

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION  
MODELING) COMO HERRAMIENTA DE OPTIMIZACIÓN  
EN LA CONSTRUCCIÓN”

**TESIS**

Presentada por:

**Bach. JHON ALEX VELASQUEZ PERCA**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

TACNA – PERÚ  
2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**


Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

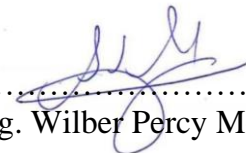
**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) COMO HERRAMIENTA DE OPTIMIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN**

Tesis sustentada y aprobada el día 14 de mayo de 2022 estando integrado el Jurado Calificador por:

**PRESIDENTE**

  
: .....  
Mtro. Ing. César José Avendaño Jihuallanga

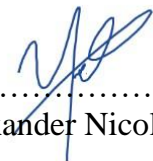
**SECRETARIO**

  
: .....  
Mtro. Ing. Wilber Percy Mendoza Ramirez

**VOCAL**

  
: .....  
Mtro. Ing. Martin Paucara Rojas

**ASESOR DE TESIS**

  
: .....  
Dr. Ing. Alexander Nicolás Vilcanqui Alarcón

## **DEDICATORIA**

*A Dios, quien me guía en cada paso de mi vida y me provee de salud, inteligencia, discernimiento y fortaleza para seguir adelante.*

*A mis padres Margarita y Alejandro, por su enorme paciencia al haberme apoyado en cada paso que eh dado.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios, por ser mi mayor inspiración, por darme vida y permitirme alcanzar mis sueños.*

*A todos los docentes que han sido parte de mi formación profesional, por su apoyo incondicional, sus enseñanzas y sus conocimientos compartidos.*

*A mis padres, mis hermanos, y amistades (C), quienes siempre han estado a mi lado para ayudarme y me han motivado a superarme día a día.*

## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRAC.....	xiii

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES .....	3
1.1. ANTECEDENTES .....	3
1.1.1. Antecedentes internacionales .....	3
1.1.2. Antecedentes nacionales.....	4
1.1.3. Antecedentes regionales .....	7
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	11
1.3.1. Interrogante general.....	11
1.3.2. Interrogantes específicas.....	11
1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	11
1.4.1. Hipótesis general .....	11
1.4.2. Hipótesis específicas.....	11
1.5. JUSTIFICACIÓN .....	12

1.6. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS.....	13
1.6.1. Objetivo general .....	13
1.6.2. Objetivos específicos.....	13
1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	13
1.7.1. Alcances.....	13
1.7.2. Limitaciones .....	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	15
2.1. PRODUCTIVIDAD DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN ....	15
2.1.1. A internacional .....	15
2.1.2. A nivel nacional.....	16
2.2. DIGITALIZACIÓN DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.....	18
2.2.1. A nivel internacional .....	18
2.2.2. A nivel nacional.....	20
2.3. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) .....	22
2.3.1. BIM en el mundo.....	23
2.3.2. BIM en el Perú.....	25
2.4. USOS BIM .....	33
2.5. ENTORNO DE DATOS CAMUNES – CDE.....	34
2.6. NIVEL DE INFORMACIÓN NECESARIA (LOIN).....	35
2.7. ROLES BIM.....	37
CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO .....	41
3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	41
3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
3.4. OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES .....	41
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	43
3.6. PROCEDIMIENTO.....	44
CAPITULO IV. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	45

4.1. PROGRAMAS BIM.....	45
4.2. REVIT .....	46
4.3. DATOS GENERALES DEL CASO DE ESTUDIO.....	47
4.3.1. Ubicación:.....	47
4.3.2. Descripción general .....	48
4.4. MODELADO BIM 3D .....	50
4.4.1. Preparación de los planos CAD para la importación a Revit. ....	50
4.4.2. Procedimiento de modelado .....	54
4.5. OBTENCIÓN DE METRADOS .....	62
4.5.1. Metrado de obras de concreto armado.....	65
CAPITULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	74
5.1. METRADO REALIZADO DE FORMA TRADICIONAL.....	74
5.2. RESUMEN DE METRADOS OBTENIDOS DEL MODELO BIM.....	76
5.3. COMPARATIVA DE COSTOS MÉTODO TRADICIONAL VS METODOLOGÍA BIM.....	77
5.4. PRINCIPALES DIFERENCIAS EN LA ELAORACIÓN DE METRADOS TRADICIONALES VS LOS METRADOS OBTENIDOS DEL MODELO BIM. ....	83
5.5. CONTINUIDAD DEL MODELO 3D .....	85
5.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	90
CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
6.1. CONCLUSIONES.....	92
6.2. RECOMENDACIONES .....	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
ANEXOS .....	99

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables .....	42
Tabla 2: Cuadro de áreas construidas correspondiente al edificio de la SUNAT Tumbes.....	50
Tabla 3: Metrado de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ cemento tipo V en pilotes .....	66
Tabla 4: Metrado de acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ grado 60 para pilotes ....	66
Tabla 5: Metrado de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ cemento tipo V para viga de cimentación .....	66
Tabla 6: Metrado de encofrado para viga de cimentación .....	67
Tabla 7: Metrado de acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ grado 60 para viga de cimentación .....	67
Tabla 8: Metrado de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ tipo V para Losa de cimentación .	67
Tabla 9: Metrado de acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ grado 60 para losa de cimentación .....	68
Tabla 10: Metrado de encofrado para losa de cimentación.....	68
Tabla 11: Metrado de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ cemento tipo V para Cisterna ....	68
Tabla 12: Metrado de encofrado para cisterna.....	69
Tabla 13: Metrado de acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ grado 60 para cisterna	69
Tabla 14: Metrado de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ cemento tipo I para losa de piso	69
Tabla 15: Metrado de acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ grado 60 para losa de piso .....	70
Tabla 16: Metrado de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ cemento tipo I para losa aligerada $H=0.25\text{m}$ .....	70
Tabla 17: Metrado de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ cemento tipo I para losa maciza.	70
Tabla 18: Metrado de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ cemento tipo V para muros de concreto.....	71
Tabla 19: Metrado de encofrado para muros de concreto.....	71
Tabla 20: Metrado de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ cemento tipo V para columnas ..	71

Tabla 21: Metrado de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ cemento tipo I para columnas ....	72
Tabla 22: Metrado de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ cemento tipo V para placas.....	72
Tabla 23: Metrado de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ cemento tipo I para placas .....	72
Tabla 24: Metrado de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ cemento tipo I para escaleras.....	73
Tabla 25: Metrado de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ cemento tipo I para vigas .....	73
Tabla 26: Metrados elaborados de forma tradicional.....	74
Tabla 27: Resumen de metrados obtenidos del modelo BIM 3D .....	76
Tabla 28: Comparativa de costos método tradicional vs metodología BIM.....	79
Tabla 29: Algunas diferencias en la elaboración de metrados por la metodología tradicional vs los metrados obtenidos de la metodología BIM.....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tendencias del crecimiento de la productividad mundial .....	16
Figura 2: Porcentaje del PBI del sector construcción 1999 – 2019 .....	17
Figura 3: Brecha de productividad del sector construcción, 1990 – 2018.....	18
Figura 4: Índice de digitalización en EE.UU. ....	20
Figura 5: Inversión histórica de CONCYTEC .....	21
Figura 6: BIM en el mundo.....	23
Figura 7: Difusión de innovaciones - Everett Rogers .....	28
Figura 8: Especialidades modeladas .....	30
Figura 9: Nivel de usos de aplicaciones BIM .....	31
Figura 10: Hitos del Plan BIM Perú.....	32
Figura 11: Nivel de informacion necesario LOIN .....	36
Figura 12: Progresividad del nivel de información según las fases del ciclo de inversión.....	37
Figura 13: Muestra a analizar: Obras de concreto armado .....	43
Figura 14: Procedimiento de trabajo .....	44
Figura 15: Algunos softwares donde se trabaja la modelación BIM .....	45
Figura 16: Ubicación del edificio de la SUNAT Tumbes.....	48
Figura 17: Planos del proyecto correspondiente a la especialidad de estructuras. 51	
Figura 18: Planos CAD listos para importar a REVIT .....	52
Figura 19: Pasos para configurar el workspace de Revit .....	53
Figura 20: Propiedades del elemento Losa de cimentación e=0.70m.....	56
Figura 21: Creación del elemento "Losa de cimentación e=0.70m".....	57
Figura 22: Modelo de cimentaciones .....	58
Figura 23: Modelado de muros y cisterna.....	58
Figura 24: Modelado de losas .....	59
Figura 25: Modelado de vigas.....	59
Figura 26: Modelado de columnas y placas.....	59

Figura 27: Modelado de ladrillos de techo.....	60
Figura 28: Modelado de acero de refuerzo .....	60
Figura 29: Modelado de acero de refuerzo .....	61
Figura 30: Modelado del encofrado .....	62
Figura 31: Procedo de obtención de metrado del modelo BIM .....	63
Figura 32: Elección de la categoría a cuantificar .....	64
Figura 33: Procedo de obtención de metrado de encofrados .....	65
Figura 34: Comparativa de presupuestos .....	78
Figura 35: Porcentaje de variación por componentes de Obras de concreto armado .....	81
Figura 36: Variación de metrado en el componente acero de refuerzo.....	82
Figura 37: Revisión de metrado de acero de refuerzo para pilotes .....	82
Figura 38: Metrado de acero de refuerzo de pilotes corregido .....	83
Figura 39: Modelo BIM vs obra real.....	86
Figura 40: Modelo BIM subido a la web .....	87
Figura 41: Secciones del modelo subido a la web .....	87
Figura 42: Mediciones realizadas en el modelo subido a la web.....	88
Figura 43: Visualización de las propiedades de los elementos .....	88
Figura 44: Anotaciones sobre el modelo.....	89
Figura 45: Valor de la información BIM .....	90

## **RESUMEN**

La presente tesis tuvo como objetivo determinar cómo la metodología BIM puede funcionar como una herramienta de optimización del presupuesto del edificio de la SUNAT ubicado en el distrito de Tumbes, provincia de Tumbes y departamento de Tumbes. Para ello se analizaron las partidas más incidentes del presupuesto, resultando ser la correspondiente a, “obras de concreto armado”, conociendo esto se procedió a realizar el modelado BIM 3D en el software Revit 2021, con esta herramienta se obtuvo los metrados los cuales fueron comparados con los realizados de forma tradicional con herramientas como el AutoCAD. Los resultados obtenidos mostraron que con la aplicación de la metodología BIM se pudo optimizar en un 2.79% el presupuesto, lo que equivale a S/ 31,702.61, también se pudo evidenciar las bondades de dicha metodología al obtener metrados más confiables en un menor tiempo y flexibles a cambios que pueda haber por variaciones en el diseño.

Palabras clave: Metodología BIM, optimización, AutoCAD

## **ABSTRACT**

The objective of this thesis was to determine how the BIM methodology can work as a budget optimization tool for the SUNAT building located in the district of Tumbes, province of Tumbes and department of Tumbes. For this purpose, the most incident items of the budget were analyzed, resulting to be the one corresponding to, "reinforced concrete works", knowing this we proceeded to perform the 3D BIM modeling in Revit 2021 software, with this tool we obtained the metrics which were compared with those made in a traditional way with tools such as AutoCAD. The results obtained showed that with the application of the BIM methodology it was possible to optimize the budget by 2.79%, which is equivalent to S/. 31,702.61. The benefits of this methodology were also evidenced by obtaining more reliable metrics in less time and being flexible to changes that may occur due to variations in the design.

Keywords: BIM methodology, optimization, AutoCAD

## INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es una de las más importante a nivel mundial, sin embargo, es una de las menos productivas, entre las causas principales esta que aún se continúan usando metodologías tradicionales y la baja adopción de innovaciones tecnológicas. La metodología BIM se presenta como una herramienta para mejorar la gestión de la construcción en todos sus componentes y fases.

En la actualidad se viene impulsando el uso de la metodología BIM desde el gobierno central del Perú el cual es denominado como Plan BIM Perú el cual tiene como hito final la obligatoriedad del uso de esta metodología en todas las obras publicas para el año 2030, es bajos este contexto que resulta importante investigar a fondo sobre dicha metodología con la finalidad de sumar los esfuerzos y ser partes del cambio para así convertir a nuestra industria de la construcción en uno más productiva y eficiente.

Bajo estos contextos se presenta la tesis en mención, estructurada en capítulos.

En el Capítulo I “Aspectos generales”, se describe los antecedentes internacionales, nacionales y regionales que dieron lugar a la presente tesis.

En el Capítulo II “Marco Teórico”, se definen los términos más trascendentales que giran en torno a las variables, independiente “Metodología BIM” y dependiente “Optimización de costos”.

En el Capítulo III “Marco Metodológico”, Se detalla los aspectos metodológicos como, tipo, diseño, nivel, población, muestra, operacionalización de variables, así como las técnicas e instrumentos utilizados para la obtención y procesamiento de los datos obtenidos.

En el Capítulo IV “Desarrollo de la investigación” se enmarca los el procedimiento que se seguido en la búsqueda de respuestas sobre las hipótesis planteadas

En el Capítulo V “Análisis y discusión de resultados” se realizó una comparativa frente a la postura de otras investigaciones en base a los resultados obtenidos.

En el Capítulo VI “conclusiones y recomendaciones” se describen los las conclusiones finales respondiendo a las interrogantes planteadas.

# **CAPÍTULO I.**

## **ASPECTOS GENERALES**

### **1.1.ANTECEDENTES**

#### **1.1.1. Antecedentes internacionales**

Rubiano (2021) aborda la conceptualización de BIM y su proceso de implementación en un proyecto, es decir establece una guía práctica de implementación. Se hace uso de un caso de estudio específico en el proyecto “Agrupación Caminos de Sie, Tocancipá, Cundinamarca”, en este proyecto ejecutó actividades de consultoría con la metodología convencional de archivos CAD y revisión manual, con lo que proyectó una base idealizada, de lo que hubiera significado la implementación BIM en este proyecto. Finalmente, Rubiano concluye que se corrobora la problemática existente en la metodología convencional, donde se encuentran inconvenientes y hallazgos en los diseños, muchos de ellos, sobre la marcha y desarrollo constructivo del proyecto, lo cual genera retrasos en los procesos, re procesos y grandes variaciones en los costos finales de los proyectos, teniendo en cuenta la proyección inicial del mismo.

(Ramírez, 2018) comparó los resultados obtenidos a través de la metodología Building Information Modeling (BIM) y la metodología tradicional (CAD) en una edificación educativa en el municipio de Yumbo en lo que concierne a cantidades

de obra, valor final de las actividades y detección de interferencias o incoherencias en los diseños. En la partida denominada “Estructuras del edificio” se observó un déficit del 18.72% en el presupuesto calculado por el método tradicional vs el realizado con el modelo BIM.

#### 1.1.2. Antecedentes nacionales

Yucra (2020) demuestra la relación entre las variables planteadas como lo son: La aplicación de tecnologías BIM y la optimización de la constructabilidad, como objeto de estudio empezó con el análisis de un proyecto, que previamente fue realizada de forma tradicional con herramientas CAD, y posteriormente procedió a validar la hipótesis planteada, realizando el modelado con tecnologías BIM de forma ordenada según el sistema constructivo de un proyecto de Vivienda Multifamiliar de cuatro niveles más una azotea en su etapa inicial de diseño. Como resultado del modelamiento, obtuvo un listado de observaciones que fueron encontradas con la aplicación de tecnologías BIM, detectando errores a tiempo, para la búsqueda de soluciones y que estos a su vez no lleguen a la etapa de ejecución de una obra, logrando de esta forma la optimización de la constructabilidad desde una etapa inicial, que finalmente se traduce en ahorro de tiempo, costo y calidad del proyecto.

Gomez (2021) planteó la implementación de la metodología BIM la cual consiste en generar un modelo 3D el cual puede contener una gran cantidad de información

del proyecto. Se señala que este modelo permitirá tener una mejor visualización, una estimación de materiales más exacta y una planificación que mejorará la productividad. Asimismo esta metodología le permitió encontrar interferencias e incompatibilidades, así como también le permitió simular el proceso constructivo. Se puede concluir que el proceso de cómputo de materiales (metrados) es mucho más exacto y rápido que el realizado de manera tradicional el cual presentó un sobrecosto de S/. 20,923.35 generado por mayores metrados en las partidas de concreto y encofrado, además, la gran ventaja que nos ofrece las herramientas BIM es que si se llegará a modificar alguna parte del proyecto los metrados se actualizarían de manera automática lo que ahorra tiempo y evita estos sobrecostos, así como también se puede resaltar que el costo de implementación de esta metodología en función al costo del proyecto es bajo generando ganancias.

Cabrera & Quiroz (2020) buscó medir la rentabilidad de una implementación BIM en un proyecto en el mercado peruano a través de un parámetro económico sencillo como lo es el retorno de inversión (ROI por sus siglas en inglés), para ello, analizó un proyecto desarrollado bajo un enfoque tradicional y paralelamente simuló este mismo proyecto bajo un enfoque BIM; posteriormente procedió a comparar y analizar ambos resultados utilizando ciertos parámetros cualitativos y cuantitativos, para de esta forma poder determinar el valor agregado que otorgaría el implementar BIM en un proyecto inmobiliario. Finalmente concluyó en que el principal beneficio radica en la disminución de interferencias, lo cual genera menos

retrabajos con alto costo; de forma seguida, se obtuvo que la reducción en tiempo de metrados aporta valor económico por una menor cantidad de horas hombre dedicadas a dicha actividad, además de un incremento en la precisión de los metrados. Finalmente, la reducción de cambios de diseño y aumento en la productividad también aportan valor, ya que reducen la cantidad de horas hombre en reuniones.

Taipe (2019) tuvo por objetivo principal implementar la metodología BIM para la mejora de gestión del proyecto, para su mejora de gestión de información y planeamiento. La investigación fue de tipo APLICADA perteneciendo al nivel de investigación DESCRIPTIVO-EXPLICATIVO, tomándose como población un proyecto en particular. Los resultados obtenidos en la investigación mostraron que al tener el proyecto construido virtualmente con la implementación de la metodología BIM, genera automáticamente toda la información necesaria tanto para el proyectista y/o consultor, así como también a las empresas privadas e instituciones públicas. Y también con la implementación de la metodología BIM con un presupuesto total de S/. 266,232.43 soles, en el Expediente Técnico con un presupuesto total de S/. 278.,556.08 soles, en donde la Metodología BIM la que tiene menor presupuesto, con una diferencia de S/. 12,323.65.19 soles con un porcentaje de 4.42% (análisis de las partidas de concreto armado), considerando esta diferencia como monto de partidas sobrevaloradas. Por lo tanto, la rapidez de

ejecución y la optimización de costes conlleva una reducción de la inversión en el proyecto.

### 1.1.3. Antecedentes regionales

Llanque (2021) tiene como objetivo principal implementar la tecnología BIM para optimizar los costos en el presupuesto del Hotel Tacna Heroica. La metodología utilizada fue de tipo cuantitativo, secuencial y probatorio, de diseño correlacional – comparativo. La población de estudio se consideró el Hotel de 2 estrellas Tacna Heroica, la muestra para el modelado BIM está representada por la especialidad de estructuras y la especialidad de arquitectura, con 21 partidas de mayor incidencia en el costo de la edificación, para su respectivo análisis. Los instrumentos usados para la presente investigación fueron la documentación extraída del expediente Técnico (planos y presupuesto), Software Revit 2019 (para el modelamiento y extracción de datos) y el Software Microsoft Excel para el análisis comparativo. Llegando a la conclusión que con la aplicación de la tecnología BIM se logra optimizar los costos de las partidas de estructuras y arquitectura establecidas en la edificación del Hotel Tacna Heroica, una vez identificado las variaciones numéricas de los metrados proporcionados por el software REVIT que han diferido con respecto a los encontrados en el presupuesto original, el monto proyectado de S/ 649 108,90 ha sido reducido a un costo de S/ 619 126,04 soles, obteniendo una variación de S/ 29 982,85 soles que corresponde al 4,62 % de ahorro en el presupuesto total de la edificación. Por lo que BIM es una aplicación indispensable

y necesaria para el diseño de proyectos en las empresas privadas y entidades públicas, pues en el proyecto estudiado pudimos determinar que esta aplicación permite detectar errores en la etapa de diseño del proyecto, lo que evitaría, posibles sobrecostos en la ejecución del mismo.

Apaza (2015) presenta el diagnóstico situacional de las metodologías BIM tanto en el Perú como en el mundo, hace una revisión de todos los conceptos necesarios para entender el marco teórico de las metodologías BIM y de la gestión de proyectos de edificaciones. Explica todos los pasos que se siguieron para la elaboración del modelo BIM, desde la recolección de la información hasta la elaboración del modelo integrado. Analizó los resultados obtenidos de las metodologías BIM y la influencia que tienen en la gestión de proyectos de edificaciones en Tacna, finalmente llegó a la conclusión que las metodologías BIM mejoran la gestión de proyectos de edificaciones en Tacna.

## 1.2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Mckinsey Global Institute, (2017) la industria de la construcción es una de las más importantes a nivel global con un gasto anual de 10 billones de dólares en bienes y servicios, sin embargo, es una de las industrias con menor crecimiento en cuanto a su productividad.

Teicholz (2013) indica que la productividad laboral en el sector de la construcción estadounidense (entre los años 1964 al 2012), ha experimentado un descenso a un ritmo de 0.32% anual.

La industria de la construcción peruana no se escapa de esta realidad es por ello que en el año 2019 el ministerio de economía y finanzas lanza el: “PLAN NACIONAL DE COMPETIVIDAD Y PRODUCTIVIDAD” cuyo primer objetivo es el de dotar de infraestructura a través de una planificación y priorización eficiente de los recursos públicos, para ello una de las medidas a adoptar es el Plan BIM para el Perú.

Murguía (2018) indica que la industria de la construcción a nivel global presenta un problema estructural fundamental: la fragmentación entre los procesos de diseño, construcción, operación y mantenimiento de los proyectos.

De forma similar ocurre en la industria de la construcción peruana, el actual flujo de trabajo en muchas empresas y entidades van de mano en mano es decir la necesidad de un cliente, pasa a manos de un equipo que diseñadores, luego al constructor y finalmente al operador del proyecto, en el camino, la información sufre variaciones debido a incompatibilidades, indefiniciones, falta de especificación y ordenes de cambio. Como consecuencia de esto se extienden los costos y plazos, el diseño se completa en paralelo con la obra, surgen las

controversias por adicionales y la desconfianza por la integridad de los profesionales.

Mckinsey Global Institute (2015) el entorno en que se vive actualmente, la tecnología juega un rol importante tal es así que para muchas industrias esto ha significado un gran impulso para su crecimiento, sin embargo, el sector de la construcción en los Estados Unidos es una de las menos digitalizadas.

Long et al (2009) una de las tecnologías adoptadas más importantes de las últimas décadas es el CAD, pues se dejó de lado los dibujos de planos hechos manualmente para dar paso a las herramientas digitales, sin embargo según Castillo (2020) actualmente las herramientas adoptadas no están al nivel de los proyectos actuales, ya que la evolución ha traído consigo proyectos más grandes y más complejos.

Ante todo, lo anterior mencionado la metodología BIM (Building Information Modeling) se alza como una componente importante para la innovación con un enfoque integrador y una nueva manera de gestionar el diseño, construcción y operación de proyectos de edificaciones e infraestructura. BIM es una metodología que en los últimos años se viene impulsando en el Perú con mucha más fuerza desde el sector público, es por ello la importancia de conocer esta nueva herramienta, los fundamentos en los que se basa, para finalmente ver sus beneficios en un proyecto real el cual será expuesto en la presente tesis.

### 1.3.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.3.1. Interrogante general

¿De qué manera la metodología BIM ayuda a optimizar los costos del presupuesto del edificio de la SUNAT en el distrito de Tumbes, provincia de Tumbes, departamento de Tumbes, Perú?

#### 1.3.2. Interrogantes específicas

- ¿De qué manera el modelo BIM 3D optimiza el proceso de elaboración de metrados de “obras de concreto armado”?
- ¿Cuáles son las diferencias entre la obtención de metrado de forma tradicional con herramientas CAD versus las que se obtienen con herramientas BIM?

### 1.4.FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

#### 1.4.1. Hipótesis general

- La metodología BIM optimiza el presupuesto del edificio de la SUNAT en el distrito de Tumbes, provincia de Tumbes, departamento de Tumbes, Perú.

#### 1.4.2. Hipótesis específicas

- Si existe una optimización de los metrados de “obras de concreto armado”.

- Si existe diferencias entre las herramientas informáticas CAD y BIM para la obtención de metrados.

### 1.5.JUSTIFICACIÓN

La adopción de la metodología BIM tanto en el sector público como el privado hará que sus procesos sean cada vez más eficientes traduciéndose esto en; mayores ganancias para los privados y, para el sector público un mejor manejo del tesoro público lo que permitiría generar mayor infraestructura para así elevar la calidad de vida de su población. Esta adopción además permitirá que la información sea digitalizada en mayor cantidad, es decir que sean almacenadas en espacios virtuales evitando tener enormes espacios llenos de papeles producto de la impresión de planos, garantías, especificaciones técnicas, etc. Asimismo, BIM busca mejorar la planificación de las obras evitando generar desperdicios como el concreto, el fierro que muchas veces van a parar a botaderos aumentando así la contaminación ambiental.

Dada la coyuntura de la Covid-19 se ha hecho más evidente la falta de desarrollo científico en nuestro país y la brecha tecnológica, es así que las nuevas tecnologías e innovaciones se deben ir adaptando de manera gradual, BIM es una de ellas y nos recuerda que la tecnología e innovación es un aliado para el desarrollo humano.

## 1.6.DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

### 1.6.1. Objetivo general

- Determinar como a través de la aplicación de la metodología BIM se puede optimizar los costos del presupuesto del edificio de la SUNAT Tumbes.

### 1.6.2. Objetivos específicos

- Realizar un análisis comparativo de los metrados referentes a la partida de obras de concreto armado indicado en el expediente técnico vs los obtenidos del modelo BIM.
- Realizar un análisis comparativo del proceso de obtención te medrado de la forma tradicional con herramientas CAD versus los obtenidos con herramientas BIM.

## 1.7.ALCANCES Y LIMITACIONES

### 1.7.1. Alcances

- Mediante la elaboración del presente trabajo de investigación se realizará el modelado en el software REVIT 2021 de las partidas más incidentes (Obras de concreto armado) del edificio de la SUNAT Tumbes. Posteriormente se extraerán los metrados del modelado realizado y se comparará con los indicados en el expediente técnico las cuales fueron realizados de manera tradicional.

- La presente investigación constituye un aporte valioso dado el contexto que viene atravesando el sector de la construcción, la cual busca adoptar nuevas herramientas tecnológicas que nos permitan ser más eficaces en cada una de las etapas del diseño y construcción.

#### 1.7.2. Limitaciones

- Para la presente investigación solo se realizó un caso de estudio el cual corresponde a la obra: “MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS TRIBUTARIOS Y DE CONTROL EN LA CIUDAD DE TUMBES - PIP 189363” a la cual para la presente tesis la denominaremos como *SUNAT Tumbes*.
- Para la elaboración del modelo BIM 3D se utilizó en el software REVIT 2021.

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1.PRODUCTIVIDAD DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

##### **2.1.1. A internacional**

Cada año, el gasto relacionado con la construcción asciende a unos 10 billones de dólares en todo el mundo, lo que equivale el 13% del PBI, utiliza al 7% de la población activa mundial. Esto hace que la construcción sea uno de los mayores sectores de la economía mundial (Mckinsey Global Institute, 2017).

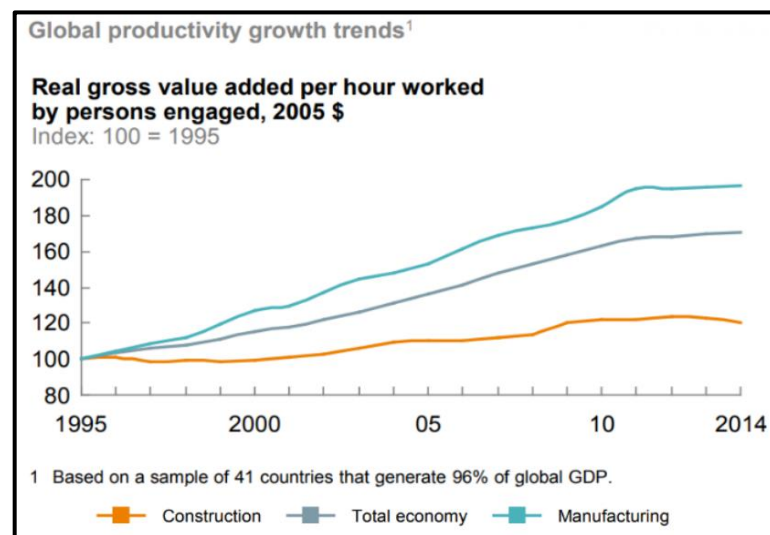
Según Teicholz (2013) calculo la productividad laboral del sector de la construccion estadounidense entre 1964 y 2012 para la publicacion en linea de la AECbytes (Architecture, Engineering and construction), descubrio que sector ah experimentado un descenso de la productividad a un ritmo aproximado de 0.13% anual.

Según Mckinsey Global Institute (2017) la construccion ah padecido durante decadas de una productividad notablemente baja en relacion con otros sectores. Otros sectores se han transformado impulsando su productividad con ayuda de la digitalizacion y la automatizacion. En el sector de la construccion el crecimiento ah sido en promedio 1% anual en las ultimas dos decadas. Mientras que muchos sectores estadounidenses como la agricultura y la industria manufacturera han

aumentado su productividad entre 10 y 15 veces desde la década de 1950, la productividad de la construcción sigue estancada en el mismo nivel desde hace 80 años. Las mediciones actuales revelan que se ha producido un descenso constante desde finales de la década de 1960.

### Figura 1

*Tendencias del crecimiento de la productividad mundial*



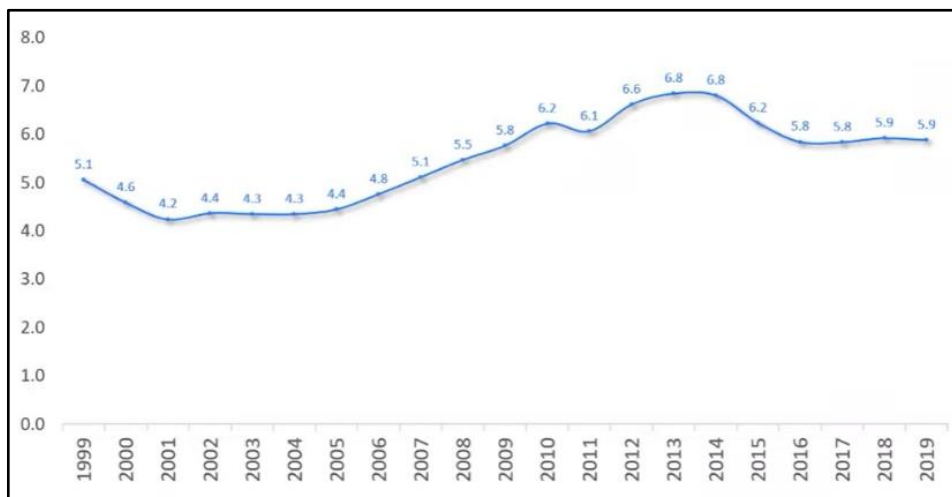
Fuente: Mckinsey Global Institute (2017)

#### 2.1.2. A nivel nacional

A nivel nacional el aporte de la industria de la construcción al PBI total para el 2021 es del 6.7% (ver figura 2), se observa que en los últimos años este valor no ha tenido mayor variación, además podemos decir que es el quinto sector que más aporta. (Banco Central de Reserva del Perú, s.f.). El sector construcción es un magnífico aliado para el crecimiento del PBI del país.

**Figura 2**

*Porcentaje del PBI del sector construcción 1999 – 2019*

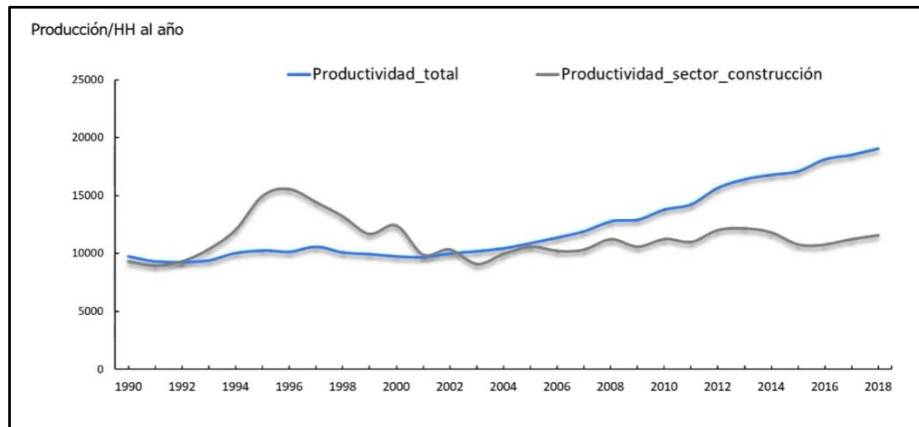


Fuente: BCRPData (2019)

La productividad de nuestra industria no es ajena a lo que ocurre a nivel global, es así que, según el Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, (2021) en la presentación realizada por Christian Cabrera muestra que la productividad del Perú está por debajo del resto de sectores o industrias del país.

**Figura 3**

*Brecha de productividad del sector construcción, 1990 – 2018.*



Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas del Perú (2021)

## 2.2.DIGITALIZACIÓN DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

### 2.2.1. A nivel internacional

La digitalización implica experimentar y adaptarse continuamente ya sea que se centre en los procesos administrativos, la experiencia del cliente o la introducción de nuevos productos y servicios. Además, se necesita inversión, agilidad y un enfoque incansable para mantenerse a la vanguardia en este nuevo mundo hipercompetitivo, existen oportunidades descomunales para las organizaciones y las personas que pueden establecerse como líderes digitales, por ello a medida que se expande la frontera digital, existe una presión constante para adaptarse y evolucionar.

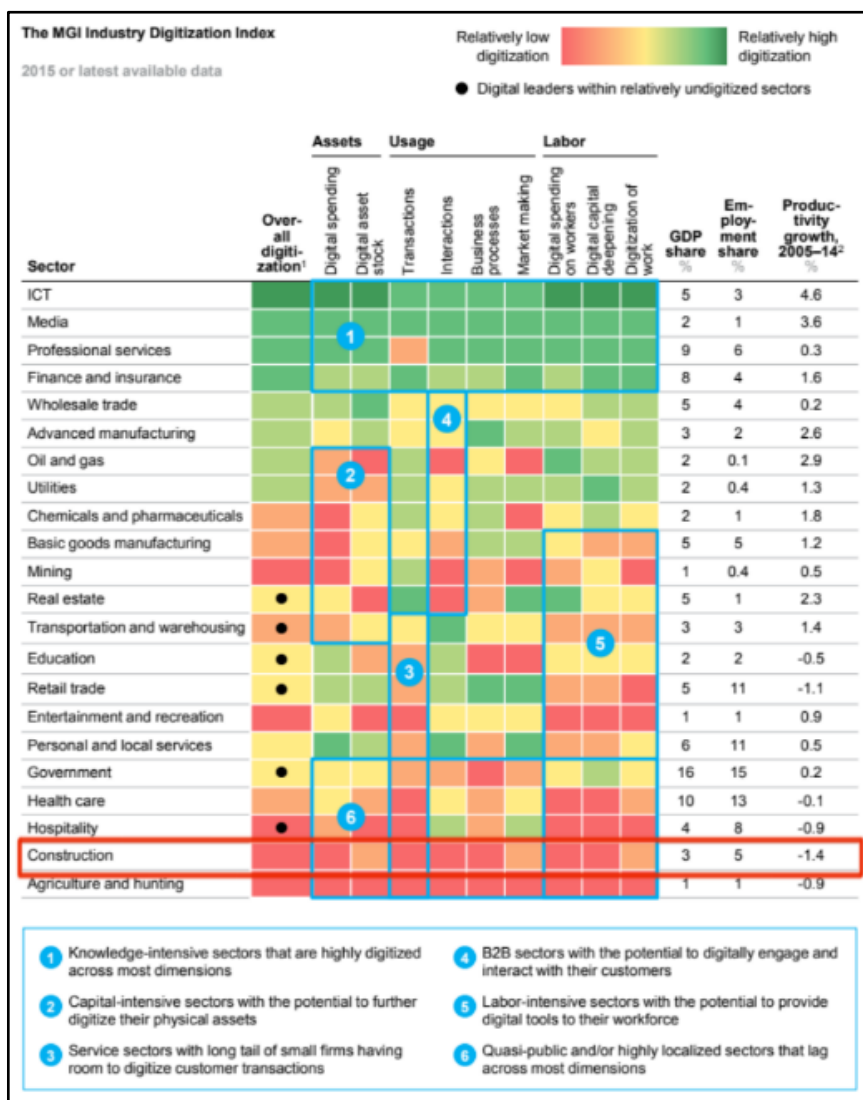
Hoy en día, la atención se centra en la conectividad, las plataformas, los datos y el software, entrando en la era de la analítica, utilizando la tecnología para analizar enormes cantidades de datos en busca de información que pueda ayudar a toma de decisiones y generar información empresarial. (Mckinsey Global Institute, 2015).

Las industrias más digitalizadas están desarrollando una dinámica en la que el ganador se lo lleva todo. Pero al mismo tiempo, la digitalización parece intensificar la rotación competitiva. Los líderes del mercado actual son vulnerables a ser eliminados por la próxima ola de innovación. Por el contrario, aquellos que carecen de habilidades digitales enfrentan perspectivas laborales cada vez más reducidas. (Mckinsey Global Institute, 2015).

La economía de EE.UU. se está digitalizando de manera desigual, con grandes disparidades como se observa en la figura 4, entre sectores las partes más digitalizadas de la economía son los medios de comunicación, los servicios profesionales y los servicios financieros, mientras que las industrias que requieren mucha mano de obra y están localizadas, como la construcción, tienden a clasificarse en un nivel bajo. (Mckinsey Global Institute, 2015).

**Figura 4**

*Índice de digitalización en EE.UU.*



Fuente: Obtenido de Mckinsey Global Institute (2015)

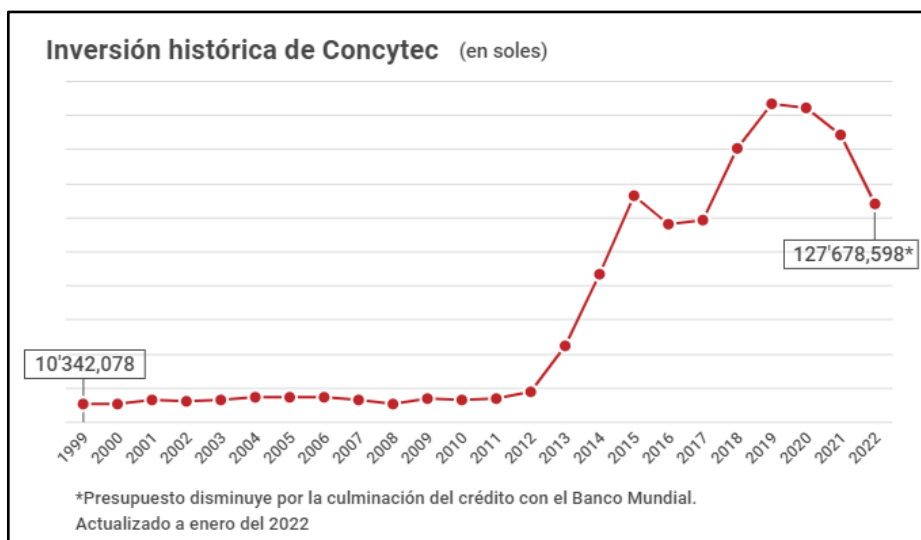
### 2.2.2. A nivel nacional

Actualmente el Perú invierte en ciencia, tecnología e innovación (CTI) 0.13% de su PBI, cuando casi todos los países desarrollados están por encima del 2% de su

PBI, y Corea del Sur e Israel están en 4%. Si bien en la última década se ha registrado un incremento sostenido en la inversión que hizo el Perú, aún es insuficiente. Deberíamos estar como Chile que invierte 0.4% de su PBI, y luego empezar a subir a 1% y eventualmente llegar a un 2% para poder ser una economía competitiva, sino no vamos a poder diversificar, desarrollar nuevos productos, vamos a tener productividad baja y eso nos va traer siempre limitaciones (Sofía & Fernández, 2022).

**Figura 5**

*Inversión histórica de CONCYTEC*



Fuente: Obtenido de Sofía & Fernández (2022)

Lo descrito anteriormente nos da cuenta de la inversión en ciencia, tecnología e innovación a nivel macro, sin embargo, la adopción de tecnologías e innovaciones en el sector construcción esta estrictamente ligada a su productividad es decir

también es baja, y esto es algo que se puede observar en muchas obras que persisten en la era analógica con el uso de herramientas CAD, sabanas de planos, archivadores con inmensa cantidad de información impresa, etc.

En la actualidad, Building Information Modelling (BIM) es sinónimo de innovación en la industria de la construcción. BIM puede definirse como el conjunto de tecnologías, procesos y políticas aplicadas para el desarrollo colaborativo del diseño, construcción y operación de un proyecto, la cual se encuentra plasmada en modelos dentro de un espacio virtual, los cuales contienen información acerca de cantidad de materiales, cronograma, costo, etc. (Gerson, 2018)

### 2.3.BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

BIM es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de proyectos de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo tridimensional de información digital creado por todos los profesionales involucrados en el proyecto (Eastman, Teicholz, Sacks, & Kathleen , 2011). Actualmente esta metodología va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiendo la gestión del mismo y reduciendo los costes de operación.

### 2.3.1. BIM en el mundo

Dependiendo del lugar en que se analice la situación actual de implementación y desarrollo del BIM, puede variar considerablemente. A continuación, se revisará el estado en los países de mayor influencia, según su estado de aplicación.

**Figura 6**

*BIM en el mundo*



Fuente: Soto (2016)

El nivel de implementación y aplicación de la metodología BIM, es resultado de su concepción individual de la misma, esto teniendo en cuenta los actores involucrados como lo son desarrolladores, clientes y entes gubernamentales. A nivel mundial, los países que cuentan con los mayores avances e implicaciones son EE. UU, Reino

Unido, Finlandia, Dinamarca y Singapur. Para comprender el estado actual del BIM, se relacionarán algunos de los avances y procesos incluidos en varios países.

- Australia: Su uso aun no es de carácter obligatorio, pero ya se ha utilizado en proyectos como la Opera de Sydney, con la aplicación de su normatividad interna.
- Canadá: El “Canadá BIM Council”, fue fundado en 2008, en pro del apoyo en la adopción de modelos estandarizados de arquitectura, ingeniería y construcción. En este país se requiere el uso de BIM en el desarrollo de proyectos de construcción pública.
- China: La metodología se incluyó como parte del “National 12th Five Year Plan - 2011/2015”. Igualmente se creó a finales del 2015 la Academia de Tecnología de la Construcción e Investigación y Autodesk. Adicionalmente en el mismo año la Autoridad de Vivienda de Hong Kong definió establecer la implantación completa de BIM, según su normatividad interna.
- Corea del Sur: A finales del año 2010, el gobierno ha aumentado de forma gradual el alcance de los proyectos con BIM. En el 2012, se publicó un informe oficial sobre el estado de la adopción en implementación BIM.
- Estados Unidos: En 2008, se requirió por parte de la Administración de Servicios Generales, la presentación obligatoria para los proyectos del gobierno en BIM. Actualmente son líderes y se identifican como expertos en BIM.

- India: En este país el BIM, también se conoce como (VDC – Diseño y Construcción Virtual), cuentan con un alto porcentaje de profesionales especializados en BIM, los cuales son solicitados para prestar ayuda de la implementación en otros países.
- Irán: En el año 2012, se fundó la Iran Building Information Modeling Association, la cual apoya la gestión, implementación y toma de decisiones en los procesos que interviene el BIM.

### 2.3.2. BIM en el Perú

En el Perú, la implementación del BIM empezó en 2005 y estuvo a cargo de las grandes empresas constructoras interesadas en incrementar su productividad en los proyectos. Posteriormente, motivados por la necesidad de dar a conocer esta metodología que venía revolucionando el rubro de la construcción, se creó el Comité BIM del Perú (2012), el cual pertenece a la Cámara Peruana de la Construcción (Capeco).

Además, teniendo presente la necesidad de reglamentar el BIM en el Perú, en 2017 el Instituto Nacional de Calidad (Inacal) aprobó la conformación del Comité Técnico de Normalización de Edificaciones y Obras de Ingeniería Civil que agrega el Subcomité de Organización de la Información sobre Obras de Construcción. Por medio de este subcomité, se generaron las primeras normas técnicas peruanas sobre BIM, publicadas en el diario El Peruano, en la Resolución Directoral n.º 048- 2018-INACAL/DN, de fecha 28 de diciembre de 2018:

- NTP-ISO/TS 12911:2018 Guía marco para el modelado de información de la edificación (BIM).
- NTP-ISO 29481-2:2018 Modelado de la información de los edificios. Manual de entrega de la información. Parte 2: Marco de trabajo para la interacción.

Posteriormente, en el 2018, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, a través de la Dirección General de Políticas y Regulación, creó un grupo de trabajo con el objetivo de establecer los lineamientos técnicos mínimos que deben considerarse para obtener un modelo BIM.

Finalmente, en diciembre del mismo año, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) del Perú publicó en su página web el Plan BIM Perú, con el propósito principal de contar con elementos técnicos necesarios para la toma de decisiones respecto del uso de metodologías colaborativas de modelamiento digital de la información, aplicables a las fases de formulación y evaluación, ejecución y funcionamiento de la inversión en infraestructura pública. Este plan posee 3 etapas para su proceso de implementación: (1) el diagnóstico/línea de base, (2) el diseño del Plan BIM Perú y (3) la implementación del mismo

Este lanzamiento del Plan BIM Perú corrobora los esfuerzos anteriores de implementación y promoción del BIM en el país, y se espera que asiente las bases para la incorporación definitiva de esta metodología, teniendo en cuenta todos los

beneficios que esto podría generar al desarrollo del país a través de una gestión más eficiente de proyectos de edificación e infraestructura.

#### 2.3.2.1. Nivel de adopción BIM en el Perú.

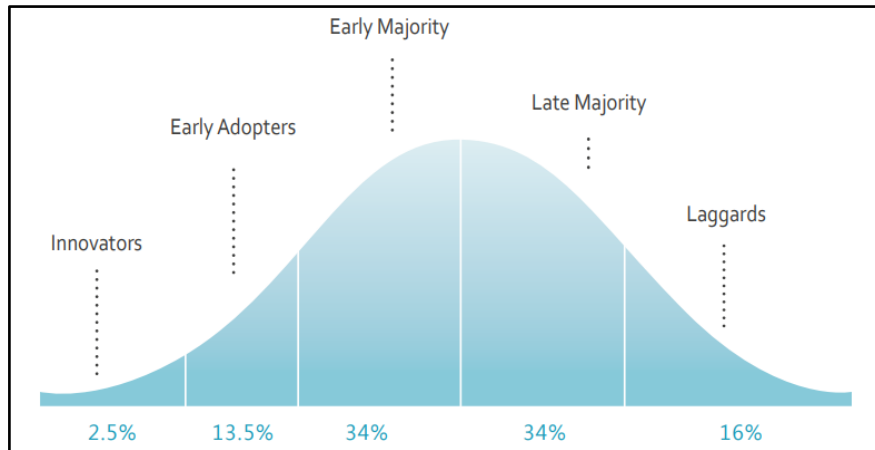
De acuerdo a la teoría de difusión de innovaciones (Rogers, 1995), una innovación pasa por cinco etapas:

- Innovadores (tecnológicos),
- adaptadores tempranos (visionarios),
- Mayoría temprana (pragmáticos)
- Mayoría tardía (conservadores)
- Rezagados (escépticos)

Murguía (2018) indica que la trayectoria de la innovación ha sobrepasado a los “adaptadores tempranos” y va camino hacia la “mayoría temprana”.

## Figura 7

*Difusión de innovaciones - Everett Rogers*



Fuente: Obtenido de NBS (2015)

El estudio considera que un proyecto ha adoptado BIM si ha utilizado una o más de las siguientes aplicaciones BIM:

- visualización de modelos 3D
- diseño colaborativo, compatibilización de modelos
- planos 2D a partir de modelos 3D
- metrados y presupuestos
- simulación 4D
- control de obra con BIM
- control de calidad con modelos.

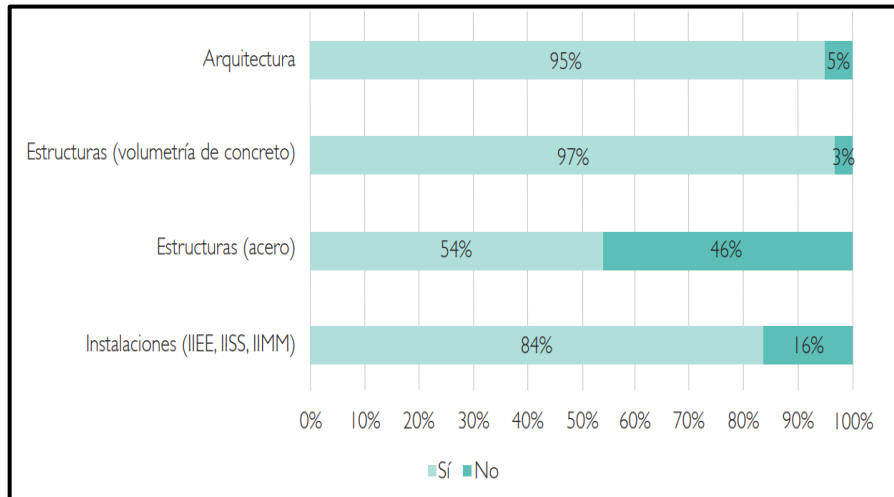
El análisis de datos revela que el 24.5% de proyectos ha adoptado BIM. Con un nivel de confianza de 95%, el error de la muestra es de 5.9%. Por tanto, se puede afirmar que 1 de cada 4 obras en Lima Metropolitana tiene algún uso de BIM (Murguía, 2018).

Murguía (2021), la adopción en proyectos de construcción ha progresado del 25% en 2017 hasta el 39% en 2020 Asimismo, por primera vez se ha medido que algunos proyectos han empezado a utilizar el denominado “Entorno Común de Datos”. Esto sugiere que la madurez BIM está trasladándose de modelado basado en objetos, hacia la colaboración basada en modelos.

Respecto a los sistemas que se han modelado, el estudio revela que mayoritariamente se han modelado las especialidades de arquitectura y estructuras a nivel de volumetría, le siguen las especialidades MEP con un 84% y finalmente el acero de refuerzo, con un 54%.

**Figura 8**

*Especialidades modeladas*

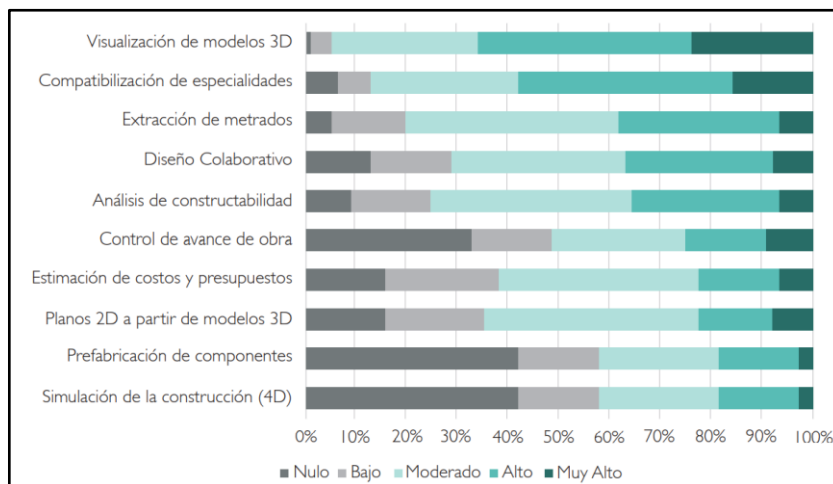


Fuente: Obtenido de Murguía (2021)

El estudio encontró que los usos más influyentes son la visualización de modelos 3D y compatibilización de especialidades (60-65% - nivel alto o muy alto). Le siguen la extracción de metrados, el diseño colaborativo, y análisis de constructabilidad (35-40% - nivel alto o muy alto). Continúan el control de avance de obra, estimación de costos y presupuestos, y planos 2D a partir de modelos 3D (20-25% - nivel alto o muy alto), y por último la prefabricación de componentes y simulación de construcción 4D con menos del 20% de los proyectos (Murguía, 2021).

**Figura 9**

*Nivel de usos de aplicaciones BIM*



Fuente: Obtenido de Murguía (2021)

### 2.3.2.2. Plan BIM Perú

El Plan BIM Perú es una medida de política planteada en el Plan Nacional de Competitividad y Productividad e impulsada por el Ministerio de Economía y Finanzas. Define la estrategia nacional para la implementación progresiva de la adopción de BIM en los procesos de las fases del ciclo de inversión desarrollados por las entidades y empresas públicas sujetas al Invierte.pe, de manera articulada y concertada con el sector privado y la academia. (Ministerio de economía y finanzas , 2022)

El Plan BIM Perú establece los objetivos y acciones para que se implemente BIM en las inversiones, de manera progresiva, buscando garantizar una adecuada

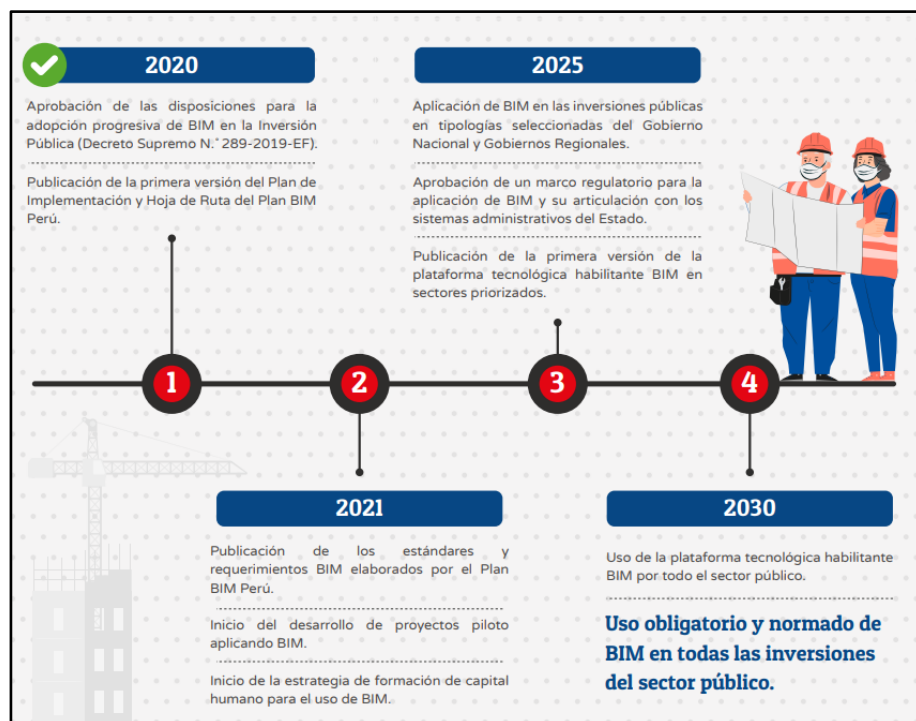
ejecución de las inversiones, mejorando la calidad y eficiencia de las mismas durante el ciclo de inversión (Ministerio de economía y finanzas , 2022).

### 2.3.2.3.Hitos del plan BIM Perú

Los hitos del Plan BIM Perú fueron establecidos en el Plan Nacional de Competitividad y Productividad, aprobado mediante Decreto Supremo N°. 237-2019-EF. De esta manera, se garantizará la adopción progresiva de BIM en la inversión pública hacia el año 2030.

**Figura 10**

#### *Hitos del Plan BIM Perú*



Fuente: Gobierno del Perú (2019)

## 2.4.USOS BIM

Para desarrollar una inversión con BIM, es importante definir los Usos BIM necesarios de acuerdo con los objetivos y requisitos de información que tiene cada inversión. Los Usos BIM son métodos de aplicación de BIM para alcanzar uno o más objetivos específicos a lo largo del ciclo de inversión. Estos Usos sirven para explicar las diferentes formas en que las partes interesadas pueden utilizar BIM dentro de una inversión (Equipo de Plan BIM Perú, 2021)

Es importante considerar que los Usos BIM deben estar alineados con el nivel de recursos y madurez BIM con los que cuente la entidad al momento de desarrollar la inversión. Así, de acuerdo con los mecanismos para una adopción progresiva de BIM que implementen, las entidades podrán ir incorporando nuevos Usos BIM en el desarrollo de sus futuras inversiones. (Equipo de Plan BIM Perú, 2021).

1. Levantamiento de condiciones existentes
2. Análisis del entorno físico
3. Diseño de especialidades
4. Elaboración de documentación
5. Visualización 3D
6. Coordinación de la información
7. Análisis del programa arquitectónico
8. Estimación de cantidades y costos
9. Revisión de diseño

10. Análisis estructural
11. Análisis lumínico
12. Análisis energético de las instalaciones
13. Análisis de constructibilidad
14. Análisis de otras ingenierías
15. Evaluación de sostenibilidad
16. Supervisión del modelo de información
17. Detección interferencias e incompatibilidades
18. Planificación de la fase de ejecución
19. Diseño sistemas constructivos para ejecución
20. Fabricación digital
21. Planificación obras preliminares y provisionales
22. Control de equipos para montajes
23. Modelo de información AsBuilt

## 2.5. ENTORNO DE DATOS CAMUNES – CDE

Al aplicar BIM se utiliza un Entorno de Datos Comunes o CDE (Common Data Environment, por sus siglas en inglés). Este CDE es la fuente de información acordada para el desarrollo de cualquier inversión. Es usada para la colección, gestión, almacenamiento y difusión de la información generada por todos los involucrados (Equipo de Plan BIM Perú, 2021).

El CDE es “única fuente de información confiable” de la inversión y en la que todas sus modificaciones quedan registradas a través de un “historial de cambios”. El CDE será establecido, implementado y administrado por la entidad o, en su defecto, por un tercero designado por ella. Esta función es responsabilidad del Gestor BIM (Equipo de Plan BIM Perú, 2021).

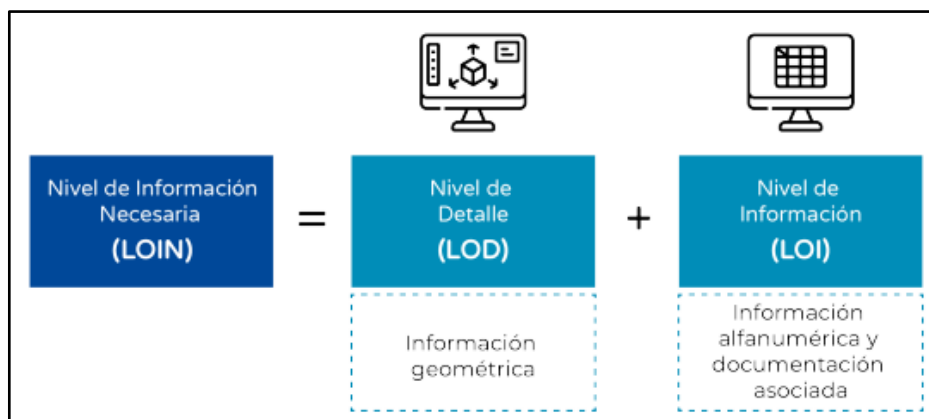
## 2.6.NIVEL DE INFORMACIÓN NECESARIA (LOIN)

LOIN (por sus siglas en inglés, Level of Information Need) es el Nivel de Información Necesaria para satisfacer los objetivos relacionados a la información de una inversión, en cada proceso de intercambio de información. El Nivel de Información Necesaria (LOIN) de los Modelos de Información deben contener los datos esenciales para cumplir con los objetivos y Requisitos de Información de la inversión. La producción de información no relevante significa un esfuerzo desperdiciado por parte del equipo del proyecto y, en su defecto, la producción de poca información podría ser escasa para la toma de decisiones o para cumplir los objetivos establecidos. En ese sentido, el Nivel de Información Necesaria es un concepto amplio que representa el marco de cómo se definirá el alcance de cada entrega de información. Muchas veces se relaciona al modelo 3D con el Nivel de Información Necesaria, sin embargo esta involucra a toda la información producida en respuesta a los requisitos de información y puede incluir el Nivel de Información Gráfica o detalles geométricos (por ejemplo: elementos tridimensionales), el Nivel

de Información no Gráfica o alcance de conjuntos de datos (por ejemplo: tablas de contenido e información alfanumérica) y la documentación asociada al Contenedor de Información (por ejemplo: informes técnicos). La definición del Nivel de Información Gráfica se hará a través del Nivel de Detalle (LOD) y para definir al Nivel de Información no Gráfica se hará a través del Nivel de Información (LOI). Ambos, LOD y LOI, son igual de importantes y definen el Nivel de Información Necesaria (LOIN), tal como se muestra a continuación (Equipo del Plan BIM Perú, 2021):

**Figura 11**

*Nivel de información necesario LOIN*



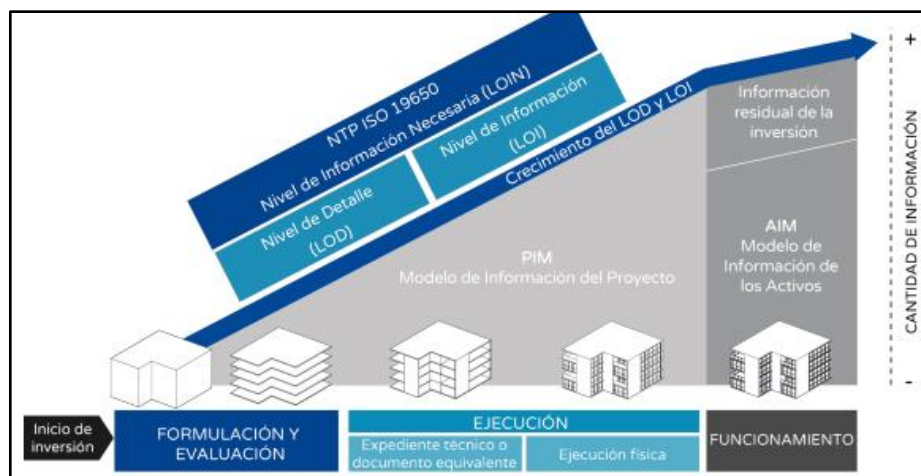
Fuente: Equipo del Plan BIM Perú (2021)

En ese sentido, la progresividad del Nivel de Información Necesaria (LOIN) implica que, tanto el Nivel de Detalle (LOD) como el Nivel de Información (LOI), aumenta la cantidad y confiabilidad de la información, a medida que avanza el desarrollo de una inversión en el ciclo de inversión. Sin embargo, a medida que

avanza el ciclo también hay información que comienza a no ser relevante en función a la etapa en la que se encuentra. Es por eso por lo que, al culminar el Modelo de Información del Proyecto (PIM), se debe evaluar qué información se necesita compartir para la elaboración del Modelo de Información del Activo (AIM), por lo que se genera información residual conforme va avanzando la inversión (Equipo del Plan BIM Perú, 2021).

**Figura 12**

*Progresividad del nivel de información según las fases del ciclo de inversión.*



Fuente: Equipo del Plan BIM Perú (2021)

## 2.7. ROLES BIM

Los Roles BIM son las funciones que realizará una o más personas en el desarrollo de una inversión aplicando BIM. Estos no definen una nueva disciplina o un nuevo cargo, más bien implican asumir responsabilidades sobre determinadas acciones

que deberán cumplir las partes involucradas en el proceso de Gestión de la Información BIM. Los Roles BIM deben ser desarrollados por personas que cuenten con las competencias y el conocimiento necesario para desempeñar actividades específicas para cumplir con los Requisitos de Información. Estos Roles BIM pueden ser asumidos por los funcionarios que se desempeñan actualmente en las entidades y empresas públicas. No obstante, es importante realizar capacitaciones y desarrollar, de manera progresiva, el conocimiento de BIM a nivel organizacional. A continuación, se describen los Roles BIM identificados para el contexto nacional:

- **Líder BIM**

Encargado de gestionar, liderar y diseñar, de manera exitosa, los procesos y estrategias para la adopción de BIM a nivel organizacional, de acuerdo con las necesidades y objetivos de cada entidad. El Líder BIM lidera la elaboración de los Requisitos de Información BIM a nivel organizacional, considerando las buenas prácticas y lecciones aprendidas en el desarrollo de Proyectos Piloto.

- **Gestor BIM**

Encargado del proceso de Gestión de la Información BIM y el responsable de establecer los Requisitos de Información de las inversiones, en coordinación con el Líder BIM. Debe transmitir

claramente los Requisitos de Información a los Equipos de Proyecto, manteniendo comunicación y coordinación constante con el Coordinador BIM.

- **Coordinador BIM**

Encargado de coordinar la ejecución de los Modelos de Información de las distintas especialidades, asegurando el cumplimiento de los Requisitos de Información, normativas y procedimientos establecidos para Gestión de la Información BIM, manteniendo la comunicación y coordinación con el Gestor BIM y el Equipo de Trabajo.

- **Modelador BIM**

Encargado del desarrollo de los Modelos de Información, según los Requisitos de Información, considerando el Nivel de Información Necesaria (LOIN), manteniendo la comunicación y coordinación constante con el Coordinador BIM y con los miembros del Equipo de Trabajo. Las principales responsabilidades del Modelador BIM son: – Desarrollar los Modelos de Información según la especialidad.

- **Supervisor BIM**

Responsable de realizar revisiones periódicas a los Contenedores de Información y verificar que el Modelo de Información se realice según los Requisitos de Información, en colaboración con el Coordinador.

## **CAPÍTULO III.**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1.ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente tesis es de enfoque cuantitativo-retrospectivo dado se recolectará datos numéricos para probar las hipótesis con base en estimaciones.

#### **3.2.NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

Descriptivo porque se pretende describir situaciones, recoger información sobre los objetos de estudio.

#### **3.3.DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

No experimental porque lo que se hace es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos (The SAGE Glossary of the Social and Behavioral Sciences, 2009b), es decir, no se tiene control sobre las variables independientes, no se puede influir sobre ellas porque ya sucedieron al igual que sus efectos.

#### **3.4.OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES**

De la tesis denominada: “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) COMO HERRAMIENTA DE OPTIMIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN”

Se identificaron las siguientes variables:

- Variable independiente: Metodología BIM
- Variable dependiente: Optimización de costos

**Tabla 1**

*Operacionalización de Variables*

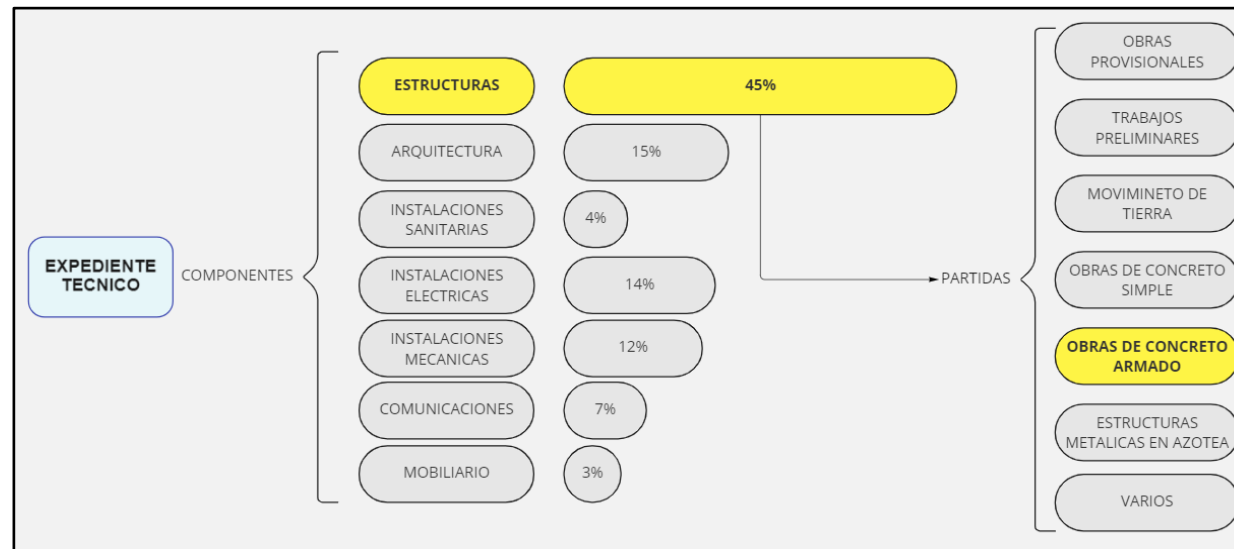
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFNICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
METODOLOGÍA BIM	El Modelado de Información de Construcción (BIM, por sus siglas en inglés), también llamado modelado de información en la edificación, consiste en una metodología de trabajo colaborativa para la creación de modelos digitales de proyectos y su gestión durante todo su ciclo de vida	Sera medira a travez de la elaboracion del modelo BIM del edificio SUNAT Tumbes	Modelo BIM 3D de obras de concreto armado y estructuras metalicas	*Informacion de elementos de concreto armado *Informacion de elementos de estructuras metalicas
			Optencion de metrados a partir del modelado BIM	*Tablas de cantidades
OPTIMIZACIÓN DE LOS COSTOS DEL PRESUPUESTO DE LA EDIFICIO DE LA SUNAT EN EL DISTRITO DE TUMBES, PROVINCIA DE TUMBES, DEPARTAMENTO DE TUMBES, PERÚ	Uno de los usos de la metodología BIM es optimizar los costos de los proyectos al obtener metrados con mayor exactitud en un menor tiempo es decir optimizar los recursos tanto en horas hombre como en cantidad de materiales.	Se realizara un analisis documentario del expediente tecnico	Optimizacion de costos referente a obras de concreto armado	*Comparacion de costos indicados en el expediente tecnico vs los optenidos del modelo BIM

### 3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

Como unidad de estudio tenemos al edificio para la SUNAT de la región Tumbes. Para determinar la muestra, se tomó como punto de partida la identificación de las especialidades de mayor incidencia en cuanto al presupuesto, luego las partidas de mayor incidencia siendo estas las obras de concreto (ver figura 13).

**Figura 13**

*Muestra a analizar: Obras de concreto armado*

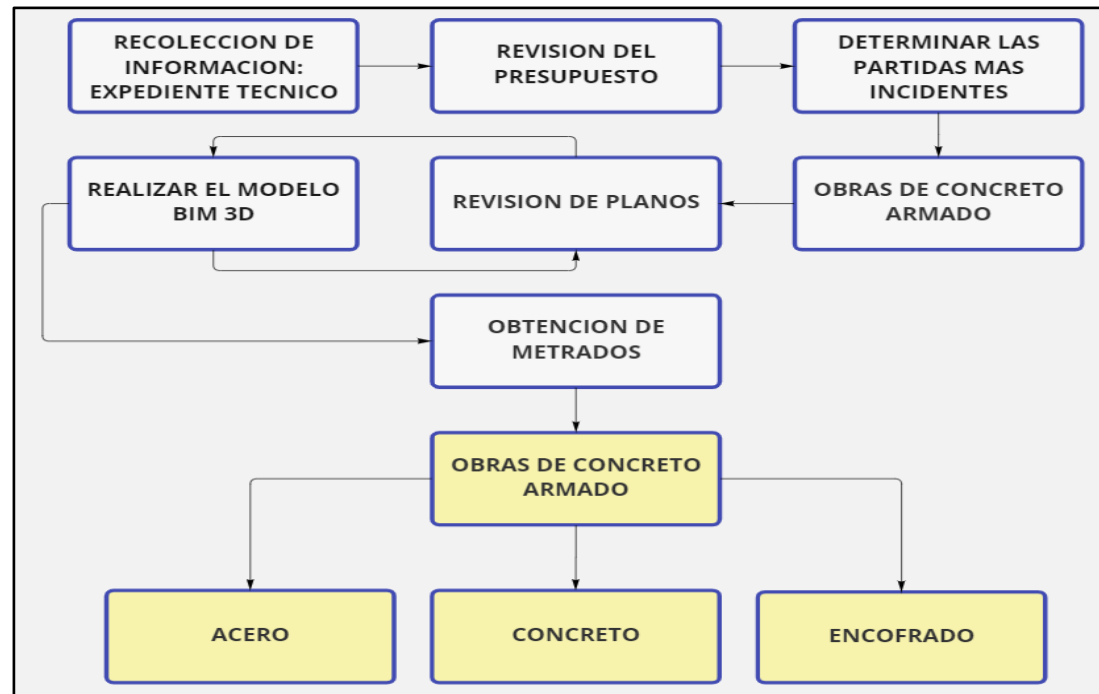


### 3.6.PROCEDIMIENTO

Se seguirá la secuencia indicada en la figura 14

**Figura 14**

*Procedimiento de trabajo*



## **CAPÍTULO IV. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

### 4.1.PROGRAMAS BIM

Un software BIM es aquella que emplea como entidades de trabajo principal objetos paramétricos de cualquier disciplina de manera Bidireccional, que son capaces de relacionarse entre ellos y de los que se puede extraer diversos tipos de información. Por otro lado, tenemos aplicaciones que, si bien, no se ajustan a esta definición, pero que están preparadas para conectarse con aplicaciones BIM y extraer de sus modelos BIM aquella información que les sea más útil para sus fines.

#### **Figura 15**

*Algunos softwares donde se trabaja la modelación BIM*



#### 4.2.REVIT

Revit es una plataforma BIM conocida y popular, introducida por Autodesk en 2002 después de que Autodesk adquiriera el software Revit de una empresa nueva de creación. Revit proporciona una interfaz fácil de usar con sugerencias de arrastre para cada operación y cursor inteligente. Sus menús están bien organizados de acuerdo con el flujo de trabajo, y sus menús de operador atenúan las acciones no disponibles dentro del contexto actual del sistema. Su soporte de generación de dibujo es muy bueno; su producción de dibujo es fuertemente asociativa, por lo que las versiones de dibujos se manejan fácilmente. Ofrece edición bidireccional de dibujos hacia y desde el modelo. Revit admite el desarrollo de nuevos objetos paramétricos personalizados y la personalización de objetos predefinidos. Su conjunto de reglas para definir objetos ha mejorado con cada lanzamiento e incluye funciones trigonométricas. Puede restringir distancias y ángulos y los objetos numéricos en una matriz. También admite relaciones jerárquicas de parámetros. Por lo tanto, un objeto puede definirse utilizando un grupo de sub objetos con relaciones paramétricas.

#### 4.3.DATOS GENERALES DEL CASO DE ESTUDIO

Propietario: Superintendencia Nacional de Aduanas y  
Administración Tributaria - SUNAT

Unidad Ejecutora: Inversión Pública SUNAT

Proyecto de Inversión: “MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD  
PRESTADORA DE SERVICIOS TRIBUTARIOS Y  
DE CONTROL EN LA CIUDAD DE TUMBES”

Código Único: 2148294

Código SNIP: 189363

Expediente Técnico: Edificación Nueva del Centro de Servicios al  
Contribuyente y Centro de Control y Fiscalización de  
la SUNAT en Tumbes.

##### 4.3.1. Ubicación:

Paseo Los Libertadores (antes Calle Bolívar) N° 226

Distrito: Tumbes

Provincia: Tumbes

Departamento: Tumbes

**Figura 16**

*Ubicación del edificio de la SUNAT Tumbes*



#### 4.3.2. Descripción general

La edificación se desarrolla en cuatro niveles que ocupan la totalidad del área del terreno, un quinto nivel que ocupa el sector posterior del terreno, cuya altura de edificación retraída no es visible desde la vía pública. Además, un sótano que ocupa el sector frontal del terreno.

El proyecto plantea un único ingreso principal para el público y el personal, al que converge la salida de emergencia de la escalera de evacuación, y es conforme con la normatividad vigente.

El primer nivel se encuentra elevado 1.02 mt. respecto al nivel de vereda, de modo que la edificación se encuentre protegida de inundaciones posibles de ocurrir con el Fenómeno del Niño. El acceso es a través de seis gradas de escalera, y para otorgar accesibilidad a los discapacitados, el proyecto contempla dotar de una "Plataforma Salva-escaleras", la que se despliega y entra en funcionamiento cuando ésta es requerida.

Siendo que el proyecto cuenta con un solo frente que otorga iluminación natural y expansión de las visuales, el proyecto plantea una fachada principalmente vidriada (muro cortina con vidrios insulados), controlando el asoleamiento y radiación directa y la consecuente ganancia de calor con el sombreamiento de la fachada mediante cortasoles, los que proporcionarán ahorro energético en los sistemas electromecánicos de climatización del local.

#### 4.3.2.1. Cuadro de áreas construidas

Se tiene un total de área construida de 975.97 m<sup>2</sup>.

**Tabla 2**

*Cuadro de Áreas Construidas Correspondiente al Edificio de la SUNAT Tumbes*

<b>CUADRO DE AREAS CONSTRUIDAS</b>	
SOTANO	74.07
PRIMER PISO	197.11
SEGUNDO PISO	192.37
TERCER PISO	188.18
CUARTO PISO	188.18
AZOTEA 1	126.18
AZOTEA 2	9.88
<b>TOTAL, M2</b>	<b>975.97</b>

#### 4.4.MODELADO BIM 3D

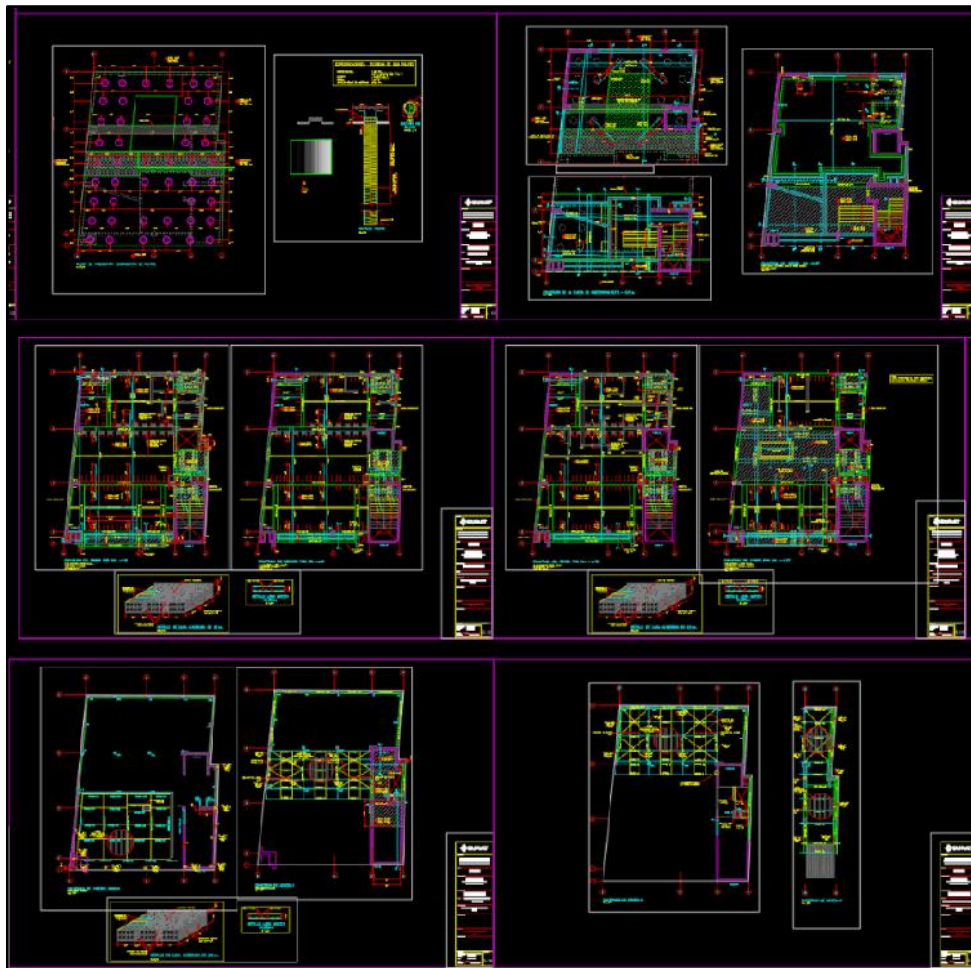
Como se mencionó en el punto 3.5 de la presente tesis los elementos a modelar serán los correspondientes a la partida “obras de concreto armado”.

##### 4.4.1. Preparación de los planos CAD para la importación a Revit.

Para una correcta importación de los planos hacia Revit es importante “limpiar” los planos, para ello se debe de eliminar los elementos que puedan generar conflictos como líneas dobles, etiquetas de datos, hatches, líneas discontinuas, entre otros. En la figura 17 se puede observar los planos del proyecto los cuales tienen mucha que puede resultar innecesaria como elemento de importación, por otro lado, en la figura 18 se puede observar algunas plantas ya preparadas y listas para su importación hacia Revit.

**Figura 17**

*Planos del proyecto correspondiente a la especialidad de estructuras*



Fuente: Expediente técnico

## Figura 18

*Planos CAD listos para importar a REVIT*



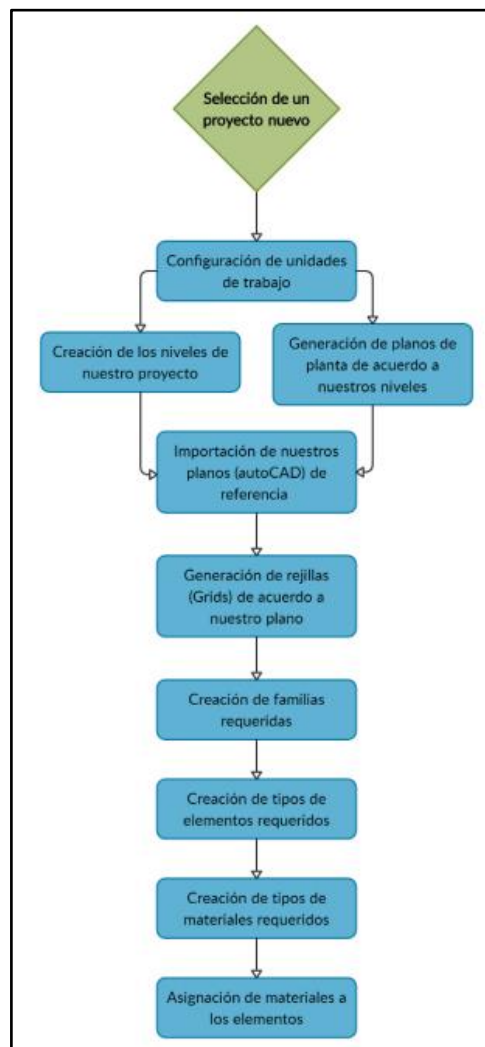
Fuente: Expediente técnico

Configuración del workspace en Revit, Es de mucha importancia configurar nuestro espacio de trabajo, en este proceso se establecen algunas características y se configuran las propiedades que tendrán nuestro modelo debido a que todos nuestros elementos tendrán esta configuración. A continuación, se mostrará un diagrama de

flujo el cual nos permitirá tener la idea de que se debe seguir para hacer este paso muy importante.

### Figura 19

*Pasos para configurar el workspace de Revit*



#### 4.4.2. Procedimiento de modelado

##### **Elementos de cimentación:**

- Pilotes H=12.00m
- Pilotes H=10.00m
- Platea de cimentación e=0.70m
- Platea de cimentación e=0.90m
- Viga de cimentación (0.80x1.80m)

Algo muy importante durante el trabajo con Revit es el orden, cuando uno crea sus elementos es importante que el nombre del ejemplar sea lo mas descriptivo posible para que de esta manera sea fácil identificar cuando se elaboren los cuadros de cuantificación de materiales. Algunas complicaciones que se tubo fueron los elementos de detalle como el pozo sumidero, bateas de cisternas y canaleta.

**Modelado de muros y cisterna:** otro punto importante a tomar en cuenta durante el modelado es tener en cuenta el correcto proceso constructivo, es así que para los muros se tiene que tener claro los niveles de vaciado.

**Modelado de columnas y placas:** para el modelado de placas se tuvo que crear nuevas familias ya que dada la geometría estos elementos tenían una geometría particular, de igual forma se hizo para algunas columnas.

**Modelado de vigas:** para el modelado de las vigas en algunos casos se crearon familias ya que de igual forma como sucede con las placas y columnas estas tienen una forma particular, asimismo es importante unir los elementos vigas con las

placas y columnas cuando se tengan intersecciones para evitar que la cuantificación de materiales se duplique.

**Modelado de losa aligerada y losa maciza:** para el modelado de estos elementos se debe tener cuidado de tener bien identificado el espesor. Para nuestro caso de estudio la losa aligerada tenía un espesor  $e=0.25\text{m}$  y la losa maciza se presentaban en algunos sectores un  $e=0.20\text{m}$  y en otros  $e=0.25\text{m}$ . Por otro lado, se creó una familia: los ladrillos de techo la cual es una familia basada en suelo es decir que tiene la propiedad de restar volumen al suelo donde se inserte.

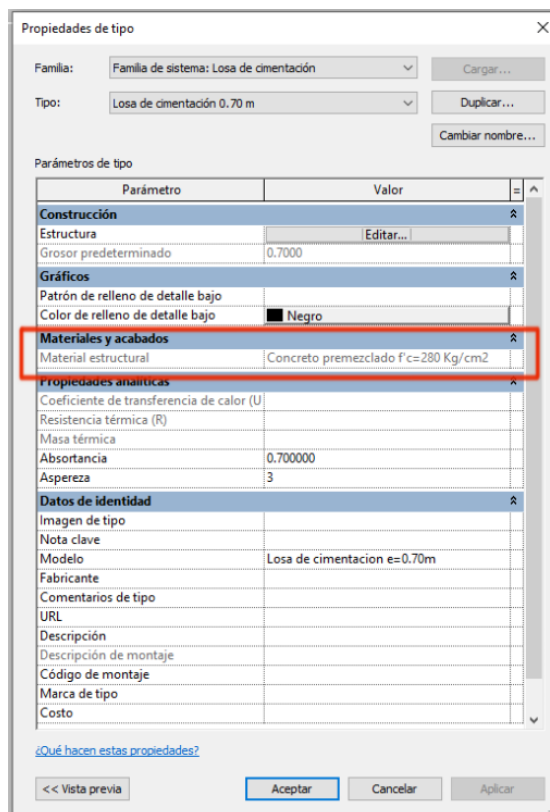
**Modelado de escaleras:** el modelado de escalera se realizó mediante la creación de un boceto ya que la ubicación de la escalera es en la placa 02 y esta placa tiene uno de sus laterales en diagonal lo cual no permite modelar una escalera con las herramientas primarias de Revit. El tramo que va del sótano a primer piso tiene un paso de  $0.28\text{m}$  y un contrapaso de  $0.18\text{m}$ , mientras que el resto de tramos tiene un paso de  $0.28\text{m}$  y contrapaso de  $0.175\text{m}$ .

**Modelado del acero de refuerzo:** tal como se observa en el estudio realizado por Murguía (2021) el modelado de acero de refuerzo no es realizado con tanta frecuencia en las obras ya que es un proceso que demanda un esfuerzo mayor, sin embargo, para el presente estudio se realizó el modelado de refuerzo para todos los elementos estructurales.

**Modelado de encofrado:** para modelar el encofrado no existe una herramienta dedicada especialmente para ello en Revit, de hecho, es difícil poder realizarlo de forma “manual”. Un artificio que se realiza es combinar las herramientas de “pintura” y “dividir cara”, con esto se puede ir “pintado” las caras a encofrar de cada uno de los elementos estructurales.

**Figura 20**

*Propiedades del elemento Losa de cimentación e=0.70m*



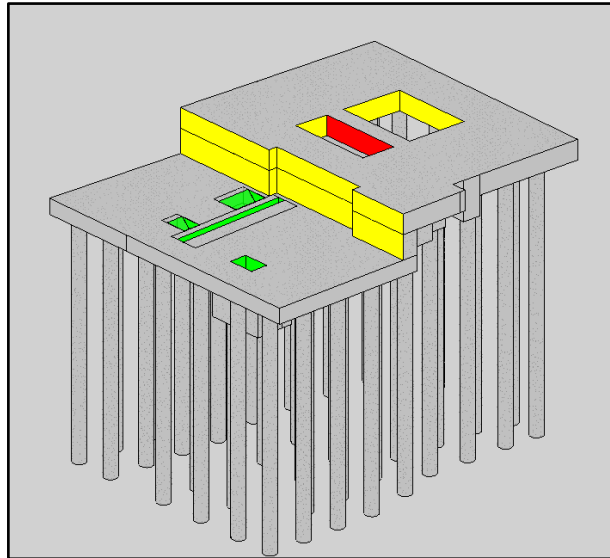
**Figura 21**

*Creación del elemento "Los de cimentación e=0.70m"*

Propiedades	
Los de cimentación Los de cimentación 0.70 m	
Cimentación estructural (1) Editar tipo	
<b>Restricciones</b>	
Nivel	NILC1 -2.81
Desfase de altura desde ni...	0.0000
Relacionado con masa	<input type="checkbox"/>
<b>Construcción</b>	
Construido	<input checked="" type="checkbox"/>
Elemento	
<b>Estructura</b>	
Estructura	<input checked="" type="checkbox"/>
Activar modelo analítico	<input checked="" type="checkbox"/>
Recubrimiento de armad...	Recubrimiento de Pilotes (...)
Recubrimiento de armad...	Recubrimiento de Pilotes (...)
Recubrimiento de armad...	Recubrimiento de Pilotes (...)
Volumen reforzado estim...	149941.93 cm <sup>3</sup>
<b>Cotas</b>	
Pendiente	
Perímetro	30.1003
Área	32.785 m <sup>2</sup>
Volumen	22.950 m <sup>3</sup>
Elevación en parte superior	-2.8100
Elevación en parte inferior	-3.5100
Anchura	7.1000
Longitud	5.6890
Grosor	0.7000
<b>Datos de identidad</b>	
Imagen	
Comentarios	
Marca	
<b>Proceso por fases</b>	
Fase de creación	Nueva construcción
Fase de derribo	Ninguno

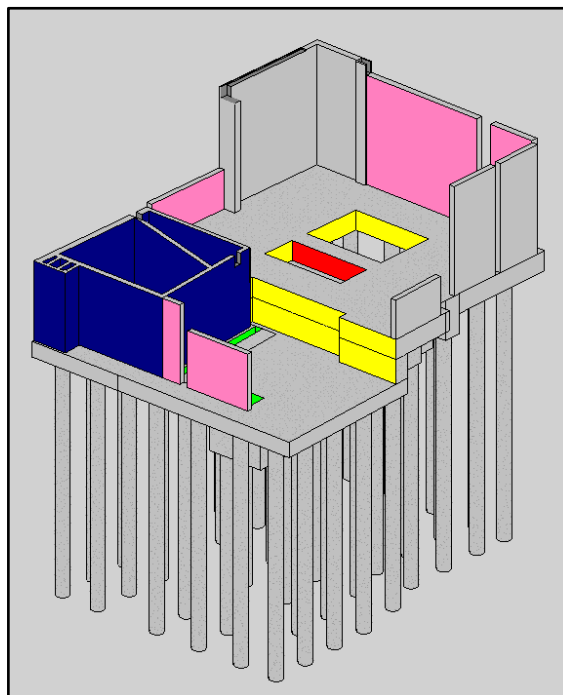
**Figura 22**

*Modelo de cimentaciones*



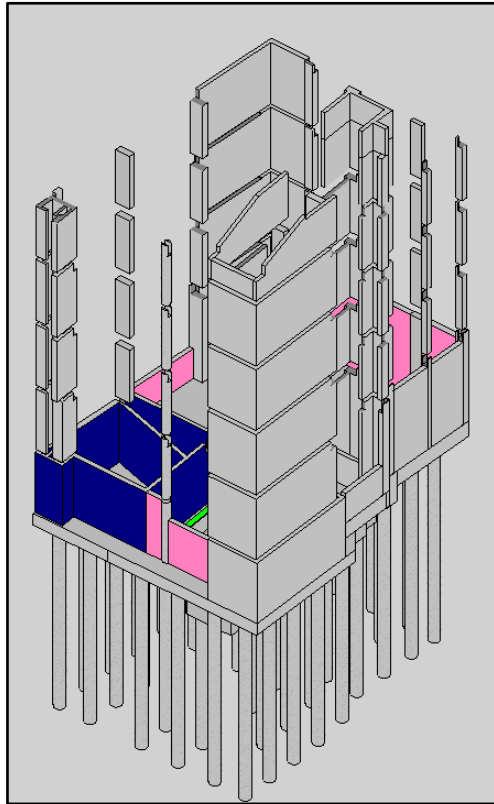
**Figura 23**

*Modelado de muros y cisterna*



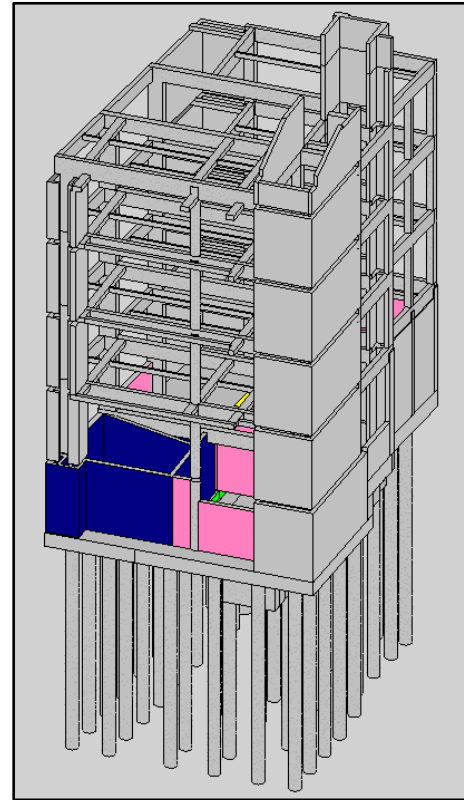
**Figura 25**

*Modelado de columnas y placas*



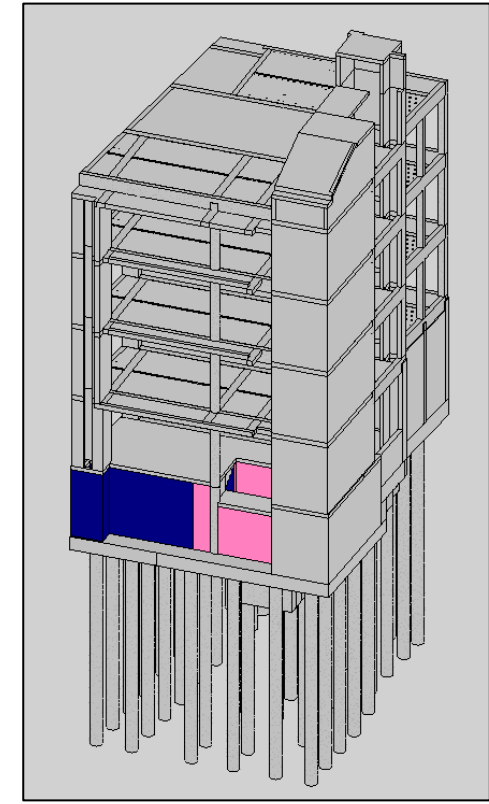
**Figura 24**

*Modelado de vigas*



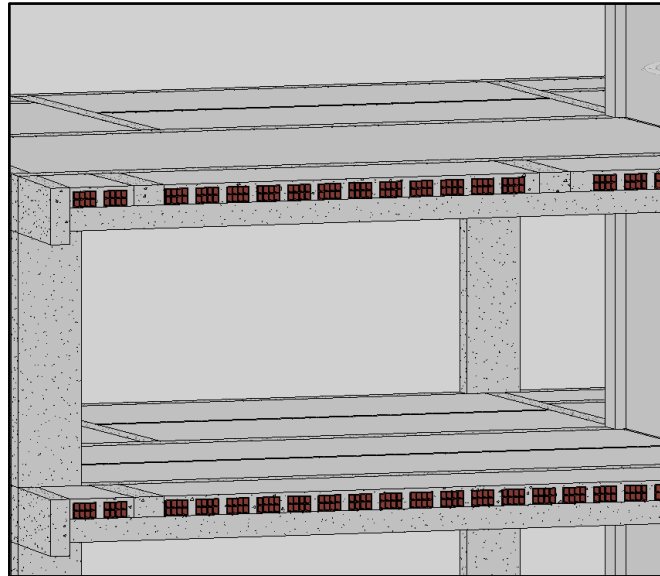
**Figura 26**

*Modelado de losas*



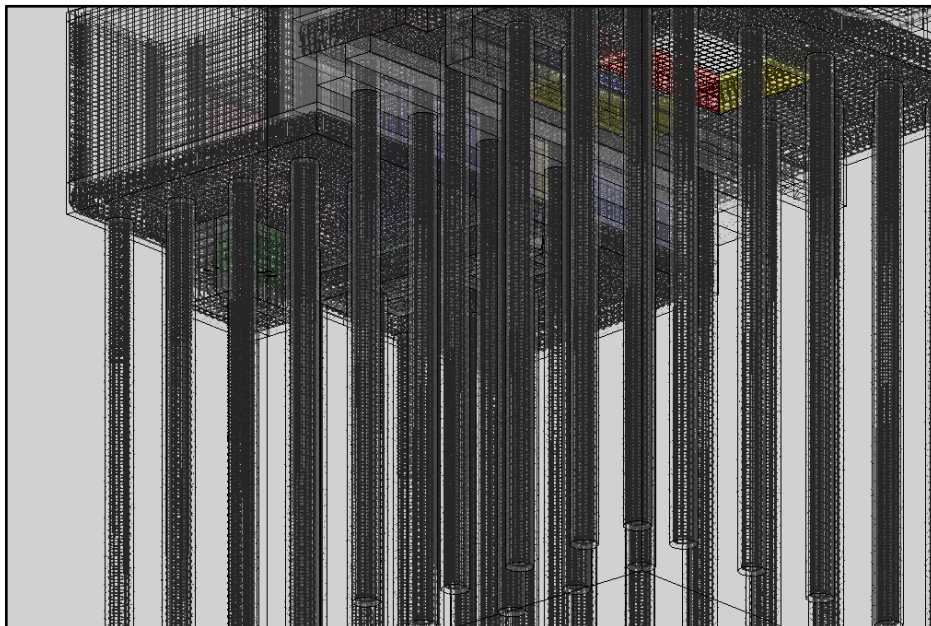
**Figura 27**

*Modelado de ladrillos de techo*



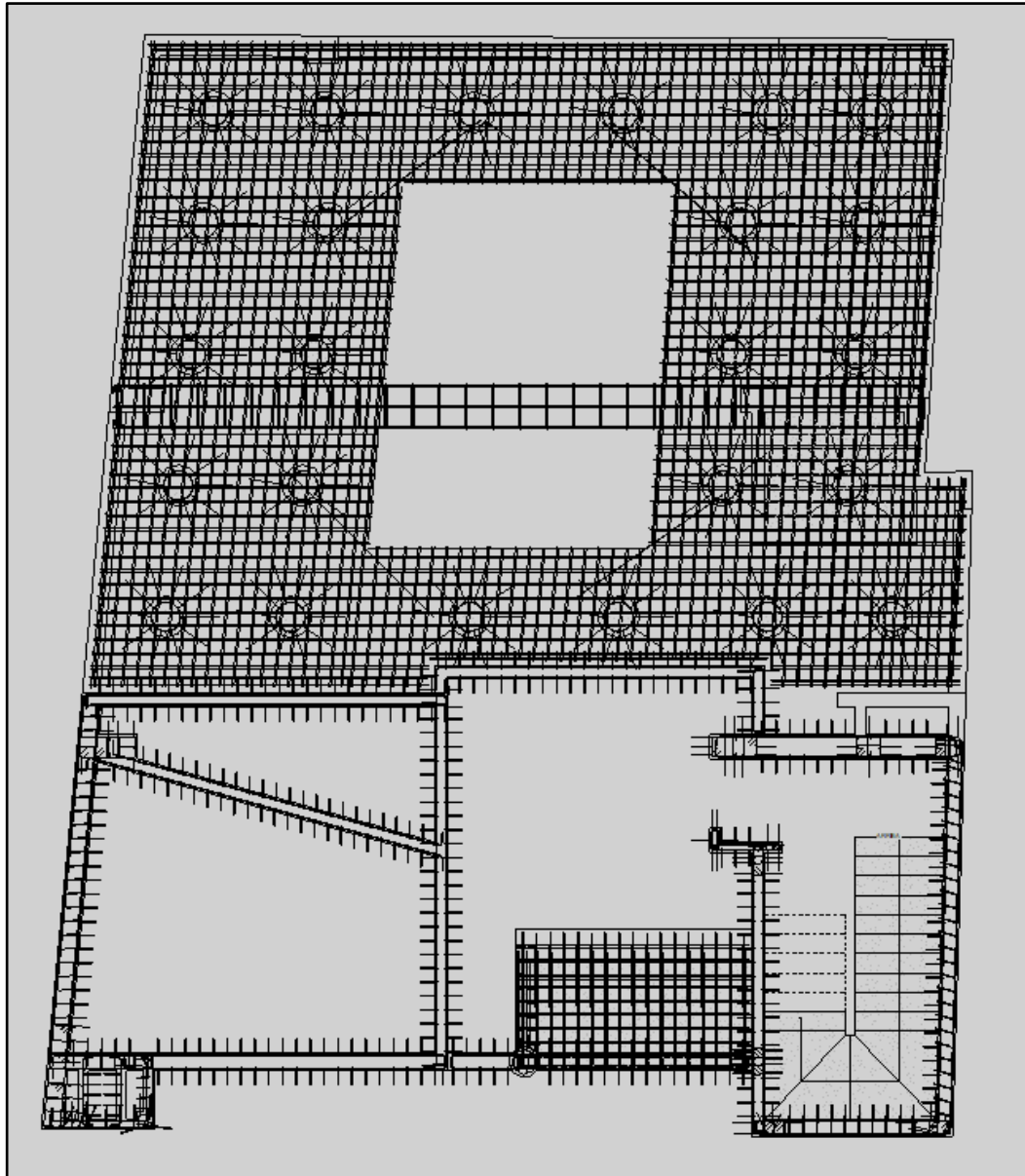
**Figura 28**

*Modelado de acero de refuerzo*



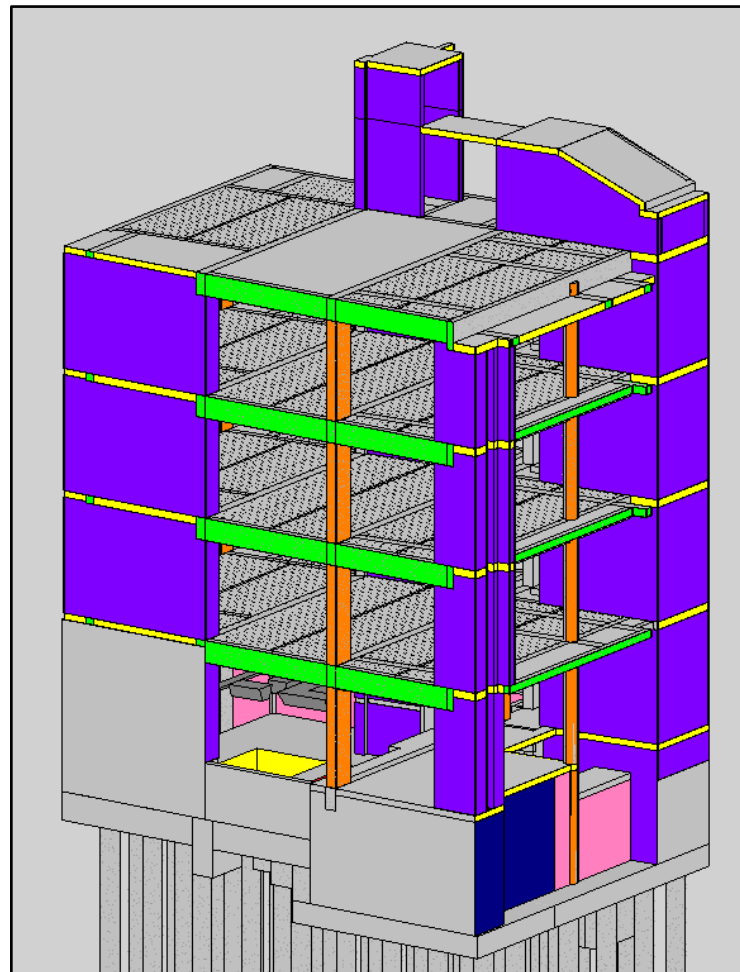
**Figura 29**

*Modelado de acero de refuerzo*



**Figura 30**

*Modelado del encofrado*



#### 4.5.OBTENCIÓN DE METRADOS

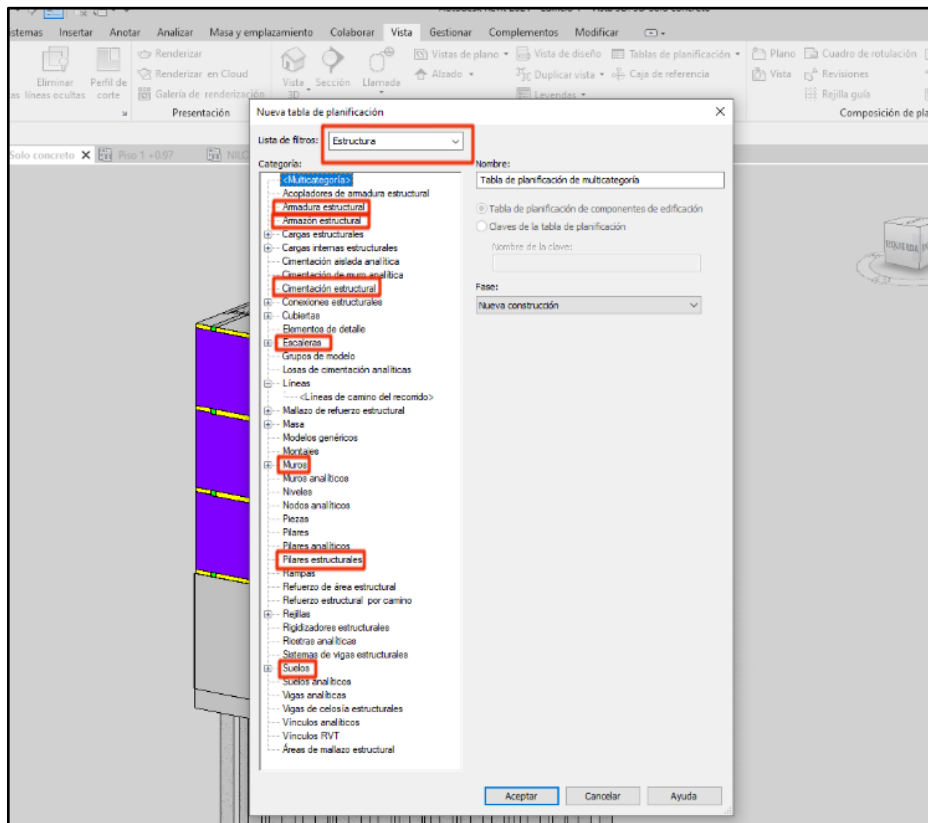
Luego de haber realizado el modelado, se procede a revisar el mismo a través de la elaboración de las tablas de cuantificación de materiales. Revit permite crear tablas las mismas que están enlazadas al modelo de esta manera es fácil ver si hubo algún error durante el modelado ya que en la tabla puedes seleccionar los elementos



placas (muros), losas (suelos), escaleras o acero de refuerzo que se desee cuantificar. Luego se selecciona los parámetros necesarios a mostrarse en la tabla.

**Figura 32**

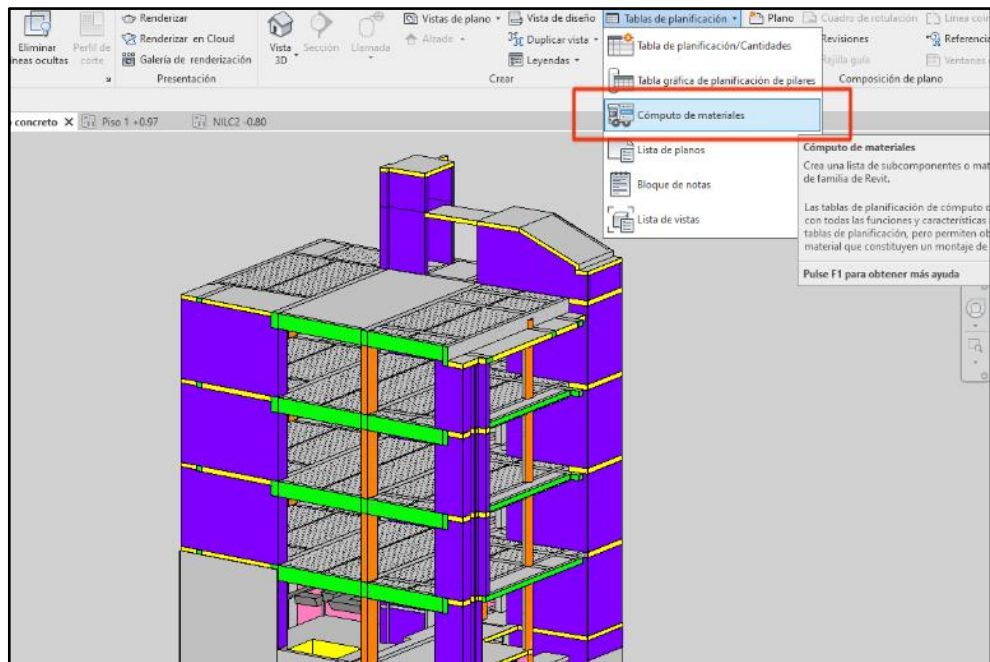
*Elección de la categoría a cuantificar*



**Metrados de encofrado:** para la obtención de los metrado de encofrado es similar a lo indicado en la figura 31 con la diferencia que se debe seleccionar “computo de materiales”, luego se abre una ventana en la que se debe seleccionar los parámetros a visualizar en las tablas.

**Figura 33**

*Procedo de obtención de metrado de encofrados*



#### 4.5.1. Metrado de obras de concreto armado

Lo bueno de generar metrados ya sea con Revit u otro programa es que como nosotros al modelar generamos elementos con información nosotros al momento de generar estos cálculos podemos solicitarlos en función a parámetros asignados como, por ejemplo, el nivel, el material, el sector etc. A continuación, se muestra algunos de los metrados obtenidos del modelo BIM, los mismos que más adelante serán comparados con los indicados en el expediente técnico.

**Tabla 3***Metrado de concreto  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  cemento tipo V en pilotes*

<b>&lt;CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 280 kg/cm2 Cem. Tipo V - PILOTES&gt;</b>			
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Tipo	Material estructural	Recuento	Volumen
Pilotes H=10.50	Concreto premezclado $f'c=280\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	22	64.61 m <sup>3</sup>
Pilotes H=12.00	Concreto premezclado $f'c=280\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	24	81.43 m <sup>3</sup>
Total general: 46			146.04 m <sup>3</sup>

**Tabla 4***Metrado de acero de refuerzo  $f_y=4200\text{kg/cm}^2$  grado 60 para pilotes*

<b>&lt;ACERO DE REFUERZO <math>F_Y= 4200\text{ kg/cm}^2</math> GRADO 60 PARA PILOTES&gt;</b>				
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Elemento	Tipo	Longitud de barra	kg/m	Peso
Pilote H=10.00 m	□ 3/4"	2721.66 m	2.24 kg/m	6082.92 kg
Pilote H=10.00 m	□ 3/8"	2916.14 m	0.56 kg/m	1633.04 kg
Pilote H=12.00 m	□ 3/4"	3403.89 m	2.24 kg/m	7607.70 kg
Pilote H=12.00 m	□ 3/8"	3545.58 m	0.56 kg/m	1985.52 kg
Total general: 1012		12587.27 m		17309.18 kg

**Tabla 5***Metrado de concreto  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  cemento tipo V para viga de cimentación*

<b>&lt;CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 280 Kg/cm2 Cem. Tipo V - VIGA DE CIMENTACION&gt;</b>		
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Modelo	Material estructural	Volumen
Viga de cimentacion (0.80x1.80m)	Concreto premezclado $f'c=280\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	17.05 m <sup>3</sup>
Total general: 1		17.05 m <sup>3</sup>

**Tabla 6***Metrado de encofrado para viga de cimentación*

<b>&lt;ENCOFRADO Y DESCONFRADO NORMAL - VIGA DE CIMENTACION&gt;</b>	
<b>A</b>	<b>B</b>
Material: Nombre	Material: Área
Enc. viga de cimentacion	6.87 m <sup>2</sup>
Total general: 1	6.87 m <sup>2</sup>

**Tabla 7***Metrado de acero de refuerzo  $f_y=4200\text{kg/cm}^2$  grado 60 para viga de cimentación*

<b>&lt;ACERO DE REFUERZO <math>FY= 4200\text{ kg/cm}^2</math> GRADO 60 PARA VIGA DE CIMENTACION&gt;</b>						
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
Elemento	Categoría de anfitrión	Tipo	Familia	Longitud total	kg/m	Peso
Viga de cimentacion (0.80x1.80m)	Cimentación estructural	□1"	Barra de armadura:	75.97 m	3.97 kg/m	301.83 kg
Viga de cimentacion (0.80x1.80m)	Cimentación estructural	□1/2"	Barra de armadura:	152.49 m	0.99 kg/m	151.57 kg
Viga de cimentacion (0.80x1.80m)	Cimentación estructural	□3/4"	Barra de armadura:	74.22 m	2.24 kg/m	165.89 kg
Total general: 13				302.68 m		619.29 kg

**Tabla 8***Metrado de concreto  $f'_c=280\text{kg/cm}^2$  tipo V para Losa de cimentación*

<b>&lt;CONCRETO PREMEZCLADO <math>F'C = 280\text{ Kg/cm}^2</math> Cem. Tipo V - LOSA DE CIMENTACION&gt;</b>		
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Modelo	Material estructural	Volumen
Losa de cimentacion e=0.70m	Concreto premezclado $f'_c=280\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	73.51 m <sup>3</sup>
Losa de cimentacion e=0.90m	Concreto premezclado $f'_c=280\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	96.70 m <sup>3</sup>
Total general: 17		170.21 m <sup>3</sup>

**Tabla 9**

*Metrado de acero de refuerzo  $f_y=4200\text{kg/cm}^2$  grado 60 para losa de cimentación*

<b>&lt;ACERO DE REFUERZO <math>f_y=4200\text{kg/cm}^2</math> GRADO 60 PARA LOSA DE CIMENTACION&gt;</b>						
A	B	C	D	E	F	G
Elemento	Categoría de anfitrión	Tipo	Familia	Longitud de barra	kg/m	Peso
Losa de cimentacion e=0.70m	Cimentación estructural	□3/4"	Barra de armadura	2662.27 m	2.24 kg/m	5950.17 kg
Losa de cimentacion e=0.90m	Cimentación estructural	□3/4"	Barra de armadura	2123.43 m	2.24 kg/m	4745.87 kg
Total general: 782				4785.70 m		10696.04 kg

**Tabla 10**

*Metrado de encofrado para losa de cimentación*

<b>&lt;ENCOFRADO Y DESCONFRADO NORMAL - LOSA DE CIMENTACION&gt;</b>	
A	B
Material: Nombre	Material: Área
Enc. losa de cimentacion e=0.70m	14.81 m <sup>2</sup>
Enc. losa de cimentacion e=0.90m	41.81 m <sup>2</sup>
Total general: 11	56.62 m <sup>2</sup>

**Tabla 11**

*Metrado de concreto  $f'_c=280\text{kg/cm}^2$  cemento tipo V para Cisterna*

<b>&lt;CONCRETO PREMEZCLADO <math>f'_c=280\text{kg/cm}^2</math> Cem. Tipo V - CISTERNA (MUROS, PLACAS)&gt;</b>		
A	B	C
Modelo	Material estructural	Volumen
Cisterna	Concreto premezclado $f'_c=280\text{Kg/cm}^2$ Tipo V	24.71 m <sup>3</sup>
Total general: 1		24.71 m <sup>3</sup>

**Tabla 12***Metrado de encofrado para cisterna*

<b>&lt;ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL - CISTERNA (MUROS, PLACAS)&gt;</b>		
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Material: Nombre	Modelo	Material: Área
Enc. Cisternas	Cisterna	179.18 m <sup>2</sup>
Total general: 1		179.18 m <sup>2</sup>

**Tabla 13***Metrado de acero de refuerzo  $f_y=4200\text{kg/cm}^2$  grado 60 para cisterna*

<b>&lt;ACERO DE REFUERZO <math>F_Y= 4200 \text{ kg/cm}^2</math> GRADO 60 PARA CISTERNA&gt;</b>						
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
Elemento	Categoría de anfitrión	Tipo	Familia	Longitud de barra	kg/m	Peso
Cisternas	Muro	□1/2"	Barra de armadura	2404.06 m	0.99 kg/m	2389.64 kg
Cisternas	Muro	□3/4"	Barra de armadura	146.63 m	2.24 kg/m	327.73 kg
Cisternas	Muro	□3/8"	Barra de armadura	506.02 m	0.56 kg/m	283.37 kg
Cisternas	Muro	□5/8"	Barra de armadura	36.76 m	1.55 kg/m	57.05 kg
Total general: 942				3093.47 m		3057.78 kg

**Tabla 14***Metrado de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  cemento tipo I para losa de piso*

<b>&lt;CONCRETO PREMEZCLADO <math>F'C = 210\text{Kg/cm}^2</math> - LOSA DE PISO&gt;</b>	
<b>A</b>	<b>B</b>
Elemento	Volumen
Losa de piso	18.14 m <sup>3</sup>
Total general: 14	18.14 m <sup>3</sup>

**Tabla 15**

*Metrado de acero de refuerzo  $f_y=4200\text{kg/cm}^2$  grado 60 para losa de piso*

<b>&lt;ACERO DE REFUERZO <math>FY= 4200\text{kg/cm}^2</math> GRADO 60 PARA LOSA DE PISO&gt;</b>					
A	B	C	D	E	F
Elemento	Tipo	Familia	Longitud de barra	kg/m	Peso
Losa de piso	□3/8"	Barra de armadura	1016.37 m	0.56 kg/m	569.17 kg
Total general: 127			1016.37 m		569.17 kg

**Tabla 16**

*Metrado de concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$  cemento tipo I para losa aligerada  $H=0.25\text{m}$*

<b>&lt;CONCRETO PREMEZCLADO <math>F'C = 210\text{Kg/cm}^2</math> - LOSA ALIGERADA CONVENCIONAL, <math>H = 0.25\text{M}</math> (EN 1 DIRECCIÓN)&gt;</b>		
A	B	C
Elemento	Material estructural	Volumen
Losa aligerada Piso 1	Concreto premezclado $f'_c=210\text{Kg/cm}^2$ Tipo 1	14.15 m <sup>3</sup>
Losa aligerada Piso 2	Concreto premezclado $f'_c=210\text{Kg/cm}^2$ Tipo 1	14.09 m <sup>3</sup>
Losa aligerada Piso 3	Concreto premezclado $f'_c=210\text{Kg/cm}^2$ Tipo 1	14.09 m <sup>3</sup>
Losa aligerada Piso 4	Concreto premezclado $f'_c=210\text{Kg/cm}^2$ Tipo 1	8.17 m <sup>3</sup>
Total general: 59		50.51 m <sup>3</sup>

**Tabla 17**

*Metrado de concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$  cemento tipo I para losa maciza*

<b>&lt;CONCRETO PREMEZCLADO <math>f'_c=210\text{kg/cm}^2</math> - LOSA MACIZA&gt;</b>		
A	B	C
Elemento	Material estructural	Volumen
Losa maciza Piso 0 (Sotano)	Concreto premezclado $f'_c=210\text{Kg/cm}^2$ Tipo 1	11.84 m <sup>3</sup>
Losa maciza Piso 1	Concreto premezclado $f'_c=210\text{Kg/cm}^2$ Tipo 1	4.17 m <sup>3</sup>
Losa maciza Piso 2	Concreto premezclado $f'_c=210\text{Kg/cm}^2$ Tipo 1	3.73 m <sup>3</sup>
Losa maciza Piso 3	Concreto premezclado $f'_c=210\text{Kg/cm}^2$ Tipo 1	3.73 m <sup>3</sup>
Losa maciza Piso 4	Concreto premezclado $f'_c=210\text{Kg/cm}^2$ Tipo 1	15.94 m <sup>3</sup>
Losa maciza Piso 5 (azotea)	Concreto premezclado $f'_c=210\text{Kg/cm}^2$ Tipo 1	5.54 m <sup>3</sup>
Total general: 43		44.95 m <sup>3</sup>

**Tabla 18**

*Metrado de concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  cemento tipo V para muros de concreto*

<b>&lt;CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 210 Kg/cm2 Cem. Tipo V - MUROS DE CONCRETO&gt;</b>		
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Modelo	Material estructural	Volumen
Muro eje 2	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	0.79 m <sup>3</sup>
Muro eje 3	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	4.13 m <sup>3</sup>
Muro eje 2	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	1.96 m <sup>3</sup>
Muro eje 5	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	8.30 m <sup>3</sup>
Muro eje 5	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	3.12 m <sup>3</sup>
Muro eje A'	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	2.63 m <sup>3</sup>
Muro eje A'	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	2.89 m <sup>3</sup>
Muro bajo eje D'	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	1.80 m <sup>3</sup>
Muro bajo eje A	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	1.18 m <sup>3</sup>
Total general: 9		26.80 m <sup>3</sup>

**Tabla 19**

*Metrado de encofrado para muros de concreto*

<b>&lt;ENCOFRADO Y DESCONFRADO CARAVISTA - MUROS DE CONCRETO&gt;</b>		
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Material: Nombre	Material estructural	Material: Área
Enc. muros - Sotano	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	123.56 m <sup>2</sup>
Total general: 9		123.56 m <sup>2</sup>

**Tabla 20**

*Metrado de concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  cemento tipo V para columnas*

<b>&lt;CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 Cem. Tipo V - COLUMNAS&gt;</b>		
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Elemento	Material estructural	Volumen
C-01	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	0.57 m <sup>3</sup>
C-04	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	1.03 m <sup>3</sup>
C-05	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	0.81 m <sup>3</sup>
C-06	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	0.53 m <sup>3</sup>
Total general: 4		2.94 m <sup>3</sup>

**Tabla 21***Metrado de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  cemento tipo I para columnas*

<b>&lt;CONCRETO PREMEZCLADO <math>f_c=210\text{ kg/cm}^2</math> - COLUMNAS&gt;</b>		
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Elemento	Material estructural	Volumen
Columnas Piso 1	Concreto premezclado $f_c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	2.20 m <sup>3</sup>
Columnas Piso 2	Concreto premezclado $f_c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	3.43 m <sup>3</sup>
Columnas Piso 3	Concreto premezclado $f_c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	3.43 m <sup>3</sup>
Columnas Piso 4	Concreto premezclado $f_c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	3.41 m <sup>3</sup>
Total general: 21		12.46 m <sup>3</sup>

**Tabla 22***Metrado de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  cemento tipo V para placas*

<b>&lt;CONCRETO PREMEZCLADO <math>f_c=210\text{ kg/cm}^2</math> Cem. Tipo V - PLACAS&gt;</b>		
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Modelo	Material estructural	Volumen
Placa 02	Concreto premezclado $f_c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	17.05 m <sup>3</sup>
Placa 03	Concreto premezclado $f_c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	11.58 m <sup>3</sup>
Placa 04	Concreto premezclado $f_c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo V	12.60 m <sup>3</sup>
Total general: 5		41.22 m <sup>3</sup>

**Tabla 23***Metrado de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  cemento tipo I para placas*

<b>&lt;CONCRETO PREMEZCLADO <math>f_c=210\text{ kg/cm}^2</math> - PLACAS&gt;</b>		
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Modelo	Material estructural	Volumen
Placas Piso 1	Concreto premezclado $f_c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	14.24 m <sup>3</sup>
Placas Piso 2	Concreto premezclado $f_c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	27.31 m <sup>3</sup>
Placas Piso 3	Concreto premezclado $f_c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	27.31 m <sup>3</sup>
Placas Piso 4	Concreto premezclado $f_c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	26.83 m <sup>3</sup>
Placas Piso 5	Concreto premezclado $f_c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	14.33 m <sup>3</sup>
Total general: 20		110.03 m <sup>3</sup>

**Tabla 24***Metrado de concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  cemento tipo I para escaleras*

<b>&lt;CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 210 Kg/cm2 - ESCALERAS&gt;</b>		
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Elemento	Material: Nombre	Material: Volumen
Escalera 0 sotano	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	2.70 m <sup>3</sup>
Escalera 1er piso	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	3.18 m <sup>3</sup>
Escalera 2do piso	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	3.18 m <sup>3</sup>
Escalera 3er piso	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	3.18 m <sup>3</sup>
Escalera 4to piso	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	3.18 m <sup>3</sup>
Total general: 6		15.41 m <sup>3</sup>

**Tabla 25***Metrado de concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  cemento tipo I para vigas*

<b>&lt;CONCRETO PREMEZCLADO <math>f'c=210\text{ kg/cm}^2</math> - VIGAS&gt;</b>		
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Elemento	Material estructural	Volumen
Vigas (Piso 1)	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	2.55 m <sup>3</sup>
Vigas (Piso 2)	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	18.80 m <sup>3</sup>
Vigas (Piso 3)	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	18.18 m <sup>3</sup>
Vigas (Piso 4)	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	18.18 m <sup>3</sup>
Vigas (Piso 5)	Concreto premezclado $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ Tipo 1	18.66 m <sup>3</sup>
Total general: 111		76.37 m <sup>3</sup>

## CAPÍTULO V.

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1.METRADO REALIZADO DE FORMA TRADICIONAL

Del expediente técnico se pudo obtener los metrados que fácilmente se puede observar fueron realizados de forma tradicional usando herramientas CAD y transportando de forma manual la información a una hoja Excel.

**Tabla 26**

*Metrados elaborados de forma tradicional*

<b>RESUMEN</b>			
PROYECTO :	MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS TRIBUTARIOS Y DE CONTROL EN LA CIUDAD DE TUMBES		
ENTIDAD :	SUNAT	Fecha :	Dic -2018
<b>01.05</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>		
<b>01.05.01</b>	<b>PILOTES INSITU</b>		
01.05.01.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 280 kg/cm <sup>2</sup> Cem. Tipo V - PILOTES	M3	153.24
01.05.01.02	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60 PARA PILOTES	KG	18828.32
<b>01.05.02</b>	<b>LOSA DE CIMENTACION</b>		
01.05.02.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 280 Kg/cm <sup>2</sup> Cem. Tipo V- LOSA DE CIMENTACION	M3	172.66
01.05.02.02	ENCOFRADO Y DESCONFRADO NORMAL - LOSA DE CIMENTACION	M2	34.24
01.05.02.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	10541.89
<b>01.05.03</b>	<b>VIGA DE CIMENTACION</b>		
01.05.03.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 280 Kg/cm <sup>2</sup> Cem. Tipo V - VIGA DE CIMENTACION	M3	8.53
01.05.03.02	ENCOFRADO Y DESCONFRADO NORMAL - VIGA DE CIMENTACION	M2	30.81
01.05.03.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	632.72
<b>01.05.04</b>	<b>MUROS DE CONCRETO</b>		
01.05.04.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 210 Kg/cm <sup>2</sup> Cem. Tipo V - MUROS DE CONCRETO	M3	29.53
01.05.04.02	ENCOFRADO Y DESCONFRADO CARAVISTA - MUROS DE CONCRETO	M2	163.47
01.05.04.04	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	4243.38
<b>01.05.05</b>	<b>PLACAS</b>		
01.05.05.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> Cem. Tipo V - PLACAS	M3	37.65
01.05.05.02	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> - PLACAS	M3	125.16
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA - PLACAS	M2	950.22
01.05.05.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA C/BRUÑADO - PLACAS	M2	475.98
01.05.05.05	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	21819.76
<b>01.05.06</b>	<b>COLUMNAS</b>		
01.05.06.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> Cem. Tipo V - COLUMNAS	M3	5.23
01.05.06.02	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> - COLUMNAS	M3	14.87
01.05.06.03	COLUMNAS ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA -COLUMNAS	M2	166.17
01.05.06.04	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	3458.20

<b>01.05.08</b>	<b>VIGAS</b>		
01.05.08.01	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> - VIGAS	M3	64.89
01.05.08.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA - VIGAS	M2	411.05
01.05.08.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	10617.44
<b>01.05.10</b>	<b>LOSAS MACIZAS</b>		
01.05.10.01	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> - LOSA MACIZA	M3	41.86
01.05.10.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - LOSA MACIZA	M2	200.36
01.05.10.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	4487.53
<b>01.05.11</b>	<b>LOSAS ALIGERADAS</b>		
01.05.11.01	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c = 210$ Kg/cm <sup>2</sup> - LOSA ALIGERADA CONVENCIONAL, H = 0.25M (EN 1 DIRECCIÓN)	M3	50.14
01.05.11.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - LOSA ALIGERADA CONVENCIONAL, H = 0.25M (EN 1 DIRECCIÓN)	M2	445.14
01.05.11.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	3443.04
01.05.11.04	LADRILLO ARCILLA PARA TECHO 20 x 30 x 30 cm	UND	4006.26
<b>01.05.12</b>	<b>ESCALERAS</b>		
01.05.12.01	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c = 210$ Kg/cm <sup>2</sup> - ESCALERAS	M3	14.52
01.05.12.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA - ESCALERAS	M2	81.78
01.05.12.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	996.56
<b>01.05.13</b>	<b>CISTERNA</b>		
01.05.13.01	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> Cem. Tipo V - CISTERNA (MUROS, PISO, PLACAS)	M3	27.62
01.05.13.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - CISTERNA (MUROS, PLACAS)	M2	220.08
01.05.13.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	3521.82
<b>01.05.14</b>	<b>LOSA DE PISO</b>		
01.05.14.01	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c = 210$ Kg/cm <sup>2</sup> - LOSA DE PISO	M3	22.15
01.05.14.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - LOSA DE PISO - e=15cm	M2	24.75
01.05.14.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	KG	876.52

Fuente: expediente técnico

## 5.2.RESUMEN DE METRADOS OBTENIDOS DEL MODELO BIM

**Tabla 27**

*Resumen de metrados obtenidos del modelo BIM 3D*

<b>RESUMEN METRADO OBTENIDO DEL MODELO BIM 3D</b>				
PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS TRIBUTARIOS Y DE CONTROL EN LA CIUDAD DE TUMBES				Fecha: mayo 2022
<b>01.05</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>			
<b>01.05.01</b>	<b>PILOTES INSITU</b>			
01.05.01.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 280 kg/cm2 Cem. Tipo V - PILOTES	M3		146.04
01.05.01.02	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60 PARA PILOTES	KG		17,309.18
<b>01.05.02</b>	<b>LOSA DE CIMENTACION</b>			
01.05.02.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 280 Kg/cm2 Cem.Tipo V- LOSA DE CIMENTACION	M3		170.21
01.05.02.02	ENCOFRADO Y DESCONFRADO NORMAL - LOSA DE CIMENTACION	M2		56.62
01.05.02.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG		10,696.04
<b>01.05.03</b>	<b>VIGA DE CIMENTACION</b>			
01.05.03.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 280 Kg/cm2 Cem. Tipo V - VIGA DE CIMENTACION	M3		17.05
01.05.03.02	ENCOFRADO Y DESCONFRADO NORMAL - VIGA DE CIMENTACION	M2		6.87
01.05.03.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG		619.29
<b>01.05.04</b>	<b>MUROS DE CONCRETO</b>			
01.05.04.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 210 Kg/cm2 Cem. Tipo V - MUROS DE CONCRETO	M3		26.80
01.05.04.03	ENCOFRADO Y DESCONFRADO CARAVISTA - MUROS DE CONCRETO	M2		123.56
01.05.04.04	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG		4,147.38
<b>01.05.05</b>	<b>PLACAS</b>			
01.05.05.01	CONCRETO PREMEZCLADO f <sub>c</sub> =210 kg/cm2 Cem. Tipo V - PLACAS	M3		41.22
01.05.05.02	CONCRETO PREMEZCLADO f <sub>c</sub> =210 kg/cm2 - PLACAS	M3		110.03
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA - PLACAS	M2		908.22
01.05.05.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA C/BRUNADO - PLACAS	M2		473.50
01.05.05.05	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG		21,661.76
<b>01.05.06</b>	<b>COLUMNAS</b>			
01.05.06.01	CONCRETO PREMEZCLADO f <sub>c</sub> =210 kg/cm2 Cem. Tipo V - COLUMNAS	M3		2.94
01.05.06.02	CONCRETO PREMEZCLADO f <sub>c</sub> =210 kg/cm2 - COLUMNAS	M3		12.46
01.05.06.03	COLUMNAS ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA - COLUMNAS	M2		133.17
01.05.06.04	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG		3,639.06
<b>01.05.08</b>	<b>VIGAS</b>			
01.05.08.01	CONCRETO PREMEZCLADO f <sub>c</sub> =210 kg/cm2 - VIGAS	M3		76.37
01.05.08.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA - VIGAS	M2		498.58
01.05.08.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG		12,128.65
<b>01.05.10</b>	<b>LOSAS MACIZAS</b>			
01.05.10.01	CONCRETO PREMEZCLADO f <sub>c</sub> =210 kg/cm2 - LOSA MACIZA	M3		44.95
01.05.10.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - LOSA MACIZA	M2		256.36
01.05.10.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG		5,339.00

<b>01.05.11</b>	<b>LOSAS ALIGERADAS</b>		
01.05.11.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 210 Kg/cm - LOSA ALIGERADA CONVENCIONAL, H= 0.25M (EN 1 DIRECCIÓN)	M3	50.51
01.05.11.02	ENCOFRADO Y DESCONFRADO NORMAL - LOSA ALIGERADA CONVENCIONAL, H= 0.25M (EN 1 DIRECCIÓN)	M2	436.14
01.05.11.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	3,500.59
01.05.11.04	LADRILLO ARCILLA PARA TECHO 20 x 30 x 30 cm	UND	3,485.00
<b>01.05.12</b>	<b>ESCALERAS</b>		
01.05.12.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 210 Kg/cm2 - ESCALERAS	M3	15.41
01.05.12.02	ENCOFRADO Y DESCONFRADO CARAVISTA - ESCALERAS	M2	91.78
01.05.12.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	1,066.32
<b>01.05.13</b>	<b>CISTERNA</b>		
01.05.13.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=280 kg/cm2 Cem. Tipo V - CISTERNA (MUROS, PISO, PLACAS)	M3	24.71
01.05.13.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL - CISTERNA (MUROS, PLACAS)	M2	179.18
01.05.13.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	3,057.78
<b>01.05.14</b>	<b>LOSA DE PISO</b>		
01.05.14.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 210Kg/cm2 - LOSA DE PISO	M3	18.14
01.05.14.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL - LOSA DE PISO - e=15cm	M2	-
01.05.14.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	569.17

### 5.3.COMPARATIVA DE COSTOS MÉTODO TRADICIONAL VS METODOLOGÍA BIM

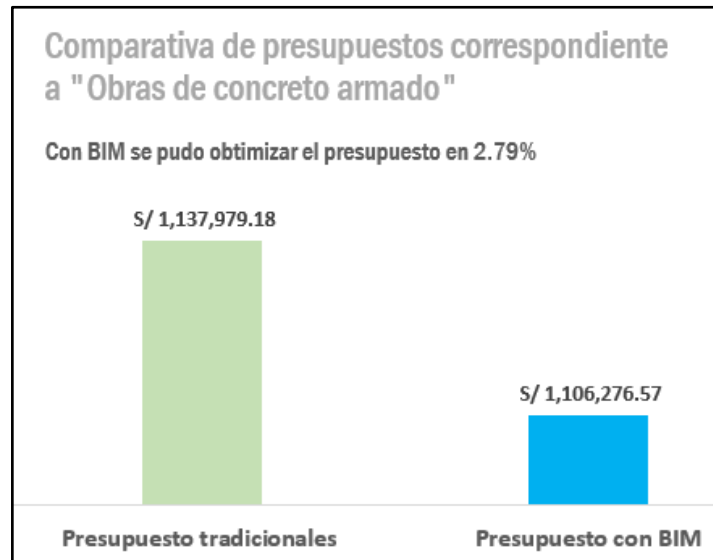
Para la comparativa de costos se extrajo el precio unitario indicado en el expediente el cual fue multiplicado al metrado de la partida correspondiente.

En la tabla 28 se resalta las celdas de color rojo indicando que existe un déficit en el metrado del expediente, por otro lado, las celdas de color verde indican que un ahorro es decir que los metrados del expediente fueron sobredimensionados.

Realizando la sumatoria de los costos se puede observar que existe una optimización del presupuesto de S/31,702.61 el cual corresponde a un 2.79% del presupuesto total de la partida “obras de concreto armado”

**Figura 34**

*Comparativa de presupuestos*



**Tabla 28**

*Comparativa de costos método tradicional vs metodología BIM*

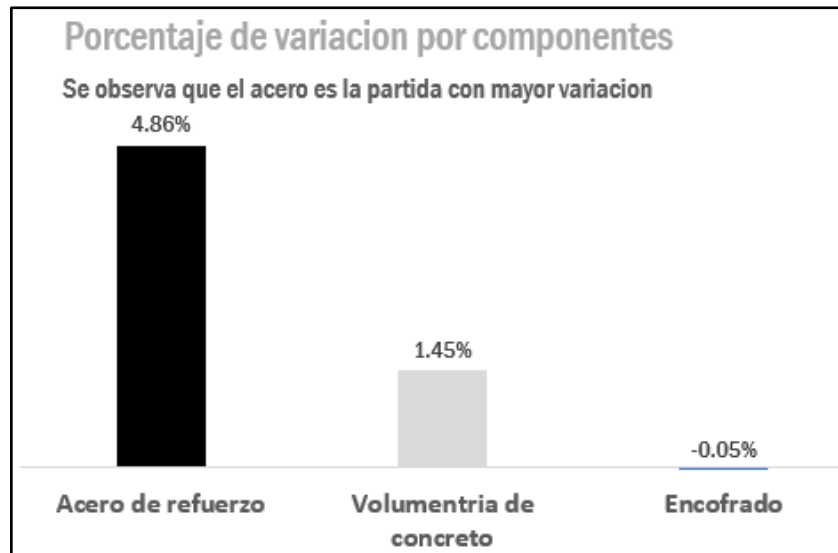
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO	und	Metrados tradicional	Metrados con BIM	Variación	precio unitario	Variación en costo
<b>01.05.01</b>	<b>PILOTES INSITU</b>						
01.05.01.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 280 kg/cm2 Cem. Tipo V - PILOTES	M3	153.24	146.04	7.20	S/ 632.05	S/ 4,552.26
01.05.01.02	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60 PARA PILOTES	KG	18,828.32	17,309.18	1,519.14	S/ 5.57	S/ 8,461.61
<b>01.05.02</b>	<b>LOSA DE CIMENTACION</b>						
01.05.02.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 280 Kg/cm2 Cem. Tipo V- LOSA DE CIMENTACION	M3	172.66	170.21	2.45	S/ 612.75	S/ 1,498.62
01.05.02.02	ENCOFRADO Y DESCONFRADO NORMAL - LOSA DE CIMENTACION	M2	34.24	56.62	- 22.38	S/ 60.97	-S/ 1,364.45
01.05.02.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	10,541.89	10,696.04	- 154.15	S/ 4.75	-S/ 732.22
<b>01.05.03</b>	<b>VIGA DE CIMENTACION</b>						
01.05.03.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 280 Kg/cm2 Cem. Tipo V - VIGA DE CIMENTACION	M3	8.53	17.05	- 8.52	S/ 649.43	-S/ 5,531.84
01.05.03.02	ENCOFRADO Y DESCONFRADO NORMAL - VIGA DE CIMENTACION	M2	30.81	6.87	23.94	S/ 60.28	S/ 1,443.10
01.05.03.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	632.72	619.29	13.43	S/ 4.75	S/ 63.77
<b>01.05.04</b>	<b>MUROS DE CONCRETO</b>						
01.05.04.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 210 Kg/cm2 Cem. Tipo V - MUROS DE CONCRETO	M3	29.53	26.80	2.73	S/ 580.23	S/ 1,586.51
01.05.04.03	ENCOFRADO Y DESCONFRADO CARAVISTA - MUROS DE CONCRETO	M2	163.47	123.56	39.91	S/ 91.36	S/ 3,646.35
01.05.04.04	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	4,243.38	4,147.38	96.00	S/ 4.75	S/ 456.00
<b>01.05.05</b>	<b>PLACAS</b>						
01.05.05.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 Cem. Tipo V - PLACAS	M3	37.65	41.22	- 3.57	S/ 592.91	-S/ 2,117.87
01.05.05.02	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - PLACAS	M3	125.16	110.03	15.13	S/ 533.71	S/ 8,076.95
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA - PLACAS	M2	950.22	908.22	42.00	S/ 91.70	S/ 3,851.40
01.05.05.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA C/BRUÑADO - PLACAS	M2	475.98	473.50	2.48	S/ 97.49	S/ 241.64
01.05.05.05	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	21,819.76	21,661.76	158.00	S/ 4.75	S/ 750.50
<b>01.05.06</b>	<b>COLUMNAS</b>						
01.05.06.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 Cem. Tipo V - COLUMNAS	M3	5.23	2.94	2.29	S/ 578.98	S/ 1,326.80
01.05.06.02	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - COLUMNAS	M3	14.87	12.46	2.41	S/ 540.88	S/ 1,305.46
01.05.06.03	COLUMNAS ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA - COLUMNAS	M2	166.17	133.17	33.00	S/ 92.92	S/ 3,066.36
01.05.06.04	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	3,458.20	3,123.00	335.20	S/ 4.75	S/ 1,592.19

<b>01.05.08</b>	<b>VIGAS</b>								
01.05.08.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - VIGAS	M3	64.89	76.37	- 11.48	S/ 511.73	-S/ 5,874.62		
01.05.08.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA - VIGAS	M2	411.05	498.58	- 87.53	S/ 92.85	-S/ 8,126.98		
01.05.08.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	10,617.44	9,600.00	1,017.44	S/ 4.75	S/ 4,832.82		
<b>01.05.10</b>	<b>LOSAS MACIZAS</b>								
01.05.10.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - LOSA MACIZA	M3	41.86	44.95	- 3.09	S/ 505.36	-S/ 1,560.23		
01.05.10.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - LOSA MACIZA	M2	200.36	256.36	- 56.00	S/ 60.11	-S/ 3,366.16		
01.05.10.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	4,487.53	4,287.53	200.00	S/ 4.75	S/ 950.00		
<b>01.05.11</b>	<b>LOSAS ALIGERADAS</b>								
01.05.11.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'c = 210 Kg/cm - LOSA ALIGERADA CONVENCIONAL, H = 0.25M (EN 1 DIRECCIÓN)	M3	50.14	50.51	- 0.37	S/ 502.03	-S/ 188.06		
01.05.11.02	ENCOFRADO Y DESCONFRADO NORMAL - LOSA ALIGERADA CONVENCIONAL, H = 0.25M (EN 1 DIRECCIÓN)	M2	445.14	436.14	9.00	S/ 60.31	S/ 542.79		
01.05.11.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	3,443.04	3,500.59	- 57.55	S/ 4.75	-S/ 273.38		
01.05.11.04	LADRILLO ARCILLA PARA TECHO 20 x 30 x 30 cm	UND	4,006.26	3,485.00	521.26	S/ 4.47	S/ 2,330.03		
<b>01.05.12</b>	<b>ESCALERAS</b>								
01.05.12.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'c = 210 Kg/cm2 - ESCALERAS	M3	14.52	15.41	- 0.89	S/ 521.45	-S/ 461.82		
01.05.12.02	ENCOFRADO Y DESCONFRADO CARAVISTA - ESCALERAS	M2	81.78	91.78	- 10.00	S/ 91.62	-S/ 916.20		
01.05.12.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	996.56	943.56	53.00	S/ 4.75	S/ 251.75		
<b>01.05.13</b>	<b>CISTERNA</b>								
01.05.13.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=280 kg/cm2 Cem. Tipo V - CISTERNA (MUROS, PISO, PLACAS)	M3	27.62	24.71	2.91	S/ 614.23	S/ 1,788.09		
01.05.13.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - CISTERNA (MUROS, PLACAS)	M2	220.08	179.18	40.90	S/ 62.03	S/ 2,537.28		
01.05.13.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	3,521.82	3,057.78	464.04	S/ 4.75	S/ 2,204.19		
<b>01.05.14</b>	<b>LOSA DE PISO</b>								
01.05.14.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'c = 210Kg/cm2 - LOSA DE PISO	M3	22.15	18.14	4.01	S/ 502.03	S/ 2,011.08		
01.05.14.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL - LOSA DE PISO - e=15cm	M2	24.75	-	24.75	S/ 56.12	S/ 1,388.97		
01.05.14.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	KG	876.52	569.17	307.35	S/ 4.75	S/ 1,459.91		

Es importante analizar cuáles son las partidas más sobredimensionadas e intentar dar una explicación a lo ocurrido, si a la tabla 28 le realizamos un filtro por: concreto, acero y encofrado encontraremos lo siguiente:

**Figura 35**

*Porcentaje de variación por componentes de Obras de concreto armado*

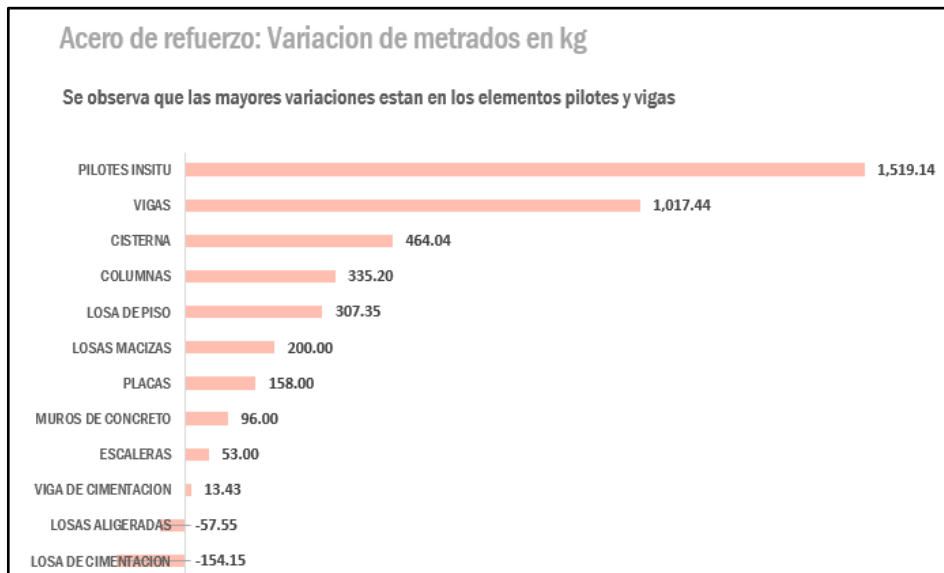


De la figura 35 podemos observar que el componente “acero de refuerzo” es la que presenta mayor variación, representa el 63% del presupuesto optimizado y de este componente los elementos con mayor variación son los pilotes y vigas, (Ver figura 36) otro dato que se puede observar es un déficit en el metrado de losa de cimentación. En cuanto a los pilotes se revisó la planilla de metrados realizado de forma tradicional y se encontró que el espiral fue metrado como estribos circulares

y para el cálculo de la longitud se está considerando sin descontar los recubrimientos.

**Figura 36**

*Variación de metrado en el componente acero de refuerzo*



**Figura 37**

*Revisión de metrado de acero de refuerzo para pilotes*

DESCRIPCION	Diseño del fierro	Ø	N° de	N° de	N° de	Long.	L	
			modulo iguales	elem. iguales	pzas x elem.		Por pieza	1/4" 0.25
<b>PILOTES</b>								
<b>ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60 PARA PILOTES</b>								
1-3/A-D		3/4"	1	22	10	12.35	-	-
Espirales zona confinada		3/8"	1	=2*3.1415*0.3+0.2		-	-	1,834.7
Espirales zona No confinada		3/8"	1	22	50	2.08	-	2,293.4
3'-5/A-D		3/4"	1	24	10	13.85	-	-
Espirales zona confinada		3/8"	1	24	40	2.08	-	2,001.5
Espirales zona No confinada		3/8"	1	24	60	2.08	-	3,002.3

Luego de descontar los recubrimientos se pudo evidenciar que el metrado se asemeja más a lo obtenido por medio del modelo BIM ver figura 38.

**Figura 38**

*Metrado de acero de refuerzo de pilotes corregido*










DESCRIPCION	Diseño	Ø	Nº de	Nº de	Nº de	Long.	Peso
	del		modulo	elem.	pzas x	Por	
	fierro		iguales	iguales	elem.	pieza	kg
<b>PILOTES</b>							
<b>ACERO DE REFUERZO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60 PARA PILOTES</b>							<b>17,631.28</b>
1-3/A-D		3/4"	1	22	10	12.35	6,086.08
Espirales zona confinada		3/8"	1	22	40	1.61	823.63
Espirales zona No confinada		3/8"	1	22	50	1.61	1,029.54
3'-5/A-D		3/4"	1	24	10	13.85	7,445.76
Espirales zona confinada		3/8"	1	24	40	1.61	898.51
Espirales zona No confinada		3/8"	1	24	60	1.61	1,347.76


#### 5.4.PRINCIPALES DIFERENCIAS EN LA ELAORACIÓN DE METRADOS TRADICIONALES VS LOS METRADOS OBTENIDOS DEL MODELO BIM.

**Tabla 29**

*Algunas diferencias en la elaboración de metrados por la metodología tradicional vs los metrados obtenidos de la metodología BIM*

FASES	METRADOS POR LA METODOLOGIA TRADICIONAL	INDICADOR / COMENTARIO		METRADOS CON LA METODOLOGIA BIM
1	Revisión de planos: generalmente se debe ver en paralelo muchos planos	✓	Similitud	Revisión de planos: se tiene que revisar todos los planos para elaborar un buen modelo
2	Establecer un orden: para hacer un metrado manual se debe ser muy ordenado para no duplicar mediciones ya realizadas	✓	Similitud	Limpiar los planos CAD para exportarlos a REVIT: se debe de eliminar objetos, layers o cualquier vector que se considere incensario exportar a Revit

3	Acotar medidas en los planos: dependiendo del elemento a metrar se debe realizar acotaciones en AutoCAD		Puede haber errores en la escala de dibujo	Se prepara el workspace de Revit: se establecen las unidades de medida y niveles
4	Tipear las medidas realizadas a la hoja Excel		Puede haber errores de tipeo	Desde Revit se importan las plantas y se alinean
5	cuando se tengan los datos en Excel se debe crear formular ya sea de suma, multiplicación, etc		puede haber errores de formulación de operaciones	Se dibujan las grillas y se comienza a crear los tipos de elementos de acuerdo a su familia y categoría
6	Para indicar lo ya metrado se deben ir coloreando en el plano CAD		algunas veces este paso se puede omitir y se pueda caer en duplicidad de metrados	El modelado es realizado respetando los procesos constructivos para que se asemeje a la realidad
7	Para el metrado de acero de refuerzo es muy laborioso hacer muchas mediciones por lo que se suele tomar medidas no reales que se puedan aproximar a lo que se quiere medir, por ejemplo, no se suele restar recubrimientos, no se suele medir los ganchos de estribos, las cantidades de estribos se calculan algunas veces por formulas no tan precisas otras se dibujan los esparcimientos en AutoCAD haciendo el proceso demoroso e ineficiente		impresión de metrados	Durante el modelado se va revisando los diferentes detalles indicados en los planos y se van plasmando en el modelo
8	realizar los metrados de forma tradicional no se suele hacer en una sola jornada de trabajo, sin embargo, volver a retomar el metrado al día siguiente puede ser un proceso largo ya que se tiene pensar o recordar donde uno se quedo		retomar la elaboración de metrado es pesado y puede generar errores	a medida que se avanza con el modelo se va generando las tablas de cuantificaciones (metrados), esto con la finalidad de ir revisando lo modelado. De esta forma se asegura un correcto modelo
9	en la planilla de metrados se suele poner o identificar lo que se está metrado por medio de ejes, este proceso de tipeo es engorroso		se suele hacer eso con la finalidad de facilitar la revisión por parte de una tercera persona	Sí existen elementos similares, se pueden replicar tanto en planta como en los diferentes modelos agilizando de esta forma el modelado
10	Difícilmente alguna persona externa revisa los metrados ya que es un proceso muy laborioso		revisar un metrado tradicional es prácticamente volver a hacerlo	De encontrar errores en los planos, estos se pueden consultar e ir perfeccionando el proyecto
11	no suele haber un buen grado de confiabilidad de los metrados por lo que en obra se suele volver a metrar		No se está optimizando los procesos	Evidentemente todo el modelado usualmente no se realiza en una sola jornada de trabajo, por lo que al retomar el modelado en la siguiente jornada es fácil de ver donde uno se quedó y retomar el flujo de trabajo sin caer en duplicidades o errores.

12	Los metrados de forma tradicional se pueden realizar de forma colaborativa, sin embargo, la actualización de lo ya medrado requiere de más esfuerzo para evitar duplicidad de metrados			el modelado se puede realizar de forma colaborativa a través de entornos comunes de datos, acelerando aún más el proceso de modelado, de igual forma con la extracción de metrados
13	Si se actualiza el diseño se debe volver a leer los planos, identificarlo y corregir manualmente los metrados		No se está optimizando los procesos	Los metrados elaborados son fáciles de ser revisados por una 3era persona, ya que se puede seleccionar los datos en los cuadros y esta selección se refleja en la vista 3D, de esta forma si algo no es seleccionado en la vista 3D se puede ir revisando o corrigiendo.
14	Una vez culminado los metrados estos difícilmente se usan para elaborar planes de trabajo en obra, ya que en obra se suele sectorizar el proyecto y se requiere adaptar el medrado nuevamente según la cantidad de sectores			Finalmente, con el modelo culminado se puede realizar una serie de cuadros para obtener la información modelada tales como volúmenes de concreto, áreas de encofrado o peso de acero de refuerzo
15				De haber alguna modificación en el diseño (cambio de medidas, ubicación de elementos, etc) es fácil de realizar en el modelo y estos cambios se verán reflejados automáticamente en nuestras tablas de planificación (metrados)
16				El modelo sirve para otras etapas del proyecto, es decir se puede usar para realizar control de proyectos durante la construcción

### 5.5.CONTINUIDAD DEL MODELO 3D

El modelo realizado no queda estático, sino que migra a una siguiente etapa como bien pudiera ser la detección de interferencias al realizar un modelo federado (integrado) con el resto especialidades como arquitectura, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, etc. Es decir, la información es acumulativa y conforme escale a siguientes etapas se ira enriqueciendo.

Al nivel al cual se desarrolló el modelado BIM 3D de la oficina de la SUNAT Tumbes está listo para pasar a obra como tal, es decir se puede usar un entorno común de datos para subir el modelo y que este sea visualizado desde el cliente, hasta los mismos obreros de una forma muy intuitiva, permitiendo realizar cortes, tomar medidas, ver volúmenes de los elementos y mejorar la comprensión de lo que se va a ejecutar.

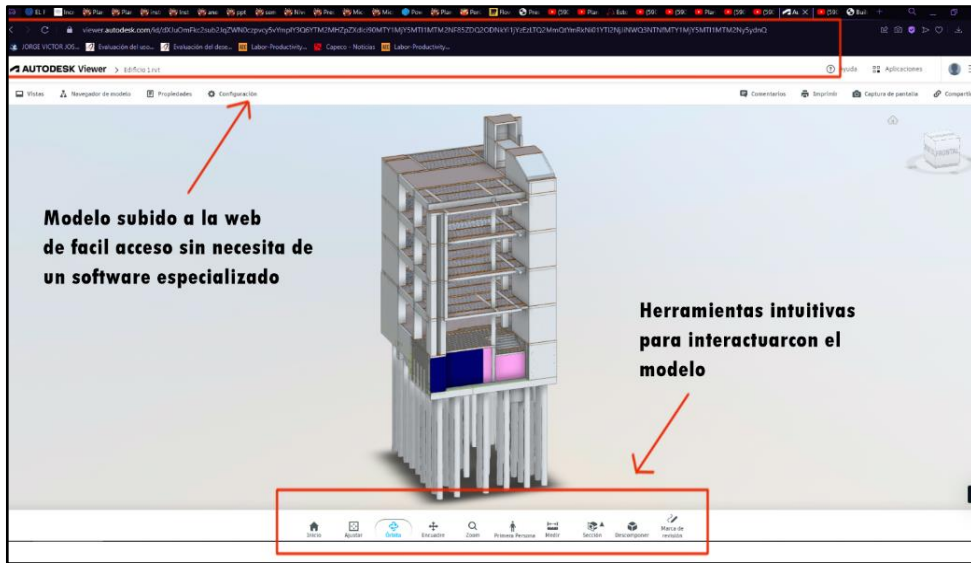
**Figura 39**

*Modelo BIM vs obra real*



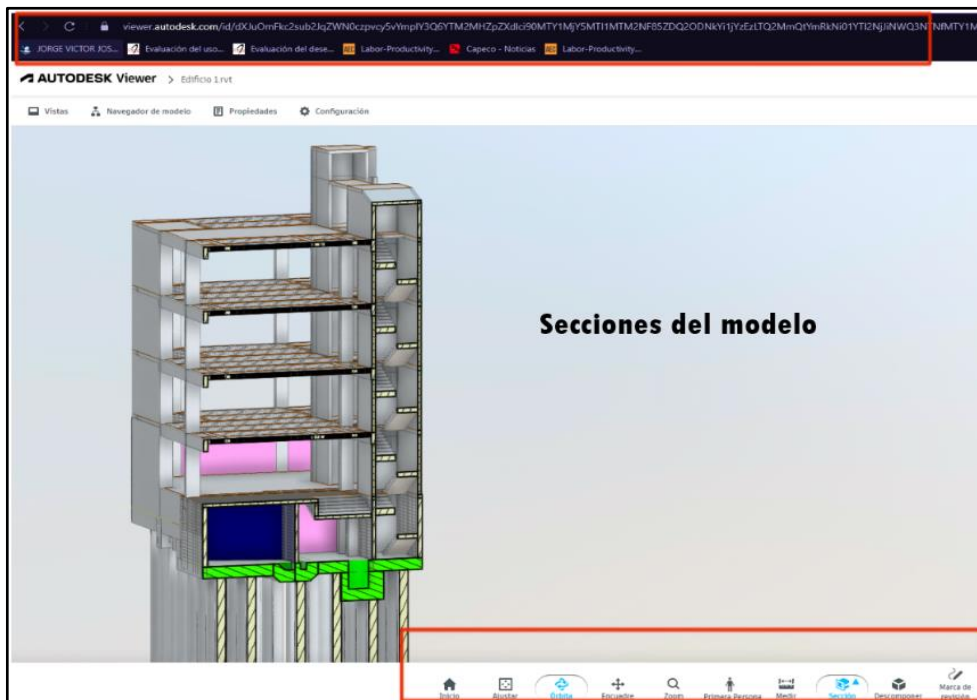
**Figura 40**

*Modelo BIM subido a la web*



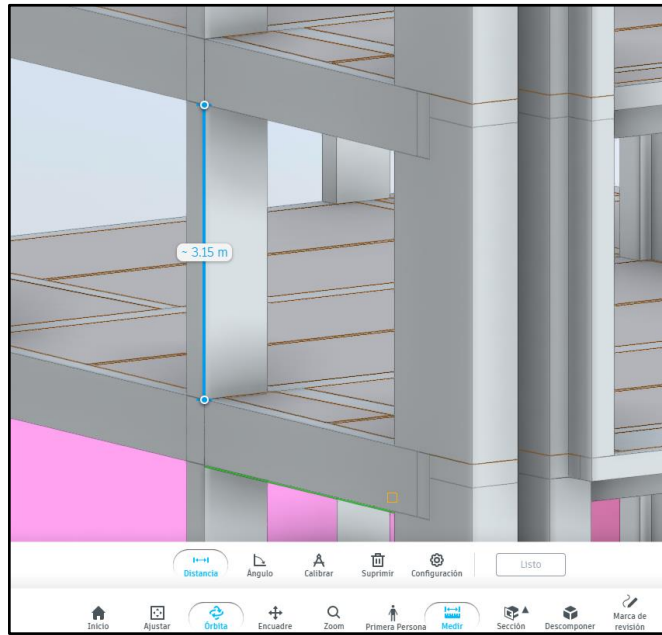
**Figura 41**

*Secciones del modelo subido a la web*



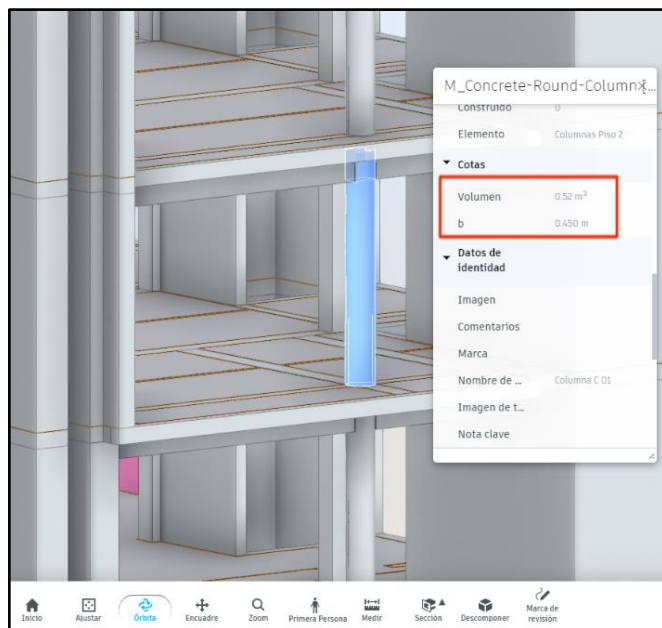
**Figura 42**

*Mediciones realizadas en el modelo subido a la web*



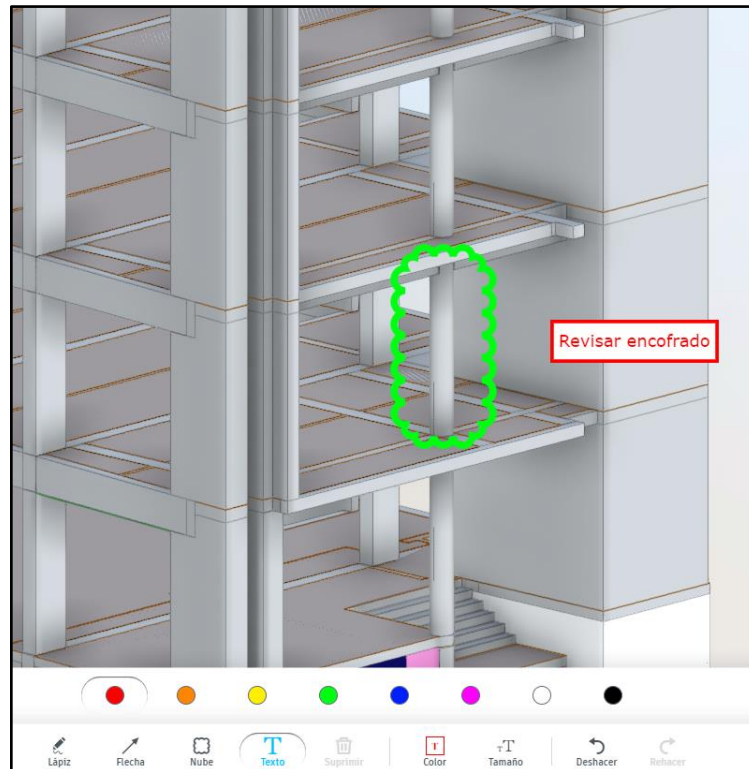
**Figura 43**

*Visualización de las propiedades de los elementos*



## Figura 44

### *Anotaciones sobre el modelo*



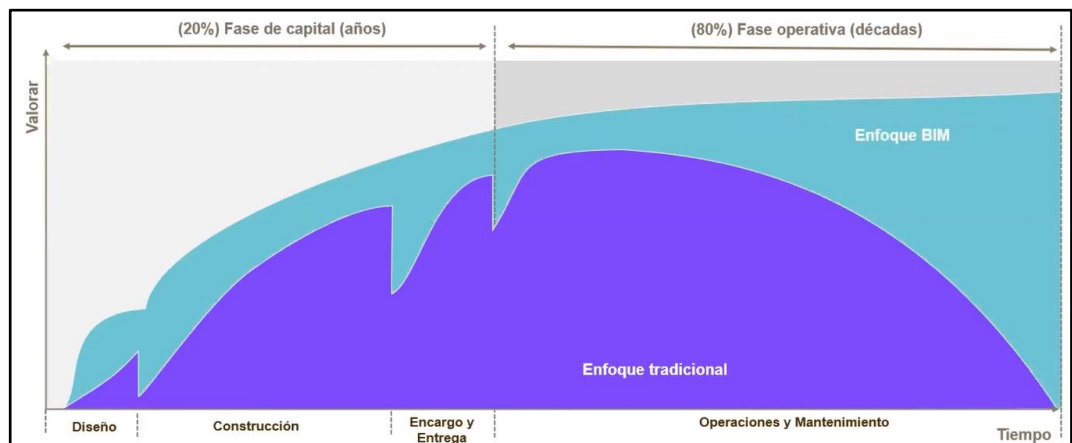
Así mismo a este modelo se le puede agregar la dimensión del tiempo para realizar programaciones, realizar sectorizaciones y su vez obtener los metrados sectorizados para un mejor balance de la fuerza laboral.

Finalmente, con la información que pueda recibir durante la ejecución del proyecto al cabo del término de obra se puede entregar un modelo AsBuilt que sirva a los ocupantes de este edificio para gestionar de una mejor forma su mantenimiento toda

vez que ver un modelo 3D facilita enormemente la comprensión del edificio a comparación de ver un montón de planos 2D impresos.

### Figura 45

#### *Valor de la información BIM*



Fuente: Obtenido de Ministerio de Economía y Finanzas (2020)

### 5.6.DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presente investigación concuerda con lo indicado por Rubiano (2021) ya que es de suma importancia incorporar la metodología BIM desde las etapas tempranas para así identificar los las posibles incompatibilidades o interferencias.

Por otro lado, en esta investigación se encontró el caso opuesto a lo indicado por Ramíres (2018) ya que el en la partida denominada “Estructuras del edificio” se observó un déficit del 18.72% en el presupuesto calculado por el método tradicional

vs el realizado con el modelo BIM, mientras que en mi caso se encontró el presupuesto sobredimensionado.

Asimismo según Gomez (2021) señala que el modelo permitirá tener una mejor visualización, una estimación de materiales más exacta y una planificación que mejorará la productividad, lo cual es coconcordante por lo encontrado en esta investigación.

Cabrera & Quiroz (2020) indica que a partir del modelo BIM se obtuvo que la reducción en tiempo de metrados aporta valor económico por una menor cantidad de horas hombre dedicadas a dicha actividad, además de un incremento en la precisión de los metrados, lo cual también se pudo evidenciar en la presente investigación.

Taipe (2019) indica que con la implementación de la metodología BIM con un presupuesto total de S/. 266,232.43 soles, en el Expediente Técnico con un presupuesto total de S/. 278,556.08 soles, en donde la Metodología BIM la que tiene menor presupuesto, con una diferencia de S/. 12,323.65.19 soles con un porcentaje de 4.42% (análisis de las partidas de concreto armado), lo cual es muy similar a los 2.79% de optimización encontrados en la presente investigación para la misma partida “obras de concreto armado”

## **CAPÍTULO VI.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1.CONCLUSIONES**

- Con la aplicación de la metodología BIM se puede obtener una serie de beneficios que va desde una mejor comprensión del proyecto a través de la visualización 3D, hasta la optimización del presupuesto a través de la elaboración de metrados de una manera más rápida y más precisa.
- Se realizó un análisis comparativo de los metrados correspondiente a la partida de “obras de concreto armado” del expediente técnico versus los obtenidos del modelo BIM, de donde se pudo observar que existe una diferencia marcada entre ambas llegando así a concluir que con la metodología BIM se pudo optimizar los costos en un 2.79% lo cual representa S/ 31,702.61.
- Luego de realizado la presente investigación se pudo comprender aun más acerca de los beneficios que trae la metodología BIM frente a las metodologías tradicionales como las herramientas CAD, siendo una de las principales que si se llegará a modificar alguna parte del proyecto los metrados se actualizarían de manera automática lo que ahorra tiempo y evita estos sobrecostos.
- Se puede concluir que el poder contar con un modelo 3D que esté basado en información real, nos permite poder entender y visualizar

mejor el proyecto, se asemeja a una construcción virtual, además de poder trabajar de forma colaborativa con otros especialistas lo cual es mucho más beneficioso debido a que al final podremos corregir todos los errores durante el proceso de coordinación y no cuando se va a ejecutar la obra.

## 6.2.RECOMENDACIONES

- De la tabla 28 se puede observar que la mayoría de partidas están sobredimensionadas lo cual nos llevaría a pensar que habrá una mayor ganancia por parte de la contratista que ejecute el proyecto sin embargo esto no es del todo cierto, ya que otro factor fundamental son los Precios Unitarios. Los indicados en el expediente técnico no necesariamente pueden reflejar la realidad a ocurrir en obra, por ello en otra investigación se puede entrar a detalle en cuanto a una comparativa de costos unitarios indicados en el expediente técnico versus los reales ejecutados.
- Uno de los pilares para que la mitología BIM tenga éxito dentro de la industria de la construcción es el capital humano, es decir las nuevas canteras como lo son las universidades deben ir implementado en sus mallas curriculares cursos sobre la mitología BIM basado no solo en el modelamiento sino enfocado en el trabajo colaborativo

(interdisciplinario) ya que inevitablemente es con lo que se van a encontrar al salir al mercado laboral.

- Se recomienda que si se quiere implementar esta metodología se debe hacer de forma progresiva ya que como todo conocimiento nuevo es difícil al inicio, pero sin dudas traerá muchos beneficios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza, J. (2015). APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA BIM PARA MEJORAR LA GESTION DE PROYECTOS DE EDIFICACIONES EN TACNA. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna.
- Banco Central de Reserva del Perú. (s.f.). *BCRPData* . Obtenido de <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/pbi-por-sectores>
- Cabrera, J., & Quiroz, L. (2020). ANÁLISIS DEL RETORNO DE INVERSIÓN AL APLICAR BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) EN UN PROYECTO INMOBILIARIO. (LIMA - PERÚ). (*Tesis de grado*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Castillo, A. (2020). ANÁLISIS DE LA BRECHA DIGITAL EN EL USO DE BIM EN EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN. (*Tesis de grado*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Choquesa, L. (2019). MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN PROYECTOS DE EDIFICACION MEDIANTE EL SISTEMA DE GESTION BIM-LEAN. (*Tesis de grado*). Universidad Jorge Basadre Grohamann, Tacna.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Kathleen, L. (2011). *BIM Handbook*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Equipo de Plan BIM Perú. (2021). *Nota Tecnica de introduccion BIM: adopcion en la inversion publica*. Lima: Ministerio de Economia y finanzas .
- Equipo del Plan BIM Perú. (2021). *Guía nacional BIM* . Lima: Ministerio de economia y finanzas .

- Gerson, T. (2018). PRIMER ESTUDIO DEL NIVEL DE ADOPCIÓN BIM EN PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN LIMA METROPOLITANA Y CALLAO. (*Tesis de grado*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Gobierno del Perú. (2019). Plan Nacional de Competitividad y productividad .
- Gomez, A. (2021). PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL ENTORNO BIM COMO HERRAMIENTA PARA OPTIMIZAR LA PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO EDIFICIO MULTIFAMILIAR PASEO PACASMAYO EN LA CIUDAD DE CHICLAYO. (*Tesis de grado*). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo.
- Lean Construction Institute PERÚ. (25 de septiembre de 2017). LEAN + VDC - Leonardo Rischmoller - 3er. CNLC 2017 [video]. Youtube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=LAY8mbSaWcw>
- Llanque, A. (2021). APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS EN EL PRESUPUESTO DEL HOTEL TACNA HEROICA, 2021. (*Tesis de grado*). Universidad Privada de Tacna, Tacna.
- McKinsey Global Institute. (2015). *DIGITAL AMERICA: A TALE OF THE HAVES AND HAVE-MORES*.
- McKinsey Global Institute. (2017). *REINVENTING CONSTRUCCION: A ROUTE TO HIGHER PRODUCTIVITY*. McKinsey & Company.
- Ministerio de economía y finanzas . (febrero de 2022). *Plan Bim Perú*. Obtenido de [Dispositiva de Power Point]: [https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/ppt\\_PlanBIMPeru\\_feb2022.pdf](https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/ppt_PlanBIMPeru_feb2022.pdf)

- Ministerio de Economía y Finanzas. (6 de Julio de 2020). *Conferencia: Fundamentos de Building Information Modelling (BIM)*. Obtenido de [Power point]: <https://www.youtube.com/watch?v=FGcIcyGoUOs>
- Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. (Junio de 2021). Plan BIM Perú: eficacia, transparencia y calidad en las inversiones públicas (video). Youtube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=uuu40yKDry4>
- Murguía, D. (2018). *PRIMER ESTUDIO DE ADOPCIÓN BIM EN PROYECTOS DE EDIFICACION EN LIMA Y CALLAO 2017*. Lima.
- Murguía, D. (2021). *Segundo estudio de adopcion BIM en proyectos de edificación en Lima y Callao*. Lima: Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- NBS. (2015). *NBS National BIM Report*. RIBA Enterprises Ltd.
- Ramírez, J. (2018). *COMPARACION ENTRE METODOLOGIAS BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) Y METODOLOGIAS TRADICIONALES EN EL CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA Y ELABORACION DE PRESUPUESTOS. CASO DE ESTUDIO: EDIFICACIÓN EDUCATIVA EN COLOMBIA. (Tesis de grado)*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.
- Rogers, E. (1995). *Difussion of innovations*. New York: Free Press.
- Rubiano, D. (2021). *BENEFICIOS DE APLICACIÓN METODOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA. CASO DE ESTUDIO: AGRUPACIÓN DE VIVIENDA CAMINOS DE SIE – TOCANCIPÁ, CUNDINAMARCA. (Tesis de grado)*. Universidad Piloto de Colombia, Bogotá.

- Sofía, P., & Fernández, M. (25 de febrero de 2022). *Estos son los avances y retos del Perú en ciencia y tecnología para integrarse a la OCDE*. Obtenido de andina: <https://andina.pe/agencia/noticia-estos-son-los-avances-y-retos-del-peru-ciencia-y-tecnologia-para-integrarse-a-ocde-881977.aspx>
- Soto, C. (24 de Marzo de 2016). *Estrategia de Gobierno, Plan BIM*. Obtenido de [Diapositivas de PowerPoint]: <https://docplayer.es/94323934-Seminario-inaugural-proyecto-libreria-nacional-bim-24-de-marzo-de-2016.html>
- Taipe, S. (2019). IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA BIM PARA LA MEJORA DE GESTIÓN DEL PROYECTO DE LA I.E. NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN DE LA LOCALIDAD DE LIRCAY – ANGARAES – HUANCVELICA. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.
- Teicholz, P. (2013). *Labor Productivity Declines in the Construction Industry: Causes and Remedies*,. Stanford University.
- Yucra, M. (2020). Análisis de aplicación de tecnologías BIM para la optimización de la constructabilidad en proyectos de ingeniería civil en la ciudad de Arequipa, 2019. (*Tesis de grado*). Universidad Continental, Arequipa.

## ANEXOS

ANEXO 1: ENALCE PARA PLANOS DE PLANTA, CORTES Y ELEVACIONES DE ARQUITECTURA DEL EXPEDIENTE TECNICO.

- <https://drive.google.com/drive/folders/1jogggPhUOCAzUIwQAcrJDIVcFr5yRwCM?usp=sharing>

ANEXO 2: ENLACE PARA PLANOS DE PLANTA DE ESTRUCTURAS DEL EXPEDIENTE TECNICO.

- [https://drive.google.com/drive/folders/1kyw\\_AzKxK5KA03N8HBelRHKkK8u\\_Q3ID?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1kyw_AzKxK5KA03N8HBelRHKkK8u_Q3ID?usp=sharing)

ANEXO 3: ENLACE AL MODELO BIM 3D

