F. (2020)**, en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil: **Propuesta de implemetar la metodología BIM para mejorar la eficiencia en la gestión de proyectos de edificación de la ciudad de Yurimaguas, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto**, viene a ser un proceso creativo donde el aspecto también tiene que ser de manera óptima para que sea atractivo para los potenciales compradores en este caso de la infraestructura o del espacio donde se puede habitar, para ello se habla de la satisfacción de las múltiples necesidades que tienen los usuarios al momento de inspeccionar y luego para su posterior decisión de si comprar o no, para ello los compradores tienen que tener la plena confianza de que el producto cumple con sus expectativas tanto en salud también como en seguridad y de esa manera para ellos sea más fiable tomar una decisión que les va a traer beneficios durante su estancia en la compra que hagan, también se analizó la experiencia y el cumplimiento haciendo evaluación de otros proyectos y revisando a detalle en donde se encontraban las falencias y de acuerdo a ello mejorar en el proyecto que se presentó en esta investigación, puesto que este tipo de proyectos es una alternativa viable y también sustentable en las ciudades que tienen un crecimiento poblacional importante, de acuerdo con la investigación de **Ayay S. & Laiza J. (2020)**, en su tesis para optar el título de Ingeniero

Civil: Propuesta de Implementación de la Metodología BIM en la construcción de un edificio multifamiliar en la empresa CCI Ingenieros del Perú SRL en Cajamarca 2020, de la Universidad Privada del Norte. Cajamarca no es ajeno a ello y a que desde algunos años atrás las familias buscan lugares habitables, y una opción importante es brindarles un lugar que es amigable con el medio ambiente, que cumple con los parámetros de construcción actuales que rigen, y también que les brinde seguridad en caso de existir imprevistos.

En este proyecto también se tuvo en cuenta la innovación que es un punto importante donde se califica las mejoras tanto en la parte formal que viene a ser la producción o la construcción del lugar habitacional, también se tiene en cuenta el mantenimiento, y a que es un lugar donde va a tener alta concurrencia de personas compuesta por familias, al igual que en la investigación de **Poclin E. (2014), en su tesis para optar el título de ingeniero civil: Evaluación del Diseño del Hospital II-2 de Jaén con el uso de tecnología BIM, de la Universidad Nacional de Cajamarca,** entonces para ello es importante que la construcción al pasar los años se mantenga conservada y también tenga un buen funcionamiento, todas las reparaciones que sean necesarias están incluidas en el servicio de la venta habitacional, con ello los habitantes se les hace una vida más llevadera ya que si los instrumentos fallan serán reemplazados adecuadamente por el proveedor que tenga a su cargo el mantenimiento. Aquí normalmente se analizan aquellos criterios que resultan un poco adversos para la construcción que se presenta en esta investigación, al igual que en la investigación de **Thea N. & Salluca R. (2019) en su tesis**

para obtener el título de Ingeniero Civil: Desarrollo de protocolos de interoperabilidad BIM estructural para proyectos de edificación de la Universidad Peruana Unión, Juliaca-Puno.

El costo de mantenimiento también es otro factor importante en este tipo de construcciones una vez que se pone en marcha la habitabilidad, como por ejemplo los traslados o los posibles repuestos que puedan sufrir deterioro al momento de hacer el uso entonces para ello se tiene que tener un técnico que sepa el funcionamiento y esté previsto de las herramientas necesarias al momento de que se requiera hacer este tipo de mantenimiento, para ello también es importante que la empresa asuma los costos de capacitación de esta persona o personas que tienen que estar familiarizadas con toda la construcción para que al momento que se requiera sus servicios la demora no sea importante y de esa manera no cause malestar en los habitantes o clientes que han adquirido estos conjuntos habitacionales, También sería importante en el contexto de esta ciudad de que se tengan varios proveedores de diferentes herramientas o soporte de materiales y de acuerdo a ello se pueda realizar cotizaciones y poder escoger la más adecuada o la que más se ajuste a los requerimientos del proyecto de esa manera brindando o teniendo soluciones alternativas diferentes, pero en el contexto muchas veces nos encontramos en que existe un solo proveedor o muchas veces no existe proveedores, si se encuentra un solo proveedor no brinda las garantías necesarias con el producto o no tiene un abanico amplio de productos o accesorios que se necesita para la construcción.

También se ha tenido una dificultad al momento de utilizar las matrices de

donde generalmente procede la definición de parámetros y luego de ello también se puede realizar la elección de variables que son las iniciales para el proyecto, esto independientemente de la etapa del proceso o la etapa en la que se encontraba la construcción, entonces para ello se utilizó una amplia definición del proyecto y también se utilizó una descripción de las exigencias que el proyecto necesita y que de acuerdo a ello va a permitir que se haga una correcta construcción tomando en cuenta las variables de algunas matrices, entonces para ello normalmente es exigible un trabajo en donde se analice la metodología que se va a emplear durante el desarrollo del proyecto, y por ese motivo se obtuvo información que fue importante referente a los costos de cada alternativa expuestos anteriormente, sería importante también tener proveedores que nos brindarán cotizaciones de diferentes alternativas y de acuerdo a ello poder asignar un valor a cada alternativa y tomar la decisión que sea la adecuada en conjunto con los profesionales que han estado durante el desarrollo del proyecto, generalmente esto se desarrolla durante las reuniones de trabajo que se tienen antes de iniciar las actividades con los profesionales entonces para ello se toma en cuenta las opiniones de ingenieros de campo, también de los arquitectos, también de los ingenieros que están en la oficina técnica, para que de esta manera el trabajo se desarrolle con una mayor objetividad, se tracen matrices que ofrezcan múltiples ventajas al trabajo que se viene desarrollando y de esa manera las interacciones sean con mayor fluidez y también con mayor rapidez que ayuden a tomar mejor las decisiones durante el desarrollo del proyecto.

4.3. Contratación de hipótesis

La hipótesis que se planteó en la investigación fue la siguiente: La metodología BIM obtiene menos costos con relación a la ingeniería de valor en proyectos inmobiliarios en la fase de diseño, en efecto ella quedó demostrado al identificar los principales partidas de costos y realizar el análisis de costos respectivo, para lo cual con la ingeniería de valor se obtuvo 1 645 012.82 soles, mientras que aplicando la metodología BIM se obtuvo 1 440 956.81 soles, es decir con la metodología BIM se obtuvo un ahorro de 204 056.01 soles.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. El estado actual de la empresa referente a la metodología BIM se describe a continuación: Para el modelamiento de la arquitectura el costo parcial fue 2000 soles, para el modelado Revit fue 1410.40 soles, BIM Manager fue 4554, esto hizo un total de 7964.40 soles. Además de ello también los materiales como software, ordenadores, monitores, proyectores, ecran y mobiliario, que hizo un total de 13812 soles, juntando ambas partidas hacen un total de 21776.40 para la implementación de la metodología BIM.
2. Los costos más importantes identificados en el proyecto se presentan a continuación bajo la plataforma BIM: en losas postensadas 20%, losas aligeradas 18%, placas 18%, columnas 8%, vigas postensadas 5% y losas macizas 5%; de las seis partidas de costos más importantes identificados en el proyecto según la fase de diseño: el que tiene mayor costo es la partida de losas postensadas con 20%, losas aligeradas con 18%, placas con 18%, columnas con 8%, vigas postensadas 5% y losas macizas con 5%.
3. Al aplicar la metodología BIM en el proyecto inmobiliario, de acuerdo con los cálculos realizados en la fase de diseño, la alternativa uno que fue sin la metodología BIM el costo del edificio fue de 1 645 012.82 soles, mientras que con la aplicación de la metodología BIM fue 1 440 956.81 soles, como se observó con la metodología BIM el ahorro fue del 12.40% que equivale a 204 056.01 soles.

5.2. Recomendaciones

1. Involucrar a todas las partes interesadas relevantes: La ingeniería de valor y la metodología BIM requieren una colaboración efectiva entre diferentes partes interesadas, como arquitectos, ingenieros, constructores y clientes. Asegurarse de involucrar a todas estas partes desde las etapas iniciales del proyecto. Fomentar la comunicación abierta y el intercambio de conocimientos permitirá identificar oportunidades de mejora y encontrar soluciones más eficientes.
2. Utilizar el modelado BIM para evaluar alternativas de diseño: El modelado BIM permite crear representaciones virtuales precisas de los proyectos inmobiliarios. Aprovechar esta herramienta para explorar y evaluar diferentes alternativas de diseño. Puede analizar el impacto de cambios en el diseño en términos de costos, rendimiento, eficiencia energética y otros factores relevantes. Esto ayudará a tomar decisiones informadas y a optimizar el valor del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro Llique L. A. (2019). *Incidencia en Presupuesto aplicando la metodología building information modelling BIM para la Ugel Bambamarca y Bloque 1 del Hospital de Jaén*. Cajamarca.
- Antonio Cerón I. & Liévano Ramos D. A. (2017). *Plan de Implementación de Metodología BIM en el ciclo de vida de un proyecto*. Bogotá, Colombia.
- Arellano A. (2020). *Automatización de edificios: Ingeniería de valor*. México.
- Ayay Gonzáles S. & Laiza Otiniano J. L. (2020). *Propuesta de Implementación de la Metodología BIM en la construcción de un edificio multifamiliar en la empresa CCI Ingenieros del Perú SRL en Cajamarca 2020*. Cajamarca.
- Broncano Marcos A. G. (2019). *Integración de las Metodologías Building Information Modeling Para el Manejo y Control de la Información en el Proyecto Ampliación y Mejoramiento de los Servicios de Soporte Académico de la Oficina General de Estudios de la UNASAM, Distrito de Independia*. Huaraz Ancash.
- Business (2021). BIM: Una revolución en la industria de la construcción. *Business BIM Object*, 22-39.
- Fernández de Ortega L. (2017). *Building Economics: Theory and Practice*. Panamá.
- GASA. (2021). Estudio de factibilidad de proyecto Praderas Park - Cajamarca.
- Gómez-Álvarez D. Bajack R. López-Moreno E. & Lanfranchi G. (2019). *Gobernanza Metropolitana*. Washington: Banco Interamericano de

Desarrollo.

Meeker D. & Mc Williams F. (2011). *Instituto Tecnológico de Massachusetts*. Estados Unidos.

Piña Guevara F. A. (2020). *Propuesta de Implementar la Metodología BIM para mejorar la eficiencia en la gestión de proyectos de edificación de la ciudad de Yurimaguas*. Tarapoto.

Poclin Tuesta E. (2014). *Evaluación del diseño del Hospital II-2 de Jaén con el uso de tecnología BIM*. Jaén-Cajamarca.

Rodríguez J. (2021). La metodología BIM abanderada la revolución digital arquitectónica. *Evalore*.

Thea Huaccha R. G. & Salluca Añamuro R. A. (2019). *Desarrollo de protocolos de Interoperabilidad BIM estructural para proyectos de edificación*. Juliaca.

Trejo Carvajal N. A. (2018). *Estudio del Impacto del Uso de la Metodología BIM en la Planificación y Control de Proyectos de Ingeniería y Construcción*. Santiago de Chile.

Valdés Indo A. M. (2014). *Estudio de Viabilidad del uso de la Tecnología BIM en un Proyecto Habitacional en Altura*. Santiago de Chile.

Watson G. H. (2005). *Putting value back into engineering*. American Society for Quality. Oxford.

ANEXOS

ANEXO A: Plano del primer piso.

ANEXO B: Plano del segundo al sexto piso.

ANEXO C: Plano de medidas de la azotea.

ANEXO D: Plano Render del primer piso.

ANEXO E: Plano Render de la azotea.

ANEXO F: Plano vista 3D.

EDIFICIO MULTIFAMILIAR



1 Nivel 1
1 : 100

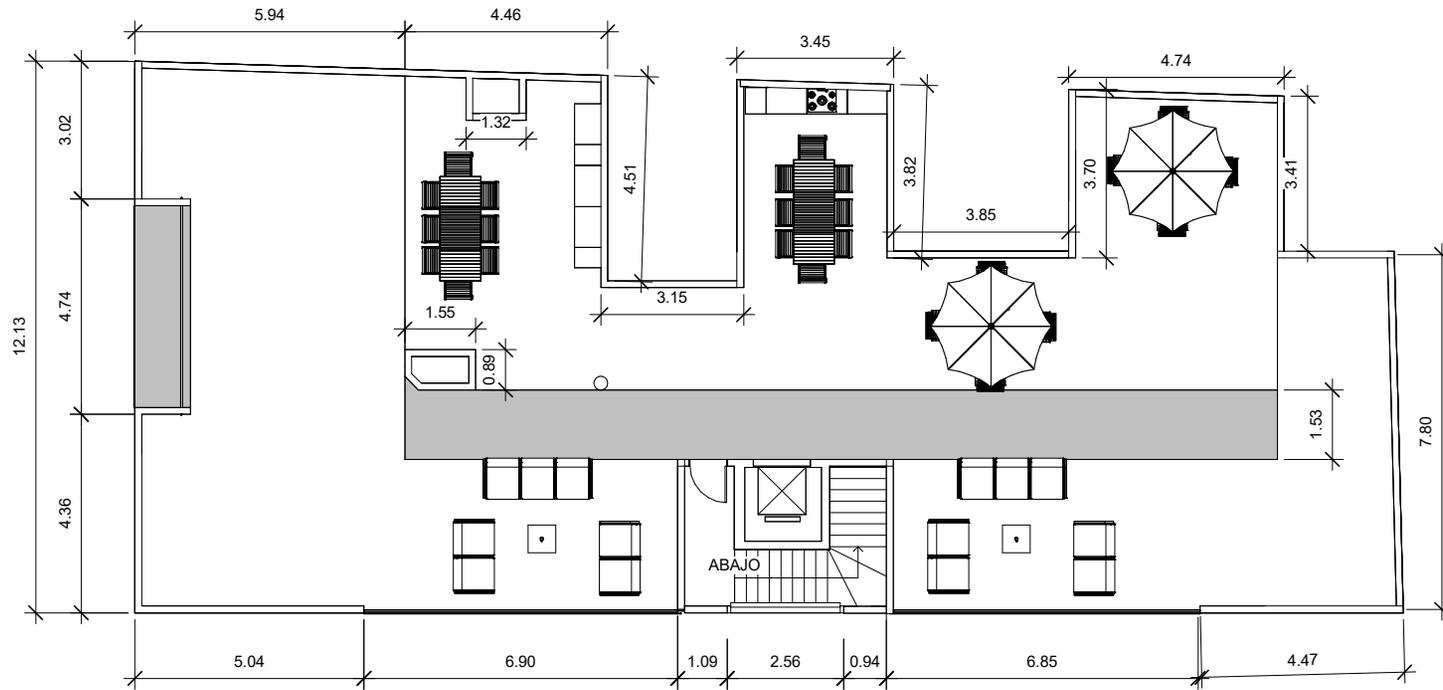
Autodesk Revit



TESISTA
JOSE MIGUEL BRITO
AGUIRRE

1ER PISO	
INGENIERIA CIVIL	N°01
CAJAMARCA	Scale 1 : 100

AZOTEA



1 Nivel 7
1 : 100

Autodesk Revit



TESISTA
JOSE MIGUEL BRITO
AGUIRRE

AZOTEA

INGENIERIA CIVIL

N°05

CAJAMARCA

Scale

1 : 100



1 PRIMER NIVEL

Autodesk Revit



TESISTA
 JOSE MIGUEL BRITO
 AGUIRRE

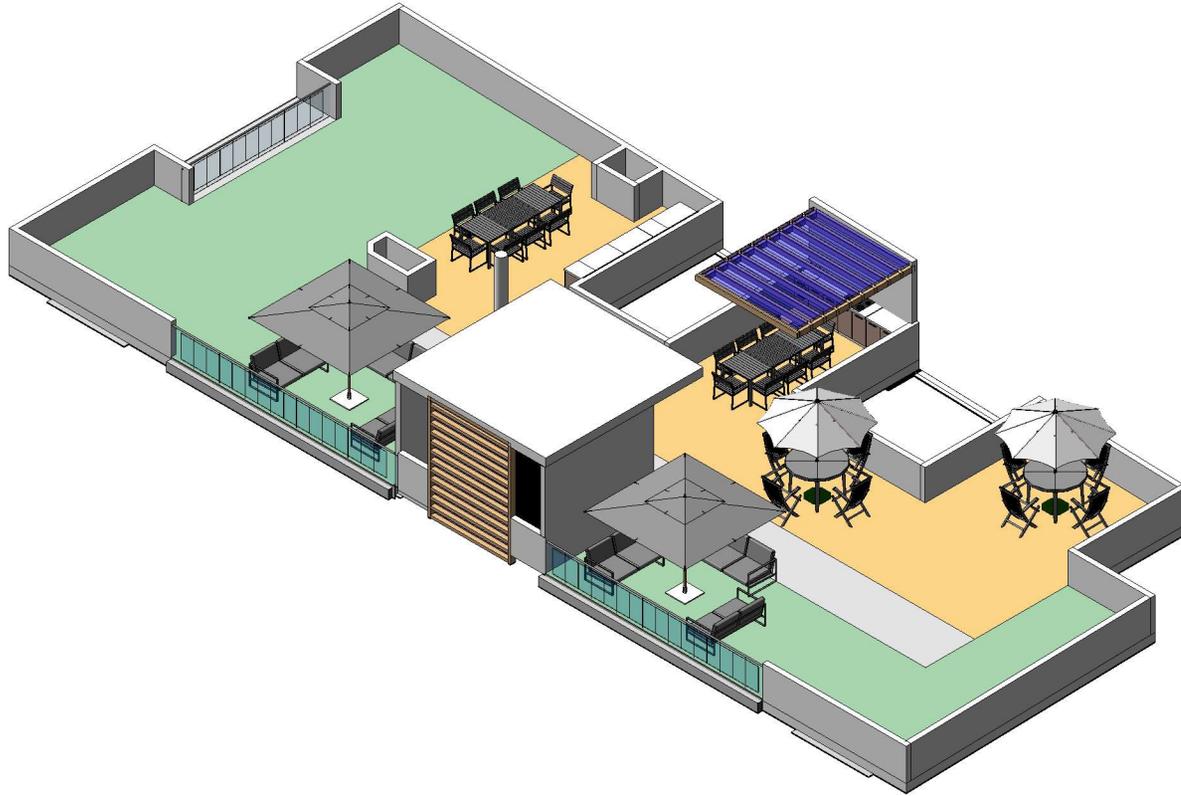
REND. 1ER PISO

INGENIERIA CIVIL

N°03

CAJAMARCA

Scale



1 {3D}2

Autodesk Revit



TESISTA
 JOSE MIGUEL BRITO
 AGUIRRE

REND. AZOTEA

INGENIERIA CIVIL

N°04

CAJAMARCA

Scale