

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y  
CIVIL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS:**

**"Análisis de Datos BIM para mejorar la gestión eficiente de un proyecto 3D en la construcción de la Villa Bolivariana en la ciudad de Ayacucho, 2024"**

Para optar el título profesional de:  
**INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:  
**Bach. Ronald TORRES RUIZ**

ASESOR:  
**Msc. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2024**

## Resumen

El propósito de este estudio consiste en analizar los datos en un proyecto BIM para optimizar la gestión en la construcción de la Villa Bolivariana en Ayacucho, contrastando un proyecto ejecutado tradicionalmente con el potencial de una metodología BIM. El estudio del caso reveló ineficiencias significativas en la gestión tradicional, evidenciando la necesidad de enfoques más integrados y el estado del proyecto en tiempo real. La investigación propone la adopción estratégica de parámetros BIM de Costo-Tiempo, vinculados a herramientas de planificación como Project, como un medio para proporcionar información precisa del estado del proyecto y mejorar la toma de decisiones.

La propuesta metodológica se centra en el análisis de datos de información basados en el estado actual del proyecto mediante una interfaz gráfica dinámica, alineados con los principios de Lean Construction para el seguimiento en campo desde el modelo virtual, tales como la segmentación virtual del proyecto para la producción nivelada y la implementación de parámetros de ejecución con retroalimentación visual en el modelo 3D, se explora la integración de flujos de trabajo continuo y la sincronización con la planificación externa en Project para optimizar la secuencia constructiva, estas estrategias buscan superar las limitaciones de los métodos tradicionales, ofreciendo una representación dinámica y espacial del progreso de la obra.

Finalmente, la investigación destaca la importancia de un flujo de información bidireccional actualizable entre el modelo BIM, la planificación y la visualización a través de una base de datos centralizada en Access, se desarrolla un panel de control dinámico en Power BI que permite un seguimiento visual y numérico del proyecto, facilitando la comparación entre la planificación y la ejecución real, esta capacidad de visualizar integralmente el estado actual del proyecto permite a los participantes involucrados una gestión más eficiente, la identificación temprana de desviaciones y la implementación de acciones correctivas oportunas, demostrando el valor del BIM en la transformación de la gestión de proyectos de construcción.

## **Abstract**

The purpose of this study is to analyze the data within a BIM project to optimize construction management for the Villa Bolivariana in Ayacucho, contrasting a traditionally executed project with the potential of a BIM methodology. The case study revealed significant inefficiencies in traditional management, highlighting the need for more integrated approaches and real-time project status. The research proposes the strategic adoption of BIM Cost-Time parameters, linked to planning tools such as Project, as a means to provide accurate project status information and improve decision-making

The methodological proposal focuses on the analysis of information data based on the current project status through a dynamic graphical interface, aligned with the principles of Lean Construction for field tracking from the virtual model. This includes the virtual segmentation of the project for leveled production and the implementation of execution parameters with visual feedback in the 3D model. The integration of continuous workflows and synchronization with external planning in Project is explored to optimize the construction sequence. These strategies aim to overcome the limitations of traditional methods, offering a dynamic and spatial representation of the work's progress.

Finally, the research emphasizes the importance of an updatable bidirectional information flow between the BIM model, planning, and visualization via a centralized database in Access. A dynamic control panel is developed in Power BI, enabling visual and numerical project tracking and facilitating the comparison between planning and actual execution. This ability to comprehensively visualize the current project status allows involved participants for more efficient management, early identification of deviations, and timely implementation of corrective actions, demonstrating the value of BIM in transforming construction project management.

## **Agradecimientos:**

*Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mi centro de estudios, que ha sido el pilar fundamental en mi crecimiento académico y profesional. Extiendo mi gratitud a la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil, a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, y de manera especial, a los ingenieros docentes, cuyo compromiso y guía fueron esenciales en mi formación profesional.*

*Agradezco de manera especial al Ing. Msc. LIZARBE ALARCÓN, Hemerson por su generoso tiempo, paciencia y valioso conocimiento compartido a lo largo de la elaboración de esta tesis. Su guía experta no solo enriqueció este trabajo, sino que también contribuyó significativamente a mi crecimiento como profesional.*

*Agradezco profundamente a mis padres y hermanos por su amor, su comprensión y su motivación constante que me han dado la fuerza y la confianza para seguir adelante. Gracias por estar siempre a mi lado, por creer en mí y por celebrar cada logro que he alcanzado. Son mi mayor inspiración y mi razón de ser.*

# Índice general

<b>Resumen</b>	<b>I</b>
<b>Abstract</b>	<b>II</b>
<b>Índice general</b>	<b>IV</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>VII</b>
<b>Índice de cuadros</b>	<b>X</b>
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>I. Planteamiento del problema</b>	<b>3</b>
1.1. Descripción del problema (mundial, país, región) . . . . .	3
1.1.1. Descripción del Problema Mundial . . . . .	3
1.1.2. Descripción del Problema Nacional . . . . .	4
1.1.3. Descripción del Problema Regional . . . . .	6
1.1.4. Espacial (geográfica) . . . . .	7
1.1.5. Temporal . . . . .	7
1.1.6. Temática y unidad de análisis . . . . .	7
1.2. Formulación del problema . . . . .	8
1.2.1. Problema general . . . . .	8
1.2.2. Problemas específicos . . . . .	8
1.3. Justificación e importancia . . . . .	9
1.4. Limitaciones de la investigación . . . . .	10
1.5. Objetivos . . . . .	10
1.5.1. Objetivo General . . . . .	10
1.5.2. Objetivos Específicos . . . . .	10
<b>II. Marco teórico</b>	<b>11</b>
2.1. Antecedentes . . . . .	11
2.1.1. Investigaciones internacionales . . . . .	11
2.1.2. Investigaciones nacionales . . . . .	14
2.2. Bases teóricas . . . . .	15
2.2.1. Ciencia de Datos y su influencia en el BIM . . . . .	15

2.2.1.1.	Ciencia de Datos . . . . .	15
2.2.1.2.	Influencia del BIM . . . . .	16
2.2.2.	Gestión de proyectos y la industria de la construcción . . . . .	18
2.2.3.	Herramientas y técnicas de Gestión . . . . .	18
2.2.4.	Creación de informes y transformación digital . . . . .	20
2.2.5.	Normas ISO aplicables al diseño, construcción y mantenimiento con metodología BIM . . . . .	21
2.2.6.	Desafíos y limitaciones del Análisis de Datos en el contexto de la industria de la construcción . . . . .	22
2.2.7.	Oportunidades y tendencias de mejora e innovación en análisis de datos en la industria de la Construcción . . . . .	22
2.3.	Marco conceptual . . . . .	23
2.3.1.	Importancia de los datos y base de datos . . . . .	23
2.3.1.1.	¿Qué son los Datos? . . . . .	23
2.3.1.2.	¿Qué es la Información? . . . . .	23
2.3.1.3.	Base de datos “Camino de los datos a la información” . . . . .	24
2.3.1.4.	Formatos BIM CAD . . . . .	25
2.3.2.	Analista de datos (Data Analysis) . . . . .	27
2.3.3.	Datos BIM (BIM DATA) . . . . .	28
2.3.4.	Base de Datos en Microsoft Project para la Gestión de Proyectos de Construcción . . . . .	29
2.3.4.1.	Estructura y Funcionalidades de la Base de Datos en Project . . . . .	30
2.3.4.2.	Métricas Obtenibles con el Uso de Microsoft Project . . . . .	31
2.3.4.2.1.	<b>Métricas de Tiempo:</b> . . . . .	32
2.3.4.2.2.	<b>Métricas de Costo:</b> . . . . .	32
2.3.4.2.3.	<b>Métricas de Recursos:</b> . . . . .	33
2.3.4.2.4.	<b>Métricas de Alcance:</b> . . . . .	33
2.3.5.	Lenguaje de Programación . . . . .	34
2.3.5.1.	Python . . . . .	35
2.3.5.2.	SQL (Structured Query Language) . . . . .	36
2.3.6.	Power BI en la gestión de Proyectos . . . . .	37
2.3.7.	Interrelación entre BIM, Análisis de Datos y Power BI en la gestión de proyectos . . . . .	38
<b>III. Método de la investigación</b>		<b>39</b>
3.1.	Enfoque . . . . .	39
3.2.	Alcance (analítico, exploratorio, descriptivo, explicativo) . . . . .	40
3.3.	Diseño de investigación (Cuantitativo-Cualitativo-No experimental) . . . . .	40
3.4.	Población y muestra . . . . .	41
3.5.	Unidad de Análisis . . . . .	41
3.6.	Hipótesis . . . . .	41
3.6.1.	Hipótesis general . . . . .	41
3.6.2.	Hipótesis específicas . . . . .	42
3.7.	Técnicas e instrumentos . . . . .	42

<b>IV. DESARROLLO</b>	<b>43</b>
4.1. Arquitectura de la investigación . . . . .	43
4.2. Datos Generales del Proyecto de estudio . . . . .	44
4.3. Integración de Revit y su Base de Datos . . . . .	46
4.3.1. Descripción del modelo BIM en Revit y su estructura de datos . . . . .	46
4.3.2. Gestión de información de los elementos de un modelado 3D . . . . .	46
4.3.3. Control de Proyecto mediante BIM y Lean Construction . . . . .	51
4.3.3.1. Principios básicos en la sinergia BIM y Lean Construction . . . . .	51
4.3.3.2. Aplicación de Lean Construction: Producción Nivelada . . . . .	52
4.3.3.3. Aplicación de Lean Construction: Flujo Continuo de Trabajo y Tren de Trabajo . . . . .	56
4.3.4. Parámetro Compartido de EJECUTADO a las visualizaciones del mo- delado en REVIT . . . . .	59
4.3.5. Métodos de extracción y estructuración de datos desde Revit . . . . .	61
4.3.6. Implementación en Access: modelo relacional y consideraciones técnicas	63
4.4. Integración de Project y su Base de Datos . . . . .	65
4.4.1. Sincronización con Access para consolidar Database. . . . .	65
4.4.2. Procesamiento de información para análisis eficiente mediante una con- sulta en ACCESS. . . . .	67
4.5. Diseño de la Base de Datos en Access . . . . .	71
4.5.1. Creación de la arquitectura de base de datos relacional. . . . .	71
4.5.2. Validación de integridad y pruebas de conectividad. . . . .	71
4.6. Gestión de la información en Power BI . . . . .	73
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>76</b>
5.1. Analisis Comparativo del modelado BIM vs Ciclo de vida del proyecto ejecutado	76
5.1.1. Comparativo de la especialidad de Estructuras . . . . .	79
5.1.2. Comparativo de la especialidad de Arquitectura . . . . .	81
5.1.3. Comparativo de la especialidad de Instalaciones Sanitarias . . . . .	82
5.1.4. Comparativo de la especialidad de Instalaciones Eléctricas . . . . .	84
5.1.5. Comparativo de las Obras Exteriores . . . . .	85
5.2. Interfaz Gráfica en Power BI para el Control de Obra en Tiempo Real . . . . .	88
5.3. Evaluación del Impacto en la Gestión del Proyecto . . . . .	93
5.3.1. Comparación de escenarios antes y después de la integración de datos BIM. . . . .	93
5.3.2. Identificación de mejoras en la toma de decisiones y gestión de recursos.	93
5.3.3. Limitaciones y retos encontrados durante el proceso. . . . .	94
<b>VI. Conclusiones</b>	<b>96</b>

# Índice de figuras

1.1. Obras paralizadas por sector de gobierno, Controlaría de la República, 2022. . .	5
1.2. Obras paralizadas por sector de gobierno, Controlaría de la República, 2023. . .	5
1.3. Obras paralizadas por sector de gobierno, Contraloría de la República, 2024. . .	6
2.1. Impacto de aplicación del BIM en proyectos. Extraído de McGraw Hill Construction (2014) . . . . .	17
2.2. Monitoreo en tiempo real de un proyecto digitalizado. . . . .	21
2.3. Pirámide de la Información propuesta por Hey (2004) . . . . .	24
2.4. Sistema de Gestión de Base de Datos (DBMS). . . . .	25
2.5. Formatos BIM-CAD que contienen base de datos del proyecto. ACCA (2024) .	27
2.6. Tipos de BIM DATA, García (2024). . . . .	29
2.7. Análisis de Valor Ganado que muestra la variación del Cronograma y el Costo, PMBOOK Institute (2021) (7ma Edition). . . . .	34
2.8. Librería de extensiones mas importantes en Python, Delgado de Paz (2022). . .	36
2.9. Interoperabilidad de los informes en tiempo real, Microsoft (2024). . . . .	37
4.1. Vista panorámica del proyecto de la Villa Bolivariana en el CAMPUS UNSCH	44
4.2. Proyecto ejecutado por el Consorcio I, incluye las Obras Exteriores y el Comedor.	45
4.3. Vista en Planta del proyecto de la Villa Bolivariana- Campus UNSCH. . . . .	45
4.4. Modelo 3D, FRENTE de trabajo "COMEDOR UNIVERSITARI" para segmentación de sinergia con BIM y Lean Construction. . . . .	52
4.5. Modelo 3D, SECTORIZACION del Comedor Universitario en sinergia con BIM y Lean Construction. . . . .	53
4.6. Modelo 3D, SUBSECTORIZACION del Comedor Universitario en sinergia con BIM y Lean Construction. . . . .	53
4.7. Cuantificación por Volumen de concreto en m3 equivalente del SECTOR 1 . .	54
4.8. Cuantificación por Volumen de concreto en m3 equivalente del SECTOR 2 . .	55
4.9. Cuantificación por Volumen de concreto en m3 equivalente del SECTOR 3 . .	55
4.10. Cuantificación por Volumen de concreto en m3 equivalente del SECTOR 4 . .	55
4.11. Sector de trabajo de los muros de Contención aplicado a tren de trabajo, caso práctico. . . . .	56
4.12. Tren de Trabajo y Flujo Continuo a los FRENTEs de los muros de Contención	58
4.13. Parámetro booleano EJECUTADO para seguimiento de avance de obra, especialidad de Estructuras. . . . .	60

4.14. MODELO 3D, vista EJECUTADA de las instalaciones Sanitarias para el control en campo. . . . .	60
4.15. Proceso de Extracción de la Base de Datos (DB) del software Revit . . . . .	61
4.16. Database del archivo REVIT ODBC en ACCESS . . . . .	63
4.17. Rutina de extracción Database DB Project a Access. . . . .	66
4.18. Archivo Central de la Consultas vinculada en Access. . . . .	72
4.19. Edición en POWER QUERY y preparacion de datos analizados. . . . .	73
4.20. Lenguaje DAX para nuevos cálculos y funciones avanzadas de analíticas de datos	74
4.21. MODELO DE DATOS, esquema general de la relación (varios a uno) de la Database REVIT y la Database PROYECT. . . . .	75
5.1. Comparativo de metrados en la especialidad de Estructuras, de las partidas correspondientes a las columnas y zapatas. . . . .	79
5.2. Comparativo de metrados en la especialidad de Estructuras, de las partidas correspondientes a los muros y vigas . . . . .	79
5.3. Comparativo de metrados en la especialidad de Estructuras, de las partidas correspondientes a losas macizas y losas aligeradas. . . . .	80
5.4. Variación de precios en la especialidad de Estructuras por cada partida. . . . .	80
5.5. Comparativo de metrados en la especialidad de Arquitectura, de las partidas correspondientes a los muros de albañilería y tarrajeo. . . . .	81
5.6. Comparativo de metrados en la especialidad de Arquitectura, de las partidas correspondientes a los pisos, contrapisos, zocalos y contrazocalos. . . . .	81
5.7. Variación de precios en la especialidad de Arquitectura por cada partida. . . . .	82
5.8. Comparativo de metrados en la especialidad de Instalaciones Sanitarias, de las partidas correspondientes a AGUA FRÍA. . . . .	82
5.9. Comparativo de metrados en la especialidad de Instalaciones Sanitarias, de las partidas correspondientes a DESAGUE Y VENTILACIÓN . . . . .	83
5.10. Variación de precios en la especialidad de Instalaciones Sanitarias por cada partida. . . . .	83
5.11. Comparativo de metrados en la especialidad de Instalaciones Eléctricas, de las partidas correspondientes a las canalización, conductos y tuberías. . . . .	84
5.12. Variación de precios en la especialidad de Instalaciones Eléctricas por cada partida. . . . .	84
5.13. Comparativo de metrados de las Obras Exteriores, de las partidas correspondientes a Pavimentos de concreto . . . . .	85
5.14. Comparativo de metrados de las Obras Exteriores, de las partidas correspondientes a Muros de Contención . . . . .	85
5.15. Comparativo de metrados de las Obras Exteriores, de las partidas correspondientes a Veredas y Pisos . . . . .	86
5.16. Comparativo de metrados de las Obras Exteriores, de las partidas correspondientes a Rampas, Sardinel y Canaleta . . . . .	86
5.17. Variación de precios en Obras Exteriores por partidas. . . . .	87
5.18. Modelo 3D BIM, avance ejecutado en REVIT. . . . .	89
5.19. Avance ejecutado en Project de acuerdo al cronograma. . . . .	89

5.20. Panel de Interfaz Gráfica de Control de Proyecto en Power BI para una especialidad ESTRUCTURAS. Fuente: Elaboración propia. . . . .	90
5.21. Ver una partida, elementos BIM vinculados a una tarea de PROYECT y la visualización de porcentajes ejecutados de esta partida. Fuente: Elaboración propia. . . . .	91
5.22. Especialidades, elementos BIM vinculados a una tarea de PROYECT y la visualización de porcentajes ejecutados de cada especialidad. Fuente: Elaboración propia. . . . .	92
0.1. Frentes de Trabajo en el modelado BIM del proyecto . . . . .	106
0.2. Sectorización de las Obras Exteriores (Pavimentos y Muros de Contención) . . . . .	107
0.3. Encofrado del Comedor en el Modelo Base Activo) . . . . .	107
0.4. Metrado de la armadura estructural del proyecto por KG y diametro de Acero f'y=4200 kg/cm2 GRADO 60. . . . .	108
0.5. Modelado de la Especialidad de Arquitectura . . . . .	108
0.6. Modelado de la Especialidad de Instalaciones Sanitarias (Vista representativa) . . . . .	109
0.7. Modelado de la Especialidad de Instalaciones Eléctricas ((Vista representativa)) . . . . .	109
0.8. Modelado de la Especialidad de Instalaciones Mecánicas ((Vista representativa)) . . . . .	110
0.9. Modelado de la Especialidad de Instalaciones Mecánicas (Vista representativa de segmentos ejecutados.) . . . . .	110

# Índice de cuadros

2.1.	Herramientas y técnicas de Gestión en construcción. Fuente OPEN AI. . . . .	19
2.2.	Diferencias significativas entre diferentes herramientas y técnicas de gestión. . .	20
2.3.	Diferencias significativas entre Sistemas de gestión de bases de datos SQL DataCamp (2024). . . . .	37
4.1.	Tabla de Parametros usados en el modelado para el control de Obra . . . . .	47
4.2.	Tabla de Elementos analizados en la Especialidad de Arquitectura . . . . .	48
4.3.	Tabla de Elementos analizados en la Especialidad de Estructuras . . . . .	49
4.4.	Tabla de Elementos analizados en la Especialidad de I. Electricas . . . . .	50
4.5.	Tabla de Elementos analizados en la Especialidad de I. Sanitarias . . . . .	50
4.6.	Guia de extraccion de la base de Bases de Revit . . . . .	62
4.7.	Extraccion de datos relevantes de REVIT por categorias. . . . .	64
4.8.	Guia de extraccion de la base de Bases de Project . . . . .	66
4.9.	Extraccion de datos relevantes de Microsoft Project. . . . .	70
5.1.	Porcentaje de desperdicio (%) considerado para el analisis comparativo. . . . .	77
5.2.	Resumen comparativo de la variación de los costos existente del proyecto . . .	78
6.1.	Resumen comparativo de la variación de los costos existente en el proyecto . .	97

## **Introducción**

En las últimas décadas, la gestión en los proyectos de construcción en el país ha enfrentado desafíos significativos debido al uso de métodos tradicionales, a menudo resultan en proyectos que no se completan dentro de los plazos establecidos, generando demoras y retrasos considerables, lo que a su vez genera un impacto negativo en los costos y la calidad de las obras. Uno de los aspectos más importantes es la implementación e integración de metodologías, tecnologías avanzadas y herramientas de gestión modernas que contribuyan en la gestión eficiente y la coordinación en las diversas etapas del proyecto.

Para realizar un control eficiente de un proyecto, se requiere una adecuada organización y planificación de las actividades de la obra, pero no es suficiente, en la actualidad la evolución en la industria de la construcción tiende a implementar tecnologías avanzadas como el modelado en 3D donde se puede cuantificar los datos del proyectos con resultados mas reales. Sin embargo, esta información no se aprovecha al máximo, es allí donde se analiza los datos de este modelado 3D con fines de mejorar no solo en la cuantificación económica del proyecto sino tener un control desde el modelo virtual durante el proceso constructivo en el ciclo de vida del proyecto.

El análisis de datos en BIM ingresa como un enfoque en el uso de tecnologías y herramientas avanzadas para almacenar, procesar y analizar grandes volúmenes de datos generados en proyectos de construcción, el objetivo principal es extraer información útil, identificar patrones y proporcionar conocimientos que ayuden en la toma de decisiones estratégicas en entornos colaborativos con la finalidad de hacer uso correcto del tiempo y recursos, esto conlleva a mejoras ante cambios no controlados durante el proyecto en una planificación deficiente, complejidad

de las tareas, comunicación eficiente y coordinación con todos los actores involucrados en el proyecto.

El objetivo de esta investigación es analizar los datos de información del modelo virtual 3D en el software REVIT, donde esta información permite crear un puente para acceder a los datos existentes en Microsoft Project donde se tiene el cronograma del proyecto en un periodo de tiempo y costo ejecutado, los datos de esta información compartida se almacena en un archivo central en Microsoft Access que permite almacenar, organizar y gestionar grandes cantidades de datos que usa un lenguaje de programación en VBA (Visual Basic for Applications) y SQL (Structured Query Language) para consultar y manipular datos en sus bases de datos. Por ultimo dichos datos se organizan y analizan en Power BI una herramienta de inteligencia empresarial desarrollada por Microsoft que permite transformar y visualizar datos de diversas fuentes para tomar decisiones estratégicas en este caso el estado actual de un proyecto de construcción.

# Capítulo I

## Planteamiento del problema

### 1.1. Descripción del problema (mundial, país, región)

#### 1.1.1. Descripción del Problema Mundial

La ciencia de datos se ha convertido en una herramienta esencial para abordar problemas complejos a nivel mundial, la creciente disponibilidad y el fácil acceso a grandes cantidades de datos, junto con los avances en tecnología y potencia informática, han creado una gran cantidad de oportunidades para aprovechar los datos en diversos campos e industrias. En la actualidad todos los sectores e industrias almacenan gran cantidad de datos lo cual analizarlos es muy complejo como en el caso del sector construcción, sin embargo un procedimiento selectivo y en cantidad me permite tomar decisiones mas estratégicas durante las etapas de construcción (Afsharian (2024)).

Si bien la adopción de BIM ha crecido en los últimos años, su potencial total, particularmente en términos de reducción de tiempo y precisión, sigue siendo poco explorado (Álvarez Díaz, Mulero-Palencia, Andrés-Chicote, y Martarelli (2024)). Superar los desafíos clave de las prácticas comunes tediosas y propensas a errores en la gestión de datos en proyectos 3D

dentro del entorno construido sigue siendo un limitante, por razones como:

- **Complejidad de Datos:** Los proyectos 3D generan una gran cantidad de datos, desde modelos BIM hasta datos de control y monitoreo en tiempo real. Gestionar y analizar estos datos de manera eficiente es un desafío significativo.
- **Falta de Integración:** Muchas veces, los datos se encuentran desorganizados, lo que dificulta la integración y el análisis estadístico. Esto puede llevar a decisiones no tan óptimas y retrasos en el proyecto.
- **Errores Humanos:** La gestión manual de datos y la toma de decisiones pueden estar sujetas a errores humanos, lo que puede resultar en costos adicionales y retrasos.
- **Optimización de Recursos:** La asignación y utilización eficiente de recursos (materiales, mano de obra, tiempo) es crucial para el éxito de cualquier proyecto. Sin una gestión adecuada, los recursos pueden desperdiciarse como tradicionalmente suele hacerse.

### **1.1.2. Descripción del Problema Nacional**

En Perú, los proyectos de inversión pública suelen enfrentar demoras significativas, esto se debe a diversos factores incluyendo la burocracia, la falta de coordinación entre entidades y problemas en la formulación de expedientes técnicos.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (**INEI (2022)**) los problemas comunes en la ejecución de obras mas frecuentes son por:

- Falta de Recursos Financieros.
- Incumplimiento de Contratos.
- Deficiencia en la Formulación de Expedientes Técnicos.

- Burocracia y Trámites Administrativos.

Según el reporte de obras paralizadas en territorio nacional (**Contraloría (2022)**) al II trimestre del 2022, había 2346 obras públicas paralizadas, con un costo actualizado de más de S/ 29 mil 732 millones.

Sector	Nivel de gobierno					Costo actualizado S/
	Nacional	Regional	Local	Total general		
	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	%	
Transportes y Comunicaciones	61	82	531	674	28.7	10 864 077 791
Vivienda, Construcción y Saneamiento	85	34	404	523	22.3	3 966 211 498
Agricultura	72	44	141	257	11.0	4 100 861 113
Educación	44	55	132	231	9.8	1 376 070 230
Cultura	9	7	144	160	6.8	608 733 171
Salud	15	25	31	71	3.0	3 867 927 596
Otros sectores	82	27	321	430	18.4	4 948 326 434
<b>Total</b>	<b>368</b>	<b>274</b>	<b>1704</b>	<b>2346</b>	<b>100%</b>	<b>29 732 207 833</b>

Figura 1.1: Obras paralizadas por sector de gobierno, Contraloría de la República, 2022.

Según el reporte de obras paralizadas en territorio nacional (**Contraloría (2023)**) a mayo del 2023, había 1609 obras públicas paralizadas, con un costo actualizado de más de S/ 22 mil 648 millones.

Sector	Nivel de gobierno						
	G. Nacional	G. Regional	G. Local	Total general		Costo actualizado	
	Cant.	Cant.	Cant.	Cant.	%	S/	%
TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	48	45	342	435	27.0%	8,645,074,881	38.2%
VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO	61	25	299	385	23.9%	3,360,357,486	14.8%
AGRICULTURA	60	30	120	210	13.1%	1,724,876,786	7.6%
EDUCACIÓN	24	25	87	136	8.5%	716,679,563	3.2%
CULTURA	4	3	104	111	6.9%	489,909,369	2.2%
SALUD	22	20	15	57	3.5%	3,534,149,133	15.6%
OTROS SECTORES	37	23	215	275	17.1%	4,177,902,682	18.4%
<b>Total</b>	<b>256</b>	<b>171</b>	<b>1182</b>	<b>1609</b>	<b>100%</b>	<b>22,648,949,901</b>	<b>100%</b>

Figura 1.2: Obras paralizadas por sector de gobierno, Contraloría de la República, 2023.

Según el reporte de obras paralizadas en territorio nacional (**Contraloría (2024)**) a junio del 2024, hay 2256 obras públicas paralizadas, con un costo actualizado de más de S/ 36 mil 122 millones.

millones.

Sector	Nivel de gobierno						
	G. Nacional	G. Regional	G. Local	Total general		Costo actualizado	
	N.º	N.º	N.º	N.º	%	S/	%
Transportes y Comunicaciones	46	82	504	632	28.0%	10,694,637,656	29.6%
Vivienda, Construcción y Saneamiento	76	47	369	492	21.8%	6,631,321,863	18.4%
Educación	43	51	233	327	14.5%	1,923,509,727	5.3%
Agricultura	78	52	159	289	12.8%	8,621,456,646	23.9%
Energía y Minas	36	7	30	73	3.2%	396,091,601	1.1%
Salud	13	30	26	69	3.1%	4,023,883,972	11.1%
Otros Sectores	64	29	281	374	16.6%	3,831,426,421	10.6%
<b>Total</b>	<b>356</b>	<b>298</b>	<b>1602</b>	<b>2256</b>	<b>100.0%</b>	<b>36,122,327,887</b>	<b>100.0%</b>

Figura 1.3: Obras paralizadas por sector de gobierno, Contraloría de la República, 2024.

La información refleja que los proyectos en el Perú tienen un déficit en gestión de proyectos. Estos problemas y demoras en la ejecución de proyectos afectan significativamente el desarrollo de infraestructura y servicios públicos en el país. La implementación de la ciencia de datos y tecnologías avanzadas podría ayudar a mejorar la gestión y eficiencia de estos proyectos. Si analizamos un proyecto de construcción en el país es poco usual tener un registro diario y analítico muy bien documentado donde con una visualización de un informe pueda comprender el estado actual de un proyecto.

### 1.1.3. Descripción del Problema Regional

Según **Rodríguez Bautista (2020)** en sus tesis: *Información para proyectos de inversión del Gobierno Regional de Ayacucho*", trata sobre la investigación realizada en el Gobierno regional Ayacucho donde abarca 263 obras de infraestructura, se utilizaron entrevistas y análisis documental donde los proyectos de construcción enfrentan varios problemas significativos. Cada año se llevan a cabo proyectos de inversión, lo que genera dificultades, ya que se incrementa la información y no se cuenta con un sistema o medio tecnológico que permita el control so-

bre sus progresos físicos y financieros de las obras que llevan a cabo, lo que ocasiona pérdida de información y falta de seguimiento a los proyectos. Con esta información se demuestra que existe una mala gestión en los proyectos de construcción en la región, lo cual es un problema de información de datos y gestionamiento.

En Ayacucho, no se ha documentado ampliamente el uso de ciencia de datos en proyectos de construcción, este enfoque es nuevo para el entorno local y complementario a BIM en proyectos de infraestructuras modernas a bajo costo. Esto permite innovar en el análisis y visualización de grandes volúmenes de datos en tiempo real, aún más si son proyectos de construcción. Esto mejorará la toma de decisiones, la gestión de recursos, el incremento en la transparencia y comunicación entre los equipos de trabajo.

#### **1.1.4. Espacial (geográfica)**

La Villa Bolivariana es una obra de infraestructura moderna que forma parte del proyecto de los "Juegos Bolivarianos del Bicentenario 2024". El proyecto se ubica en el Campus UNSCH, en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga cuyo legado beneficiará a más de 12 mil universitarios siendo la futura residencia universitaria y el comedor universitario de la UNSCH.

#### **1.1.5. Temporal**

El inicio de la obra se llevó a cabo en julio de 2024 y se prevé su conclusión para octubre del año 2024 con un tiempo de ejecución de 4 meses, en la actualidad se encuentra en proceso de construcción.

#### **1.1.6. Temática y unidad de análisis**

La temática se centra en el uso de los datos de información generados de un modelo virtual BIM 3D de un proyecto, donde la organización y el acceso a estos datos optimizan la gestión de proyectos, esto conlleva mejoras en las decisiones estratégicas entre los participantes implicados

y las distintas especialidades junto con la programación del proyecto, mayor control y monitoreo en tiempo real desde el modelo virtual.

La unidad de análisis es el proyecto de la Villa Bolivariana en Ayacucho, implica que la investigación examinará los datos de información relacionados con este proyecto específico para evaluar y proponer mejoras en la gestión del mismo.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el impacto del análisis de datos BIM para mejorar la gestión eficiente de un proyecto 3D en la construcción de la Villa Bolivariana en la ciudad de Ayacucho,2024?

### **1.2.2. Problemas específicos**

1. ¿Cual es la situación actual de la gestión eficiente de un proyecto BIM 3D en la construcción de la Villa Bolivariana en la ciudad de Ayacucho,2024?
2. ¿Cómo se compara la gestión de proyectos 3D con BIM con la gestión tradicional en términos de tiempo, costos y calidad en la construcción de la Villa Bolivariana en la ciudad de Ayacucho,2024?
3. c) ¿Cómo visualizar el proceso constructivo en tiempo real en una gestión eficiente de un proyecto BIM 3D a partir de los datos del modelado virtual, en la construcción de la Villa Bolivariana en la ciudad de Ayacucho,2024?

### **1.3. Justificación e importancia**

La justificación radica en que el proyecto de la Villa Bolivariana, es una construcción de infraestructura moderna situada en la ciudad de Huamanga, cuyo plazo de ejecución es no mayor de 4 meses, este tipo de proyectos de construcción en el país ha enfrentado desafíos significativos debido al uso de métodos tradicionales, a menudo resultan en proyectos que no se completan dentro de los plazos establecidos, generando demoras y retrasos considerables. En consecuencia, es necesario la implementación e integración de metodologías, tecnologías avanzadas y herramientas de gestión modernas que contribuyan en la gestión eficiente y la coordinación en las diversas etapas del proyecto. El objetivo de esta investigación es analizar los datos de información del modelo virtual 3D en el software REVIT, extraer información útil, identificar patrones y proporcionar conocimientos que ayuden en la toma de decisiones estratégicas en entornos colaborativos con la finalidad de hacer uso correcto del tiempo y recursos, esto conlleva a mejoras ante cambios no controlados durante el proyecto en una planificación deficiente, complejidad de las tareas, comunicación eficiente y coordinación con todos los participantes involucrados en el proyecto.

La importancia del análisis de datos en BIM es el uso de tecnología en proyectos de construcción a bajo costo, el uso de herramientas avanzadas con software comerciales y accesibles (REVIT, MICROSOFT EXCEL, S10 Costos y Presupuestos, MICROSOFT PROJECT, MICROSOFT ACCESS, POWER BI) es un atractivo en el mercado laboral, esto posibilita un impacto en la sociedad y en el país, a la vez se usa al máximo todos los recursos disponibles del proyecto como el modelo 3D REVIT cuya representación final es un control dinámico estadístico en tiempo real del proyecto ejecutado, al tomar decisiones estratégicas la gestión del proyecto se hace mas eficiente y la coordinación para monitorear con todos los actores involucrados es fructífero. Finalmente, permitirá mejorar los proyectos a futuro en la region y en el país, reducir: costos innecesarios, optimizar recursos, a la vez mejorar: complejidad de las tareas y la coordinación eficiente.

## **1.4. Limitaciones de la investigación**

- El proyecto es con fines de investigación el cual no contempla culminar todo el proyecto en si.
- De los diversos datos usados del modelado en BIM solo se analiza datos de gestión de proyectos mas no datos para: analisis estructural, analisis geotécnico, análisis hidráulico y analisis de eficiencia energética.
- La metodología no es aplicada en el proyecto, por lo cual es una alternativa ante los déficit presentes en el proyecto.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Identificar y organizar los datos BIM para mejorar la gestión de un proyecto 3D a partir del modelado BIM en la construcción de la Villa Bolivariana en la ciudad de Ayacucho,2024.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

1. Identificar y describir la situación actual de una gestión eficiente de un proyecto BIM 3D en la construcción de la Villa Bolivariana en la ciudad de Ayacucho,2024.
2. Comparar la gestión de proyectos 3D con BIM con la gestión tradicional en términos de tiempo, costos y calidad en la construcción de la Villa Bolivariana en la ciudad de Ayacucho,2024.
3. Visualizar el proceso constructivo en tiempo real en una gestión eficiente de un proyecto BIM 3D a partir los datos del modelado virtual, en la construcción de la Villa Bolivariana en la ciudad de Ayacucho,2024.

# Capítulo II

## Marco teórico

### 2.1. Antecedentes

El análisis de datos en BIM (Building Information Modeling) mediante Power BI surge como una respuesta a la necesidad de integrar y visualizar grandes volúmenes de datos generados en proyectos de construcción, lo que posibilita una gestión más eficiente y colaborativa. Esta integración permite la elaboración de informes y paneles interactivos que mejoren la toma de decisiones y la comunicación entre los equipos de proyecto.

#### 2.1.1. Investigaciones internacionales

- Según **Navas (2018)**, en su artículo "*BIM DATA. La gestión de datos del BIM*". Destaca que la verdadera revolución en el sector AECO (Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Mantenimiento), empieza desde los datos volcados a papel, como el grafismo en formatos portables PDF, hacia la transición hacia un único VDC, (Virtual Design Construction) que actuará como elemento contenedor del proceso donde incorpore todos los datos necesarios para su análisis por organismos públicos o privados, memorias, mediciones, cálculos, planos, etc. Se destaca un ejemplo: cuando desde el departamento de administración se

necesita información gráfica o datos para la gestión diaria de procesos administrativos, generándose una dependencia innecesaria a modo de petición de información a la oficina técnica, por tanto, se presencia complejidad de funcionamiento y pérdida de calidad de los procesos productivos. Si a esto le sumamos la posibilidad de que sea en tiempo real, reducimos los tiempos considerablemente y aumentamos la calidad y productividad de los procesos. A partir de esta necesidad surgen los flujos de datos que nace de software BIM, que interconectado a través de un “addon” plugin es capaz de recuperar del VDC los datos requeridos e introducirlos en una hoja de cálculo donde serán tratados de una forma más eficiente para después devolverlos al modelo en forma gráfica y analítica, esto se considera: “Agricultura de datos”, siembra, mantenimiento y recolecta, tiene una estrecha relación con el BIM-data, GIS-data, que, a su vez forman parte del BIG-data.

- Para **Saif, RazaviAlavi, y Kassem (2024)**, en su investigación “*Gemelo digital de la construcción: una taxonomía y análisis de la tríada aplicación-tecnología-datos*”, señala que el sector de la construcción, se ha iniciado el cambio hacia la digitalización y la automatización en el marco de la Industria, pero a un ritmo más lento en comparación con otros sectores avanzados como el aeroespacial, la manufactura y la automoción. Esto se debe a la estructura compleja y fragmentada de la industria de la construcción y la incertidumbre, con varios actores involucrados a lo largo de su ciclo de vida del proyecto que emplean diferentes herramientas y procesos. A pesar de estos desafíos prevalecientes, se han realizado esfuerzos de colaboración entre la industria, la academia y los responsables políticos para mejorar la productividad dentro del sector de la construcción mediante la adopción de nuevos procesos y tecnologías. Las iniciativas en torno al Building Information Modelling (BIM) son un ejemplo notable de este tipo de esfuerzos. Esta investigación concluye que la digitalización promueve en gran medida la recopilación y comunicación precisas de información donde las soluciones de automatización pueden ayudar a colaborar o incluso reemplazar el trabajo humano, por lo tanto: resultan en una alta produc-

tividad, un entorno de trabajo más seguro, también ahorros en el consumo de materias primas, reciclaje de materiales, reducción de residuos de construcción y demolición, etc.

- Para **Santiago Rioja (2022)**, en su investigación “*Planteamiento de una herramienta de seguimiento y control de proyectos de construcción de infraestructura vial soportado en Power BI dentro de Joyco SAS BIC*”. Desarrolla una herramienta en Joyco SAS BIC (Colombia), utilizando Power BI para diseñar un tablero de control que evalúa y reporta el estado del proyecto mediante EVM. Esta herramienta emplea bases de datos, metodología BIM y visualización interactiva, facilitando la consulta y comprensión de la información a través de una plataforma en línea, y es viable y práctica para la organización. Destaca que la gestión de proyectos de construcción es esencial para asegurar el cumplimiento de los parámetros de desempeño como tiempo, costo y calidad. Donde concluye que un análisis detallado y riguroso de la ejecución del proyecto permite tomar decisiones informadas. Herramientas basadas en TIC, como la analítica de datos y business intelligence, pueden ser implementadas para mejorar la gestión.
- Según **Hasbleidi (2024)** en su investigación “*Automatización de procesos presupuestales para proyectos de construcción a partir de la integración de metodologías de gestión, Software ERP y manejo de base de datos mediante Power Query*”. Esta investigación se centra en optimizar los procesos de elaboración y manejo de presupuestos en proyectos de construcción en Colombia, aprovechando la aceptación de BIM (Building Information Modeling) en la industria. Identifica problemas como metodologías de trabajo incorrectas, bases de datos inexactas y desconexión entre áreas, que afectan la precisión del presupuesto y el cumplimiento de metas económicas. Propone una metodología automatizada que integra BIM con software ERP y Power Query para gestionar datos y recursos empresariales de manera más eficiente. La investigación busca transformar la metodología tradicional de presupuestos en una más automatizada y digital, reduciendo tiempos operativos, errores en datos y mejorando la integración de herramientas digitales.

- Para **Javier Alfonso (2024)** en su investigación de máster “*Sistema de control y supervisión presupuestal en obras civiles y de mantenimiento para QS Ingeniería, mediante metodología BIM*”. Hace mención como objetivo desarrollar un sistema de control presupuestal para QS Ingeniería, una empresa especializada en obras civiles y mantenimiento, utilizando la metodología BIM (Building Information Modeling). BIM permite crear y gestionar información digital de los proyectos a lo largo de su ciclo de vida, mejorando la colaboración entre los diferentes agentes involucrados. El sistema propuesto integra herramientas tecnológicas como ETL (Extract, Transform, Load), DWH (Data Warehouse), reportes en Power BI y macros en VBA para Excel. Estas herramientas permiten extraer, transformar, almacenar y analizar datos de los proyectos, generar informes interactivos y automatizar procesos, optimizando así la gestión presupuestal.

### **2.1.2. Investigaciones nacionales**

- Según **Flores Huarancca (2019)** en su investigación “*Tablero de control de operaciones de servicios de tecnología de información usando la norma ISO 18295 y ISO 27*”. Se enfoca en desarrollar un Datamart para implementar un Dashboard con Power BI, con el objetivo de mejorar la toma de decisiones en proyectos de construcción. Se compara el método tradicional con el nuevo enfoque basado en Power BI, evaluando tiempos, costos y la influencia de esta herramienta. Los resultados muestran que el Datamart facilita la creación de Dashboards interactivos y comprensibles, mejorando la precisión y eficiencia en la toma de decisiones. El uso de Power BI permite visualizar datos en tiempo real, reduciendo errores y optimizando costos y tiempos en los proyectos.
- Para **Martínez Belevan (2023)** en su investigación “*Propuesta para el control de tiempo y costo en la etapa de construcción aplicando la metodología BIM y plataformas colaborativas en proyectos multifamiliares en Lima*”. Aborda el problema del deficiente control sobre el tiempo y el costo en proyectos de construcción, donde muchas empresas solo uti-

lizan valorización y cronogramas como herramientas de control. Propone la unificación de modelos tridimensionales con dashboards para mejorar el control de tiempo y costo en proyectos de edificaciones multifamiliares en Lima. Utilizando información de tres obras y modelado tridimensional con Revit, se generaron dashboards con Power BI. La implementación de esta propuesta permitió verificar mejoras en los índices de varianza y rendimiento, optimizando así el control de tiempo y costo en la etapa de ejecución de los proyectos.

- Según **Aguilar Zavaleta (2024)**, en su investigación titulada “*Impacto social de las dificultades encontradas en la adopción del BIM en empresas constructoras en Perú*”. Hace mención acerca de las dificultades que enfrentan las empresas constructoras peruanas al intentar implementar el modelo de información de construcción (BIM). A pesar de los beneficios de BIM en términos de eficiencia, calidad y mejora del ciclo de vida de los proyectos, su adopción en Perú ha sido lenta. El estudio explora los desafíos específicos, como la falta de conocimiento y experiencia en BIM, que afecta a más del 65 % de las empresas y técnicos. Además, busca proporcionar alternativas para superar estas barreras, con el objetivo de preparar a la industria para la obligatoriedad de BIM en 2030 y analizar su impacto social.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Ciencia de Datos y su influencia en el BIM**

#### **2.2.1.1. Ciencia de Datos**

La ciencia de datos ha revolucionado la industria de la construcción, la arquitectura y la ingeniería. Destaca que, en un mundo dominado por los datos, estas industrias buscan constantemente formas innovadoras de aprovechar la gran cantidad de información disponible. La

ciencia de datos ha transformado la manera en que los profesionales abordan sus proyectos, mejorando la toma de decisiones, la eficiencia y los resultados generales. La integración de la ciencia de datos en la industria de la construcción, la arquitectura y la ingeniería cambia las reglas del juego. Mejora todas las fases de un proyecto, desde la planificación y el diseño hasta la construcción y el mantenimiento. A medida que la tecnología continúa avanzando, la industria se beneficiará aún más de los conocimientos y la eficiencia que proporciona la ciencia de datos. La adopción de estas innovaciones no solo fomenta el crecimiento y la competitividad, sino que también garantiza un futuro sostenible y más seguro para los proyectos de construcción en todo el mundo, menciona (**Dhruvon (2024)**).

Los avances en tecnologías de la información y la ciencia de datos han facilitado el acceso, almacenamiento y análisis de grandes volúmenes de datos, permitiendo un enfoque basado en big data. Este enfoque es eficiente y requiere menos información detallada del edificio, lo que lo hace ideal para aplicaciones en línea. Los datos masivos permiten modelar el rendimiento energético de los edificios de manera más precisa y práctica, optimizando cada fase del ciclo de vida del edificio. Además, con el crecimiento de los edificios inteligentes y las ciudades inteligentes impulsadas por la IA, el uso de big data se convierte en un complemento esencial para las metodologías de investigación existentes, enriqueciendo el conocimiento y mejorando la eficiencia en la construcción (**Cheng Fan (2021)**).

#### **2.2.1.2. Influencia del BIM**

Building Information Modeling (BIM) es una metodología que permite la creación y gestión de representaciones digitales de las características físicas y funcionales de un edificio. La industria de la construcción experimenta una gran transformación debido a la rápida evolución de la tecnología conocida como modelado de información de construcción (BIM). Se trata de una técnica basada en modelos 3D que combina datos de diversas disciplinas, como la construcción, la ingeniería y la arquitectura. Con el uso de esta información, las partes interesadas

en el proyecto pueden colaborar mejor, comunicarse mejor, correr menos riesgos de errores y omisiones, y trabajar de manera más productiva (Saad Alotaibi y cols. (2024)).

Segun (McGraw Hill Construction (2014)) analiza el impacto y los beneficios del uso de BIM (Building Information Modeling) en nueve de los principales mercados de construcción del mundo: Australia/Nueva Zelanda, Brasil, Canadá, Francia, Alemania, Japón, Corea del Sur, EE.UU. y el Reino Unido. El estudio revela que los contratistas en estos mercados reportan mejoras significativas en productividad, eficiencia, calidad y seguridad gracias a la implementación de BIM. Además, destaca que tres cuartas partes de las empresas de construcción obtienen un retorno positivo de la inversión (ROI) en sus programas de BIM y tienen estrategias claras para mejorar aún más este ROI. La investigación también proporciona una visión detallada de cómo BIM está transformando la industria de la construcción a nivel global, mejorando la competitividad y facilitando la adopción de prácticas innovadoras

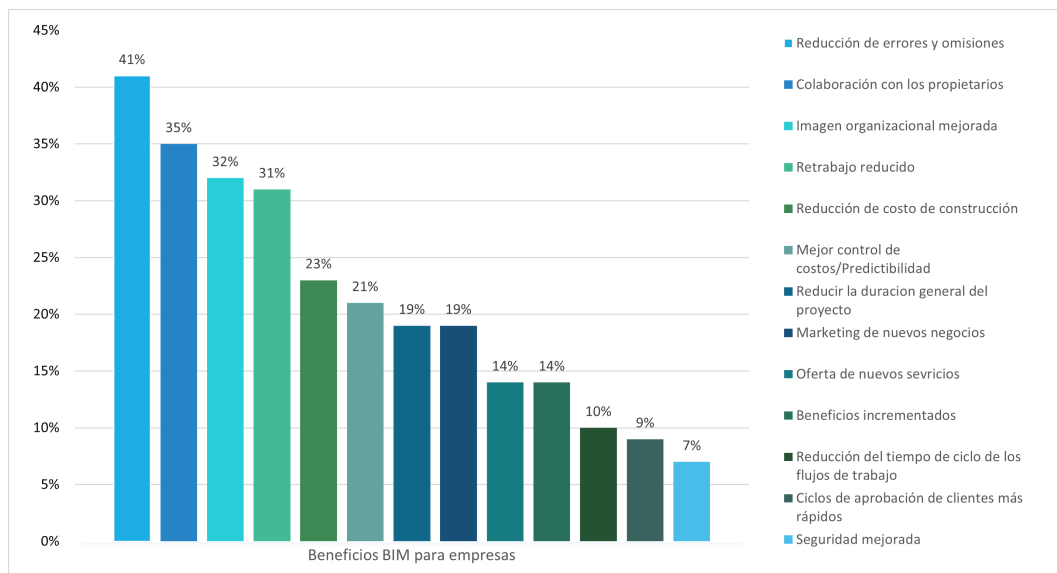


Figura 2.1: Impacto de aplicación del BIM en proyectos. Extraído de McGraw Hill Construction (2014)

### **2.2.2. Gestión de proyectos y la industria de la construcción**

La industria de la construcción es una de las industrias más importantes del mundo, pero hoy en día es una de las más ineficientes y tardías en la adopción de los avances tecnológicos. Por otra parte, ha proliferado el desarrollo de la tecnología Building Information Modeling (BIM), lo que ha generado una revolución en el trabajo y la realización de proyectos. La gestión de proyectos en la industria de la construcción es un campo crucial que abarca la planificación, coordinación y control de un proyecto desde su inicio hasta su finalización. Además, la adopción de enfoques colaborativos y el uso de tecnologías de la información han transformado la manera en que se gestionan los proyectos, permitiendo una toma de decisiones más informada y eficiente. La integración de herramientas como Power BI para la visualización de datos en tiempo real también ha sido clave para mejorar el control y seguimiento de los proyectos. El objetivo es unificar los procesos de ambas metodologías, eliminando redundancias y simplificando el trabajo de los gerentes de proyectos y otros profesionales de la industria para gestionar sus proyectos de manera más simple y eficiente (Acebes, Testa, Alonso, y Curto (2023)).

### **2.2.3. Herramientas y técnicas de Gestión**

Las herramientas y técnicas de gestión relacionadas con BIM (Building Information Modeling) han evolucionado significativamente, permitiendo una mejor coordinación y eficiencia en los proyectos de construcción. Entre las herramientas más destacadas se encuentran Autodesk Revit, ArchiCAD, y Navisworks, que facilitan la creación y gestión de modelos tridimensionales detallados. Además, plataformas como Autodesk Construction Cloud y BIM 360 integran la gestión de documentos, seguimiento de RFIs (Request for Information) y control de versiones, mejorando la colaboración en tiempo real entre los equipos de proyecto. Técnicas como la integración de BIM con herramientas de análisis de datos como Power BI permiten la visualización interactiva y el análisis de grandes volúmenes de datos, optimizando la toma de decisiones y el seguimiento del proyecto. La adopción de tecnologías emergentes como la realidad vir-

tual (VR) y la realidad aumentada (AR) también está transformando la gestión de proyectos, proporcionando simulaciones y visualizaciones inmersivas que mejoran la planificación y la comunicación, mencionan **Bolpagni (2022); Doukari, Kassem, y Greenwood (2023); Sidani, Dinis, Sanhudo, Duarte, y ASoeiro (2021)**.

Las herramientas y técnicas de gestión en la construcción son fundamentales para planificar, coordinar y supervisar proyectos de manera eficiente. Estos incluyen software y metodologías que ayudan a optimizar recursos, reducir costos y mejorar la calidad de los proyectos. A continuación, se describen algunas de las principales herramientas y técnicas de gestión.

Cuadro 2.1: Herramientas y técnicas de Gestión en construcción. Fuente OPEN AI.

Aspecto	BIM Construction	Lean Construction	VDC	Last Planner System	Data Science
Enfoque	Crear y gestionar modelos digitales 3D de edificios y sus datos asociados.	Maximizar valor y minimizar desperdicios en la construcción.	Utilizar modelos digitales para planificar y gestionar proyectos de construcción.	Planificación colaborativa y gestión de tareas en proyectos de construcción.	Extraer conocimientos y patrones a partir de grandes volúmenes de datos
Objetivo	Mejorar la coordinación, comunicación y comprensión del diseño y construcción	Mejorar la eficiencia y productividad mediante la eliminación de actividades sin valor agregado.	Optimizar el rendimiento en la gestión de procesos de diseño y construcción.	Mejorar la planificación y ejecución de proyectos mediante la colaboración y el compromiso de los equipos.	Facilitar la toma de decisiones basada en datos mediante análisis y visualización.
Métodos	Integración de datos en un modelo digital, visualización y simulación del proyecto.	Mejora continua, planificación colaborativa, gestión visual.	Uso de modelos BIM 3D, planificación digital	Planificación a corto plazo, reuniones diarias, seguimiento de compromisos	Análisis de datos, modelado, visualización con herramientas como Power BI
Herramientas	Software BIM (Revit, Navisworks), plataformas colaborativas.	Tableros Kanban, Value Stream Mapping	Modelos BIM, ICE (Integrated Concurrent Engineering), PPM (Project Production Management)	Tableros de planificación, software de gestión de proyectos.	Lenguajes de programación (Python, R, VBA), herramientas de visualización (Power BI, Tableau).
Aplicaciones	Diseño y construcción de edificios, coordinación de equipos, gestión de información del proyecto.	Optimización de flujos de trabajo, reducción de desperdicios, mejora de la productividad.	Planificación y gestión de proyectos de construcción, estimación de costos	Planificación y ejecución de proyectos de construcción, mejora de la comunicación y coordinación.	Análisis de grandes volúmenes de datos, visualización de datos, toma de decisiones informadas.
Beneficios	Reducción de errores y omisiones, mejora de la coordinación, mayor comprensión del proyecto.	Reducción de costos, mejora de la calidad, aumento de la satisfacción del cliente.	Reducción de tiempo y costos, mejora de la calidad del proyecto, mejor integración de equipos.	Mejora de la planificación y ejecución, reducción de retrasos, aumento de la productividad.	Mejora de la eficiencia operativa, identificación de oportunidades, optimización de recursos.
Ejemplos de Uso	Proyectos de construcción, infraestructura, gestión de instalaciones.	Proyectos de construcción, manufactura, servicios.	Grandes proyectos de construcción, infraestructura, edificios complejos.	Proyectos de construcción, infraestructura, manufactura.	Empresas de tecnología, finanzas, salud, marketing, construcción.

Cuadro 2.2: Diferencias significativas entre diferentes herramientas y técnicas de gestión.

	BIM Construction	Lean Construction	VDC	Last Planner System	Data Science
Eficiencia y Productividad	Mejora la coordinación y reduce errores.	Elimina desperdicios y optimiza procesos.	Planifica digitalmente todos los aspectos del proyecto.	Mejora la planificación y ejecución colaborativa.	Proporciona información estadística basados en datos.
Costos y Desperdicios	Identifica problemas antes de la construcción.	Reduce actividades sin valor agregado.	Optimiza la planificación y gestión de recursos.	Reduce retrasos y mejora la eficiencia.	Optimiza el uso de recursos y costos.
Comunicación y Colaboración	Proporciona un modelo digital compartido.	Fomenta la planificación colaborativa.	Facilita la integración de equipos multidisciplinares.	Mejora la comunicación y coordinación diaria.	Mejora la transparencia y colaboración.
Toma de Decisiones	Proporciona datos precisos y actualizados.	Utiliza datos para mejorar procesos.	Planifica y gestiona riesgos basados en datos.	Mejora la toma de decisiones a corto plazo.	Facilita decisiones informadas.

#### 2.2.4. Creación de informes y transformación digital

La creación de informes y la digitalización de proyectos en la industria de la construcción han transformado significativamente la manera en que se gestionan y ejecutan los proyectos. La digitalización permite una mejor gestión de la información, facilitando el acceso, almacenamiento y análisis de datos en tiempo real. Herramientas como BIM (Building Information Modeling) y Power BI son fundamentales en este proceso, ya que permiten la creación de modelos digitales detallados y la visualización interactiva de datos, respectivamente. Según **Tulokas, Haapasalo, y Tampio (2024)**, la implementación de BIM y herramientas de análisis de datos ha mejorado la eficiencia y la calidad de los proyectos de construcción. Además, la digitalización facilita la generación de informes precisos y actualizados, lo que mejora la toma de decisiones y la comunicación entre los equipos de proyectos (**León-Romero, Aguilar-Fernández, Luque-Sendra, Zamora-Polo, y Francisco-Márquez (2024)**). La integración de tecnologías emergentes como la realidad aumentada y la realidad virtual también está revolucionando la manera en que se planifican y ejecutan los proyectos, proporcionando simulaciones y visualizaciones inmersivas, menciona (**Amo Larbi, Tang, Amo Larbi, Abankwa, y Darko Danquah (2024)**).

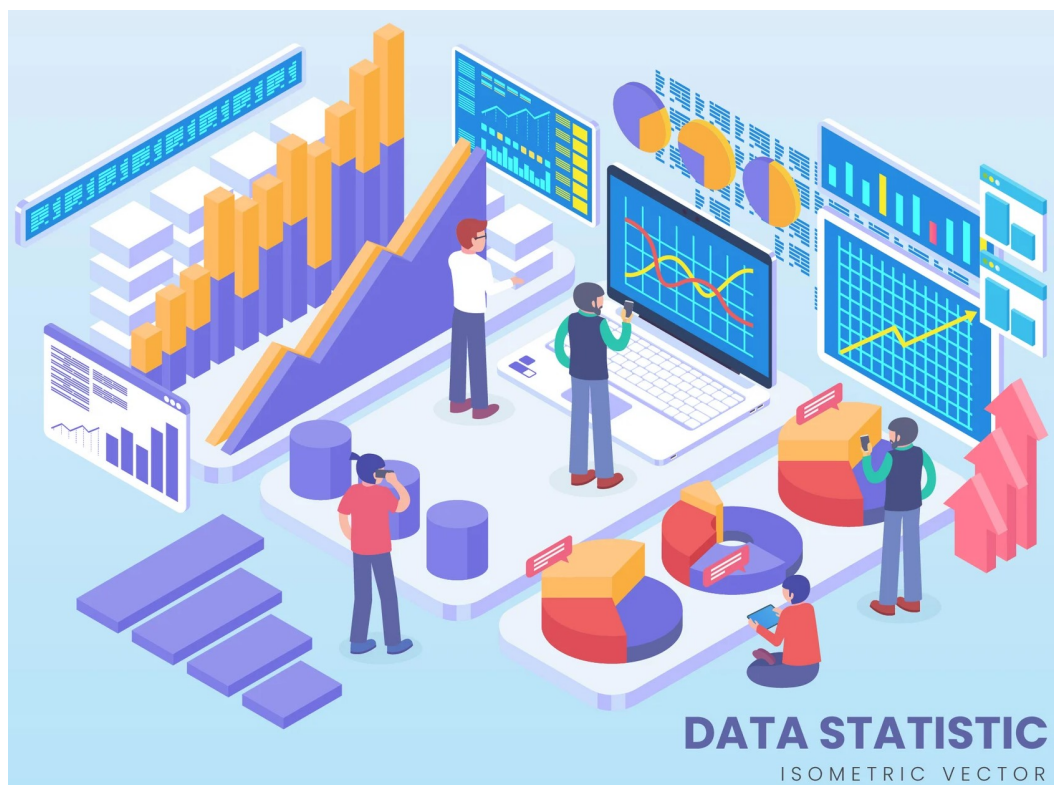


Figura 2.2: Monitoreo en tiempo real de un proyecto digitalizado.

### 2.2.5. Normas ISO aplicables al diseño, construcción y mantenimiento con metodología BIM

Algunas normas ISO que pueden ser aplicables a proyectos BIM, la construcción y el mantenimiento de estas estructuras, tanto en Perú como en el extranjero, son:

- ISO 19650: Es un estándar internacional que regula la gestión de la información sobre todo el ciclo de vida de un bien construido, utilizando el Building Information Modeling (BIM). Define los procesos colaborativos para la gestión eficaz de la información durante la fase de entrega y de funcionamiento de los bienes (**EDITORIAL TEAM (2022)**).
- Plan BIM Peru(2023): El Plan BIM Perú es una iniciativa del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) para la adopción de la metodología BIM en las inversiones públicas en infraestructura en todo el país. Este plan busca mejorar la eficiencia y calidad de los

proyectos de construcción mediante el uso de BIM (**Ministerio de Economía y Finanzas (2023)**).

### **2.2.6. Desafíos y limitaciones del Análisis de Datos en el contexto de la industria de la construcción**

El analista en datos se enfrenta a desafíos significativos, desde la gestión de grandes volúmenes de datos hasta la necesidad de mantenerse actualizado con las últimas tecnologías.

Los datos también enfrenta algunos desafíos y limitaciones, como:

- **Calidad y fiabilidad de los datos:** Los datos incorrectos pueden llevar a conclusiones erróneas, así también grandes pérdidas económicas.
- **Volumen de datos:** La cantidad de datos generados en un proyecto de construcción puede ser abrumadora. Gestionar y analizar estos grandes volúmenes de datos requiere herramientas y habilidades especializadas.
- **Protección de Datos:** Asegurar que los datos sensibles estén protegidos contra accesos no autorizados es una preocupación constante.

### **2.2.7. Oportunidades y tendencias de mejora e innovación en análisis de datos en la industria de la Construcción**

El análisis de datos en la industria de la construcción está evolucionando rápidamente, impulsado por tecnologías emergentes como la IA, el IoT y los gemelos digitales. Estas innovaciones ofrecen oportunidades significativas para mejorar la eficiencia, reducir costos y optimizar la toma de decisiones. A medida que la industria continúa avanzando, aquellos que adopten proactivamente estas tendencias estarán mejor posicionados en el mercado laboral.

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Importancia de los datos y base de datos**

#### **2.3.1.1. ¿Qué son los Datos?**

Los datos son unidades de información que pueden ser procesadas y analizadas para obtener conocimiento. Pueden ser números, texto, imágenes, sonidos, o cualquier otra forma de información que pueda ser almacenada y manipulada por un sistema informático. Los datos son la base para la toma de decisiones informadas en diversos campos, incluyendo la construcción, la medicina, la economía, entre otros.

#### **2.3.1.2. ¿Qué es la Información?**

Es un conjunto ordenado de datos, los cuales son manejados según la necesidad del usuario, para que un conjunto de datos pueda ser procesado eficientemente y pueda dar lugar a información, primero se debe guardar lógicamente en archivos.

Para la **Universidad Nacional Autónoma de México (2024)** la información es el recurso más valioso en una base de datos, por tanto esta debe ser:

- **Accesible:** es la facilidad y rapidez para poder acceder a ella
- **Clara:** debe ser integra y fácil de entender
- **Precisa:** lo más exacta posible
- **Propia:** Debe haber la mayor similitud entre el resultado creado y lo que el usuario pide
- **Oportuna:** El proceso de entrada-procesamiento-entrega al usuario debe ser en el menor tiempo posible
- **Flexible:** la información se puede adaptar a la toma de decisiones que mejor convenga

- Verificable: la información debe ser totalmente fiable para que se pueda verificar en el momento deseado
- Imparcial: La información debe poder modificarse tanto por el administrador, como por el usuario dueño de la base
- Cuantificable: la información puede ser el resultado de cualquier dato procesado.

## La pirámide de la información

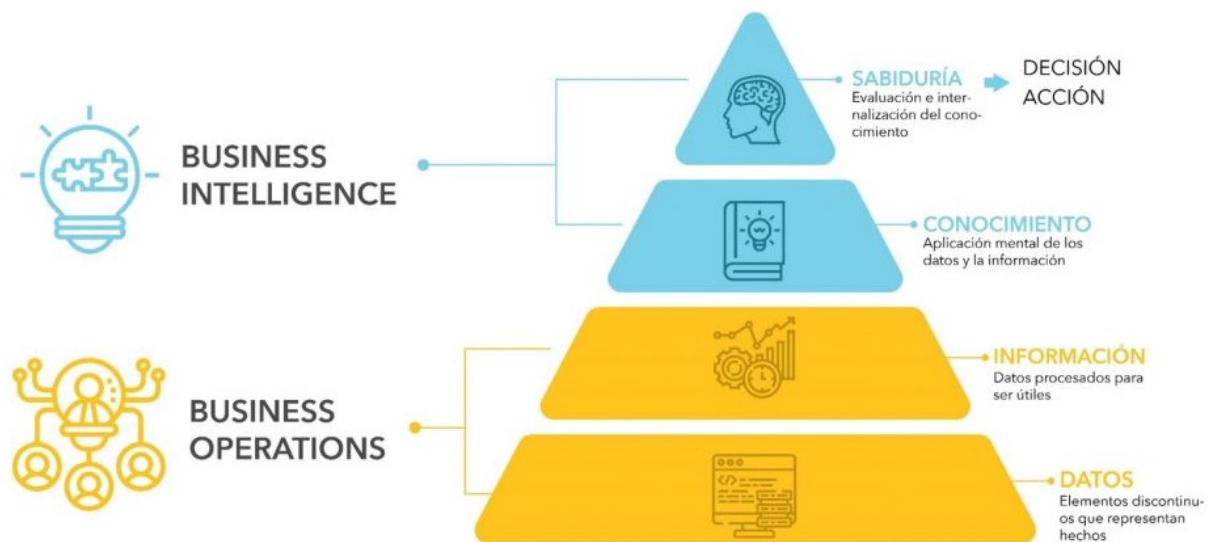


Figura 2.3: Pirámide de la Información propuesta por **Hey (2004)**

### 2.3.1.3. Base de datos “Camino de los datos a la información”

Para **Stack y khurram Haider (2024)**, una base de datos es un sistema organizado para almacenar, gestionar y recuperar datos de manera eficiente. Las bases de datos, también denominada DB, normalmente se organizan en tablas, definidas por filas y columnas, como un diseño de hoja de cálculo que facilita la organización de los datos. La funcionalidad de las bases de datos se extiende a diversas operaciones, como insertar datos nuevos, actualizar datos existentes, eliminar datos antiguos y consultar datos según sus criterios específicos de manera

estructurada. La estructura facilita la consulta de datos, lo que se realiza principalmente mediante lenguaje de consulta estructurado (SQL), el lenguaje utilizado para interactuar con bases de datos relacionales. Se necesita un sistema de gestión de bases de datos (DBMS), o software de base de datos, para interactuar con una base de datos y administrar (acceder, modificar, actualizar o eliminar) los datos que contiene.

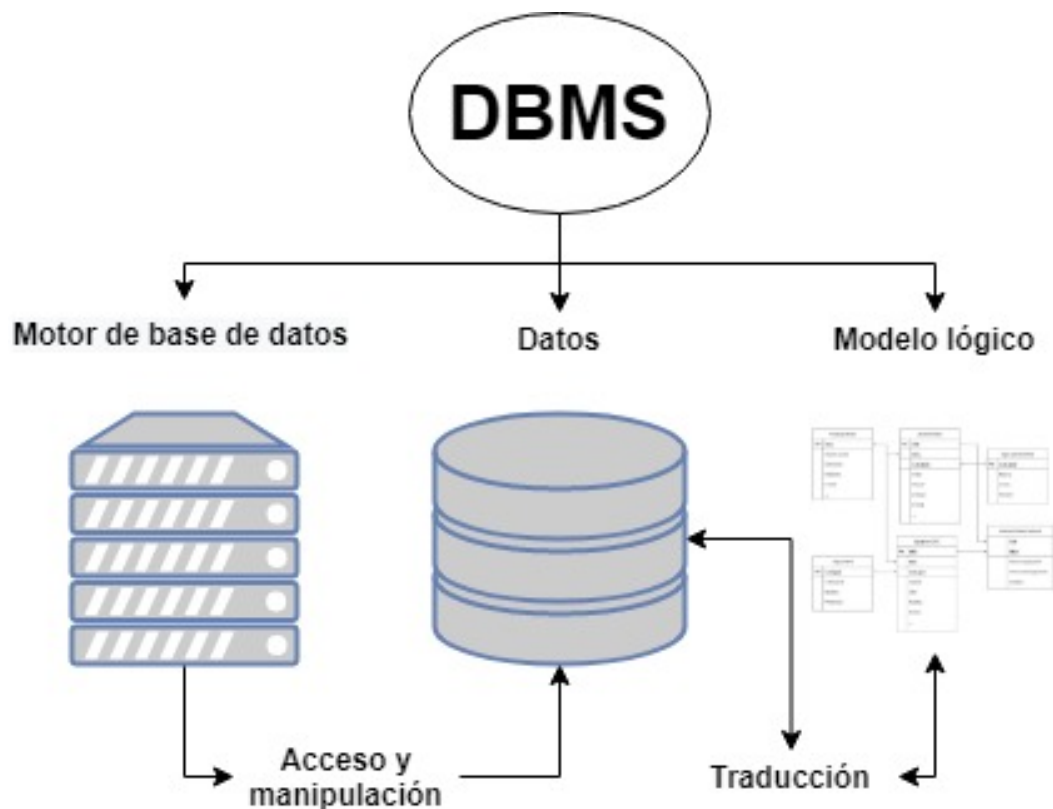


Figura 2.4: Sistema de Gestión de Base de Datos (DBMS).

#### 2.3.1.4. Formatos BIM CAD

Los formatos no son bases de datos en sí mismos, pero pueden contener grandes cantidades de datos estructurados y no estructurados que se utilizan en la gestión de proyectos de construcción. En el contexto de Big Data, estos archivos pueden ser procesados y analizados para extraer información valiosa y tomar decisiones informadas. Por ejemplo, según ACCA (2024)

tenemos:

- **IFC (Industry Foundation Classes):** Un formato abierto que facilita la interoperabilidad entre diferentes aplicaciones de software BIM.
- **BCF (BIM Collaboration Format):** Un formato para la comunicación de problemas y cambios en modelos BIM.
- **Revit (.RVT y .RFA):** Archivos nativos de Autodesk Revit, utilizados para almacenar modelos de proyectos (.RVT) y familias de componentes (.RFA).
- **AutoCAD (.DWG y .DXF):** Formatos de archivo utilizados por AutoCAD para dibujos y modelos 2D y 3D.



Figura 2.5: Formatos BIM-CAD que contienen base de datos del proyecto. ACCA (2024)

### 2.3.2. Analista de datos (Data Analysis)

El ingeniero de datos se encarga de transformar datos sin procesar en información utilizable. Esto implica limpiar, mover y etiquetar datos para que estén listos para su análisis. Su rol es técnico y esencial en el ámbito del Big Data, ya que diseñan, construyen y gestionan la infraestructura necesaria para almacenar y procesar datos. Además, deben mantener sistemas escalables y de alto rendimiento, integrando nuevas tecnologías y desarrollando el software necesario. También apoyan a analistas y científicos de datos, facilitando su trabajo y asegurando que los datos estén disponibles y sean precisos.

Un analista de datos, por otro lado, se centra en interpretar y analizar los datos procesados por los ingenieros de datos. Utilizan herramientas de análisis y visualización para extraer información valiosa y apoyar la toma de decisiones. Los analistas de datos deben tener habilidades en estadística, programación y comunicación, ya que deben presentar sus hallazgos de manera comprensible para diferentes audiencias. En el contexto de Big Data, los analistas trabajan con grandes volúmenes de datos y utilizan tecnologías avanzadas para identificar patrones y tendencias que pueden mejorar la eficiencia y efectividad de las operaciones empresariales (**García (2024)**).

### **2.3.3. Datos BIM (BIM DATA)**

El reporte en la editorial **Team (2022)**, el término BIM Data se refiere a la gran cantidad de datos generados, almacenados y compartidos durante un proceso de diseño gestionado a través de la metodología BIM. Estos datos son esenciales porque enriquecen el proyecto con información útil para las fases sucesivas, transformando el modelado 3D en una herramienta que va más allá del diseño y la construcción, garantizando la máxima eficiencia en la gestión del ciclo de vida de la estructura. El objetivo principal de los BIM Data es definir completamente los elementos clave del diseño, no solo desde el punto de vista geométrico, sino también en dimensiones adicionales como tiempo, costos, sostenibilidad, gestión de instalaciones y seguridad. Un modelo BIM típico puede contener, además de las características geométricas, información detallada sobre estos aspectos, convirtiéndose en la principal fuente de información sobre el edificio, por ejemplo:

- **Datos Geométricos:** Modelos 3D que representan las dimensiones y formas de los elementos del proyecto.
- **Datos de Materiales:** Información sobre los materiales utilizados, sus propiedades y especificaciones.

- **Datos de Costos:** Información financiera relacionada con los costos de materiales, mano de obra y otros recursos.
- **Datos de Tiempo:** Cronogramas y plazos para las diferentes fases del proyecto.
- **Datos de Mantenimiento:** Información sobre el mantenimiento y la operación de los elementos del proyecto a lo largo de su ciclo de vida.

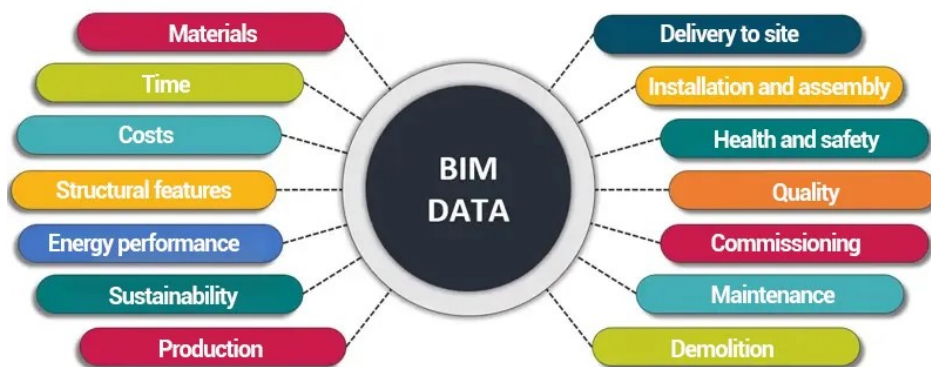


Figura 2.6: Tipos de BIM DATA, García (2024).

#### 2.3.4. Base de Datos en Microsoft Project para la Gestión de Proyectos de Construcción

Microsoft Project, como software líder en la gestión de proyectos, se fundamenta en una robusta base de datos interna que permite la organización, planificación, seguimiento y control de la información inherente a un proyecto de construcción. Esta base de datos estructura los datos en torno a elementos clave como tareas, recursos, asignaciones, costos y calendarios, facilitando la obtención de métricas cruciales para la toma de decisiones informada. **Nicholas y Steyn (2017)** en su obra "Project Management for Engineering, Business and Technology" destaca cómo las herramientas del software facilitan la planificación, programación y control de proyectos complejos, incluyendo la generación de informes de progreso basados en la información almacenada en la base de datos.

#### 2.3.4.1. Estructura y Funcionalidades de la Base de Datos en Project

La base de datos de Microsoft Project organiza la información en una estructura relacional, donde diferentes tablas almacenan datos específicos y se relacionan entre sí a través de identificadores únicos. Las principales funcionalidades que explotan esta estructura en el contexto de proyectos de construcción incluyen:

- **Definición y Desglose de Tareas (WBS/EDT):** Project permite la creación de una estructura jerárquica de tareas, subtareas y fases, representando el alcance completo del proyecto de construcción. La base de datos almacena la duración, dependencias, restricciones y otra información asociada a cada actividad. Según **Kerzner (2017)**, una adecuada Estructura de Desglose del Trabajo es fundamental para una planificación y control efectivos, y Project facilita su digitalización y gestión.
- **Gestión de Recursos:** El software permite la definición de diferentes tipos de recursos (humanos, materiales, equipos, costos) con sus respectivas características, como disponibilidad, tarifas y calendarios de trabajo. La base de datos almacena esta información y la vincula a las tareas para la asignación y seguimiento del uso de recursos. PMI (Project Management **Institute (2017)**) destaca la importancia de la gestión de recursos en la planificación de proyectos, y Project proporciona las herramientas para su administración eficiente.
- **Asignación de Recursos a Tareas:** Project facilita la asignación de recursos definidos a las tareas planificadas, permitiendo especificar la cantidad de trabajo o unidades necesarias. La base de datos registra estas asignaciones, lo que posteriormente permite el cálculo de costos y la planificación de la capacidad. **Meredith, Mantel Jr, y Shafer (2015)** enfatizan la relación directa entre la asignación de recursos y la programación del proyecto.
- **Definición de Dependencias entre Tareas:** La base de datos almacena las relaciones de precedencia entre las tareas (Fin-Comienzo, Fin-Fin, Comienzo-Comienzo, Comienzo-

Fin), lo que permite la creación de un cronograma realista y la identificación de la ruta crítica. **Kelley Jr (1963)**, pionero en el desarrollo del Critical Path Method (CPM), resaltó la importancia de estas dependencias para la gestión del tiempo en proyectos complejos.

- **Gestión de Costos:** Project permite la introducción de costos asociados a recursos (tarifas por hora, costos por unidad, costos fijos) y a tareas. La base de datos calcula automáticamente los costos totales del proyecto en función de las asignaciones de recursos y el progreso de las tareas. **Ostwald y McLaren (2010)** subrayan la necesidad de una gestión de costos integrada en proyectos de construcción, y Project ofrece las herramientas para ello.
- **Creación y Gestión de Calendarios:** El software permite definir calendarios de proyecto, de recursos y de tareas, considerando días laborables, no laborables y excepciones. La base de datos utiliza estos calendarios para calcular la duración y las fechas de inicio y fin de las tareas de manera precisa.
- **Seguimiento y Control del Progreso:** Project permite actualizar el estado de las tareas (porcentaje completado, trabajo real, duración real, fechas reales), lo que se almacena en la base de datos y se utiliza para comparar el planificado con el real, identificar desviaciones y generar informes de progreso. **Fleming y Koppelman (2016)** destacan la importancia del seguimiento del progreso para una gestión proactiva de los proyectos.

#### **2.3.4.2. Métricas Obtenibles con el Uso de Microsoft Project**

La estructura de la base de datos de Project permite la obtención de diversas métricas clave para la gestión de proyectos de construcción, proporcionando información valiosa para el análisis y la toma de decisiones: La estructura de la base de datos de Project permite la obtención de diversas métricas clave para la gestión de proyectos de construcción, proporcionando información valiosa para el análisis y la toma de decisiones:

#### 2.3.4.2.1. Métricas de Tiempo:

- **Duración Planificada vs. Real:** Permite identificar desviaciones en el tiempo estimado para la ejecución de las tareas.
- **Fecha de Inicio y Fin Planificada vs. Real:** Facilita el seguimiento del cumplimiento del cronograma.
- **Variación del Cronograma (SV):** Mide la diferencia entre el valor del trabajo realizado (EV) y el costo presupuestado del trabajo programado (PV), indicando si el proyecto está adelantado o atrasado. ( $SV=EV - PV$ )
- **Índice de Rendimiento del Cronograma (SPI):** Indica la eficiencia con la que se está utilizando el tiempo. ( $SPI=EV/PV$ )
- **Ruta Crítica:** Identifica la secuencia de tareas que determina la duración total del proyecto, permitiendo enfocar los esfuerzos en las actividades que pueden impactar el plazo final.

#### 2.3.4.2.2. Métricas de Costo:

- **Costo Presupuestado vs. Costo Real:** Compara los costos planificados con los costos incurridos hasta la fecha.
- **Variación del Costo (CV):** Mide la diferencia entre el valor del trabajo realizado (EV) y el costo real del trabajo realizado (AC), indicando si el proyecto está por encima o por debajo del presupuesto. ( $CV=EV - AC$ )
- **Índice de Rendimiento del Costo (CPI):** Indica la eficiencia con la que se están utilizando los recursos económicos. ( $CPI=EV/AC$ )

- **Costo Estimado al Final (EAC):** Proyección del costo total del proyecto al finalizar, basada en el rendimiento actual. Proyección del costo total del proyecto al finalizar, basada en el rendimiento actual.
- **Presupuesto al Final (BAC):** El presupuesto total planificado para el proyecto.

#### 2.3.4.2.3. Métricas de Recursos:

- **Utilización de Recursos:** Mide el porcentaje de tiempo que los recursos están asignados a tareas.
- **Sobrecarga de Recursos:** Identifica cuándo los recursos están asignados a más trabajo del que pueden realizar en un período de tiempo determinado.
- **Costos por Recurso:** Permite analizar los costos asociados a cada recurso individual o tipo de recurso.

#### 2.3.4.2.4. Métricas de Alcance:

- **Porcentaje de Tareas Completadas:** Indica el avance físico del proyecto en función del número de tareas finalizadas.
- **Valor Ganado (EV):** Representa el valor del trabajo completado hasta una fecha específica en términos del presupuesto original.

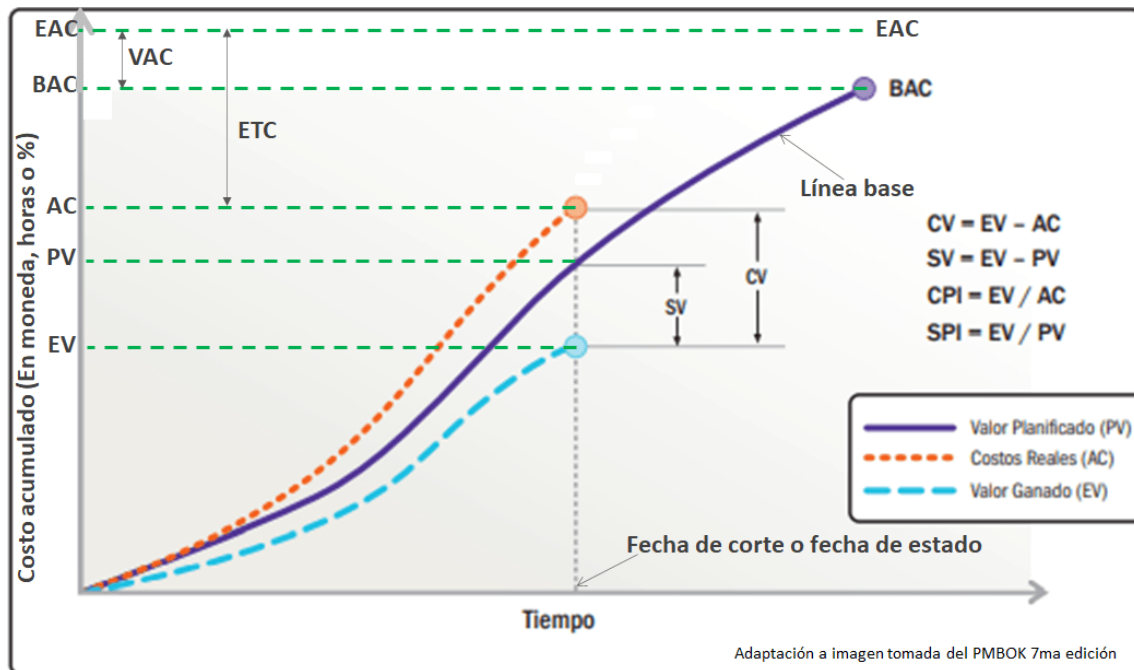


Figura 2.7: Análisis de Valor Ganado que muestra la variación del Cronograma y el Costo, PMBOOK Institute (2021) (7ma Edition).

### 2.3.5. Lenguaje de Programación

Según Ramos Torres (2020) cualquier lenguaje de programación potente puede expresar cualquier algoritmo. Sin embargo, en la práctica, algunos lenguajes son más adecuados para tareas específicas. Esto también se aplica a los programas utilizados en Data Science, donde cada uno tiene ventajas particulares según la aplicación. Por ello, es importante detallar los lenguajes y programas más utilizados en este campo. Tenemos dos principales formas de analizar datos:

- **Data Wrangling:** Es el proceso de convertir datos crudos y desordenados en un formato limpio y estructurado, listo para el análisis. Esto puede incluir la eliminación de datos duplicados, la corrección de errores y la transformación de datos en formatos compatibles. Python y R se posicionan como los más usuales en este campo.
- **Database Management:** Es la práctica de usar sistemas de gestión de bases de datos (DBMS) para almacenar, organizar y gestionar datos. Incluye la definición de estructuras

de datos, la implementación de políticas de seguridad y la optimización del rendimiento de la base de datos. SQL se posiciona como la gestión de datos relacionados.

### 2.3.5.1. Python

(Delgado de Paz (2022)) menciona que, es un lenguaje de programación de alto nivel, ampliamente utilizado en diversas áreas, incluyendo el análisis de datos y la estadística. Su sintaxis clara y su extensa biblioteca de paquetes lo hacen ideal para tareas de análisis de datos, como la manipulación de datos, la visualización y el aprendizaje automático. La mayor desventaja de Python es la eficiencia, esto referido a su velocidad, debido a que es un lenguaje interpretado y por ello es inferior en velocidad frente a los lenguajes compilados .

**Visual Studio Code (VS Code) y Jupyter**, es un editor de código fuente desarrollado por Microsoft. Es conocido por su flexibilidad y la gran cantidad de extensiones disponibles, que permiten a los desarrolladores personalizar su entorno de trabajo. En el contexto del análisis de datos, VS Code se utiliza frecuentemente junto con Python y Jupyter Notebooks para crear un entorno de desarrollo interactivo y eficiente, **Erz (2020)**.

Extensiones más usadas:

- **Pandas:** Una biblioteca esencial para la manipulación y el análisis de datos estructurados. Permite trabajar con estructuras de datos como DataFrames, facilitando operaciones como la limpieza y transformación de datos.
- **NumPy:** Proporciona soporte para grandes matrices y matrices multidimensionales, junto con una colección de funciones matemáticas de alto nivel para operar con estos arrays.
- **Matplotlib y Seaborn:** Bibliotecas de visualización de datos que permiten crear gráficos estáticos, animados e interactivos en Python.
- **SciPy:** Utilizada para cálculos científicos y técnicos, incluyendo optimización, integración y otras tareas comunes en la ciencia de datos.

- **Scikit-learn:** Una biblioteca de aprendizaje automático que incluye herramientas simples y eficientes para el análisis de datos y la minería de datos.



Figura 2.8: Librería de extensiones mas importantes en Python, Delgado de Paz (2022).

### 2.3.5.2. SQL (Structured Query Language)

Para **Baydin, Pearlmutter, Radul, y Siskind (2018)**, SQL (Structured Query Language) es un lenguaje de programación utilizado para gestionar y manipular bases de datos relacionales. Fue desarrollado por IBM en la década de 1970 y se ha convertido en el estándar para interactuar con bases de datos.

Sistemas de gestión de bases de datos SQL:

- **MySQL:** Es la versión de SQL más popular, ideal para aplicaciones web, fácil de usar, y de código abierto.
- **PostgreSQL:** Muy extensible, soporta tanto datos relacionales como no relacionales, y es de código abierto.
- **Microsoft SQL Server:** Excelente integración con productos de Microsoft, adecuado para grandes volúmenes de datos y aplicaciones empresariales.

Cuadro 2.3: Diferencias significativas entre Sistemas de gestión de bases de datos SQL Data-Camp (2024).

	SQL Server	MySQL	PostgreSQL	SQLite
SELECT ...	Select [col1], [col2]	SELECT col1, col2	SELECT col1, col2	SELECT col1, col2
¿Los datos de las tablas distinguen entre mayúsculas y minúsculas?	Sí, WHERE name = 'John' O WHERE name = 'john' no es lo mismo	No, WHERE name = 'John' O WHERE name = 'john' es lo mismo	Sí, WHERE name = 'John' O WHERE name = 'john' no es lo mismo	Sí, WHERE name = 'John' O WHERE name = 'john' no es lo mismo
Uso de las comillas	solo name = 'John'	name = 'John' o name = "John"	solo name = 'John'	name = 'John' o name = "John"
Alias para columnas y tablas	SELECT AVG(col1)=avg1	SELECT AVG(col1) AS avg1	SELECT AVG(col1) AS avg1	SELECT AVG(col1) AS avg1
Trabajar con fechas (diferencias generales)	GETDATE() DATEPART()	CURDATE() CURTIME() EXTRACT()	CURRENT_DATE() CURRENT_TIME() EXTRACT()	DATE('now') strftime()

### 2.3.6. Power BI en la gestión de Proyectos

Power BI es una colección de servicios de software, aplicaciones y conectores que funcionan conjuntamente para convertir orígenes de datos sin relación entre sí en información coherente, interactiva y atractiva visualmente. Sus datos podrían ser una hoja de cálculo de Excel o una colección de almacenes de datos híbridos locales y basados en la nube. Power BI permite conectarse con facilidad a los orígenes de datos, visualizar y descubrir qué es importante y compartirlo con cualquiera o con todos los participantes del proyecto, **Microsoft (2024)**.

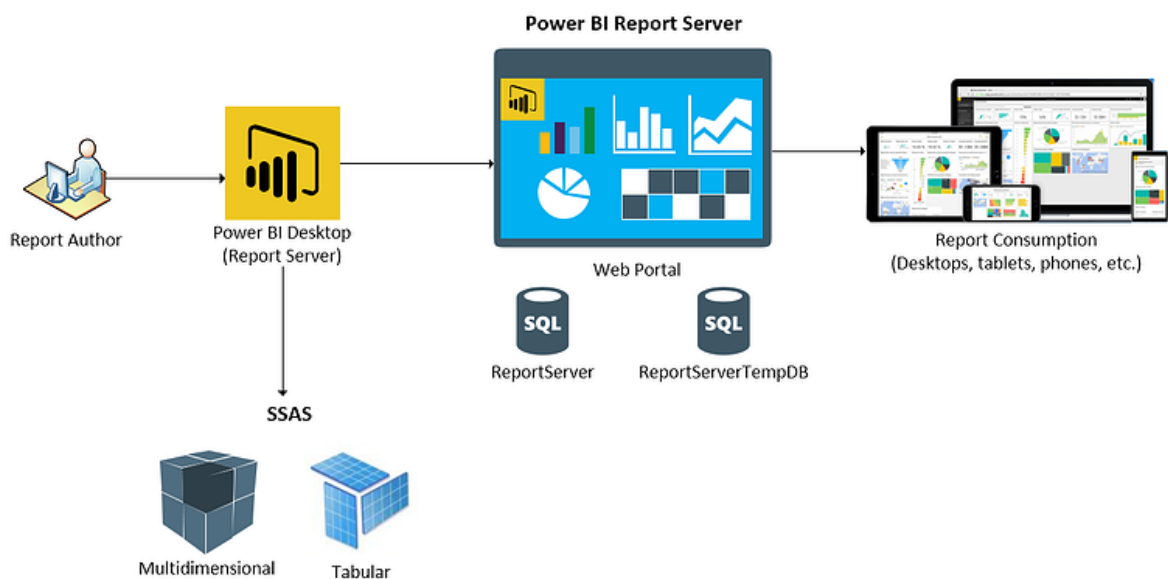


Figura 2.9: Interoperabilidad de los informes en tiempo real, Microsoft (2024).

### 2.3.7. Interrelación entre BIM, Análisis de Datos y Power BI en la gestión de proyectos

Beneficios de la Integración:

- **Visualización Mejorada:** La integración de datos de BIM en Power BI mejora la visualización de la información, permitiendo a los profesionales de la construcción explorar los modelos BIM de manera más intuitiva.
- **Toma de Decisiones Informadas:** La combinación de BIM y Power BI permite analizar datos en tiempo real y realizar proyecciones basadas en evidencia, mejorando la precisión de las decisiones.
- **Colaboración Eficiente:** Power BI facilita la colaboración entre los participantes del proyecto al compartir información visual y actualizada en tiempo real, **SeveUp (2024)**.

La integración de estos software es más amigable a diferencia de otros proyectos donde la integración se hace más complejo, el cual la facilidad de adaptación de los involucrados en el BIM y la gestión de proyectos y su manejo es más eficiente.

# Capítulo III

## Método de la investigación

### 3.1. Enfoque

- La investigación se desarrollará bajo un enfoque cuantitativo y cualitativo, clasificando los datos según su organización predefinida de acuerdo a los datos generados. Los datos se puede expresar como un valor numérico, un grupo de archivos o una extensión de programación.
- El tipo de investigación es aplicada, utiliza el método analítico, estadístico y practico, cuenta con variable independiente y dependiente.
- La finalidad es maximizar el valor y la importancia de los datos generados en los proyectos de construcción y facilitar la toma de decisiones informadas mediante visualización de datos estadísticos, analisis en tiempo real, integración de datos, automatización de informes y accesibilidad a los datos.

### **3.2. Alcance (analítico, exploratorio, descriptivo, explicativo)**

- Busca optimizar la planificación y ejecución del proyecto mediante el análisis de datos del modelado. Esta metodología permite integrar el proyecto en un modelo digital, facilitando la visualización y control del proyecto en tiempo real. La investigación analizará cómo el uso de los datos puede mejorar la coordinación entre los diferentes participantes del proyecto, mejoras en el tiempo y administración de los recursos.
- Se enfoca en la gestión de datos y la colaboración en cómo la integración de estos datos puede mejorar la toma de decisiones y la eficiencia general del proyecto, asegurando que la información esté actualizada y accesible para todos los participantes.
- Evalúa el impacto de la implementación de la metodología de análisis en datos de información BIM donde estos datos se transforman en gráficos estadísticos en tiempo real para decisiones estratégicas durante la ejecución, esto incluirá un análisis comparativo con el método tradicional en el mismo proyecto, dicha metodología es una herramienta para aplicarlos en otros proyectos de la región.

### **3.3. Diseño de investigación (Cuantitativo-Cualitativo-No experimental)**

- Es un diseño de investigación cuantitativo-cualitativo porque se basa en el uso de datos numéricos y estadísticos para medir y analizar las variables relacionadas con la ejecución de un proyecto así también procesos constructivos en comparación con el método tradicional. Se utiliza el software REVIT, Microsoft Project y Power BI, para modelar y vincular la programación del proyecto y el monitoreo a través de un panel gráfico en tiempo real de las actividades del proyecto. Se comparan los resultados obtenidos con el método tradicional.

- Es un diseño de investigación no experimental porque no se manipulan las variables ni se asignan aleatoriamente los sujetos a diferentes condiciones. Se trata de una observación y análisis de la realidad tal como se presenta, sin intervenir ni modificarla. Se utilizan gráficos estadísticos para analizar las ventajas de la metodología.

### **3.4. Población y muestra**

- **Población:** Todos los proyectos de construcción de la ciudad de Ayacucho.
- **Muestra:** Proyecto Construcción de la Villa Bolivariana

### **3.5. Unidad de Análisis**

La unidad de análisis es el proyecto de la Villa Bolivariana, una obra de infraestructura moderna cuyo legado sera de la universidad como residencia y comedor universitario en la ciudad de Ayacucho. El objetivo de la investigación es analizar los datos asociados al modelado y hacer uso de esta información durante la ejecución mediante un representación gráfica en tiempo real del proyecto, utilizando herramientas de base de datos y gestión empresarial.

### **3.6. Hipótesis**

#### **3.6.1. Hipótesis general**

La aplicación correcta de los datos BIM mejoran en la gestión eficiente de un proyecto 3D en la construcción de la Villa Bolivariana en la ciudad de Ayacucho,2024.; ya que se tendrá resultados detallados y precisos sobre la planificación de un proyecto donde se pueda mejorar la calidad y la eficiencia de la construcción.

### **3.6.2. Hipótesis específicas**

1. El plan de una gestión eficiente de un proyecto 3D en la construcción de la Villa Bolivariana es aplicado en los proyectos de la region; lo cual permitirá ser eficiente en el monitoreo apropiado de los proyectos BIM a futuro en la ciudad de Ayacucho, 2024.
2. La gestión de proyectos 3D con BIM permite analizar resultados mas realistas en los proyectos de construcción a gran escala en la ciudad de Ayacucho, 2024; lo que representa sera una herramienta de aprovechamiento para mejorar la calidad y la eficiencia de investigaciones en proyectos BIM aplicados en la region.
3. La gestión eficiente de un proyecto BIM 3D permite visualizar el proceso constructivo en tiempo real de los proyectos BIM en la ciudad de Ayacucho; ya que sera una herramienta que permita mejorar la comunicación, colaboración entre los diferentes actores del proyecto y el desempeño de los proyectos en la region.

### **3.7. Técnicas e instrumentos**

Es del tipo no experimental porque no se ha manipulado ninguna de las variables. Se trata de una observación y análisis de la realidad tal como se presenta, sin intervenir ni modificarla. Se utilizan los datos del modelado para gestionar el proyecto y el monitoreo en tiempo real.

1. Entrevistas a los especialistas en el diseño.
2. Revisión de documentos.
3. Análisis estadístico.
4. Conocimiento en base de datos, programación y modelado.
5. Documentos de los estudios de costos y presupuestos.
6. Una laptop avanzada.
7. Software: REVIT, MS PROJECT, MICROSOFT ACCESS Y POWER BI para el modelado y gestionamiento de la información.

# Capítulo IV

## DESARROLLO

### 4.1. Arquitectura de la investigación

Esta etapa constituye el núcleo práctico de esta investigación. Su propósito fundamental es la implementación y prueba del marco conceptual previamente definido, se materializará la propuesta de integración de información proveniente de modelos BIM (Revit) y la planificación de proyectos (Microsoft Project) a través de una interfaz gráfica personalizada y una base de datos centralizada en Access. El objetivo principal es crear un flujo de datos eficiente que permita su posterior análisis y visualización en Power BI, generando información valiosa para el seguimiento y la toma de decisiones en tiempo real durante la ejecución del proyecto. Esta etapa busca convertir la teoría en una solución funcional y tangible, validando la viabilidad y el potencial del enfoque propuesto para optimizar la gestión de proyectos de construcción basados en BIM.

La implementación de un sistema de análisis de datos BIM en un proyecto de gran envergadura y complejidad se presenta como una oportunidad estratégica para asegurar una gestión eficiente, minimizar riesgos y optimizar el cumplimiento de los objetivos en términos de tiempo, costo y calidad.

## 4.2. Datos Generales del Proyecto de estudio

- OBRA : CONTRATACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA COMEDOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA (PI CUI N° 2538952)
- CONTRATO EJECUCION : N° 005-2024-PEL/PEL.01.01
- UBICACIÓN : AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
- CONTRATISTA I : CONSORCIO BICENTENARIO I CIELO & ESTRELLA S.A.C.
- MONTO CONTRATADO : S/. 22'816,386.31
- AREAS A CARGO : COMEDOR UNIVERSITARIO Y O. EXTERIORES
- CONTRATISTA II : CONSORCIO VISTA LLENA
- MONTO CONTRATADO : S/. 21'505,176.74
- AREAS A CARGO : TORRE A y TORRE B

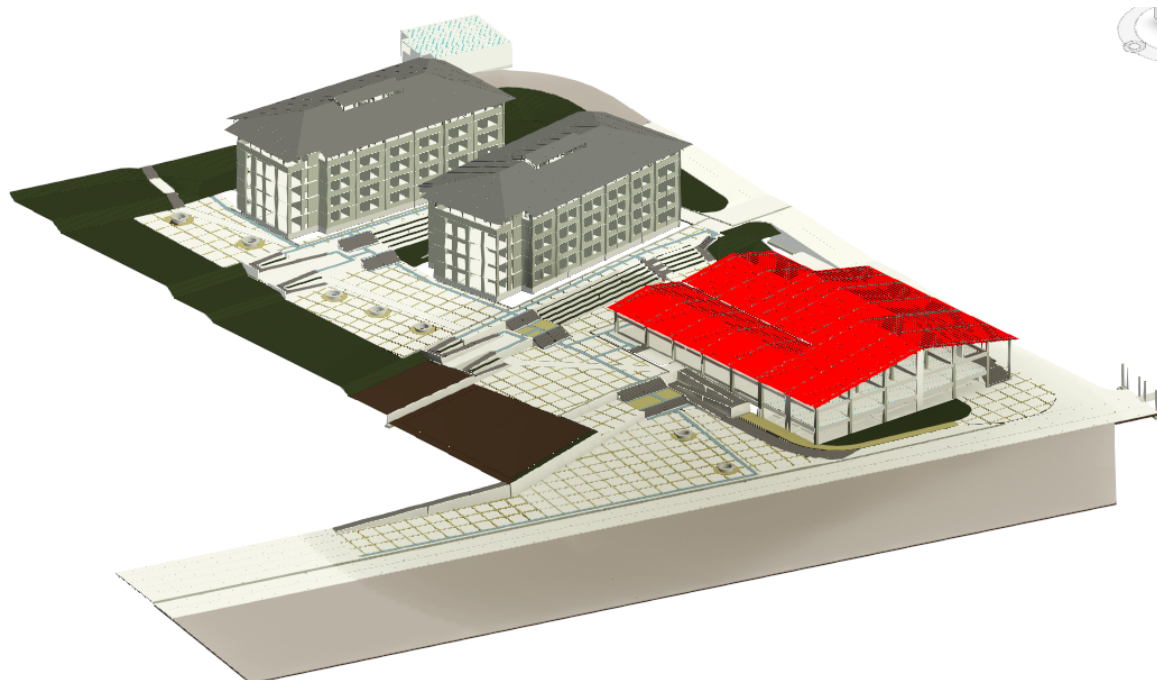


Figura 4.1: Vista panorámica del proyecto de la Villa Bolivariana en el CAMPUS UNSCH

Para el análisis de datos del presente proyecto, el alcance se centrará exclusivamente en las obras exteriores del proyecto y el comedor universitario. Esta delimitación permitirá un estudio detallado y específico de estos componentes, facilitando la extracción de conclusiones relevantes y manejables dentro del tiempo y los recursos disponibles, sin abarcar la totalidad del proyecto.

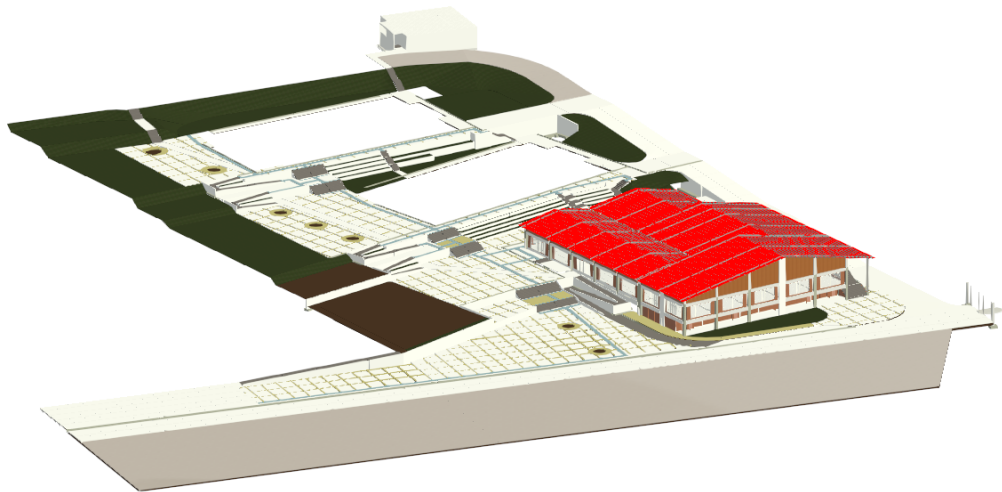


Figura 4.2: Proyecto ejecutado por el Consorcio I, incluye las Obras Exteriores y el Comedor.

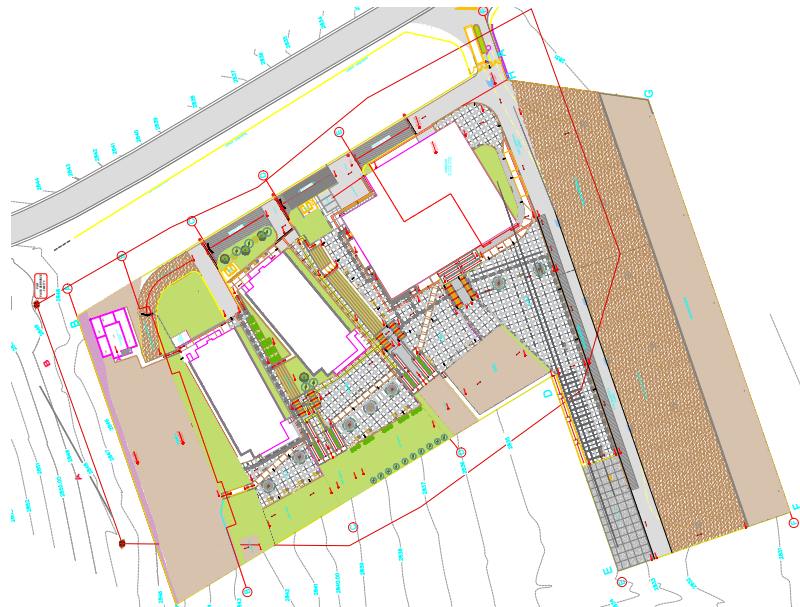


Figura 4.3: Vista en Planta del proyecto de la Villa Bolivariana- Campus UNSCH.

## **4.3. Integración de Revit y su Base de Datos**

### **4.3.1. Descripción del modelo BIM en Revit y su estructura de datos**

Un modelo BIM en Revit es una representación digital inteligente de un proyecto de construcción. No se limita a la geometría 3D, sino que incorpora información detallada sobre cada uno de los elementos constructivos que lo componen. Esta información se organiza en una estructura de datos jerárquica y relacional. El modelado cuenta con la creación de parámetros del proyecto donde se modela el archivo 3D de construcción en el programa. Estos parámetros son indicadores de cómo representa un modelo 3D y cuenta con información adicional externa proporcionada o extraída del mismo modelo, se distribuyen en el cuadro 4.1.

### **4.3.2. Gestión de información de los elementos de un modelado 3D**

En el modelado 3D con Revit, las Categorías, Familias y Tipos conforman una estructura jerárquica fundamental para organizar y gestionar la información de los elementos de un modelado BIM:

- Las CATEGORIAS, son las clasificaciones más amplias de los elementos constructivos o componentes del modelo. Definen el comportamiento general y las propiedades básicas compartidas por un grupo de elementos similares por ejemplo: Pilares estructurales.
- Las FAMILIAS se encuentran dentro de las categorías, agrupan elementos que comparten una misma forma, conjunto de parámetros (propiedades) y comportamiento, actúan como plantillas o definiciones genéricas, por ejemplo: Columnas cuadradas o Columnas circulares.
- Los TIPOS son variaciones específicas dentro de una familia. Definen las dimensiones exactas, materiales u otros parámetros particulares de una instancia de un elemento por ejemplo: C-1 300x300mm concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

Cuadro 4.1: Tabla de Parámetros usados en el modelado para el control de Obra

PARAMETROS	TIPO	GRUPO	Descripcion	Tipo	ARQ	EST	ESP.
P. DE PROYECTO	P. MODELO	Datos de Identidad	NIVEL ESPECIALIDAD SUBESPECIALIDAD ID ELEMENTO FASE DE CREACION	Texto	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
P. DE PROYECTO	P. MODELO	Datos de Identidad		Texto	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
P. DE PROYECTO	P. MODELO	Datos de Identidad		Texto	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
P. DE PROYECTO	P. MODELO	Datos de Identidad		Texto	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
P. DE PROYECTO	P. MODELO	Proceso de fase		Texto	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
P. DE PROYECTO	P. DE CAMBIO	Datos de Identidad	TIPO DE MODIFICACION	Texto	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
P. DE PROYECTO	P. DE CAMBIO	Datos de Identidad	MODIFICADO	Texto	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
P. DE PROYECTO	P. 4D y 5D	Datos de Identidad	MARCA(CUP)	Texto	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
P. DE PROYECTO	P. 4D y 5D	Datos de Identidad	PARTIDA	Texto	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
P. DE PROYECTO	P. 4D y 5D	Datos de Identidad	DESCRIPCION	Texto	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
P. DE PROYECTO	P. 4D y 5D	Datos de Identidad	UNIDAD	Texto	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
P. DE PROYECTO	P. DE OBRA	Construccion	SECTOR	Texto	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
P. DE PROYECTO	P. DE OBRA	Construccion	FRENTE	Texto	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
P. DE PROYECTO	P. DE OBRA	Construccion	SUBSECTOR	Texto	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
P. DE PROYECTO	P. DE OBRA	Construccion	PROGRAMADO	Si/No	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
p. DE PROYECTO	P. DE OBRA	Construccion	FECHA PROGRAMADA	Texto	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
P. COMPARTIDO	P. CONTROL	Construccion	EJECUTADO	Si/No	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
P. COMPARTIDO	P. CONTROL	Construccion	PARTIDA	Texto	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica
P. COMPARTIDO	P. CONTROL	Construccion	FECHA EJECUTADA	Texto	Si Aplica	Si Aplica	Si Aplica

Cuadro 4.2: Tabla de Elementos analizados en la Especialidad de Arquitectura

CATEGORIA	FAMILIA	TIPO
Walls / Muros	Muro Básico Muro Cortina	Muro Exterior, Tabique Interior Muro Cortina Acristalado
Doors / Puertas	Simple Lisa Doble Vidrio	90cm x 200cm Puerta Interior 180cm x 200cm Puerta Doble
Windows / Ventanas	Fija	75cm x 120cm Ventana Fija
	Batiente	60cm x 90cm Ventana Abatible
Floors / Suelos	Genérico Borde de Losa	30cm Losa de Hormigón Borde de Hormigón
Roofs / Cubiertas	Cubierta Básica Cubierta por Extrusión	30 mm Cubierta Inclinada Forma Personalizada
Ceilings / Cielos Rasos	Cielo Raso Compuesto	60x120cm Cielo Raso Suspendido
Stairs / Escaleras	Escalera de Hormigón Barandilla	Escalera Recta Pasamano, Barandal
Ramps / Rampas	Rampa	Rampa de Hormigón
Site / Emplazamiento	Topografía	Terreno Existente
	Componente de Emplazamiento	Árbo de pino
Furniture / Mobiliario	Mesa	Mesa Rectangular, Escritorio
	Silla	Silla de Oficina, Sillón de Descanso
Planting / Vegetación	Arbustos	Varios Tipos de Arbustos
	Árboles	Varias Especies de Árboles
Parking / Aparcamiento	Plaza de Aparcamiento	Plaza de Aparcamiento Accesible

Cuadro 4.3: Tabla de Elementos analizados en la Especialidad de Estructuras

CATEGORIA	FAMILIA	TIPO
Structural Columns / Pilares Estructurales	Pilar de Hormigón - Rectan- gular	30cm x 45cm Pilar
	Pilar de Acero - Ala Ancha	W310x79 Columna de Acero
Structural Beams / Vi- gas Estructurales	Viga de Hormigón - Rectan- gular	30cm x 60cm Viga 101
	Viga de Acero - Ala Ancha	W16x36 Viga de Acero
Structural Walls / Mu- ros Estructurales	Muro de Hormigón	20cm Muro de Contención
	Muro de Bloque de Hormi- gón	20cm Muro de Carga
Structural Foundations / Cimentaciones Es- tructurales	Zapata Aislada	100x100cm Zapata Cuadrada
	Cimentación Lineal Losa de Cimentación	Zapata de Muro Continua 15cm Losa de Cimentación
Structural Framing / Armazón Estructural	Arriostramiento	Arriostramiento Diagonal
	Cercha Vigueta	Cercha de Cubierta Vigueta de Acero
Connections / Conexio- nes	Conexión de Acero	10mm Placas de acero
	Conexión de Hormigón	Acoplador de Barra de Re- fuerzo
Reinforcement / Re- fuerzo	Barra de Acero	Ø 1/2", Ø 3/4", Ø "

Cuadro 4.4: Tabla de Elementos analizados en la Especialidad de I. Electricas

CATEGORIA	FAMILIA	TIPO
Electrical Equipment / Equipos Eléctricos	Tablero Eléctrico	Tablero de Distribución
	Transformador Cuadro de Distribución	Transformador Reductor Cuadro de Baja Tensión
Electrical Fixtures / Luminarias	Luminaria Iluminación de Emergencia	Luz Empotrada, Lámpara de Techo Luminaria de Emergencia
Lighting Devices / Dispositivos de Iluminación	Interruptor Tomacorriente	Interruptor unipolar Tomacorriente Doble
Wiring Devices / Dispositivos de Cableado	Conducto	Tubo Metálico Eléctrico (EMT)
	Bandeja de Cables	Bandeja de Cables Tipo Escalera
Data Devices / Dispositivos de Datos	Salida de Datos	Conector de Red
Dispositivo de Comunicación	Dispositivo de Comunicación	Estación de Intercomunicador
Fire Alarm / Alarma Contra Incendios	Dispositivo de Alarma Contra Incendios	Detector de Humo

Cuadro 4.5: Tabla de Elementos analizados en la Especialidad de I. Sanitarias

CATEGORIA	FAMILIA	TIPO
Plumbing Fixtures / Aparatos Sanitarios	Inodoro	Inodoro Público, Inodoro Residencial
	Lavamanos	Lavamanos Comercial, Lavamanos Residencial
	Ducha	Ducha residencial
Sprinklers / Rociadores	Rociador	Rociador Colgante
Piping / Tuberías	Tubería	Tubería de PVC, Desagüe Sanitario, Ventilación
	Accesorios de Tubería	Tee, T Sanitaria, Yee, Codo
Plumbing Equipment / Equipos Sanitarios	Calentador de Agua	Calentador de Agua Eléctrico
	Bomba	Bomba de Expulsión de Aguas Residuales
	Medidor de Agua	Medidor de Agua Comercial
Site Utilities / Servicios Urbanos	Alcantarillado Sanitario	Línea Principal de Alcantarillado
	Alcantarillado Pluvial	Tubería de Drenaje Pluvial

### **4.3.3. Control de Proyecto mediante BIM y Lean Construction**

#### **4.3.3.1. Principios básicos en la sinergia BIM y Lean Construction**

BIM ofrece una representación digital e integral del proyecto, revolucionando el control a través de la mejora en la planificación mediante modelos virtuales sofisticados, el seguimiento visual del progreso comparado con el modelo planificado en equipos de última generación, la gestión eficiente de los cambios durante el ciclo de construcción con un nivel de aprendizaje muy elevado en la industria del BIM, a la vez, da la facilidad de la comunicación y colaboración entre los especialistas y participantes del proyecto, todo esto influye en la optimización de la gestión de proyectos cuyo fin es un proyecto de buena calidad, solución a la detección de interferencias en un determinado tiempo y costos optimizados, conlleva a adaptarse a grandes cambios; pero en un proyecto con iniciativa en el BIM resulta un proyecto complejo, en lo posible se trata de aprovechar al máximo todos los recursos que ofrece BIM en proyectos de construcción a bajo costo y recursos informáticos accesibles en el mercado.

Por otro lado, Lean Construction es una filosofía de gestión centrada en maximizar el valor para el cliente y minimizar el desperdicio en el proceso constructivo. Sus principios fundamentales incluyen la identificación del valor, el mapeo y optimización del flujo de valor, la creación de un flujo de trabajo continuo, el establecimiento de un sistema continuo basado en la demanda y la búsqueda constante de la perfección; Lean Construction busca la eficiencia operativa y la eliminación de actividades que no añaden valor al proyecto.

La sinergia entre BIM y Lean Construction potencia significativamente el control de proyectos al combinar la capacidad de BIM para la visualización y gestión de la información con los principios de eficiencia y eliminación de desperdicios de Lean. Esta integración se manifiesta en una planificación más eficiente, un mejor control del cronograma y el presupuesto, la reducción de tiempos y una mayor colaboración con todos los participantes del proyecto.

#### 4.3.3.2. Aplicación de Lean Construction: Producción Nivelada

En la gestión de proyectos, la construcción de proyectos complejos es constante, la eficiencia en la asignación de tareas y el control preciso del avance son fundamentales para el cumplimiento de los plazos y presupuestos establecidos. Para abordar estos desafíos, se implementan estrategias de segmentación del modelo 3D BIM basada en la distribución equitativa de la carga de trabajo por zonas de intervención. Este método consiste en la división segmentada del modelo BIM en FRENTES de Trabajo, SECTORES y SUBSECTORES, donde cada SECTOR de Trabajo se caracteriza por contener una cantidad de metrado sustancialmente equivalente a los demás SECTORES.

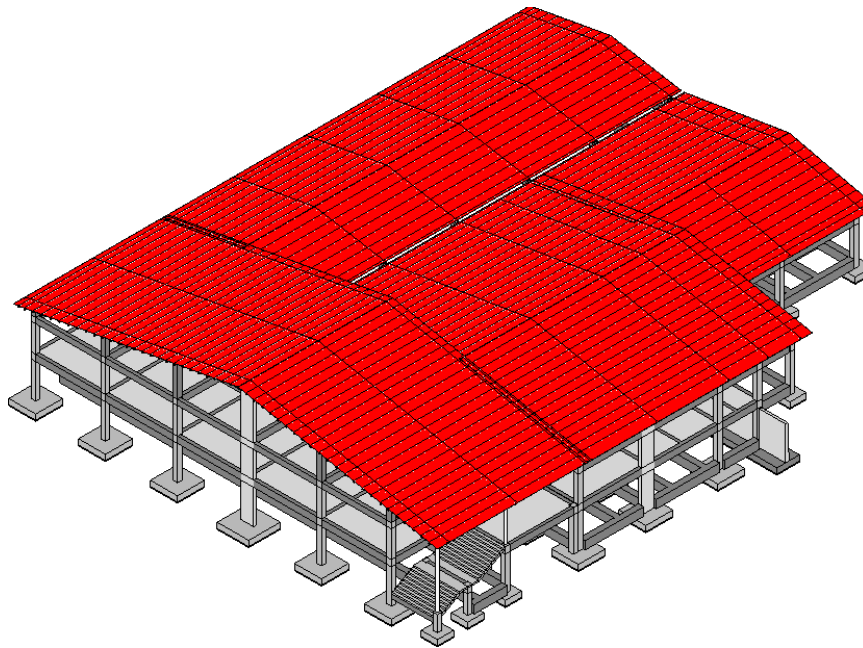


Figura 4.4: Modelo 3D, FRENTE de trabajo "COMEDOR UNIVERSITARIO" para segmentación de sinergia con BIM y Lean Construction.

La adopción de esta segmentación equitativa se fundamenta en la necesidad de optimizar la asignación de cuadrillas especializadas y el seguimiento del progreso de manera granular. Al asignar que cada SECTOR de Trabajo posea una carga de trabajo comparable en términos de volumen de concreto en metros cúbicos (m<sup>3</sup>), facilita una distribución más balanceada de los recursos humanos y materiales. Esta homogenización de la carga de trabajo por zona de inter-

vención permite una planificación más predecible y una programación de tareas más eficiente, minimizando los periodos de inactividad y maximizando la productividad de las cuadrillas al enfocarse en áreas de intervención delimitadas y con una cantidad de trabajo predecible.

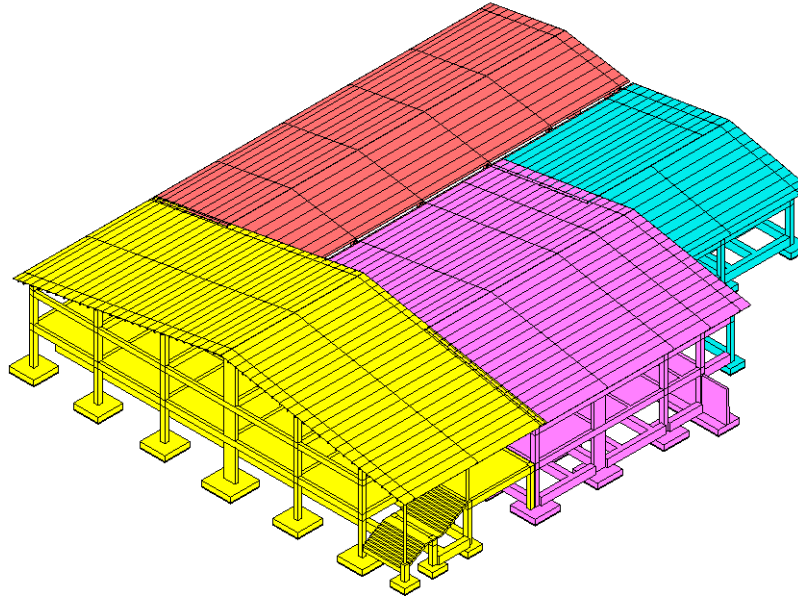


Figura 4.5: Modelo 3D, SECTORIZACION del Comedor Universitario en sinergia con BIM y Lean Construction.

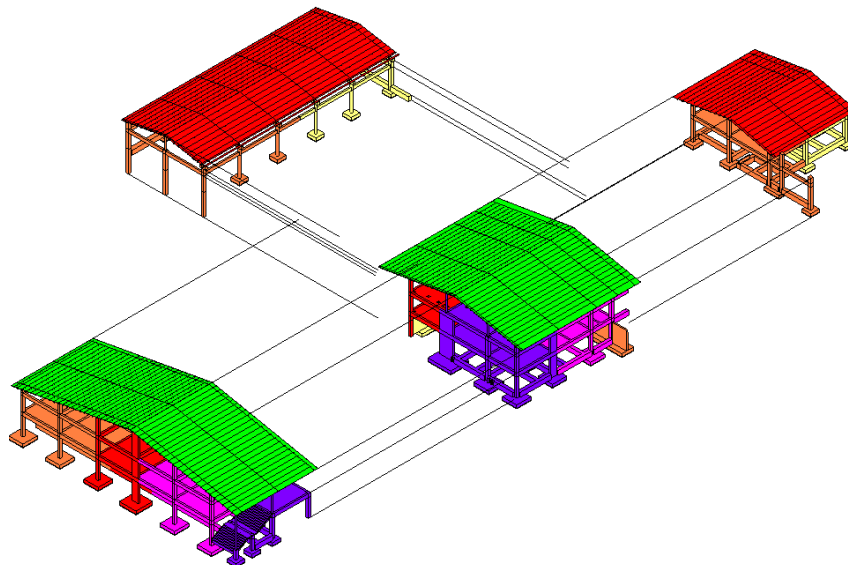


Figura 4.6: Modelo 3D, SUBSECTORIZACION del Comedor Universitario en sinergia con BIM y Lean Construction.

La cuantificación del avance del proyecto se beneficia directamente de esta segmentación equitativa. Al basar la división en el volumen de concreto (m3) por FRENTE de Trabajo, SECTOR y SUBSECTOR, se establece una métrica objetiva y fácilmente cuantificable para medir el progreso en cada zona de intervención. El avance se puede determinar con precisión al registrar el volumen de concreto ejecutado en cada segmento, permitiendo una comparación directa del progreso entre los diferentes SECTORES de Trabajo. La estrategia proporciona una visión clara y transparente del estado del proyecto en cada una de sus áreas, facilitando la identificación temprana de posibles desviaciones y la implementación de medidas correctivas oportunas para garantizar el cumplimiento de los hitos del proyecto. Esta segmentación detallada, realizada directamente en el entorno Revit BIM, se convierte en una herramienta fundamental para la gestión proactiva y el control eficiente del proyecto. Las siguientes tablas muestran una cuantificación por segmentación por volumen de concreto en (m3) y su posterior asignación por cuadrillas para el control de avance de la obra.

<COMPUTO MULTICATEGORIA (COMEDOR)>				
A	B	C	D	E
SECTOR	FRENTE	NIVEL II	SUBSECTOR	Material: Volumen
FRENTE 1				
COMEDOR	FRENTE 1	NIVEL 1	1	33.42 m³
COMEDOR	FRENTE 1	NIVEL 1	2	63.40 m³
COMEDOR	FRENTE 1	NIVEL 2	2	70.91 m³
COMEDOR	FRENTE 1	NIVEL 3	2	1.65 m³
COMEDOR	FRENTE 1	NIVEL 1	3	53.79 m³
COMEDOR	FRENTE 1	NIVEL 2	3	40.62 m³
COMEDOR	FRENTE 1	NIVEL 3	3	6.55 m³
COMEDOR	FRENTE 1	NIVEL 1	4	65.72 m³
COMEDOR	FRENTE 1	NIVEL 2	4	71.01 m³
COMEDOR	FRENTE 1	NIVEL 3	4	2.17 m³
COMEDOR	FRENTE 1	NIVEL 1	5	32.98 m³
COMEDOR	FRENTE 1	NIVEL 2	5	10.22 m³
COMEDOR	FRENTE 1	NIVEL 3	6	10.85 m³
				463.29 m³

Figura 4.7: Cuantificación por Volumen de concreto en m3 equivalente del SECTOR 1

La representación de estas tablas verifican el volumen por cada SECTOR en (m3), esta información me permite asignar la cantidad de cuadrillas y el tiempo de avance que tomara a diferencia de los demás sectores; cada segmentación esta parametrizado con los niveles de piso terminado el cual me permite identificar la ubicación en altitud, el fin primordial de esta seg-

mentación es para el control del proyecto teniendo un patrón estándar en base al volumen (m3) y un secuencia logica de ejecucion el cual me permite tener mayor control sobre un proyecto general.

<COMPUTO MULTICATEGORIA (COMEDOR)>				
A	B	C	D	E
SECTOR	FRENTE	NIVEL II	SUBSECTOR	Material: Volumen
FRENTE 2				
COMEDOR	FRENTE 2	NIVEL 1	1	25.71 m³
COMEDOR	FRENTE 2	NIVEL 1	2	32.16 m³
COMEDOR	FRENTE 2	NIVEL 1	3	25.48 m³
COMEDOR	FRENTE 2	NIVEL 2	3	49.97 m³
COMEDOR	FRENTE 2	NIVEL 3	3	39.85 m³
COMEDOR	FRENTE 2	NIVEL 1	4	63.11 m³
COMEDOR	FRENTE 2	NIVEL 2	4	61.85 m³
COMEDOR	FRENTE 2	NIVEL 3	4	52.32 m³
COMEDOR	FRENTE 2	NIVEL 1	5	85.21 m³
COMEDOR	FRENTE 2	NIVEL 2	5	39.75 m³
COMEDOR	FRENTE 2	NIVEL 3	5	27.50 m³
COMEDOR	FRENTE 2	NIVEL 3	6	10.09 m³
				513.01 m³

Figura 4.8: Cuantificación por Volumen de concreto en m3 equivalente del SECTOR 2

<COMPUTO MULTICATEGORIA (COMEDOR)>				
A	B	C	D	E
SECTOR	FRENTE	NIVEL II	SUBSECTOR	Material: Volumen
FRENTE 3				
COMEDOR	FRENTE 3	NIVEL 2	1	46.27 m³
COMEDOR	FRENTE 3	NIVEL 3	1	4.59 m³
COMEDOR	FRENTE 3	NIVEL 2	2	37.85 m³
COMEDOR	FRENTE 3	NIVEL 3	2	28.93 m³
COMEDOR	FRENTE 3	NIVEL 3	3	4.87 m³
				122.51 m³

Figura 4.9: Cuantificación por Volumen de concreto en m3 equivalente del SECTOR 3

<COMPUTO MULTICATEGORIA (COMEDOR)>				
A	B	C	D	E
SECTOR	FRENTE	NIVEL II	SUBSECTOR	Material: Volumen
FRENTE 4				
COMEDOR	FRENTE 4	NIVEL 2	1	77.49 m³
COMEDOR	FRENTE 4	NIVEL 3	1	1.43 m³
COMEDOR	FRENTE 4	NIVEL 1	2	3.38 m³
COMEDOR	FRENTE 4	NIVEL 2	2	75.28 m³
COMEDOR	FRENTE 4	NIVEL 3	2	1.44 m³
COMEDOR	FRENTE 4	NIVEL 3	3	9.25 m³
				168.27 m³

Figura 4.10: Cuantificación por Volumen de concreto en m3 equivalente del SECTOR 4

#### 4.3.3.3. Aplicación de Lean Construction: Flujo Continuo de Trabajo y Tren de Trabajo

El flujo de trabajo continuo se refiere a la organización de las actividades de construcción de manera que el trabajo avance de forma espontanea y sin interrupciones, evitando tiempos de espera, cuellos de botella y la acumulación de inventario innecesario. El objetivo es mantener un ritmo constante y predecible, donde cada etapa del proyecto se conecta fluidamente con la siguiente, asegurando que los recursos estén disponibles justo cuando se necesitan y que el trabajo se complete de manera secuencial y eficiente.

Por otro lado, el tren de trabajo (o tren de actividades) busca organizar las cuadrillas de trabajo en secuencias lógicas y repetitivas, similar a una línea de producción en una fábrica. Se basa en la sectorización de la obra en áreas de trabajo homogéneas y la asignación de equipos especializados para realizar una serie de tareas específicas de manera continua en cada sector. Una vez que un equipo completa su trabajo en un sector, se mueve al siguiente, manteniendo un flujo constante de trabajo a través de las diferentes zonas del proyecto. Cuyo fin es reducir la variabilidad, minimizar los tiempos muertos y aumentar la productividad al permitir que las cuadrillas se especialicen y mejoren su eficiencia en tareas repetitivas.

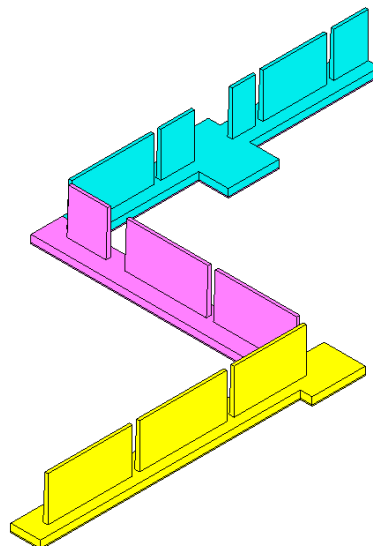


Figura 4.11: Frente de trabajo de los muros de Contención aplicado a Tren de trabajo, caso práctico.

Al segmentar el proyecto en FRENTE y SECTORES de trabajo con metrados equivalentes, como se describió anteriormente, se facilita la aplicación de trenes de trabajo, donde cuadrillas especializadas pueden avanzar secuencialmente a través de estos frentes realizando tareas estandarizadas. Esto promueve un flujo de trabajo más continuo y predecible en todo el proyecto, optimizando la utilización de los recursos, reduciendo los plazos de ejecución y mejorando la eficiencia general de la construcción.

En el contexto específico de la integración con Revit BIM, el concepto de trenes de trabajo adquiere una dimensión aún mayor. Al modelar la obra detalladamente y segmentarla en frentes de trabajo con metrados equivalentes, Revit permite visualizar y planificar con precisión la secuencia de actividades de cada tren de trabajo. La vinculación de la información del modelo con la planificación temporal posibilita la creación de simulaciones 4D que muestran el avance programado en función de la progresión de los trenes de trabajo a través de las diferentes zonas. Esta representación visual clara del "EJECUTADO" (a medida que se actualiza el modelo con el avance real) en comparación con el "PROGRAMADO" (la secuencia definida por los trenes de trabajo) facilita un control exhaustivo del cronograma, permitiendo a los gestores identificar rápidamente cualquier desfase y tomar medidas correctivas para asegurar el cumplimiento de los plazos del proyecto.

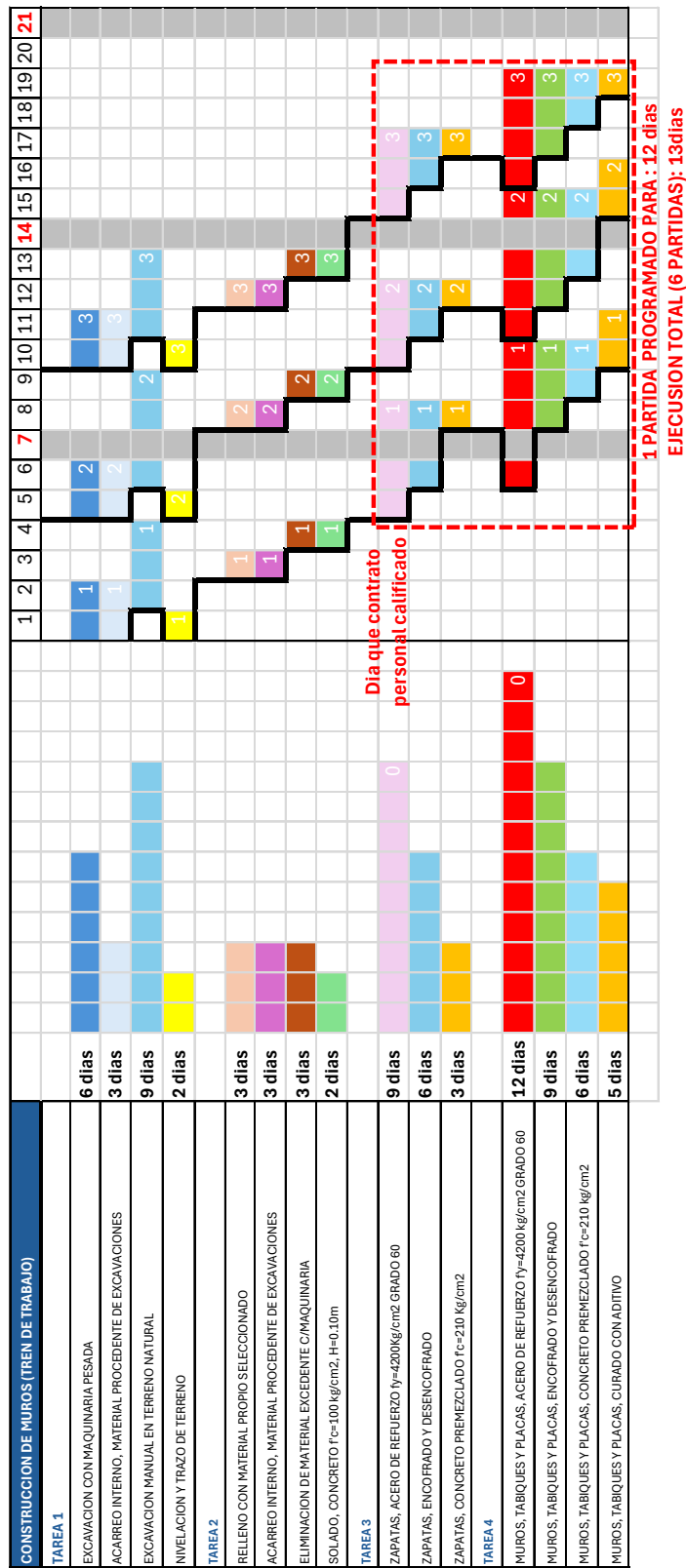


Figura 4.12: Tren de Trabajo y Flujo Continuo a los FRENTEROS de los muros de Contención

#### **4.3.4. Parámetro Compartido de EJECUTADO a las visualizaciones del modelado en REVIT**

Se implementa un parámetro compartido de tipo booleano (Sí/No) en Revit, que estandarizado mediante filtros visuales basados en color, representa una estrategia eficaz para el seguimiento visual y en tiempo real del progreso de la construcción directamente en el modelo BIM. La creación de este parámetro compartido permite a los usuarios asignar un estado de "EJECUTADO" a cada elemento modelado. Al combinar este parámetro con filtros predefinidos en Revit, se establece una representación gráfica intuitiva donde los elementos marcados como "SI" para ejecutado se visualizan con un color específico, diferenciándolos claramente de aquellos que aún no han sido construidos. Este pequeño concepto transforma el modelo BIM en una herramienta dinámica de control de avance, proporcionando una visión inmediata del estado de la obra directamente sobre la representación virtual que aplicado con la sinergia BIM y Lean Construction aplicados en conjunto se vuelve un planner eficiente.

La consistencia de esta estrategia radica en la estandarización a través de filtros. Una vez definidos los filtros y los colores correspondientes a los estados de ejecución, su aplicación en las vistas de Revit asegura una representación uniforme del avance en todo el modelo. Al seleccionar un elemento construido en campo y actualizar su parámetro compartido a "S", el cambio de color automático proporciona una confirmación visual instantánea de su estado. Esta capacidad de visualizar el progreso directamente en el modelo BIM facilita la comunicación entre los diferentes equipos, mejora la coordinación en sitio y permite a los gestores del proyecto realizar un seguimiento preciso del avance físico en relación con la planificación, optimizando así la toma de decisiones y la gestión general del proyecto.

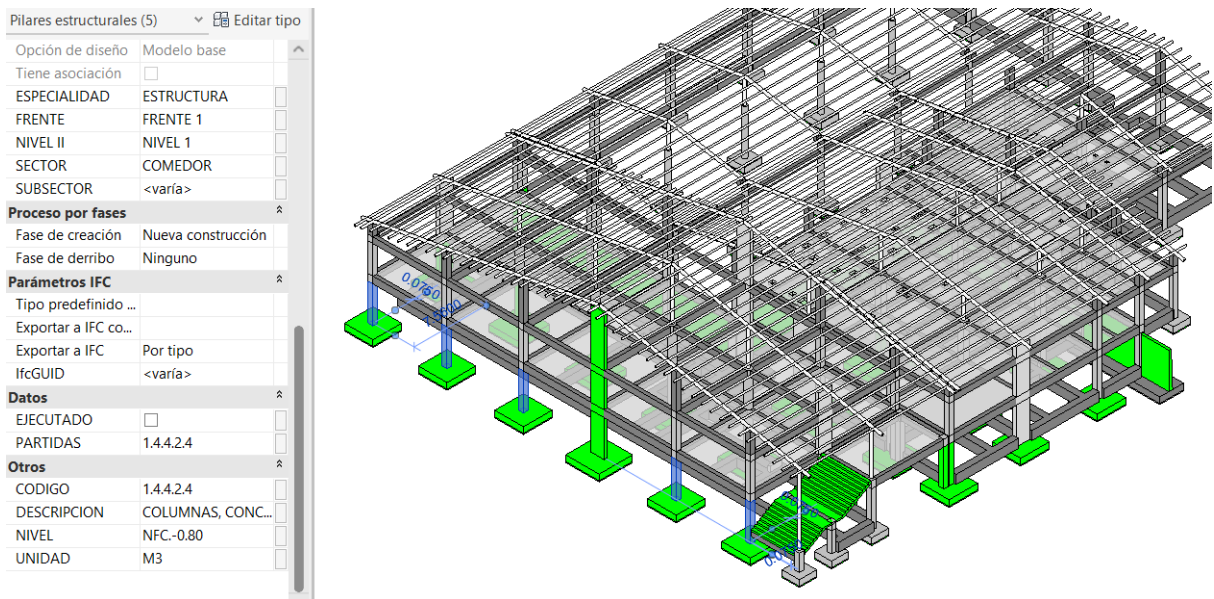


Figura 4.13: Parámetro booleano EJECUTADO para seguimiento de avance de obra.

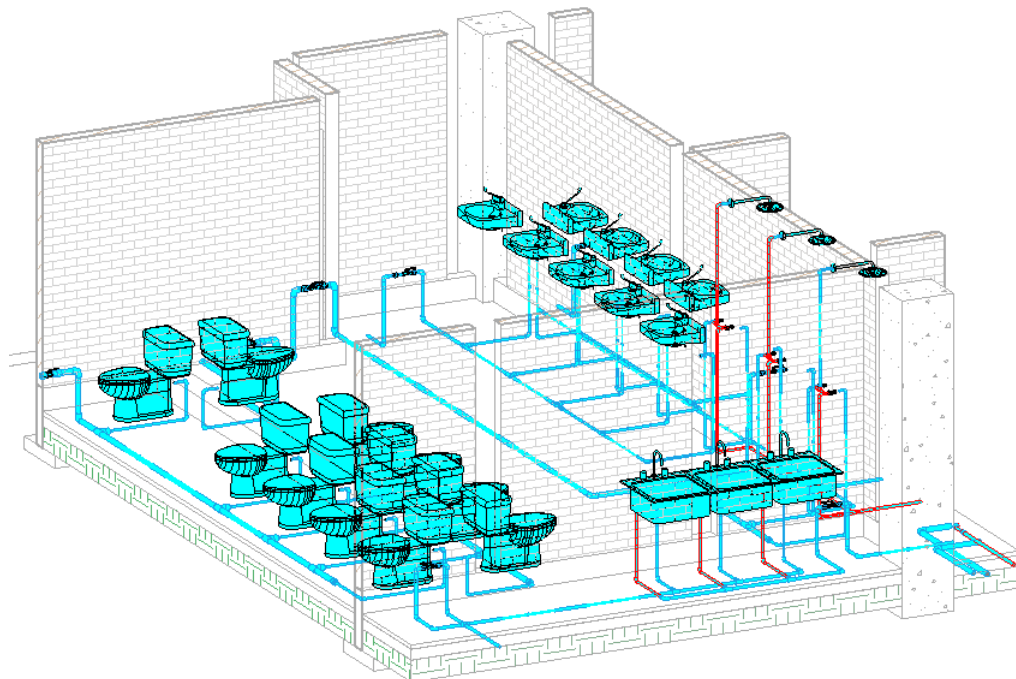


Figura 4.14: MODELO 3D, vista EJECUTADA de las Instalaciones Sanitarias para el control en campo.

### 4.3.5. Métodos de extracción y estructuración de datos desde Revit

La extracción de datos desde Revit en su forma más básica es a través de la funcionalidad de tablas de planificación, una herramienta intrínseca que facilita la selección y exportación de información paramétrica detallada asociada a los elementos del modelo, con compatibilidad para formatos de intercambio de datos como CSV y Microsoft Excel. A la vez existe otra forma de acceder a la información contenida dentro del entorno BIM de Revit reside en una estructura de base de datos, la cual, si bien no es directamente accesible al usuario final, representa una rica fuente de datos que puede ser explotada mediante métodos más avanzados, tales como la Interfaz de Programación de Aplicaciones (API) de Revit, permitiendo un acceso de programación y altamente personalizable a la totalidad de la información del modelo para flujos de trabajo de análisis e integración más sofisticado.

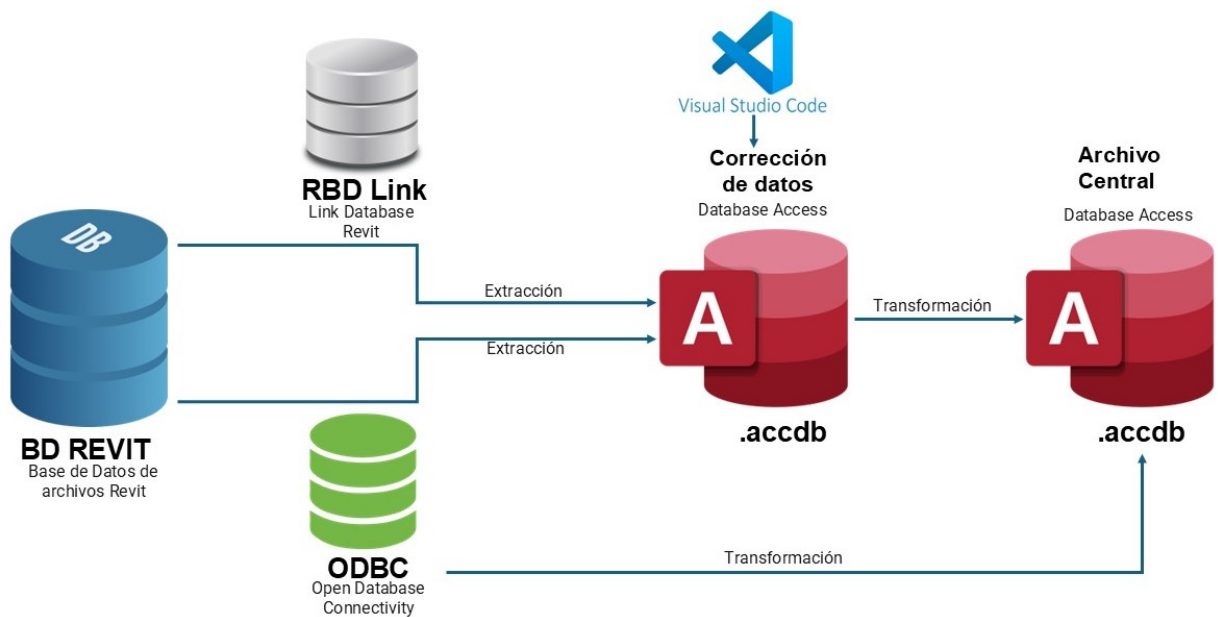


Figura 4.15: Proceso de Extracción de la Base de Datos (DB) del software Revit

Cuadro 4.6: Guia de extraccion de la base de Bases de Revit

METODOS	INSTRUCCIONES	DESVENTAJA
REVIT DB Link	<p>1° Instalar la extension de Database Revit Link de acuerdo a la version de REVIT en la pagina oficial de AUTODESK.</p> <p>2° EN REVIT: Complementos: Revit DB Link: Exportar: Seleccionar ACCES 2007-2016, y guardar la informacion en una carpeta de trabajo para el analisis de datos</p> <p>3° EN REVIT: Complementos: Revit DB Link: Exportar: Seleccionar ACCES 2007-2016, y guardar la informacion en una carpeta de trabajo para el analisis de datos</p>	(INGLES)
ARCHIVO ODBC	<p>1° Abrir ACCESS: Base de datos en blanco: Guardar en una ubicacion "REVIT ODBC.accd" : CREAR ARCHIVO : ACEPTAR: CERRAR</p> <p>2° PESTAÑA WINDOWS: Buscador "ODBC" : Origenes de Datos ODBC(64 bits): DNS Usuario: Seleccionar "AGREGAR": Microsoft ACCESS Driver (*.mdb,*.accdb): FINALIZAR: Base de datos "Seleccionar" : Ubico mi archivo en el buscador del interfaz y ACEPTAR: Nombre del Origen de Datos "REVIT ODBC" y ACEPTAR: ACEPTAR: ACEPTAR</p> <p>3° EN REVIT: Pestaña "Archivo" : Exportar y buscar formato "Base de Datos ODBC", Pestaña "Origen datos de Equipo" y buscar el archivo que creamos: Seleccionar y ACEPTAR</p>	<p>MAS COMPLEJO</p> <p>(ESPAÑOL)</p>
VINCULAR AL ARCHIVO CENTRAL	<p>4° Abrir ACCESS: Base de datos en blanco: Guardar en una ubicacion REVITDB.accdb : CREAR ARCHIVO : Pestaña "Datos Externos": Nuevo Origen de Datos: De una base de datos: Selecciono ACCESS: Buscar archivo "C:Document" : Vincular el origen de datos de una tabla Vinculada : Seleccionar las tablas que necesito: ACEPTAR</p>	

### 4.3.6. Implementación en Access: modelo relacional y consideraciones técnicas

La estrategia de gestión de datos para el análisis en este proyecto se centra en la selección y extracción selectiva de archivos de datos provenientes de Revit, priorizando aquellos que contienen los parámetros directamente relevantes para la investigación. Este proceso implica una segmentación meticulosa de la información, organizada según las categorías inherentes al modelado 3D de cada especialidad (arquitectura, estructura, instalaciones electromecánicas y sanitarias). Al focalizar la extracción en los datos esenciales por categoría, se optimiza el volumen de información a procesar, facilitando una comprensión más clara y eficiente de las variables críticas para el análisis posterior.

Usoestructur	Longitud	Marca	CODIGO	DESCRIPCION	NIVEL1	UNIDAD	FRENTE	SECTOR	SUBSECTOR
Otro	6.61 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	2
Otro	6.619 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	2
Otro	7.31 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	2
Otro	7.31 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	2
Otro	7.31 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	3
Otro	7.31 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	3
Otro	7.46 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	3
Otro	7.46 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	3
Otro	7.31 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	4
Otro	7.31 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	4
Otro	6.6 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	4
Otro	6.634 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	4
Otro	7.06 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	5
Otro	7.06 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	5
Otro	7.259 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	2
Otro	7.5 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	2
Otro	7.05 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	3
Otro	7.05 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	4
Otro	7.27 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	4
Otro	7.238 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	2
Otro	7.5 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	2
Otro	7.05 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	3
Otro	7.05 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	4
Otro	7.65 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	2
Otro	8 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	2
Otro	8 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	3
Otro	8 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	4
Otro	7.67 VG		1.4.4.4.4	VIGAS, CONCRE NFP.+3.60		M3	FRENTE 1	COMEDOR	4

Figura 4.16: Database del archivo REVIT ODBC en ACCESS

Una vez extraídos los datos relevantes de Revit, estos se consolidan en un archivo centralizado en Microsoft Access. Esta etapa de centralización no solo proporciona una visión integral de la organización y distribución de cada dato, sino que también permite establecer y comprender las interrelaciones fundamentales entre las diferentes tablas de información. La implementación

de un modelo relacional en Access, directamente vinculado y adaptado a las categorías específicas del proyecto (tal como se detalla en el Cuadro 4.7), sienta las bases para una consulta eficiente y estructurada dentro del mismo Access. Esta comprensión de las relaciones y la organización de los datos en un entorno relacional facilita significativamente la posterior transición y el análisis avanzado en un entorno de Business Intelligence más complejo como Power BI.

Cuadro 4.7: Extracción de datos relevantes de REVIT por categorías.

ESPECIALIDAD	CATEGORIAS FILTRADAS	OTRAS CATEGORIAS
ESTRUCTURAS	Armadura Estructural Armazón Estructural Cimentación Estructural Escaleras Pilares estructurales Suelos Muros	Cantidad de Materiales Materiales
ARQUITECTURA	Muros Suelos Puertas Ventanas Cubiertas	Cantidad de Materiales Materiales
I. SANITARIAS	Aparatos Sanitario Tuberias Tuberias flexibles Uniones de Tuberia Accesorios de Tuberia	Cantidad de Materiales Materiales
I. ELECTRICAS	Aparatos electricos Dispositivos de Iluminación Equipos Electricos Luminarias Tubos Uniones de Tubo	Cantidad de Materiales Materiales
I. MECÁNICAS	Conductos Uniones de conducto Equipos mecanicos Terminales de aire	Cantidad de Materiales Materiales

## **4.4. Integración de Project y su Base de Datos**

La integración de Microsoft Project y su base de datos se posiciona como un elemento esencial para optimizar la administración de la construcción dentro del marco de esta investigación. Microsoft Project es reconocido como una herramienta clave en la planificación y dirección de proyectos, centraliza una amplia gama de datos relacionados con el calendario de trabajo, la asignación de recursos, la gestión de costos y el seguimiento del progreso de la obra. La comprensión detallada de la configuración y estructura de esta información es determinante para su análisis posterior y la adopción de decisiones fundamentadas. Su base de datos organiza la información en tablas interconectadas, cada una conteniendo datos específicos sobre actividades, asignación de recursos, planificación temporal y control financiero. Interpretar adecuadamente esta estructura permite identificar los elementos clave para el análisis, tales como la duración programada y real de cada tarea, las fechas de inicio y finalización, los recursos destinados, los costos estimados y ejecutados, así como el porcentaje de avance del proyecto. Un conocimiento sólido de esta organización de datos facilita la extracción selectiva de la información a los objetivos de la investigación, reduciendo la acumulación innecesaria de datos y comprensión del proceso analítico.

### **4.4.1. Sincronización con Access para consolidar Database.**

El análisis de los datos provenientes de Microsoft Project con Microsoft Access constituye una estrategia eficiente para centralizar y organizar la información del cronograma y el progreso de obra dentro de un sistema relacional que permite su manipulación y análisis preliminar. Access desempeña un papel fundamental como centro unificado, combinando los datos detallados del cronograma de Project con información centralizada para el seguimiento del avance, como registros de inspecciones, informes de progreso que puedan relacionarse con datos del modelo BIM a través de la Database de Revit. Esta centralización en Access facilita la creación de relaciones explícitas entre las actividades programadas y otros elementos significativos del pro-

yecto, permitiendo consultas que integren múltiples fuentes de información. Establece vínculos entre las tareas EDT del proyecto y las partidas ejecutadas del modelo BIM, lo que posibilita un monitoreo preciso del avance físico en relación con la planificación temporal. Access cuenta con la capacidad de gestionar datos provenientes de diversas fuentes y establecer conexiones por lo que lo convierte en una herramienta clave para la estructuración y comprensión inicial de la información antes de su procesamiento en un entorno de BI más avanzado.

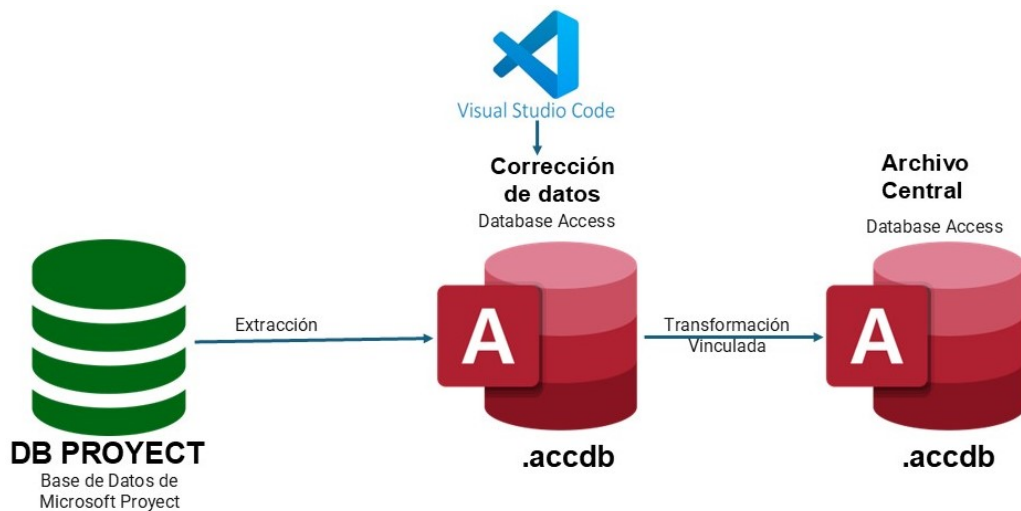


Figura 4.17: Rutina de extracción Database DB Project a Access.

Cuadro 4.8: Guía de extracción de la base de Bases de Project

METODO	INSTRUCCIONES	VENTAJA
PROYECT	<p>1° EN PROYECT: Pestaña "Informe": Guardar Datos: Guardar base de datos: Buscar una ubicación y guardar NOMBRE.mpp.mdb</p> <p>VINCULAR AL ARCHIVO CENTRAL: Abrir ACCESS: Archivo Central : Pestaña "Datos Externos": Nuevo Origen de Datos: De una base de datos: Selecciono ACCESS: Buscar archivo "NOMBRE.mpp.mdb" : Vincular el origen de datos de una tabla Vinculada : Seleccionar las tablas que necesito MSP_EpmTask: ACEPTAR</p>	(ESPAÑOL)

#### 4.4.2. Procesamiento de información para análisis eficiente mediante una consulta en ACCESS.

El procesamiento eficiente de la información para el análisis en POWER BI comienza con una consulta estratégica en Microsoft Access, diseñada para filtrar y extraer únicamente las tablas y campos esenciales de la base de datos de Project. La consulta en ACCESS busca automatizar y extraer solamente la información necesaria para la gestión de información que contiene la Database de Project, esta consulta fue diseñada en Visual Studio Code (Python) y se usa únicamente en ACCESS al crear una consulta en la vista SQL SERVER para el archivo "MSP\_EpmTask" que es el núcleo fundamental de la base de trabajo en Project:

```
1 SELECT
2     DateValue(A.Fecha) AS Fecha,
3     MaxTrabajoPrevisto AS TrabajoPrevisto,
4     Iif(MaxTrabajoReal = 0, NULL, MaxTrabajoReal) AS TrabajoReal,
5     (
6         SELECT SUM(TP.[Trabajo previsto])
7         FROM [MSP_EpmTask] AS TP
8         WHERE DateValue(TP.[Comienzo previsto]) <= DateValue(A.Fecha)
9             AND TP.[Es hito] = 0
10            AND TP.[Es resumen] = 0
11     ) AS TrabajoPrevistoAcumulado,
12     Iif(
13     MaxTrabajoReal <> 0 AND MaxTrabajoReal IS NOT NULL,
14     (
15         SELECT SUM(
16             Iif(
17                 TR.[Comienzo real] <= A.Fecha,
18                 TR.[Trabajo real],
19                 0
```

```

20         )
21     )
22     FROM [MSP_EpmTask] AS TR
23     WHERE TR.[Es hito] = 0
24         AND TR.[Es resumen] = 0
25     ),
26     NULL
27 ) AS TrabajoRealAcumulado,
28 IIF (
29     MaxTrabajoReal <> 0,
30     (
31         TrabajoRealAcumulado / (
32             SELECT SUM(TP.[Trabajo previsto])
33             FROM [MSP_EpmTask] AS TP
34             WHERE TP.[Es hito] = 0
35             AND TP.[Es resumen] = 0
36         )
37     ),
38     NULL
39 ) AS PorcentajeAvanceReal,
40 (
41     TrabajoPrevistoAcumulado / (
42         SELECT SUM(TP.[Trabajo previsto])
43         FROM [MSP_EpmTask] AS TP
44         WHERE TP.[Es hito] = 0
45         AND TP.[Es resumen] = 0
46     )
47 ) AS PorcentajeAvancePlaneado
48 FROM
49 (
50     SELECT DISTINCT
51         DateValue([Comienzo previsto]) AS Fecha,

```

```

52     Max([Trabajo previsto]) AS MaxTrabajoPrevisto,
53     Max([Trabajo real]) AS MaxTrabajoReal
54 FROM
55     [MSP_EpmTask]
56 WHERE
57     [Comienzo previsto] IS NOT NULL
58     AND [Es hito] = 0
59     AND [Es resumen] = 0
60 GROUP BY
61     DateValue([Comienzo previsto])
62 ) AS A
63 ORDER BY
64 DateValue(A.Fecha);

```

Listing IV.1: Consulta SQL en Access para extraer datos filtrados de Database Project.

El objetivo de la consulta es procesar la información de la base de datos de Microsoft Project Server MSP\_EpmTask para extraer métricas clave relevantes para el análisis de la eficiencia del proyecto. Los resultados de esta consulta proporcionarían una base de datos tabular con las siguientes columnas, ideal para ser importada a Power BI:

- **Fecha:** La fecha de inicio prevista de las tareas.
- **TrabajoPrevisto:** El trabajo previsto para las tareas que comienzan en esa fecha.
- **TrabajoReal:** El trabajo real realizado en las tareas que comenzaron en esa fecha.
- **TrabajoPrevistoAcumulado:** El trabajo previsto total hasta esa fecha.
- **TrabajoRealAcumulado:** El trabajo real total realizado hasta esa fecha.
- **PorcentajeAvanceReal:** El porcentaje de avance real del proyecto hasta esa fecha.
- **PorcentajeAvancePlaneado:** El porcentaje de avance planeado del proyecto hasta esa fecha.

Cuadro 4.9: Extraccion de datos relevantes de Microsoft Project.

DATA	Data Filtrada elemental	Data Filtrada primordial
MSP_EpmTask	Costo Real Fin Real Comienzo Real Trabajo Real Trabajo Previsto Costo Duración EDT Nombre Fin	Costo de linea base Duracion estimada de linea base Fin estimado de linea base Comienzo estimado de linea base Es critico Es hito Es resumen Porcentaje completado CEF Comienzo

## **4.5. Diseño de la Base de Datos en Access**

### **4.5.1. Creación de la arquitectura de base de datos relacional.**

El objetivo principal es diseñar un esquema de Database segmentado que representen los parametros del modelo BIM y sus relaciones con la Database de tareas del Project. Para que la relacion de datos exista deben tener algo en comun, esto facilitara la relacion de una tarea programada vincula a varios elementos del modelo BIM (uno a varios), el archivo central es un vinculo de la database de cada programa cuyo fin es la transformación de datos crudos a datos procesados, esto evita la redundancia de datos y facilita la consulta y el análisis.

### **4.5.2. Validación de integridad y pruebas de conectividad.**

Para integrar las bases de datos de Revit y Project en Access, es necesario identificar campos comunes que actúen como puente de información. En este caso, las "PARTIDAS" y "DESCRIPCION" de los elementos en el modelo BIM (REVIT) se corresponden con la "EDT" y el "NOMBRE DE TAREA" en PROYECT, creando un vínculo lógico entre la planificación y la construcción. Mediante una consulta en Access, se pueden cruzar los registros de ambas fuentes, relacionando y enriqueciendo la información para consolidarla, esto permite un análisis integral del avance del proyecto y digitalización.

Para las pruebas de conectividad se logra mediante la creación y ejecución de consultas de unión (JOIN QUERY) en Access que utilice los campos de PARTIDA/DESCRIPCION de elemento y EDT/NOMBRE DE TAREA como puente de enlace. Se analiza los resultados de esta consulta para asegurar que los registros de ambas fuentes se emparejen correctamente, mostrando la información relacionada del modelo BIM y la planificación del proyecto para cada partida o elemento. Con la información existente se puede crear informes que presenten datos combinados, como el avance físico modelado en Revit asociado al porcentaje de completitud de la tarea correspondiente en Project. Esto garantiza que el archivo central sea una herramienta confiable para el análisis y la gestión eficiente del proyecto en general.

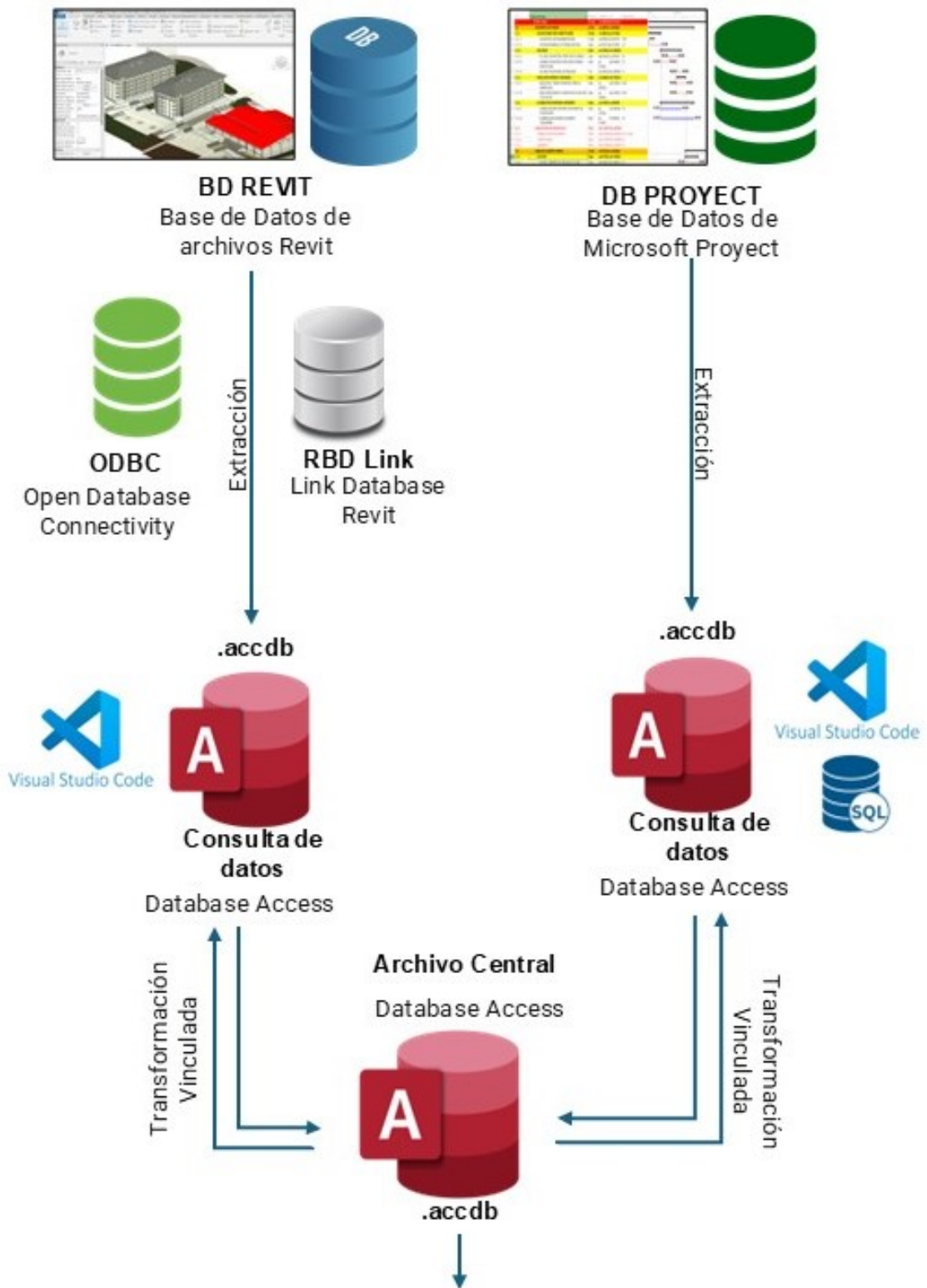


Figura 4.18: Archivo Central de la Consultas vinculada en Access.

## 4.6. Gestión de la información en Power BI

Power BI se centra en la transformación de los datos vinculados desde Access, actúa como una plataforma de visualización y análisis, permitiendo la creación de Dashboards interactivos que consolidan la información proveniente del modelo BIM (Revit) y la planificación del proyecto (Project). A través de la importación de las consultas preparadas en el archivo central en Access, Power BI facilita la exploración de los datos, el establecimiento de relaciones entre diferentes conjuntos de información y la creación de medidas personalizadas mediante DAX para calcular indicadores clave del avance y estado del proyecto para el control de obra en tiempo real. El programa trabaja en base a 4 componentes:

- **Power Query:** Transforma los datos, permite limpiar, dar forma y combinar datos de múltiples fuentes, utiliza el Lenguaje M como su lenguaje de scripting para definir las transformaciones aplicadas a los datos, esto facilita la preparación de los datos para su posterior análisis y visualización.

		Comienzo real	Fin real	1.2 Trabajo real	1.2 Trabajo presupuestado de línea base	1.2 Costo de línea base1	1.2
1	5160	28/06/2024 09:00:00	01/07/2024 09:00:00	2.583333333	null	5160	
2	5160	28/06/2024 09:00:00	01/07/2024 09:00:00	2.583333333	null	5160	
3	0	null	null	0	null	84000	
4	0	null	null	0	null	12900	
5	0	null	null	0	null	12900	
6	4300	28/06/2024 09:00:00	04/07/2024 09:00:00	115858.5167	null	4300	
7	0	null	null	0	null	1032	
8	18544.3	28/06/2024 09:00:00	01/07/2024 09:00:00	54.75	null	18544.3	
9	12656.02	01/07/2024 09:00:00	04/07/2024 09:00:00	26.4	null	12656.02	
10	17589.17	06/07/2024 09:00:00	08/07/2024 09:00:00	54.15	null	17589.17	
11	25456.55	04/07/2024 09:00:00	06/07/2024 09:00:00	47.25	null	25456.55	
12	9326.89	08/07/2024 09:00:00	09/07/2024 09:00:00	24.68333333	null	9326.89	
13	7661.87	08/07/2024 09:00:00	10/07/2024 09:00:00	46.25	null	7661.87	
14	18218.27	28/06/2024 09:00:00	03/07/2024 09:00:00	11.05	null	18218.27	
15	26177.29	08/07/2024 09:00:00	10/07/2024 09:00:00	47.23333333	null	26177.29	
16	7276.31	04/07/2024 09:00:00	09/07/2024 09:00:00	39.45	null	7276.31	
17	12067.22	04/07/2024 09:00:00	12/07/2024 09:00:00	340.85	null	12067.22	
18	15073.76	10/07/2024 09:00:00	13/07/2024 09:00:00	213.9666667	null	15073.76	

Figura 4.19: Edición en POWER QUERY y preparación de datos analizados.

- **Lenguaje M:** Es el lenguaje de fórmulas utilizado dentro de Power Query para realizar las transformaciones de datos que permite automatizar tareas de limpieza, filtrado, combinación y manipulación de datos de manera eficiente.

1 Costo Planeado Acumulado = CALCULATE(SUM(MSP\_EpmTask[Costo de línea base1]),FILTER(ALL(MSP\_EpmTask),MSP\_EpmTask[Comienzo de línea base1 estimado] <= EARLIER(MSP\_EpmTask[Comienzo de línea base1 estimado])))

puestado	Costo Planeado Acumulado	Costo Real Acumulado	Costo de línea base1	Duración de línea base1 estimada	Fin de línea base1 estimado	Comienzo de línea base1 estimado
0	8995188		100	1	11/09/2024	10/09/2024
0	12573262		112.3	1	04/10/2024	03/10/2024
0	12573262		135.27	1	04/10/2024	03/10/2024
0	14739324		604.94	1	21/10/2024	20/10/2024
0	12573262		4442.48	1	04/10/2024	03/10/2024
0	12573262		1595.88	1	04/10/2024	03/10/2024
0	12573262		351.96	1	04/10/2024	03/10/2024
0	12573262		217.98	1	04/10/2024	03/10/2024
0	12675996		25883.82	1	05/10/2024	04/10/2024
0	12675996		4602.15	1	05/10/2024	04/10/2024
0	13192709		1090.1	1	10/10/2024	09/10/2024
0	13192709		572.22	1	10/10/2024	09/10/2024
0	12675996		544.66	1	05/10/2024	04/10/2024
0	11881830		486.01	1	02/10/2024	01/10/2024
0	11881830		214.44	1	02/10/2024	01/10/2024
0	11881830		488.43	1	02/10/2024	01/10/2024
0	11881830		182.61	1	02/10/2024	01/10/2024
0	12573262		166.95	1	04/10/2024	03/10/2024
0	12573262		99.4	1	04/10/2024	03/10/2024
0	12573262		41.82	1	04/10/2024	03/10/2024
0	12573262		281.2	1	04/10/2024	03/10/2024
0	12573262		17.5	1	04/10/2024	03/10/2024
0	12573262		133.28	1	04/10/2024	03/10/2024
0	12573262		12.71	1	04/10/2024	03/10/2024
0	12573262		13.46	1	04/10/2024	03/10/2024
0	12573262		90.48	1	04/10/2024	03/10/2024

Figura 4.20: Lenguaje DAX para nuevos cálculos y funciones avanzadas de analíticas de datos

- **DAX (Data Analysis Expressions):** Representa el lenguaje de fórmulas y funciones en Power BI para realizar cálculos y crear medidas personalizadas basadas en los datos modelados. DAX permite realizar análisis complejos, crear indicadores y enriquecer los informes con información calculada.
- **Power BI Service:** El programa cuenta con una plataforma en la nube que permite compartir los informes, colaborar con los participantes del proyecto, programar actualizaciones de datos y acceder a la información desde cualquier dispositivo.

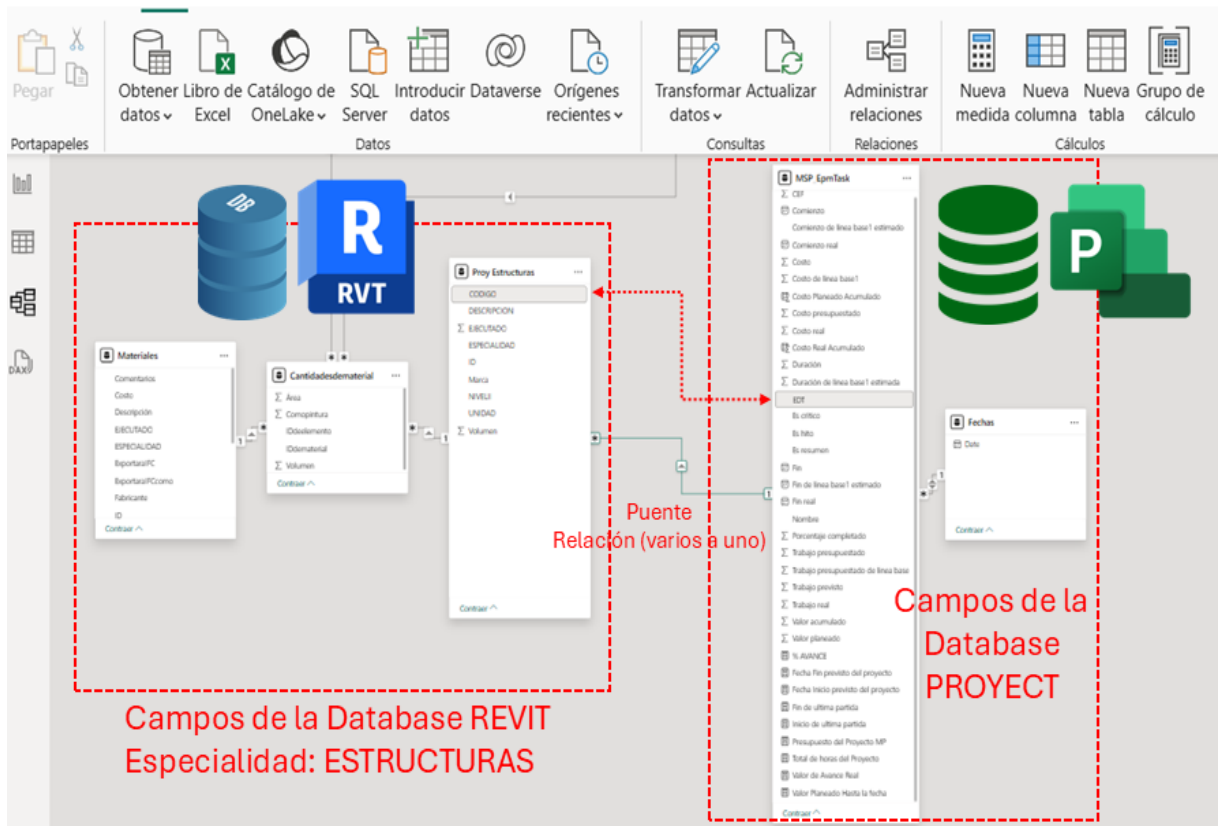


Figura 4.21: MODELO DE DATOS, esquema general de la relación (varios a uno) de la Database REVIT y la Database PROJECT.

La elaboración del interfaz de gestión de información del avance de obra en tiempo real me permite ver el estado in situ de la obra donde los participantes involucrados puedan tomar decisiones basadas en datos estadísticos en tiempo real, este Dashboard es adaptable a cualquier proyecto que cuente con información basada en Database de Revit y Database de Project que relaciona la planificación y el avance general del proyecto. Esta gestión visual de la información facilita la comprensión a los participantes del proyecto con una comprensión clara y actualizada del estado de la obra, lo que a su vez mejora la comunicación, facilita la toma de decisiones informadas y contribuye a un control más efectivo del proyecto en todas sus etapas.

# Capítulo V

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Analisis Comparativo del modelado BIM vs Ciclo de vida del proyecto ejecutado

El análisis comparativo de los metrados obtenidos del proyecto realizado con métodos tradicionales y el modelado BIM Revit para el proyecto 3D revela diferencias significativas en la cuantificación de materiales y elementos constructivos. Los metrados tradicionales, basados en planos 2D (CAD) y cálculos manuales, tienden a presentar variaciones, tanto por omisiones como por sobreestimaciones, error humano o la interpretación individual y la complejidad geométrica del proyecto. Por otro lado, el modelo BIM Revit ofrece una extracción automatizada y precisa de las cantidades, reflejando con exactitud la cuantificación de los diferentes elementos ya sea por volumen, area, longitud y cantidades contables. Los datos estadísticos obtenidos se basan en un porcentaje de error recopilado en la siguiente tabla.

Cuadro 5.1: Porcentaje de desperdicio (%) considerado para el analisis comparativo.

Especialidad	Descripción	% Estimado	% Desperdicio
ESTRUCTURAS	Concreto de hormigon armado	5-12	8
	Clavos	8-15	10
	Madera	8-15	10
	Acero de refuerzo Ø 3/8"	4-10	4
	Acero de refuerzo Ø 1/2"	5-11	5
	Acero de refuerzo Ø 5/8"	6-12	7
	Acero de refuerzo Ø 3/4"	7-14	8
	Acero de refuerzo Ø 1"	8-15	10
ARQUITECTURA	Ladrillo de muros	5-10	5
	Ladrillo para techos	5-10	5
	Losas para piso	5-10	5
	Mayólicas	5-10	5
	Mortero y Yeso	7-15	10
	Pinturas	5-10	8
	Cubiertas	7-15	10
SANITARIAS	Tuberias PVC	7-14	10
	Tuberias CPVC	7-14	10
	Accesorios	7-14	10
ELECTRICAS	Cables	5-12	8
	Conductores	5-12	8
	Tuberias Conduit	5-12	8
	Canalizaciones	5-12	8

La capacidad del software para contabilizar automáticamente las longitudes, volúmenes y cantidades con gran detalle, minimiza los riesgos de errores que pueden impactar en los costos y los plazos del proyecto. Las especialidades del proyecto se benefician significativamente de la precisión del modelado BIM Revit en la obtención de metrados, pero se debe considerar el porcentaje de desperdicio, al ser datos muy exactos en el campo existe un desperdicio imperceptible en el modelado. El análisis comparativo de la información existente del proyecto y el BIM revela los metrados y costos resumidos en las tablas posteriores:

Cuadro 5.2: Resumen comparativo de la variación de los costos existente del proyecto

Especialidad	Elementos analizados	S/(EJECUTADO)	S/ (BIM)	Partidas con más variación
ESTRUC-TURAS	Columnas	378,885.97	459,814.22	-ACERO DE RE-FUERZO f'y=210 kg/cm2 GRADO 60 (KG)
	Zapatas Escaleras	325,607.21 29,638.48	336,91.98 29,585.12	
	Vigas Losas aligeradas	479,040.97 520,195.84	520,980.11 812,311.80	-ENCOFRADO Y DEENCO- FRADO (M2)
	Concreto simple	223,459.40	263,708.43	
ARQUITEC-TURA	Cubierta aluzin	353,970.02	359,081.46	-TARRAJEO EN MUROS (M2)
	Muros de Albañilería	563,204.74	597,758.77	-MUROS DE ALBAÑILERIA (M2)
	Pisos y Pavimentos	381,12.25	400,290.23	
	Zocalos y Contrazocalos	119,371.30	128,324.15	
SANITA-RIAS	Agua Caliente Agua fria	18,678.78 39,344.45	18,678.78 41,449.86	-TUBERIAS (M)
	Desague y Ventilación	111,653.90	113,940.70	-UNIONES DE TUBERIAS (UND)
ELECTRI-CAS	Cables Conductos y Tuberias	178,585.95 87,264.51	191,494.03 90,724.58	-CABLES (M) -CONDUCTOS (M)
	Salida de Alumbrado Sistema de conductos	138,665.35 150,168.30	138,665.35 150,168.30	-TUBERIAS (M)
	OBRAS EX-TERIORES	Modulo de Cisterna principal	589,222.78	561,744.89
Muros de Contencion		725,000.53	675,903.29	-MATERIAL DE PRESTAMO (M3)
Paisajismo		148,821.16	157,423.83	
Pavimento de Concreto		1,100,564.08	923,552.25	-CONCRETO f'c=210 kg/cm2 (M3)
Rampas, Sardinela, canaleta y escalera		737,956.51	642,243.36	
Desague y ventilación		98,994.21	103,948.52	
Drenaje Pluvial Veredas y pisos		52,670.09 1,148,864.83	55,956.87 1,116,188.70	

## 5.1.1. Comparativo de la especialidad de Estructuras

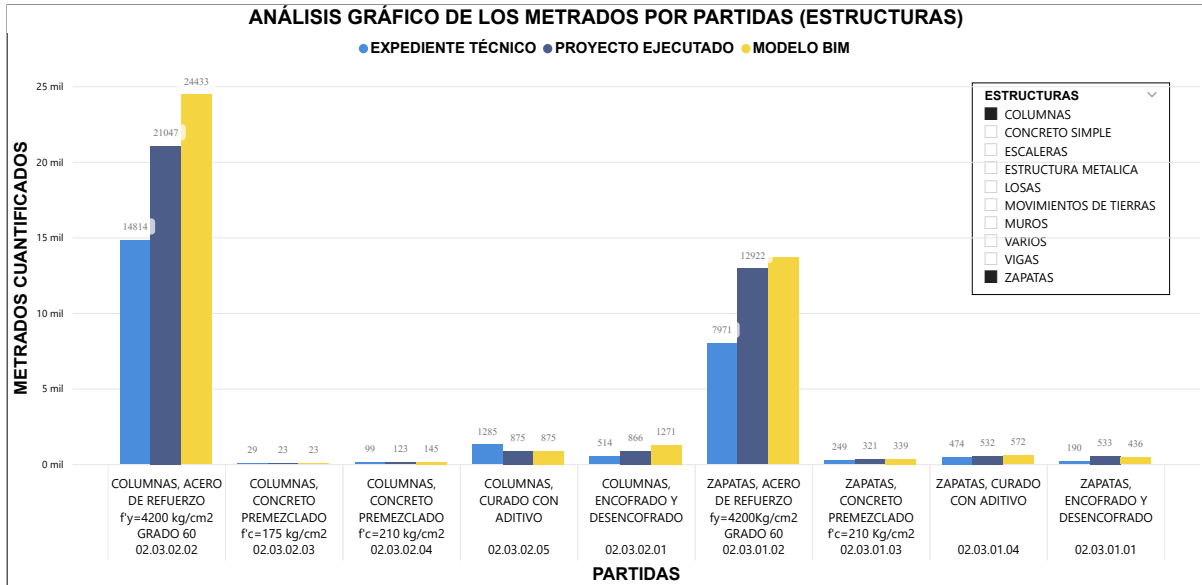


Figura 5.1: Comparativo de metrados en la especialidad de Estructuras, de las partidas correspondientes a las columnas y zapatas.

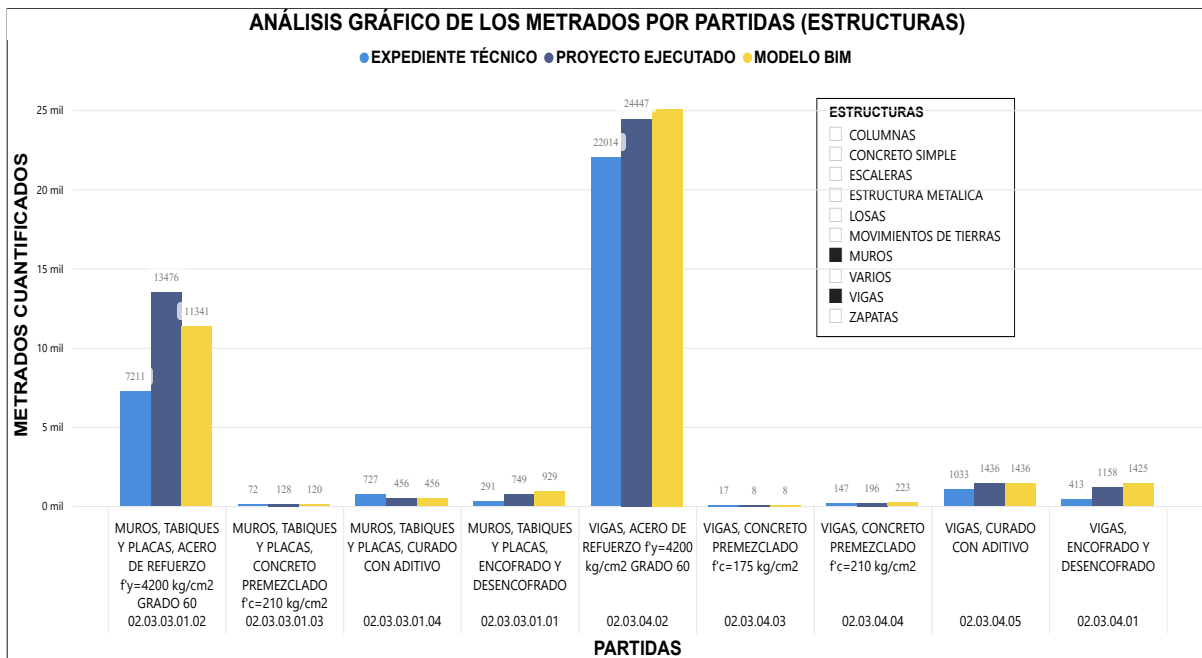


Figura 5.2: Comparativo de metrados en la especialidad de Estructuras, de las partidas correspondientes a los muros y vigas.

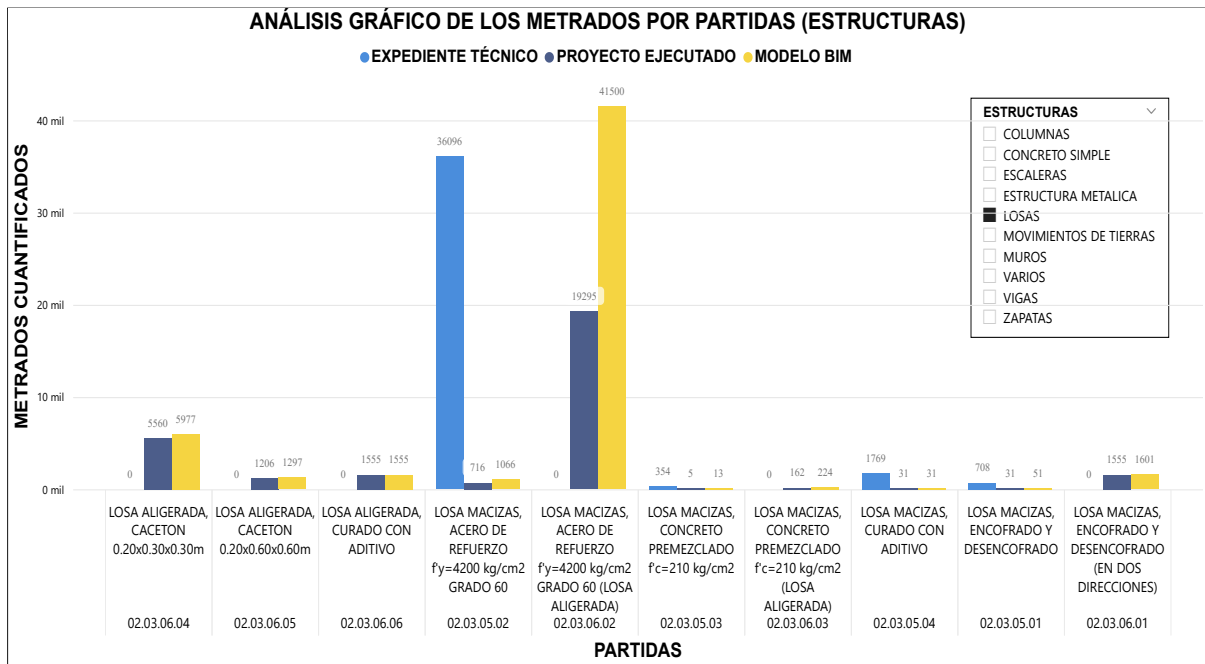


Figura 5.3: Comparativo de metrados en la especialidad de Estructuras, de las partidas correspondientes a losas macizas y losas aligeradas.

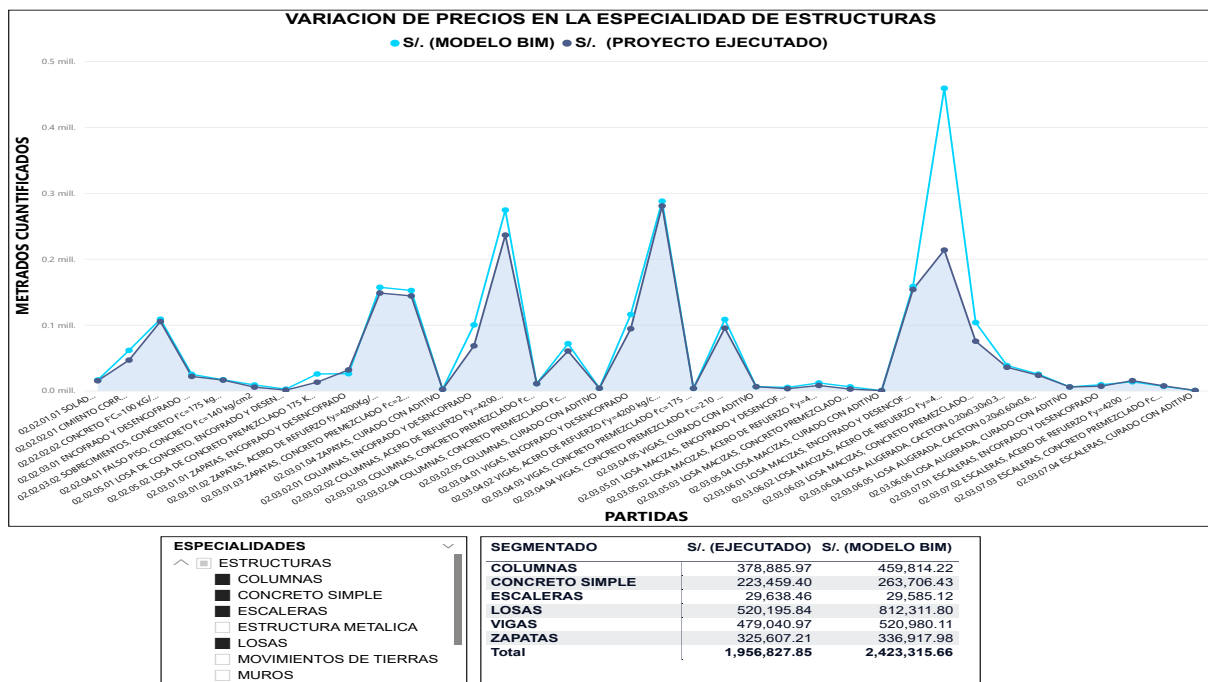


Figura 5.4: Variación de precios en la especialidad de Estructuras por cada partida.

## 5.1.2. Comparativo de la especialidad de Arquitectura

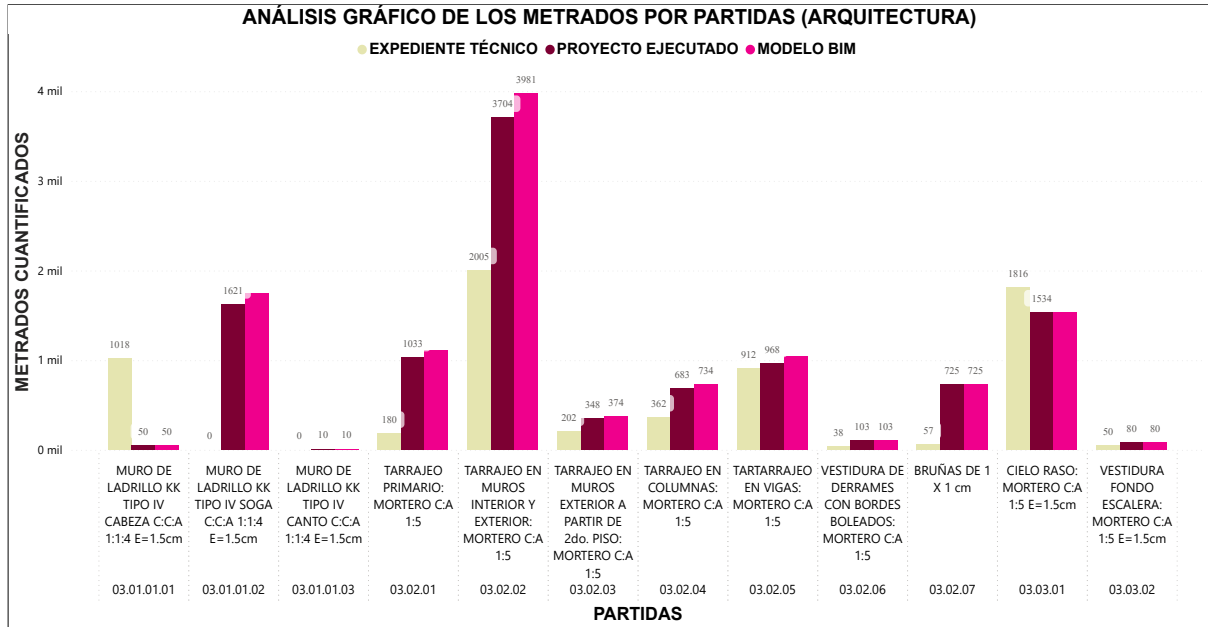


Figura 5.5: Comparativo de metrados en la especialidad de Arquitectura, de las partidas correspondientes a los muros de albañilería y tarrajeo.

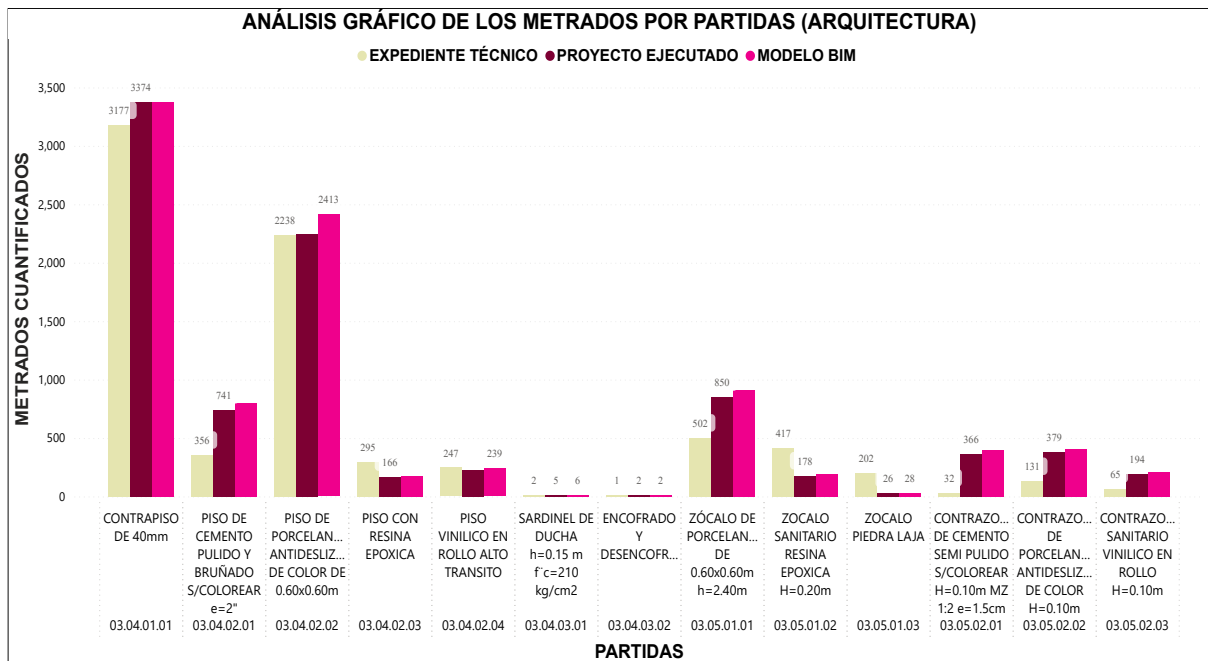


Figura 5.6: Comparativo de metrados en la especialidad de Arquitectura, de las partidas correspondientes a los pisos, contrapisos, zocalos y contrazocalos.

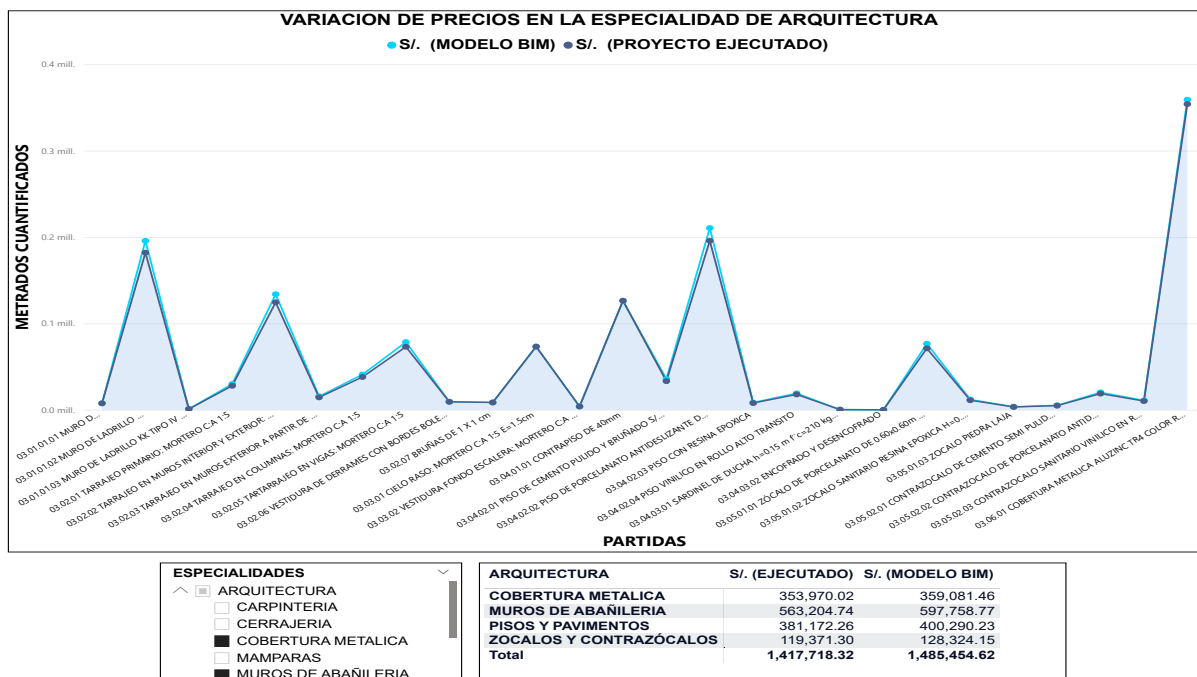


Figura 5.7: Variación de precios en la especialidad de Arquitectura por cada partida.

### 5.1.3. Comparativo de la especialidad de Instalaciones Sanitarias

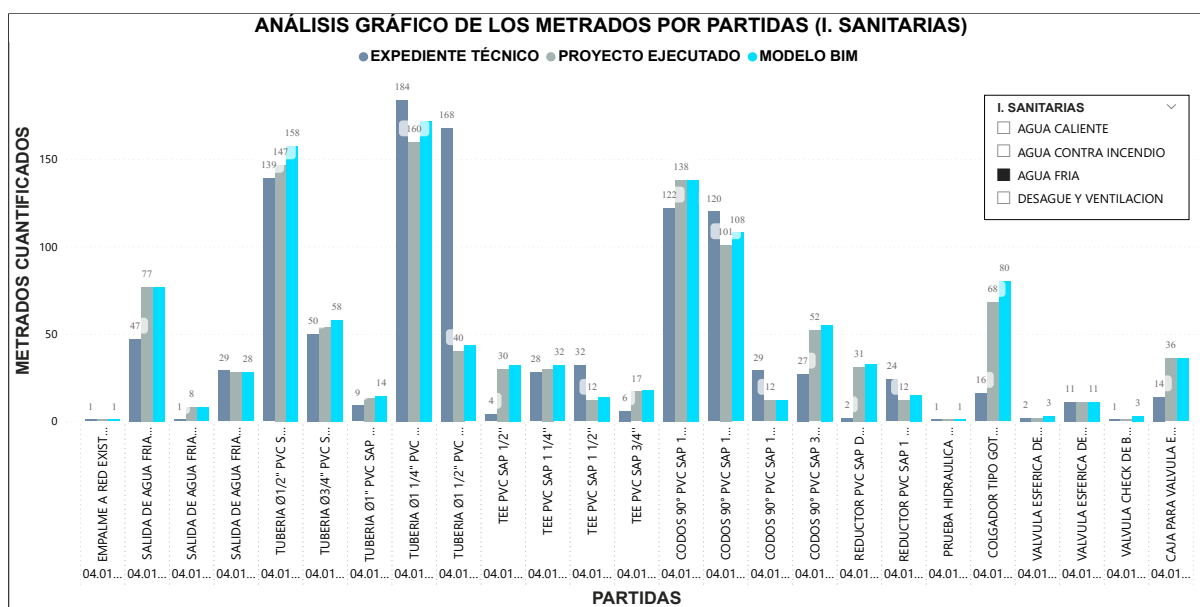


Figura 5.8: Comparativo de metrados en la especialidad de Instalaciones Sanitarias, de las partidas correspondientes a AGUA FRIA.

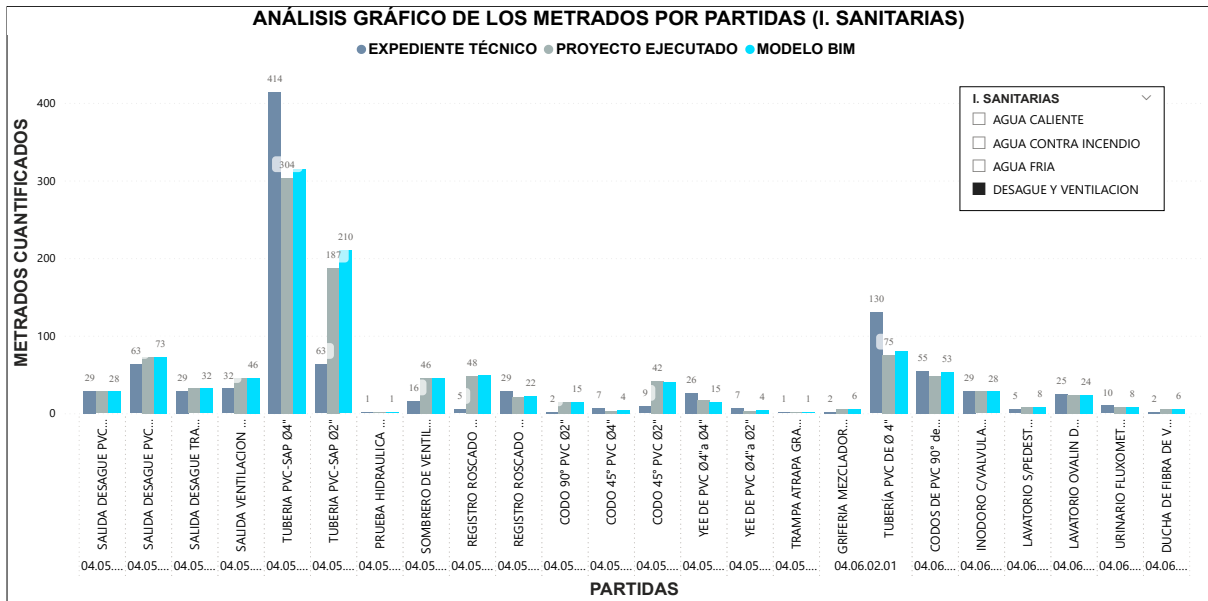


Figura 5.9: Comparativo de metrados en la especialidad de Instalaciones Sanitarias, de las partidas correspondientes a DESAGUE Y VENTILACIÓN

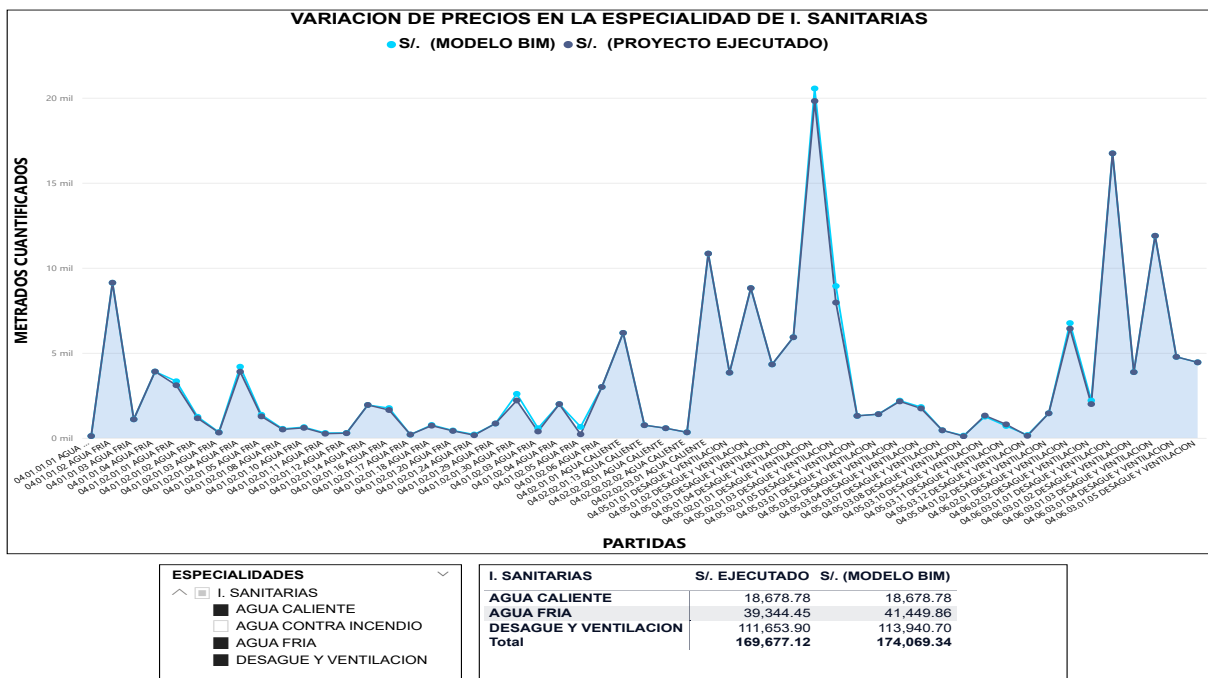


Figura 5.10: Variación de precios en la especialidad de Instalaciones Sanitarias por cada partida.

## 5.1.4. Comparativo de la especialidad de Instalaciones Eléctricas

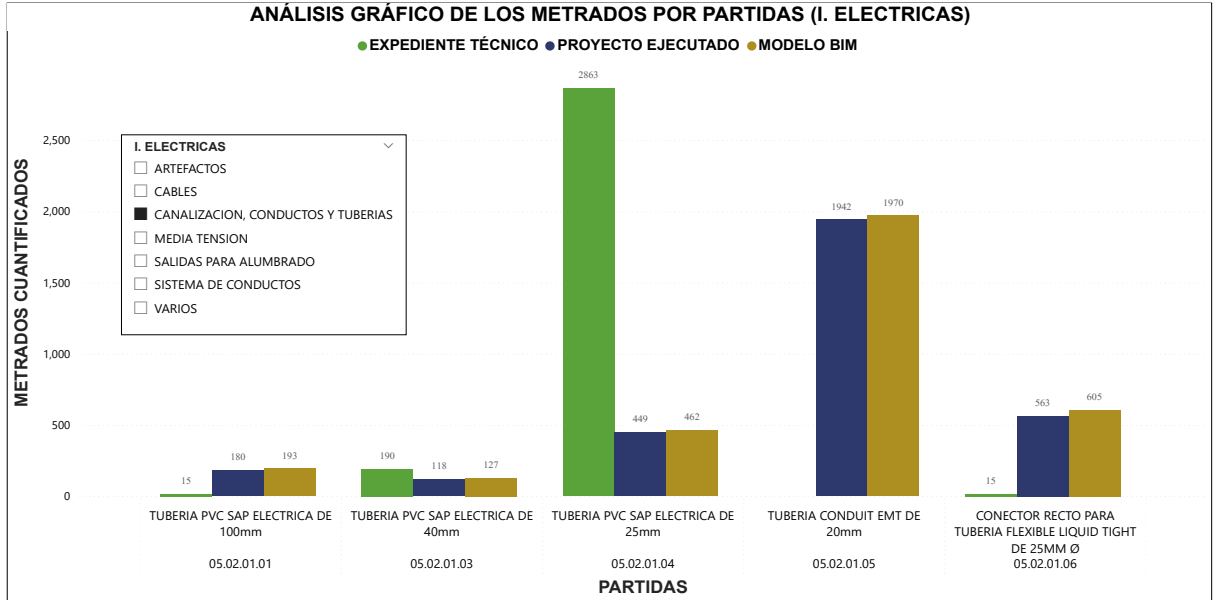


Figura 5.11: Comparativo de metrados en la especialidad de Instalaciones Eléctricas, de las partidas correspondientes a las canalización, conductos y tuberías.

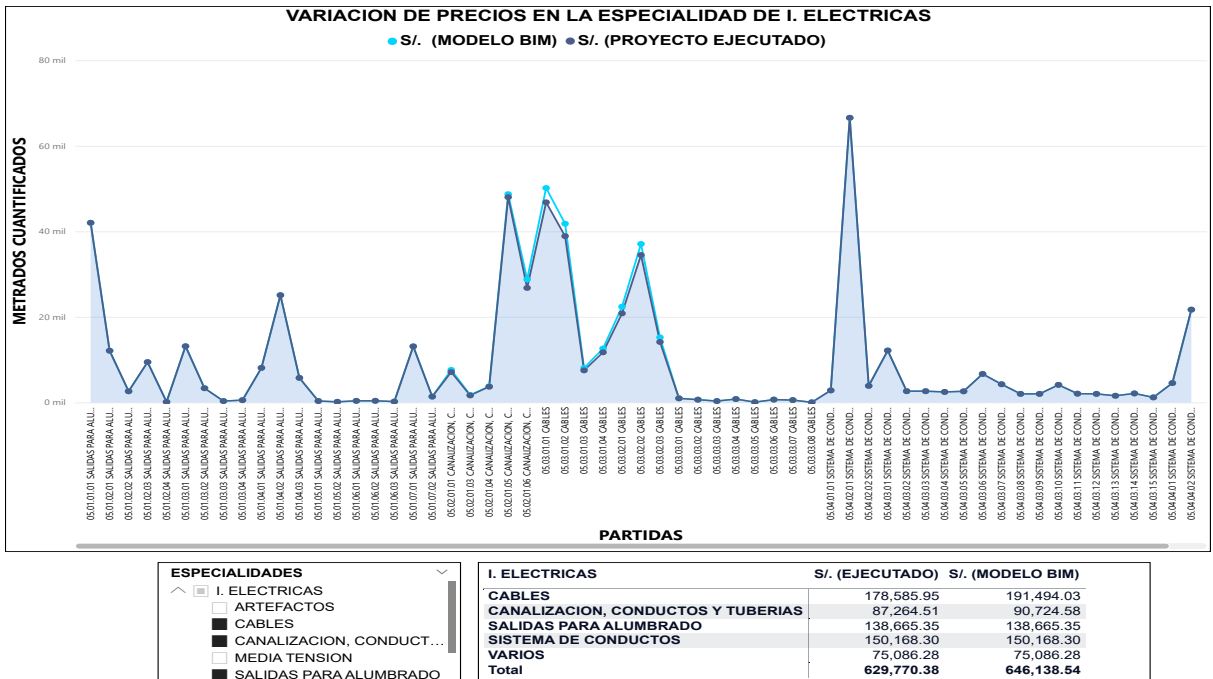


Figura 5.12: Variación de precios en la especialidad de Instalaciones Eléctricas por cada partida.

### 5.1.5. Comparativo de las Obras Exteriores

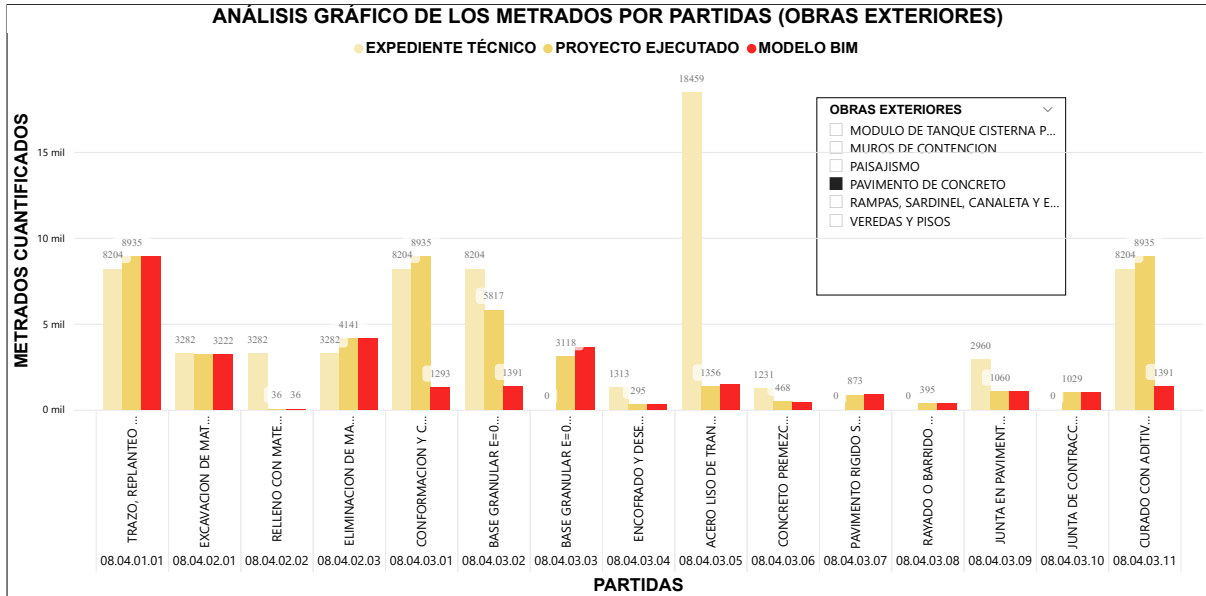


Figura 5.13: Comparativo de metrados de las Obras Exteriores, de las partidas correspondientes a Pavimentos de concreto

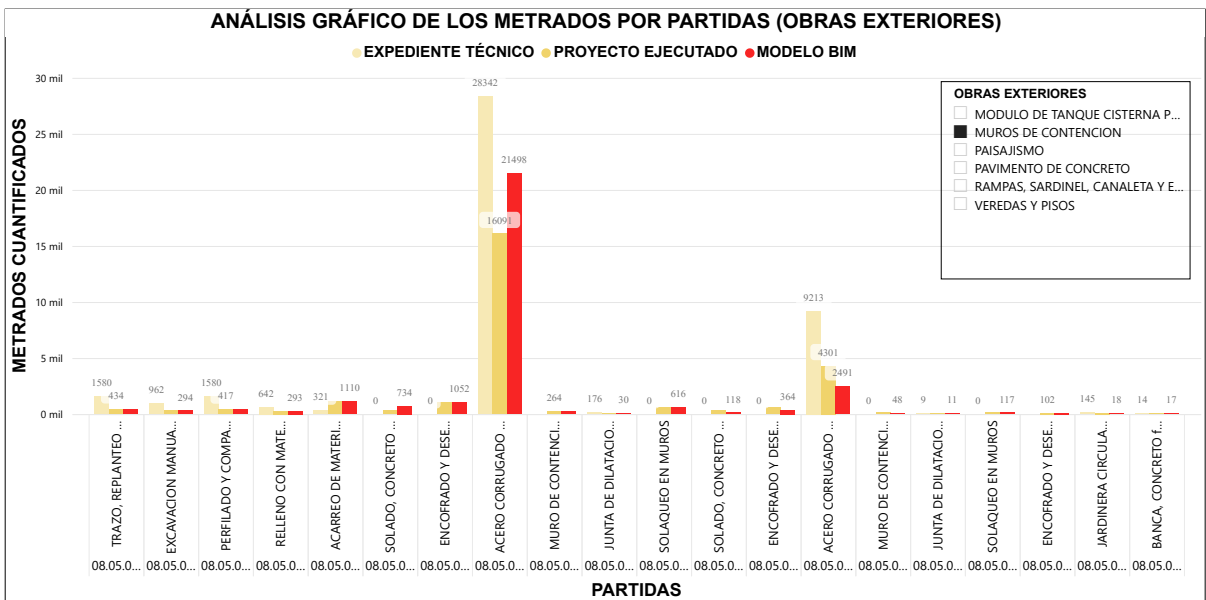


Figura 5.14: Comparativo de metrados de las Obras Exteriores, de las partidas correspondientes a Muros de Contención

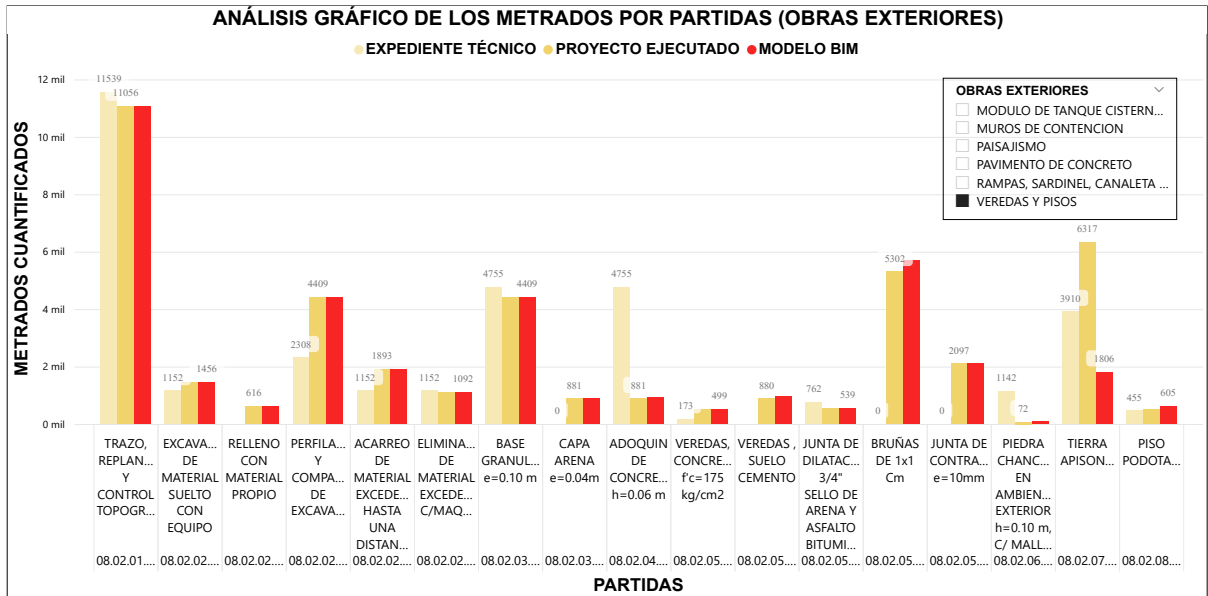


Figura 5.15: Comparativo de metrados de las Obras Exteriores, de las partidas correspondientes a Veredas y Pisos

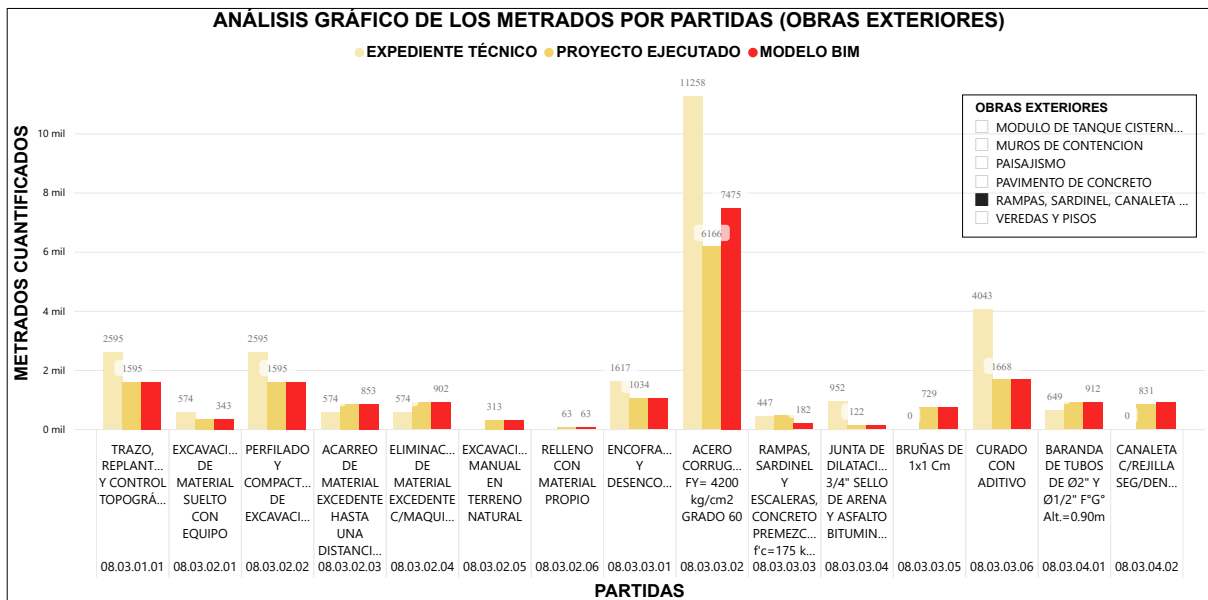


Figura 5.16: Comparativo de metrados de las Obras Exteriores, de las partidas correspondientes a Rampas, Sardinel y Canaleta

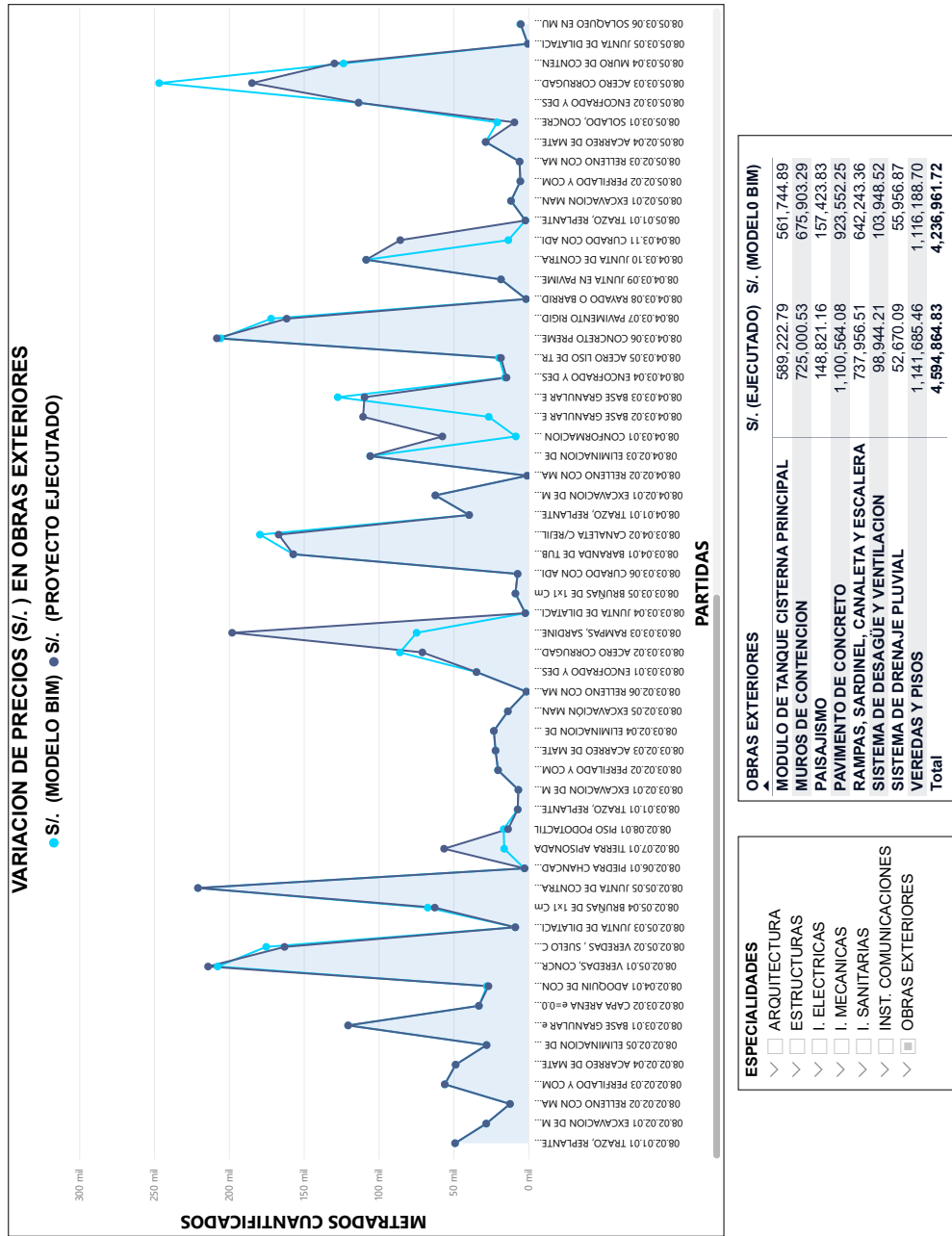


Figura 5.17: Variación de precios en Obras Exteriores por partidas.

## **5.2. Interfaz Gráfica en Power BI para el Control de Obra en Tiempo Real**

El proyecto culmina con un DASHBOARD, un panel de control diseñado para el seguimiento y control de obra en tiempo real del proyecto de construcción de la Villa Bolivariana que se actualiza en base a la actualización de la base de datos REVIT y PROYECT del proyecto. El interfaz integra diversos elementos visuales clave para el control de obra en tiempo real, tal como se plantea; en la parte superior, se destaca la fecha de actualización que se carga el mismo día que se actualizan los datos quien llega a ser el día que tengo avanzado del proyecto, asegurando la inmediatez de la información, también presenta indicadores como el Presupuesto del Proyecto , el Valor planeado hasta la fecha, el Valor de avance real y el porcentaje de avance del proyecto real, permitiendo una comparación directa del progreso económico.

El panel gráfico se complementa con la visión general de un diagrama de Gantt que detalla las actividades del proyecto y su avance en el tiempo, facilitando la identificación de posibles desviaciones en el cronograma. A la vez presenta una curva de avance o "CURVA S" que superpone el costo planeado y el costo real a la fecha de control, ofreciendo una perspectiva clara de la ejecución financiera del proyecto. Además, se complementa una tabla con partidas, tareas y otros indicadores para una comprensión integral del proyecto. Por ultimo, se tiene una gráfica de visualización del proyecto 3D BIM que registra el proyecto integral y el avance del proyecto BIM, esto permite un análisis granular del avance y los costos por cada especialidad o actividad del proyecto que es interactivo y dinámico. El interfaz integral proporciona una base sólida para la toma de decisiones informadas y la gestión eficiente del proyecto con una panel dinámico para el control en campo. La información existente es compatible con dispositivos tecnológicos para visualizarlo desde cualquier equipo móvil o tablet.

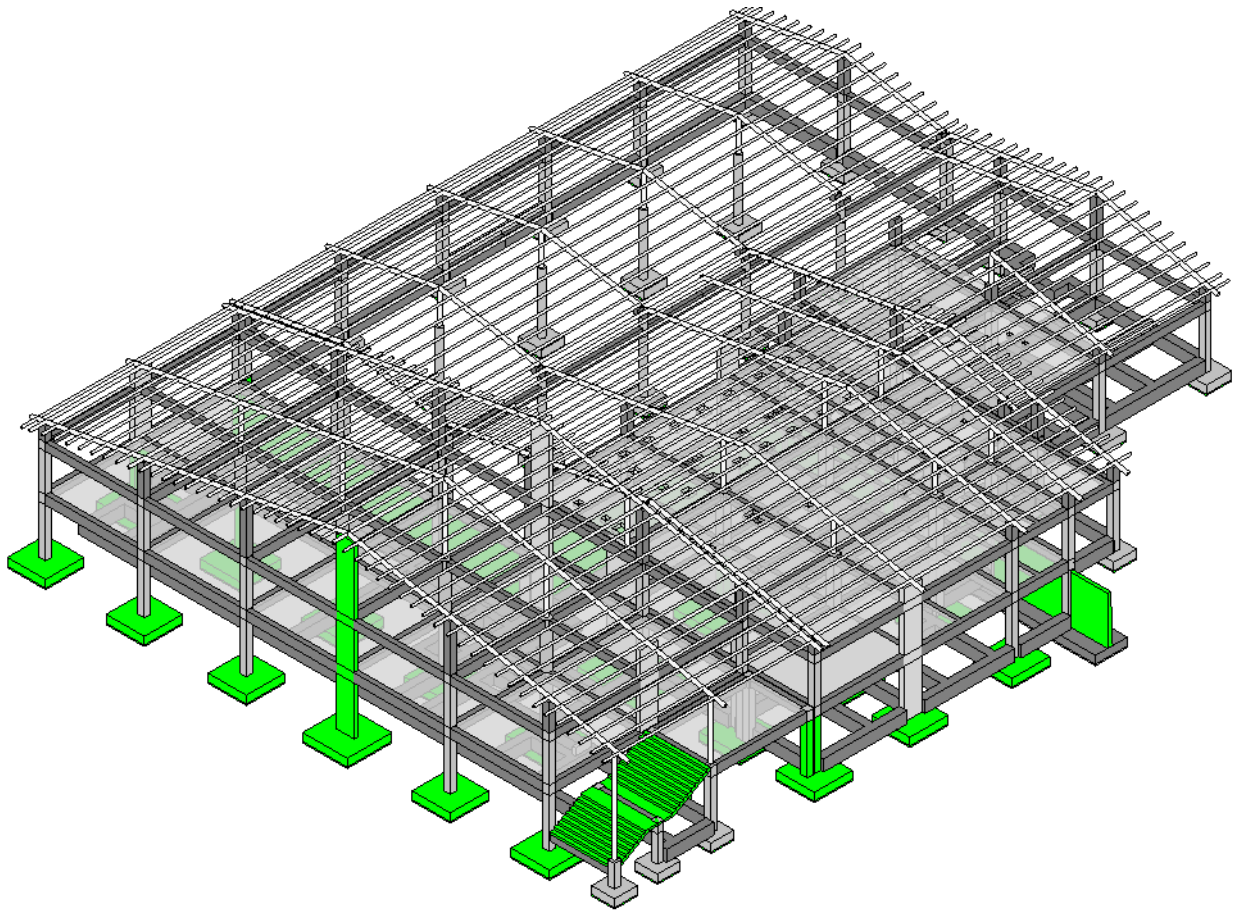


Figura 5.18: Modelo 3D BIM, avance ejecutado en REVIT.

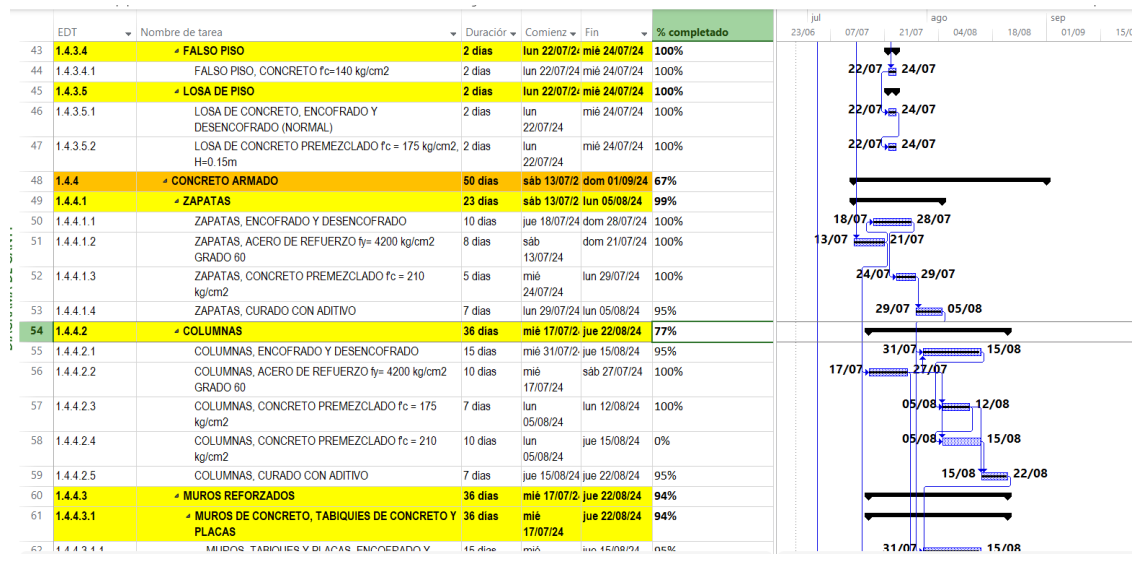


Figura 5.19: Avance ejecutado en Project de acuerdo al cronograma.

## PANEL GRAFICO DE CONTROL DE PROYECTO

PROYECTO: CONSTRUCCION DE LA VILLA BOLIVARIANA- CAMPUS UNSCH- CIUDAD DE AYACUCHO

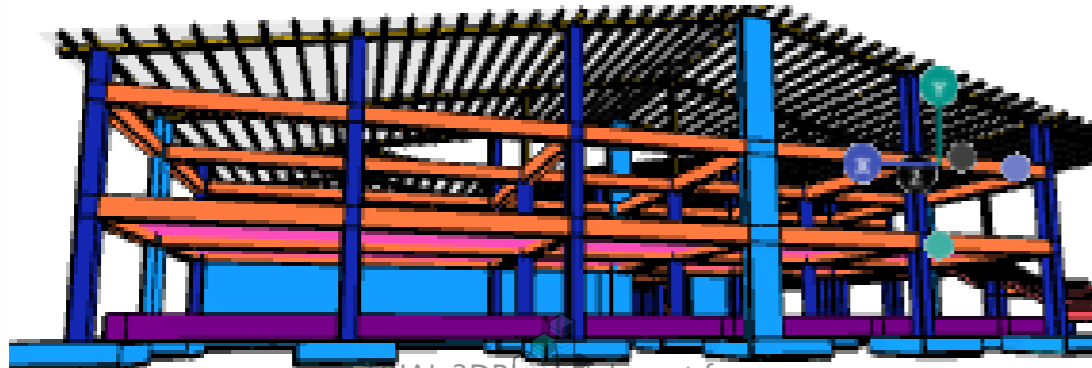
ELABORADO POR: TORRES RUIZ, RONALD

FECHA: 07/05/2025

09/05/2025

Fecha de actualizacion

### 3D BIM: VISTA GENERAL DEL PROYECTO



SELECT SCENE

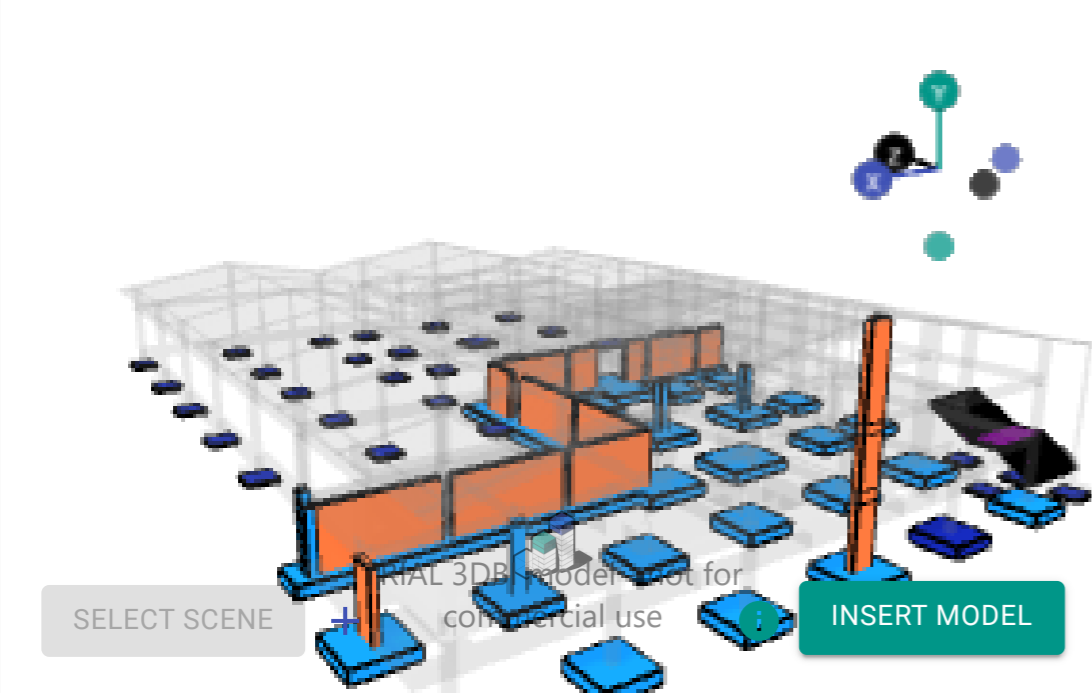


TRIAL 3DBIM model - not for commercial use



INSERT MODEL

### 3D BIM: AVANCE EJECUTADO EN CAMPO



SELECT SCENE

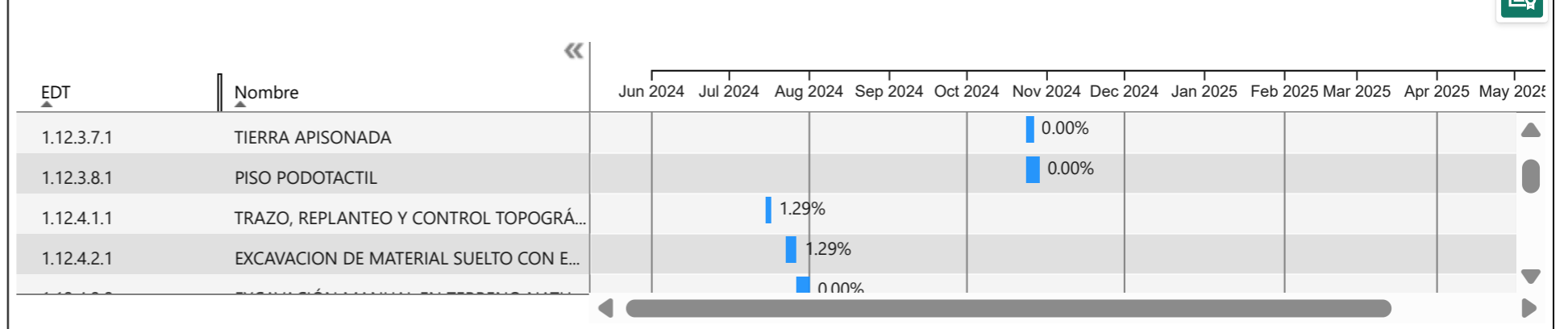


TRIAL 3DBIM model - not for commercial use



INSERT MODEL

### DIAGRAMA GANTT



### CURVA DE AVANCE



16925682.71

Presupuesto del Provento MP

7,236,056.32

Valor Planeado Hasta la fecha

2,617,161.10

Valor de Avance Real

29/08/2024

Inicio de ultima partida

01/09/2024

Fin de ultima partida

28/06/2024

Fecha Inicio previsto del proye...

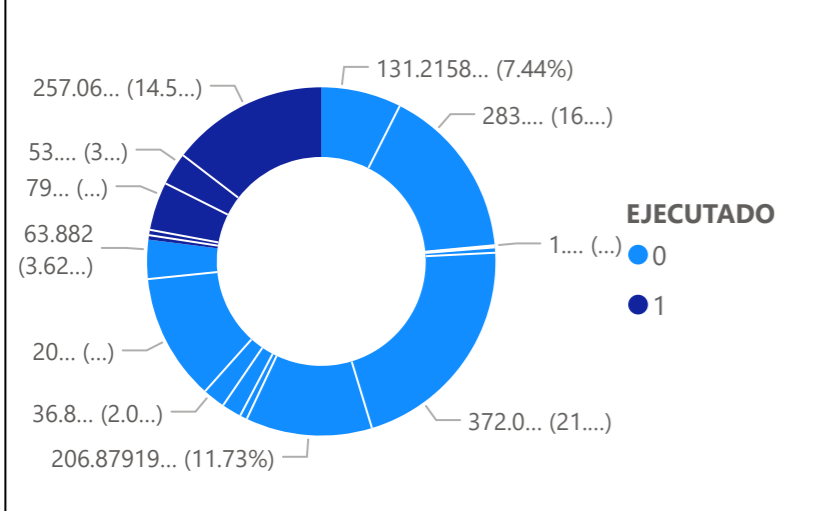
15.46 %

% AVANCE

01/11/2024

Fecha Fin previsto del proyecto

### AVANCE EJECUTADO POR PARTIDAS



EDT	CODIGO	Nombre	Comienzo de línea base1 estimado	Fin de línea base1 estimado	Promedio de porcentaje completado	Suma de Costo de línea base1	Suma de Costo real	Suma de Trabajo real	Suma de Volumen	UNIDAD	EJECUTADO
	02.02.03.02								1.42	M3	0
1.4.3.1.1	1.4.3.1.1	SOLADO, CONCRETO f'c=100 kg/cm2, h=0.10m	10/07/2024	13/07/2024	1.00	15,073.76	15,073.76	213.97	53.49	M2	1
1.4.3.2.2	1.4.3.2.2	CONCRETO f'c=100 kg/cm2+30% P.G. CIMENTOS CORRIDOS	18/07/2024	20/07/2024	1.00	104,966.71	104,966.71	204.47	283.53	M3	0
<b>Total</b>						<b>0.12</b>	<b>16,925,682.71</b>	<b>2,617,161.10</b>	<b>2,575,920.02</b>		

## PANEL GRAFICO DE CONTROL DE PROYECTO

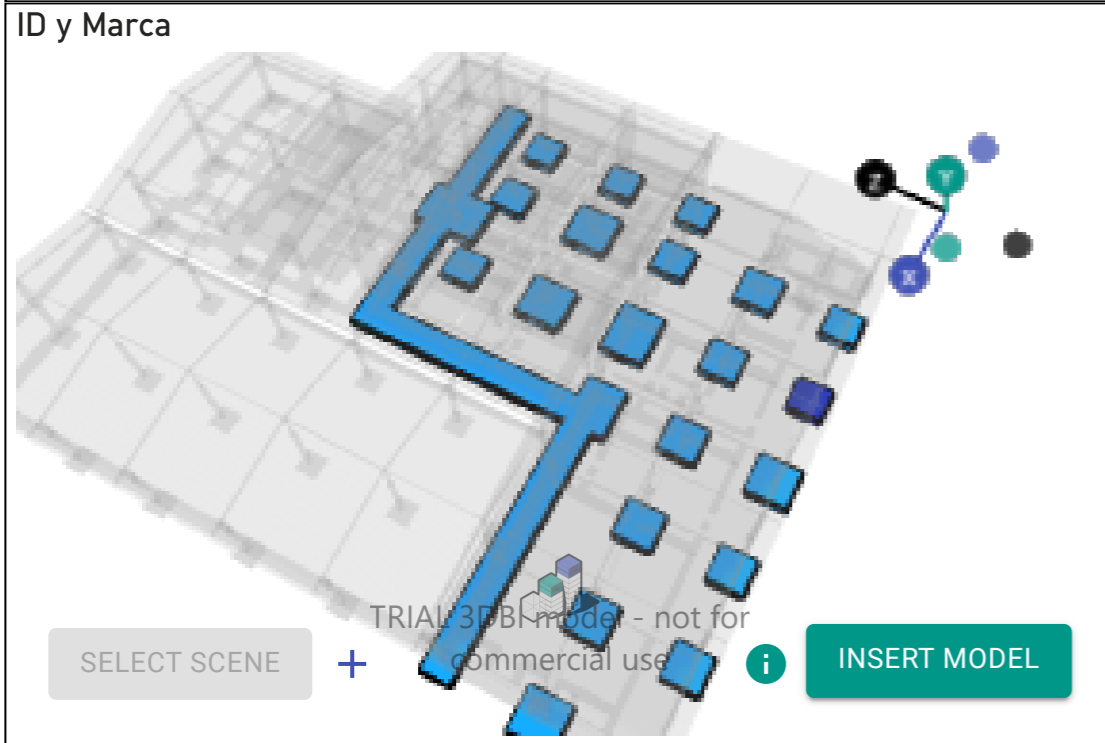
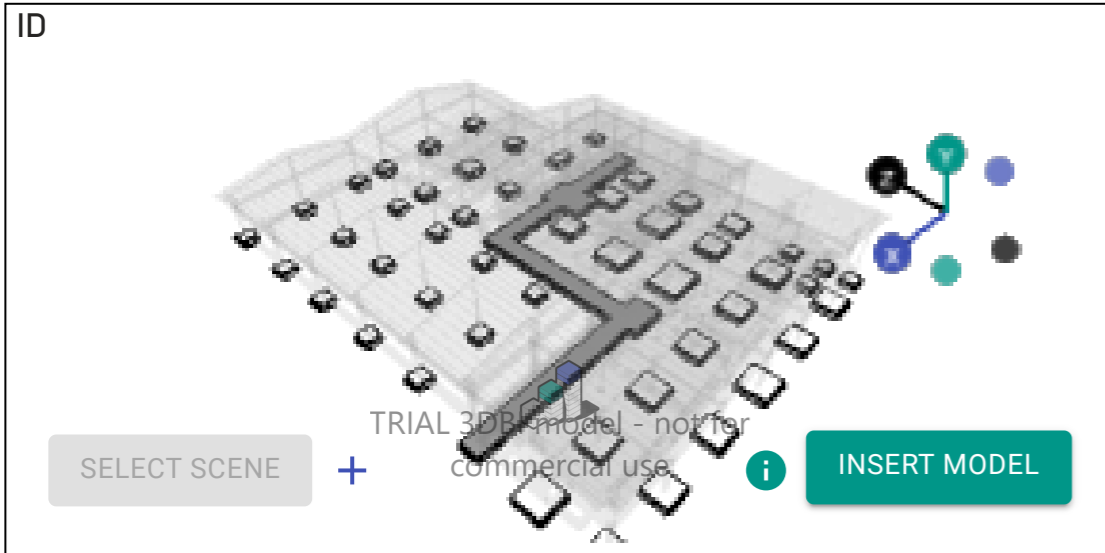
PROYECTO: CONSTRUCCION DE LA VILLA BOLIVARIANA- CAMPUS UNSCH- CIUDAD DE AYACUCHO

ELABORADO POR: TORRES RUIZ, RONALD

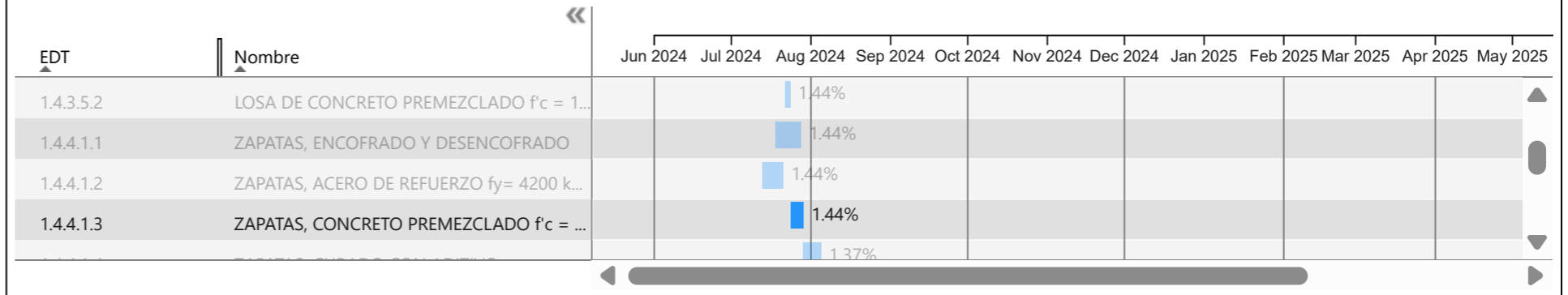
FECHA: 07/05/2025

09/05/2025

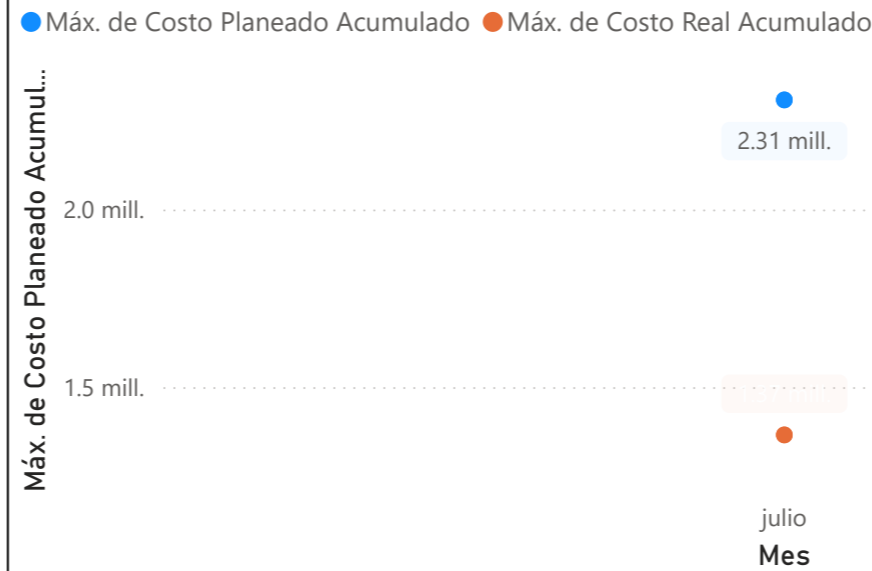
Fecha de actualizacion



### DIAGRAMA GANTT



### CURVA DE AVANCE



16925682.71

Presupuesto del Provento MP

3,071,629.68

Valor Planeado Hasta la fecha

143,859.42

Valor de Avance Real

24/07/2024

Inicio de ultima partida

29/07/2024

Fin de ultima partida

24/07/2024

Fecha Inicio previsto del proye...

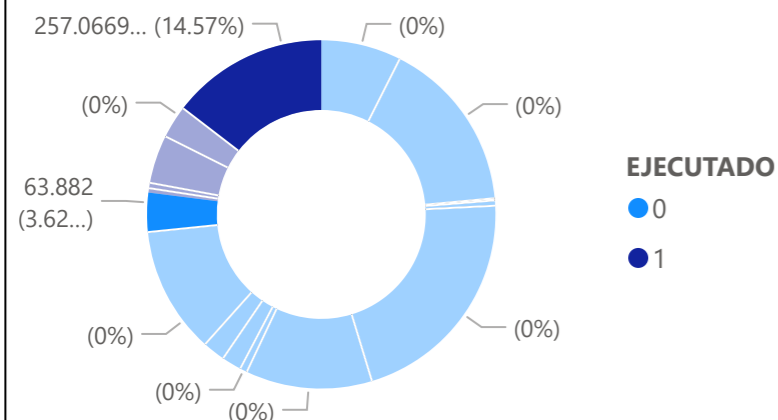
0.85 %

% AVANCE

01/11/2024

Fecha Fin previsto del proyecto

### Suma de Volumen por EJECUTADO y DESCRIPCION



EDT	CODIGO	Nombre	Comienzo de línea base1 estimado	Fin de línea base1 estimado	Promedio de Porcentaje completado	Suma de Costo de línea base1	Suma de Costo real	Suma de Trabajo real	Suma de Volumen	UNIDAD	EJECUTADO
1.4.4.1.3	1.4.4.1.3	ZAPATAS, CONCRETO PREMEZCLADO f'c = 210 kg/cm2	24/07/2024	29/07/2024	1.00	143,859.42	143,859.42	366.80	63.88	M3	0
1.4.4.1.3	1.4.4.1.3	ZAPATAS, CONCRETO PREMEZCLADO f'c = 210 kg/cm2	24/07/2024	29/07/2024	1.00	143,859.42	143,859.42	366.80	257.07	M3	1
<b>Total</b>						<b>1.00</b>	<b>143,859.42</b>	<b>143,859.42</b>	<b>366.80</b>	<b>320.95</b>	

# PANEL GRAFICO DE CONTROL DE PROYECTO

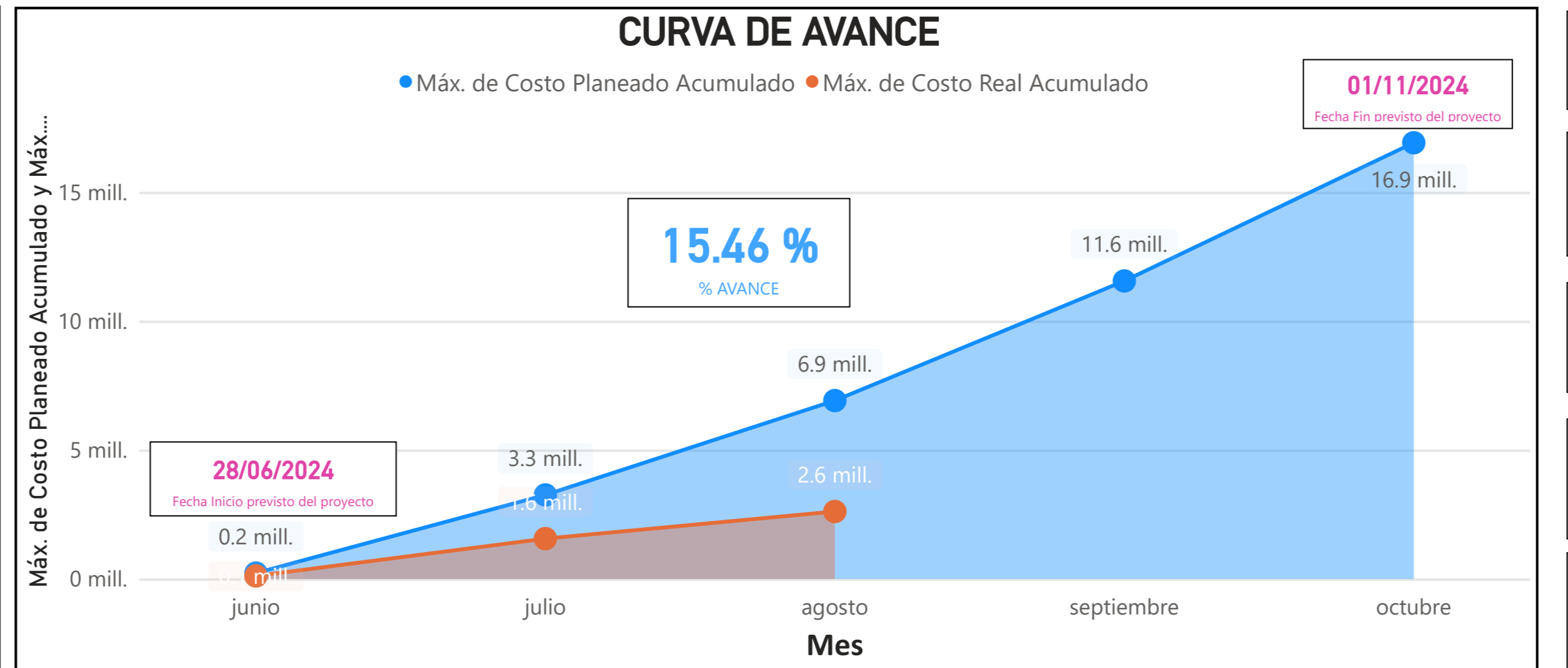
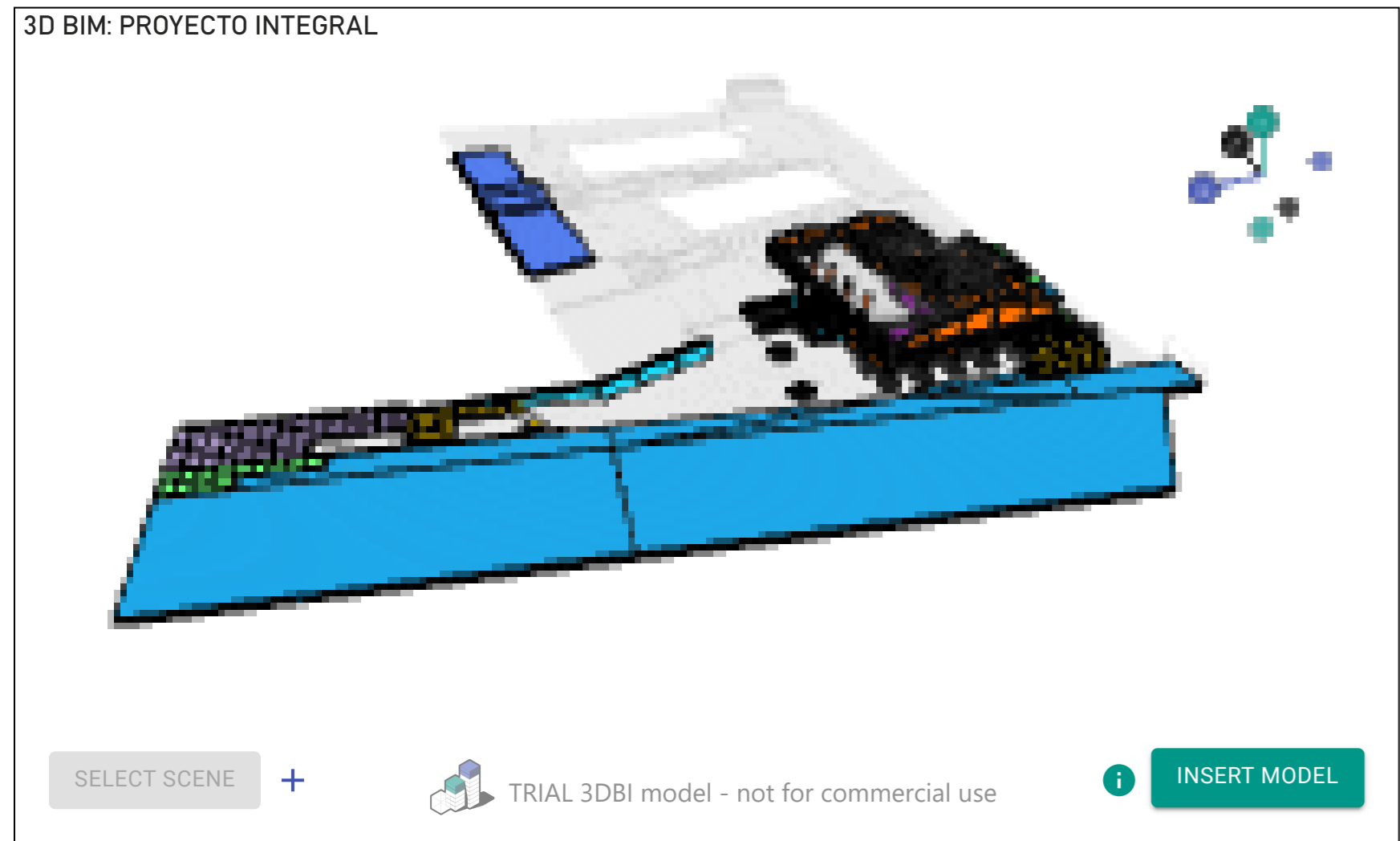
## PROYECTO: CONSTRUCCION DE LA VILLA BOLIVARIANA- CAMPUS UNSCH- CIUDAD DE AYACUCHO

### ELABORADO POR: TORRES RUIZ. RONALD

**28/06/2024**  
Fecha Inicio previsto del proyecto

**02/06/2025**  
Fecha de actualización

**01/11/2024**  
Fecha Fin previsto del proyecto



16925682.71  
Presupuesto del Proyecto MP

7,236,056.32  
Valor Planeado Hasta la fecha

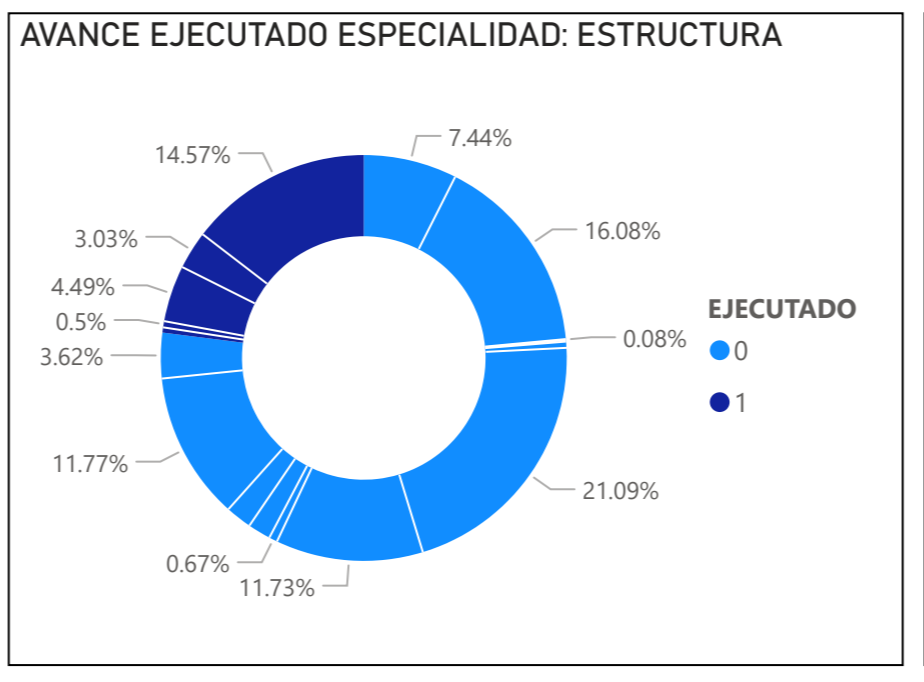
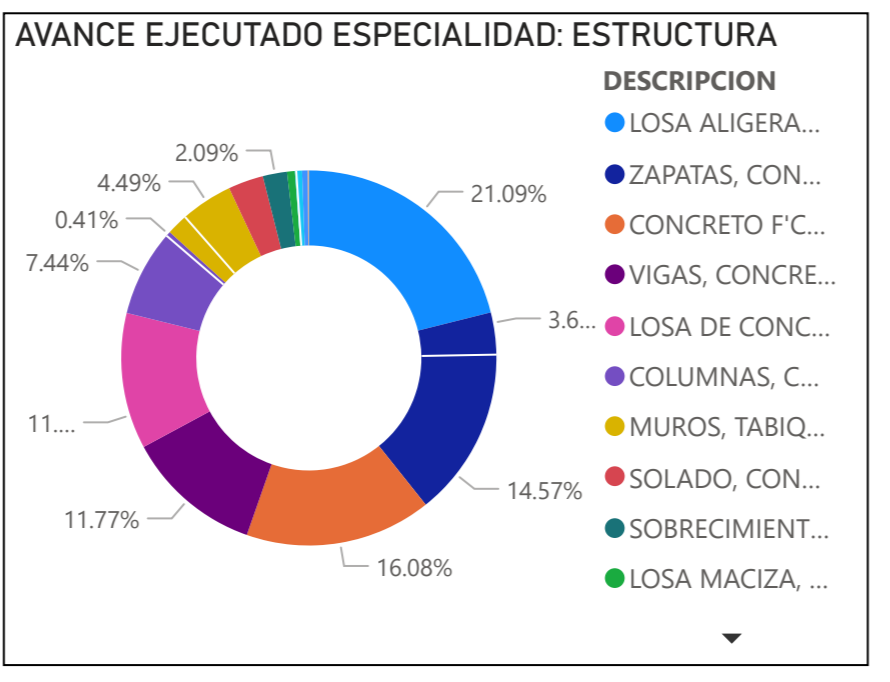
2,617,161.10  
Valor de Avance Real

29/08/2024  
Inicio de ultima partida

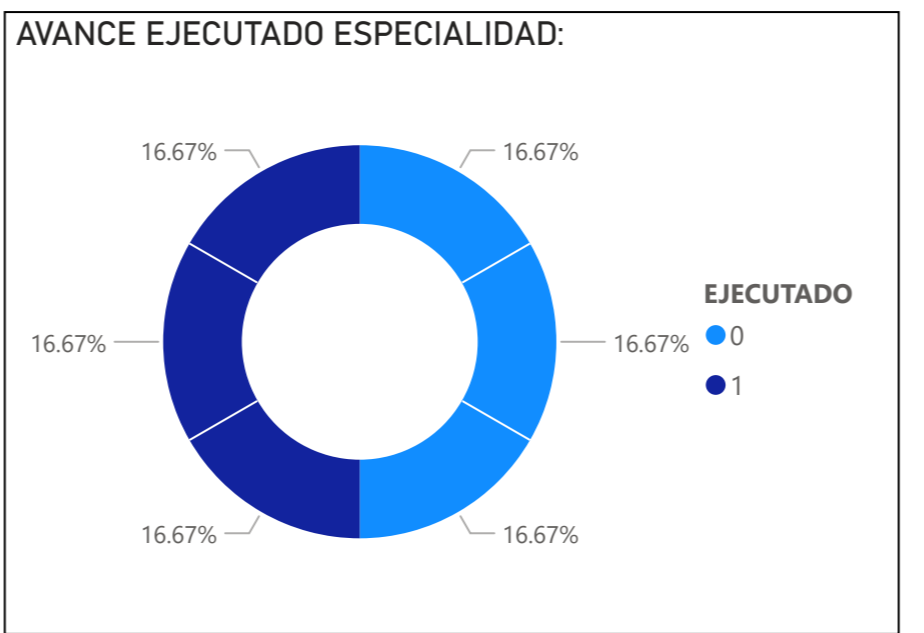
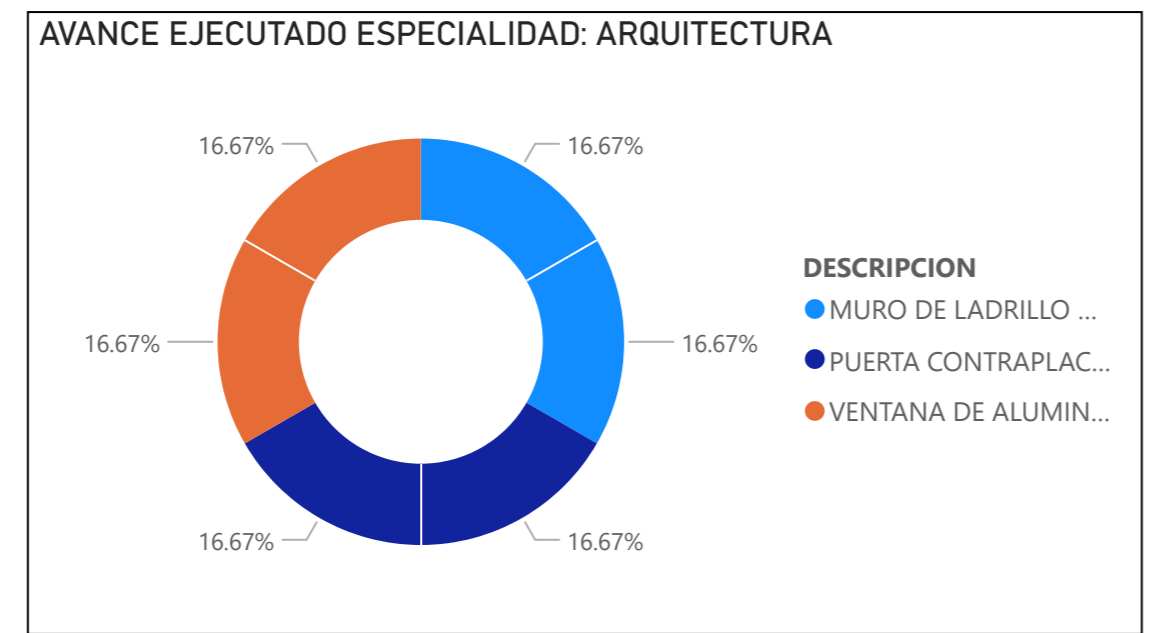
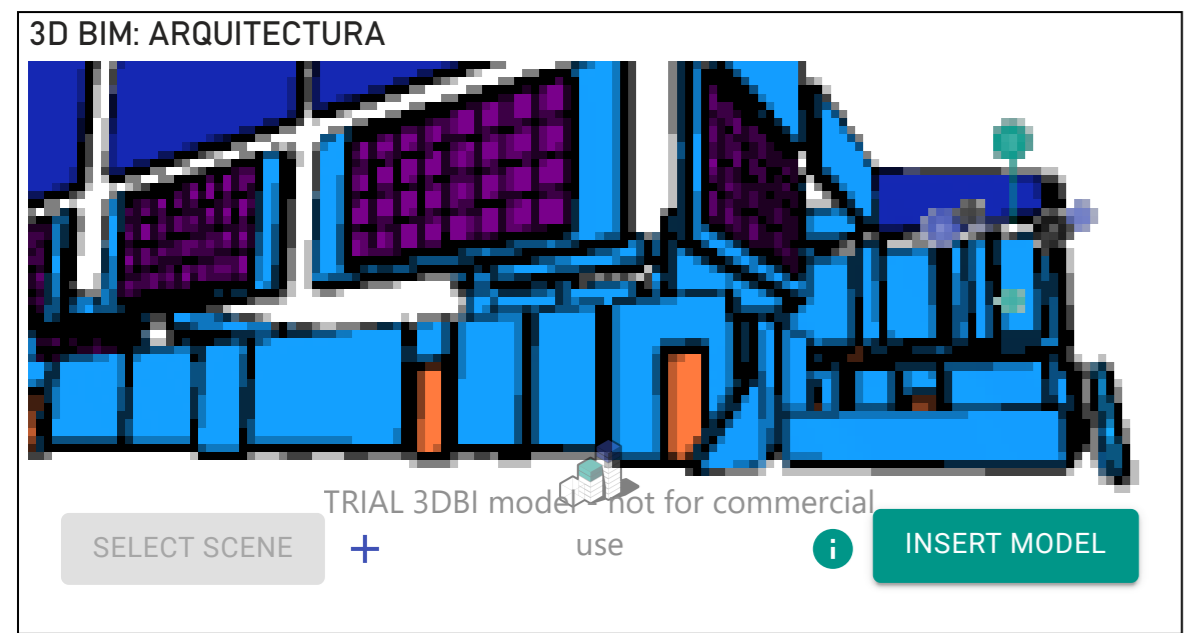
01/09/2024  
Fin de ultima partida

### DIAGRAMA GANTT

EDT	Nombre	Jun 2024	Jul 2024	Aug 2024	Sep 2024	Oct 2024	Nov 2024	Dec 2024	Jan 2025	Feb 2025
1.11	INSTALACION EQUIPAMIENTO						0.00%			
1.12.10.1.1.1	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO						0.00%			
1.12.10.1.2.1	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NORMAL						0.00%			
1.12.10.1.2.2	PERFILADO Y COMPACTADO DE EXCAVACION						0.00%			
1.12.10.1.2.3	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA UNA DISTANCIA PR...						0.00%			
1.12.10.1.2.4	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA						0.00%			
1.12.10.1.3.1	CIMIENTO CORRIDO, ENCOFRADO Y DESENCOFADO						0.00%			
1.12.10.1.3.2	CIMIENTO CORRIDO, CONCRETO Fc=175 kg/cm2 + 30%PM						0.00%			
1.12.10.1.4.1	SOBRECIMIENTO REFORZADO, ENCOFRADO Y DESENCOFADO						0.00%			
1.12.10.1.4.2	SOBRECIMIENTO REFORZADO, ACERO DE REFUERZO fy= 4200 k...						0.00%			
1.12.10.1.4.3	SOBRECIMIENTO REFORZADO, CONCRETO PREMEZCLADO Fc = ...						0.00%			
1.12.10.1.4.4	SOBRECIMIENTO REFORZADO, CURADO CON ADITIVO						0.00%			
1.12.10.1.5.1	PIEDRA CHANCADA EN AMBIENTE EXTERIOR h=0.10 m, C/ MALL...						0.00%			
1.12.10.1.6.1	TUBOS DE FIERRO GALVANIZADO 2"						0.00%			
1.12.10.1.6.2	ANGULO DE 1 1/4" (e=1/8")						0.00%			
1.12.10.1.6.3	MALLA OLIMPICA DE PROTECCION						0.00%			
1.12.10.1.6.4	PUERTA DE MALLA SEGUN MODELO						0.00%			
1.12.11.1.1	EXCAVACION CON MAQUINARIA PESADA						0.00%			
1.12.11.1.2	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL						0.00%			
1.12.11.1.3	NIVELACION Y COMPACTACION DE FONDO DE CIMENTACION						0.00%			
1.12.11.1.4	ACARREO INTERNO, MATERIAL PROCEDENTE DE EXCAVACIONES						0.00%			
1.12.11.1.5	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA						0.00%			
1.12.11.2.1	SOLADO, CONCRETO Fc= 100 kg/cm2, h=0.10m						0.00%			
1.12.11.2.2.1	LOSA DE CONCRETO, ENCOFRADO Y DESENCOFADO (NORMAL)						0.00%			
1.12.11.2.2.2	LOSA DE CONCRETO PREMEZCLADO Fc = 175 kg/cm2, H=0.15m						0.00%			
1.12.11.3.1.1	LOSA DE CIMENTACION, ENCOFRADO Y DESENCOFADO						0.00%			
1.12.11.3.1.2	LOSA DE CIMENTACION, ACERO DE REFUERZO fy= 4200 kg/cm2 ...						0.00%			
1.12.11.3.1.3	LOSA DE CIMENTACION, CONCRETO PREMEZCLADO Fc = 210 kg...						0.00%			
1.12.11.3.1.4	LOSA DE CIMENTACION, CURADO CON ADITIVO						0.00%			
1.12.11.3.2.1	MUROS, TABIQUES Y PLACAS, ENCOFRADO Y DESENCOFADO						0.00%			
1.12.11.3.2.2	MUROS, TABIQUES Y PLACAS, ACERO DE REFUERZO fy= 4200 kg...						0.00%			
1.12.11.3.2.3	MUROS TABIQUES Y PLACAS, CONCRETO PREMEZCLADO Fc = 2...						0.00%			
1.12.11.3.2.4	MUROS, TABIQUES Y PLACAS, CURADO CON ADITIVO						0.00%			
1.12.11.3.3.1	LOSA ALIGERADA, ENCOFRADO Y DESENCOFADO						0.00%			
1.12.11.3.3.2	LOSA ALIGERADA, ACERO DE REFUERZO fy= 4200 kg/cm2 GRAD...						0.00%			
1.12.11.3.3.3	LOSA ALIGERADA, CONCRETO PREMEZCLADO Fc = 210 kg/cm2						0.00%			
1.12.11.3.3.4	LOSA ALIGERADA, CACETON 0.20x0.30x0.30m						0.00%			
1.12.11.3.3.5	LOSA ALIGERADA, CURADO CON ADITIVO						0.00%			
1.12.11.3.4.1	ESCALERAS, ENCOFRADO Y DESENCOFADO						0.00%			
1.12.11.3.4.2	ESCALERAS, ACERO DE REFUERZO fy= 4200 kg/cm2 GRADO 60						0.00%			
1.12.11.3.4.3	ESCALERAS, CONCRETO PREMEZCLADO Fc = 280 kg/cm2						0.00%			
1.12.11.3.4.4	ESCALERAS, CURADO CON ADITIVO						0.00%			
1.12.11.4.1	TARRAJEO EN MUROS INTERIOR Y EXTERIOR MORTERO CA 1:5						0.00%			
1.12.11.4.2	TARRAJEO C/IMPERMEABILIZANTE, MORTERO C/A 1:5						0.00%			
1.12.11.4.3	CUBIERTA DE LADRILLO PASTERLO ASENTADO C/TORTA DE BAR...						0.00%			
1.12.11.4.4	JUNTAS DE DILATACION EN COBERTURA DE LADRILLO PASTERL...						0.00%			
1.12.12.1	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA						1.42%			
1.12.2.1	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO						1.44%			
1.12.2.2.1	EXCAVACION CON MAQUINARIA PESADA						1.44%			
1.12.2.2.2	PERFILADO Y COMPACTADO DE EXCAVACION						1.44%			
1.12.2.2.3	RELLENO CON MATERIAL PROPIO						1.44%			
1.12.2.2.4	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA						1.37%			
1.12.2.3.1	SOLADO, CONCRETO Fc=100 kg/cm2, h=0.10m						1.37%			
1.12.2.3.2	CIMIENTO CORRIDO, ENCOFRADO Y DESENCOFADO						1.29%			
1.12.2.3.3	CIMIENTO CORRIDO, CONCRETO Fc=175 kg/cm2 + 30%PM						0.00%			
1.12.2.4.1	SOBRECIMIENTO REFORZADO, ENCOFRADO Y DESENCOFADO						0.00%			
1.12.2.4.2	SOBRECIMIENTO REFORZADO, ACERO DE REFUERZO fy= 4200 k...						0.00%			
1.12.2.4.3	SOBRECIMIENTO REFORZADO, CONCRETO PREMEZCLADO Fc = ...						0.00%			
1.12.2.4.4	SOBRECIMIENTO REFORZADO, CURADO CON ADITIVO						0.00%			
1.12.2.5.1	PANELES DE CERCO TIPO UNI h=2.40m						0.00%			
1.12.2.6.1	PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES - 2 MANOS C/IMPRIMA...						0.00%			
1.12.2.6.2	PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES - 2 MANOS C/IMPRIMA...						0.00%			
1.12.2.7.1	PM-01 (1.80x2.50) SUMINISTRO E INSTALACION DE PUERTA MET...						0.00%			
1.12.2.7.2	PM-02 (6.00x2.50) SUMINISTRO E INSTALACION DE PUERTA MET...						0.00%			
1.12.2.8.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE LETRAS DE ACERO CORTEN O S...						0.00%			
1.12.3.1.1	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO						1.22%			
1.12.3.2.1	EXCAVACION DE MATERIAL SUELTO CON EQUIPO						1.29%			
1.12.3.2.2	RELLENO CON MATERIAL PROPIO						1.29%			
1.12.3.2.3	PERFILADO Y COMPACTADO DE EXCAVACION						0.00%			
1.12.3.2.4	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA UNA DISTANCIA PR...						0.00%			
1.12.3.2.5	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA						0.00%			
1.12.3.3.1	BASE GRANULAR e=0.10 m						0.00%			
1.12.3.3.2	CONTRAPISO DE 40mm						0.00%			
1.12.3.4.1	ADOQUIN DE CONCRETO h=0.06 m						0.00%			
1.12.3.5.1	VEREDAS, CONCRETO Fc = 175 kg/cm2						0.00%			
1.12.3.5.2	VEREDA SUELO CEMENTO						0.00%			
1.12.3.5.3	JUNTA DE DILATACION 3/4" SELLO DE ARENA Y ASFALTO BITUMI...						0.00%			
1.12.3.5.4	BRUNAS DE 1x1 cm						0.00%			
1.12.3.5.5	JUNTA DE CONTRACCION e=10mm						0.00%			
1.12.3.6.1	PIEDRA CHANCADA EN AMBIENTE EXTERIOR h=0.10 m, C/ MALL...						0.00%			
1.12.3.7.1	TIERRA APISONADA						0.00%			
1.12.3.8.1	PISO PODOCTACTIL						0.00%			



EDT	CODIGO	Nombre	Comienzo de línea base1 estimado	Fin de línea base1 estimado	Promedio de aje completo	Suma de lili
1.4.3.1.1	1.4.3.1.1	SOLADO, CONCRETO Fc=100 kg/cm2, h=0.10m	10/07/2024	13/07/2024	1.00	
1.4.3.2.2	1.4.3.2.2	CONCRETO Fc=100 kg/cm2+30% P.G. CIMENTOS CORRIDOS	18/07/2024	20/07/2024	1.00	
1.4.3.3.2	1.4.3.3.2	SOBRECIMIENTOS, CONCRETO Fc = 175 kg/cm2	20/07/2024	22/07/2024	1.00	
1.4.3.5.2	1.4.3.5.2	LOSA DE CONCRETO PREMEZCLADO Fc = 175	22/07/2024	24/07/2024	1.00	
<b>Total</b>					<b>0.12</b>	<b>16.6</b>



CODIGO	DESCRIPCION	Marca	EJECUTADO	Suma de Área S...
02.03.02.02	COLUMNAS, ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	Z	1	25.20
08.02.05.01	VEREDAS, CONCRETO Fc=175 kg/cm2	Vrd	0	132.18
08.02.05.01	VEREDAS, CONCRETO Fc=175 kg/cm2	Vrd	0	4,044.75
08.02.05.01	VEREDAS, CONCRETO Fc=175 kg/cm2	Vrd	1	328.54
08.02.05.01	VEREDAS, CONCRETO PULIDO Fc=175 kg/cm2	VER C	0	104.23
08.02.05.01	VEREDAS, CONCRETO PULIDO Fc=175 kg/cm2	VER C	1	471.61
04.02.02.03.01	CALENTADOR A GLP cap 285 lts inc/accesorios	Term	0	4.23
04.02.02.03.01	CALENTADOR A GLP cap 285 lts inc/accesorios	Term	1	4.23
08.02.07.01	TIERRA APISONADA	Tap	0	972.68
08.04.03.06	PAVIMENTO RIGIDO SUELO CEMENTO	Suc	0	5,759.68
08.05.04.01	SOLADO GR. CONCRETO Fc=100 kg/cm2, H=0.10m	Solg	0	109.83
08.05.03.01	SOLADO CISTERNA, CONCRETO Fc=100 kg/cm2, h=0.10m	Solc	0	113.95
08.10.02.01.01	SOLADO CISTERNA, CONCRETO Fc=100 kg/cm2, h=0.10m	Solc	0	307.74
02.02.01.01	SOLADO, CONCRETO Fc=100 kg/cm2, H=0.10m	Sol	0	93.51
02.02.01.01	SOLADO, CONCRETO Fc=100 kg/cm2, H=0.10m	Sol	1	441.40
08.05.03.01	SOLADO OE, CONCRETO Fc=100 kg/cm2, H=0.10m	Sol	0	600.46
08.05.03.01	SOLADO OE, CONCRETO Fc=100 kg/cm2, H=0.10m	Sol	1	82.15
08.03.03.03	RAMPAS, SARDINEL Y ESCALERAS, CONCRETO PREMEZCLADO Fc=175 kg/cm2	Rse	0	415.34
08.03.03.03	RAMPAS, SARDINEL Y ESCALERAS, CONCRETO PREMEZCLADO Fc=175 kg/cm2	Rse	1	108.93
08.04.03.03	RAMPAS, SARDINEL Y ESCALERAS, CONCRETO PREMEZCLADO Fc=175 kg/cm2	Rse	0	962.33
08.07.05.02.03.02	TUBERIA PVC-SAP 04" DESAGUE	Rrc	0	0.24
08.04.03.03	BASE GRANULAR E=0.30 m.COMPACTADA	Rmp	0	1,519.68
08.04.03.03	BASE GRANULAR E=0.30 m.COMPACTADA	Rmp	1	7,133.70
08.02.08.01	PISO PODOCTACTIL	Ppod	0	394.20
08.04.03.06	CONCRETO PREMEZCLADO Fc=280KG/CM2, E=0.15M	PAV	0	

## **5.3. Evaluación del Impacto en la Gestión del Proyecto**

### **5.3.1. Comparación de escenarios antes y después de la integración de datos BIM.**

La evaluación del impacto de la integración de datos BIM en la gestión del proyecto se centra en comparar el escenario existente a la implementación con el flujo de trabajo optimizado resultante de la centralización en Access y la visualización en Power BI. Esta comparación analiza métricas puntuales de gestión, como la eficiencia en el acceso a la información, la coordinación del equipo, la identificación y resolución de conflictos, la precisión de los informes de avance y la capacidad de análisis predictivo. Mediante la recopilación de datos cualitativos y cuantitativos de ambos escenarios, se busca cuantificar las mejoras tangibles e intangibles, evidenciando el valor añadido de la integración de datos BIM en la optimización de los procesos de gestión y la toma de decisiones informada para el proyecto.

### **5.3.2. Identificación de mejoras en la toma de decisiones y gestión de recursos.**

La identificación de mejoras en la toma de decisiones y la gestión de recursos constituye un aspecto fundamental en la evaluación del impacto de la integración de datos BIM en el proyecto. La disponibilidad de información centralizada y visualizada a través de Power BI transforma radicalmente el proceso de toma de decisiones, permitiendo a los responsables acceder a datos relevantes y actualizados de manera intuitiva. Por ejemplo, la visualización del modelo BIM junto con el cronograma del proyecto facilita la identificación temprana de posibles conflictos espaciales o temporales, posibilitando la toma de decisiones proactivas para evitar retrasos y sobrecostos. Asimismo, el análisis del avance físico modelado en relación con el avance planificado permite una evaluación más precisa del rendimiento y la identificación de áreas donde se requieran ajustes en la planificación o la asignación de recursos.

En cuanto a la gestión de recursos, la integración de datos BIM ofrece una visión más clara y detallada de las necesidades del proyecto. La extracción de cantidades precisas directamente del modelo BIM, vinculada a la planificación de tareas en Project, optimiza la planificación directa de un proyecto en ejecución. Los dashboards en tiempo real pueden mostrar el consumo de recursos por fase o tarea, permitiendo una gestión más eficiente y la identificación de posibles desviaciones presupuestarias o de cronograma relacionadas con el uso de recursos. La capacidad de simular diferentes escenarios y analizar el impacto de cambios en el diseño o la planificación sobre los recursos también se ve significativamente mejorada. En conclusión, la integración de datos BIM proporciona las herramientas necesarias para una toma de decisiones más informada, oportuna y estratégica, así como para una gestión de recursos más eficiente y optimizada a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

### **5.3.3. Limitaciones y retos encontrados durante el proceso.**

A pesar de los beneficios evidentes de la integración de datos BIM en la gestión del proyecto, es crucial reconocer las limitaciones y retos encontrados durante el proceso, uno de los desafíos iniciales es la diversidad de los datos provenientes de Revit y Project. La estructura y el formato de la información en cada software son distintos, lo que requiere un esfuerzo significativo en la etapa de extracción y transformación para asegurar la compatibilidad y la correcta vinculación en el archivo central de Access. La relación de criterios claros y consistentes para la correspondencia entre las PARTIDAS/DESCRIPCION del modelo BIM y la EDT/NOMBRE DE LAS TAREAS en Project presento complejidades, la nomenclatura del proyecto no fue uniforme y existía una diferencia entre ambas fuentes, es por eso que se segmentó una pequeña parte de la construcción para el análisis correspondiente como prototipo de prueba y análisis.

Otro desafío que se encontró es la precisión y la integridad de la información tanto en Revit como en Project para la fiabilidad del análisis en Power BI. Como por ejemplo los errores en el modelado BIM, inconsistencias en la planificación o la falta de actualización de los datos

llegan a afectar la validez de las visualizaciones y los gráficos generados. Además, si se suma la curva de aprendizaje para el equipo del proyecto en el uso de Access para la gestión de la base de datos central y Power BI para la interpretación de los Dashboards representa un desafío inicial, esto conlleva a capacitación y soporte continuo. Finalmente, las limitaciones propias a la capacidad de Access para manejar grandes volúmenes de datos o realizar análisis muy complejos surge a medida que el proyecto avanzaba y la cantidad de información crece, lo que requiere optimizaciones en el diseño de la base de datos o la consideración de soluciones más consistentes a largo plazo. Es necesario analizar estas limitaciones y retos es esencial para comprender completamente el impacto de la integración de datos BIM y para identificar áreas de mejora en proyectos a futuro.

# Capítulo VI

## Conclusiones

El objetivo de esta investigación se centra en el análisis de datos de un proyecto BIM 3D modelado para el control de avance del proyecto, teniendo en cuenta los parámetros de COSTO-TIEMPO para la gestión eficiente e información del estado del proyecto en tiempo real, tomando como patrón de estudio la información de un proyecto ejecutado (Villa Bolivariana - Campus UNSCH). Para ello es necesario contar con un modelo BIM 3D con datos creados estratégicamente para el análisis, que vinculado con Project (una tarea engloba a varios elementos del modelado 3D) permite tener una gestión eficiente del proyecto; en base a este concepto obtenemos los siguientes resultados.

- El proyecto se ejecutó con un método tradicional, la duración de este proyecto inicialmente fue de 4 meses, pasando a ser 7 meses el tiempo de ejecución; a esto se suma las dificultades presentes en el proyecto como: incompatibilidades entre especialidades, menor metrado motivo de adicionales de obra, demoras en la entrega de los materiales, tiempos desperdiciados, etc. No se presenta una gestión eficiente en el proyecto evaluado, esto conlleva un déficit en el proceso de ejecución de un proyecto. Las métricas obtenidas de los metrados existentes y el análisis de costo ejecutado vs. el modelado en BIM muestra los siguientes resultados.

Cuadro 6.1: Resumen comparativo de la variación de los costos existente en el proyecto

ESPECIALIDAD	ELEMENTOS ANALIZADOS	S/(EJECUTADO)	S/ (BIM)	PARTIDAS CON MÁS VARIACIÓN
Estructura	columnas, zapatas, escaleras, vigas, losa macisa, losa aligerada, concreto simple	1,956,827.85	2,423,315.66	-Acero de refuerzo $f'y=210$ kg/cm <sup>2</sup> (KG), -Encofrado y desencofrado (M2), -Concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> (M3)
Arquitectura	cubierta aluzin, muros de albañilería, pisos y pavimentos, zocalo y contra-zocalo	1,417,718.32	1,485,454.62	-Tarrajeo en muros (M2), Muros de Albañilería (M2)
Sanitarias	Agua caliente, Agua fría, Desague y ventilación	169,677.12	174,069.34	-Tuberías (M), Uniones de tubería (UND)
Electricas	cables, conductos y tuberías, salida de alumbrado, sistema de conductos	629,770.38	646,138.54	-Conductos y Tuberías (M),
Obras Exteriores	modulo de cisterna principal, muros de contención, paisajismo, pavimentos de concreto, rampas, sardinel, canaleta y escaleras, desagüe y ventilación, drenaje pluvial, veredas y pisos	4,594,864.83	4,236,961.72	-Material de prestamo (M3), -Acero de refuerzo $f'y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> (KG) -Concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> (M3)

- Se crean parámetros de proyecto en el modelado 3D BIM para el control de avance de obra que representan una estrategia integral y visualmente intuitiva, alineada con los principios de Lean Construction. Estos parámetros son de tipo textuales que me permiten dar información del proyecto para controlar el avance en un determinado tiempo (FECHA), a la vez se implementa un parámetro de tipo booleano (Si/No) de "EJECUTADO" que resalta un elemento 3D del modelado mediante un filtro en Revit que me permite marcar los

elementos ya ejecutados en campo que facilitan el seguimiento del progreso directamente en el modelo 3D; los parámetros de: FRENTES, SECTORES, SUBSECTORES y NIVELES segmentan la zona de trabajo en el modelo BIM, basada en volúmenes equitativos de concreto (M3), bajo la filosofía de Producción Nivelada esto me permite identificar zonas que tomaran mas tiempo que otras en ser ejecutadas, se adiciona el flujo de trabajo continuo que en sinergia con la programación en Project, busca establecer una secuencia lógica de construcción 3D para minimizar los tiempos de ejecución y fortalecer el control general del proyecto, esto permite una toma de decisiones más informada y una reducción potencial de los tiempos de ejecución.

- Se implementa un flujo de información bidireccional actualizable entre el modelo 3D (a través de REVIT), la planificación (en PROYECT) y la visualización (en POWER BI), que es facilitado por una base de datos en un archivo central en ACCESS, este análisis permite una optimización en el control del avance del proyecto. La relación que se crea de las "PARTIDAS/DESCRIPCIÓN" del modelado en BIM con la "EDT/NOMBRE DE LA TAREA" del cronograma crea un puente de información que enriquecida con el parámetro booleano "EJECUTADO" en BIM para reflejar el avance real en campo bajo principios de Lean Construction, habilita un seguimiento preciso del progreso físico y financiero, esto permite a los participantes del proyecto tomar decisiones más informadas, reducir posibles problemas y asegurar el cumplimiento de los objetivos de tiempo y costo.
- El panel grafico (Dashboard) en Power Bi se actualiza con cada cambio en los archivos principales de gestión de información, integra una visualización estratégica para el seguimiento del estado real del proyecto, presenta una vista gráfica del modelo 3D BIM y un desglose del avance ejecutado, esta codificado visualmente para diferenciar elementos completados de los pendientes. Esto se complementa con el Diagrama de Gantt y la Curva S que permiten comparar la planificación temporal y presupuestaria con el progreso real, mientras que los indicadores numéricos ofrecen una visión concisa del presupuesto

general, el valor planeado, el valor de avance real y el porcentaje de avance general. El interfaz gráfico detalla el avance del proyecto y proporciona información granular sobre el estado de cada partida, incluyendo el parámetro booleano "EJECUTADO" directamente vinculado al modelo BIM y Project.

# Referencias

- ACCA, S. (2024). *Visor bim en línea | usbim.browser*. Descargado de <https://www.accasoftware.com/es/visor-bim> (Accedido: 15 de septiembre de 2024)
- Acebes, F., Testa, R., Alonso, J., y Curto, D. (2023). Bim implementation in construction project management. En L. R. Izquierdo, J. I. Santos, J. J. Lavios, y V. Ahedo (Eds.), *Industry 4.0: The power of data: Selected papers from the 15th international conference on industrial engineering and industrial management* (pp. 235–251). Cham: Springer International Publishing. Descargado de [https://doi.org/10.1007/978-3-031-29382-5\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-031-29382-5_24)  
doi: 10.1007/978-3-031-29382-5\_24
- Afsharian, M. (2024). Data science essentials in business administration: A multidisciplinary perspective. *Decision Analytics Journal*, 11, 100442. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2024.100442>
- Aguilar Zavaleta, J. P. (2024). Impacto social de las dificultades encontradas en la adopción del bim en empresas constructoras en Perú. *Universidad de Cesar Vallejo*. doi: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/135834>
- Amo Larbi, J., Tang, L. C., Amo Larbi, R., Abankwa, D. A., y Darko Danquah, R. (2024). Developing an integrated digital delivery framework and workflow guideline for construction safety management in a project delivery system. *Safety Science*, 175, 106486. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106486>
- Baydin, A. G., Pearlmutter, B. A., Radul, A. A., y Siskind, J. M. (2018). Automatic differen-

- tiation in machine learning: a survey. *Journal of Machine Learning Research*, 18, 1-43.  
 Descargado de <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/64092>
- Bolpagni, M. (2022). Building information modelling and information management. En M. Bolpagni, R. Gavina, y D. Ribeiro (Eds.), *Industry 4.0 for the built environment: Methodologies, technologies and skills* (pp. 29–54). Cham: Springer International Publishing. Descargado de [https://doi.org/10.1007/978-3-030-82430-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-82430-3_2)  
 doi: 10.1007/978-3-030-82430-3\_2
- Cheng Fan, F. X. A. L. J. A. . X. K., Da Yan. (2021). Análisis de datos avanzados para mejorar el rendimiento de los edificios: desde enfoques basados en datos hasta enfoques basados en big data. *Building Simulation An International Journal*. doi: <https://doi.org/10.1007/s12273-020-0723-1>
- Construction, M. H. (2014). *The business value of bim for construction in major global markets* (N° 1-800-591-4462 ed.). Subgerencia de Seguimiento y Evaluación del Sistema Nacional de Control.
- Contraloría. (2022). *Reporte de obras paralizadas en el territorio nacional al ii trimestre 2022* (Informe N° 0006-2022-CG/SESNC ed.). Subgerencia de Seguimiento y Evaluación del Sistema Nacional de Control.
- Contraloría. (2023). *Reporte de obras paralizadas en el territorio nacional a mayo 2023* (Informe N° 005-2023-CG/SESNC ed.). Subgerencia de Seguimiento y Evaluación del Sistema Nacional de Control.
- Contraloría. (2024). *Reporte de obras paralizadas en el territorio nacional a junio 2024* (N° 0007-2024-CG/SESNC ed.). Subgerencia de Seguimiento y Evaluación del Sistema Nacional de Control.
- DataCamp. (2024). *Sql server, postgresql, mysql... ¿cuál es la diferencia? ¿por dónde empiezo?*
- Delgado de Paz, E. (2022). *Integración de herramientas estadísticas con python* (Trabajo Fin de Grado, Universidad de Valladolid. Escuela de Ingeniería Informática de Valladolid).

Descargado de <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/57251>

Dhruvon. (2024). *Data science for construction, architecture, engineering industry*.

Doukari, O., Kassem, M., y Greenwood, D. (2023). Building information modelling. En T. Lynn, P. Rosati, M. Kassem, S. Krinidis, y J. Kennedy (Eds.), *Disrupting buildings: Digitalisation and the transformation of deep renovation* (pp. 39–51). Cham: Springer International Publishing. Descargado de [https://doi.org/10.1007/978-3-031-32309-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-32309-6_3) doi: 10.1007/978-3-031-32309-6\_3

EDITORIAL TEAM, B. (2022). *Noticias y conocimientos sobre la industria aec y bim*. Descargado de <https://biblus.accasoftware.com/es/cuales-son-las-normas-bim/> (Accedido: 16 de septiembre de 2024)

Erz, H. (2020). *Data analysis with python, vs code and jupyter*.

Fleming, Q. W., y Koppelman, J. M. (2016). *Earned value project management*. Project Management Institute.

Flores Huarancca, S. A. (2019). Tablero de control de operaciones de servicios de tecnología de información usando la norma iso 18295 y iso 27002. *Universidad de Cesar Vallejo*. doi: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/92283>

García, P. A. (2024). *Ingeniero de datos (data engineer)*. (Accedido: 15 de septiembre de 2024)

Hasbleidi, H. R. (2024). *Automatización de procesos presupuestales para proyectos de construcción a partir de la integración de metodologías de gestión, software erp y manejo de base de datos mediante power query*. Descargado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86708>

Hey, J. (2004). The data, information, knowledge, wisdom chain: the metaphorical link. *Inter-governmental Oceanographic Commission*, 26(1), 1–18.

- INEI. (2022). *Compendio estadístico. Perú 2022* (15 de noviembre ed.). Diario .<sup>EL</sup> PERUANO
- Institute, P. M. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (pmbok® guide)– sixth edition*. Autor.
- Institute, P. M. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (pmbok® guide) – seventh edition and the standard for project management*. Autor.
- Javier Alfonso, Q. S. (2024). Sistema de control y supervisión presupuestal en obras civiles y de mantenimiento para qs ingeniería, mediante metodología bim. *Universidad de EAN*. doi: <http://hdl.handle.net/10882/13505>
- Kelley Jr, J. E. (1963). The critical-path method for planning and scheduling. *Operations research*, 11(3), 296–320.
- Kerzner, H. (2017). *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. John Wiley & Sons.
- León-Romero, L. P., Aguilar-Fernández, M., Luque-Sendra, A., Zamora-Polo, F., y Francisco-Márquez, M. (2024). Characterization of the information system integrated to the construction project management systems. *Heliyon*, 10(11), e31886. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31886>
- Martinez Belevan, M. A., Jorge Luis Paredes Romero. (2023). Propuesta para el control de tiempo y costo en la etapa de construcción aplicando la metodología bim y plataformas colaborativas en proyectos multifamiliares en lima. Descargado de <http://hdl.handle.net/1992/63822> doi: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/668999>
- Meredith, J. R., Mantel Jr, S. J., y Shafer, S. M. (2015). *Project management: a managerial approach*. John Wiley & Sons.
- Microsoft. (2024). *Descripción general de power bi*. Descargado de <https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/fundamentals>

- Ministerio de Economía y Finanzas, M. (2023). *Plan bim Perú*. Descargado de <https://www.mef.gob.pe/planbimperu/> (Accedido: 15 de septiembre de 2024)
- Navas, M. G. (2018). Bim data. gestion de datos del bim. *Repositorio Investigacion Arquitectura y Tecnica de España*. Descargado de <https://www.riarte.es/handle/20.500.12251/638> doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105715>
- Nicholas, J. M., y Steyn, H. (2017). *Project management for engineering, business, and technology*. Routledge.
- Ostwald, P. F., y McLaren, T. S. (2010). *Engineering cost analysis*. McGraw-Hill.
- Ramos Torres, J. F. (2020). *Fundamentos de data science y sus aplicaciones en distintas industrias* (Trabajo de investigación para la obtención del grado de Bachiller en Ciencias con mención en Ingeniería Industrial). Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, Perú.
- Rodriguez Bautista, L. V. (2020). Información para proyectos de inversión del gobierno regional de ayacucho, 2019.
- Saad Alotaibi, B., Waqar, A., Radu, D., M.Khan, A., Dodo, Y., Althoey, F., y Almujiabah, H. (2024). Building information modeling (bim) adoption for enhanced legal and contractual management in construction projects. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(7), 102822. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102822>
- Saif, W., RazaviAlavi, S., y Kassem, M. (2024). Construction digital twin: a taxonomy and analysis of the application-technology-data triad. *Automation in Construction*, 167, 105715. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105715>
- Santiago Rioja, S. (2022). Planteamiento de una herramienta de seguimiento y control de proyectos de construcción de infraestructura vial soportado en power bi dentro de joyco sas bic. *Universidad de los Andes, COLOMBIA*. Descargado de

<http://hdl.handle.net/1992/63822> doi: <http://hdl.handle.net/1992/63822>

SeveUp. (2024). *Data visualization of your bim data in power bi*.

Sidani, A., Dinis, F. M., Sanhudo, L., Duarte, J. P. M. J., J. and Santos Baptista, y ASoeiro, A. (2021). Recent tools and techniques of bim-based virtual reality: A systematic review. En *Industry 4.0 for the built environment: Methodologies, technologies and skills*. Archives of Computational Methods in Engineering. doi: <https://doi.org/10.1007/s11831-019-09386-0>

Stack, A. D., y khurram Haider. (2024). *¿qué es una base de datos? una guía completa*. Descargado de <https://www.astera.com/es/type/blog/what-is-a-database/> (Accedido: 16 de septiembre de 2024)

Team, E. (2022). *Bim data: qué son, para qué sirven y por qué son importantes*. (Accedido: 15 de septiembre de 2024)

Tulokas, M., Haapasalo, H., y Tampio, K.-P. (2024). Formation and maintenance of organizational culture in collaborative hospital construction projects. *Project Leadership and Society*, 5, 100125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.plas.2024.100125>

Universidad Nacional Autonoma de México, U. (2024). *Base de datos.capitulo 3*. (Accedido: 16 de septiembre de 2024)

Álvarez Díaz, S., Mulero-Palencia, S., Andrés-Chicote, M., y Martarelli, M. (2024). An innovative approach to automate bim data retrieval and processing for building acoustic comfort calculations based on the ifc standard. *Building and Environment*, 112072. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112072>

# Anexo

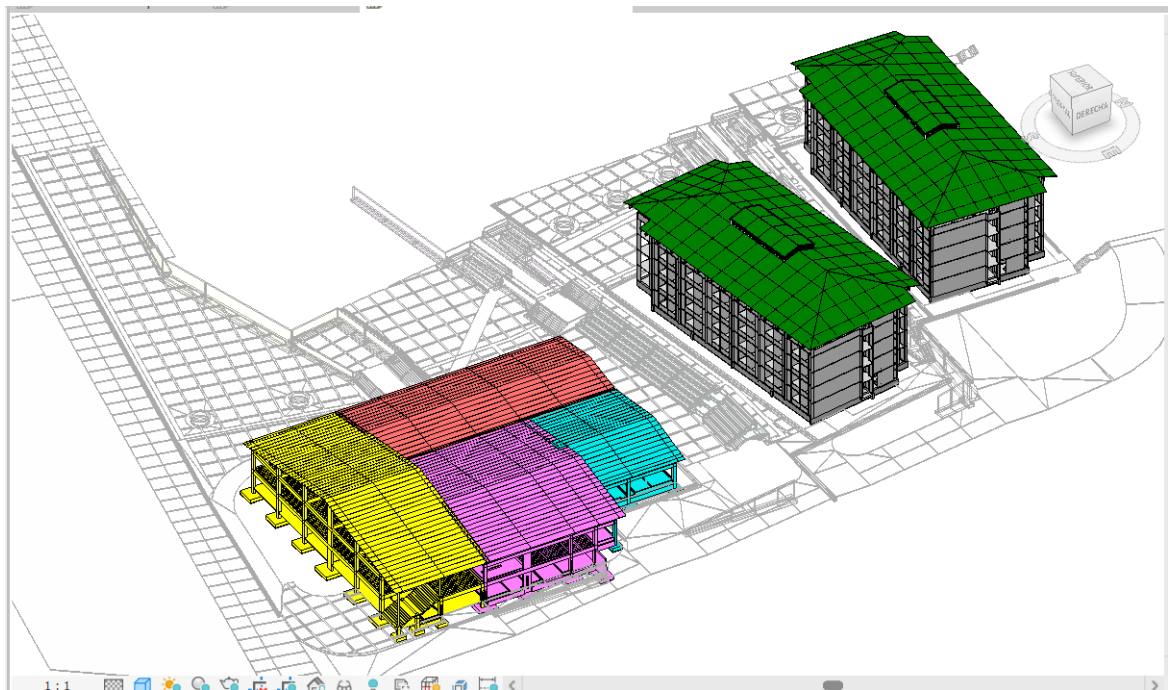


Figura 0.1: Frentes de Trabajo en el modelado BIM del proyecto

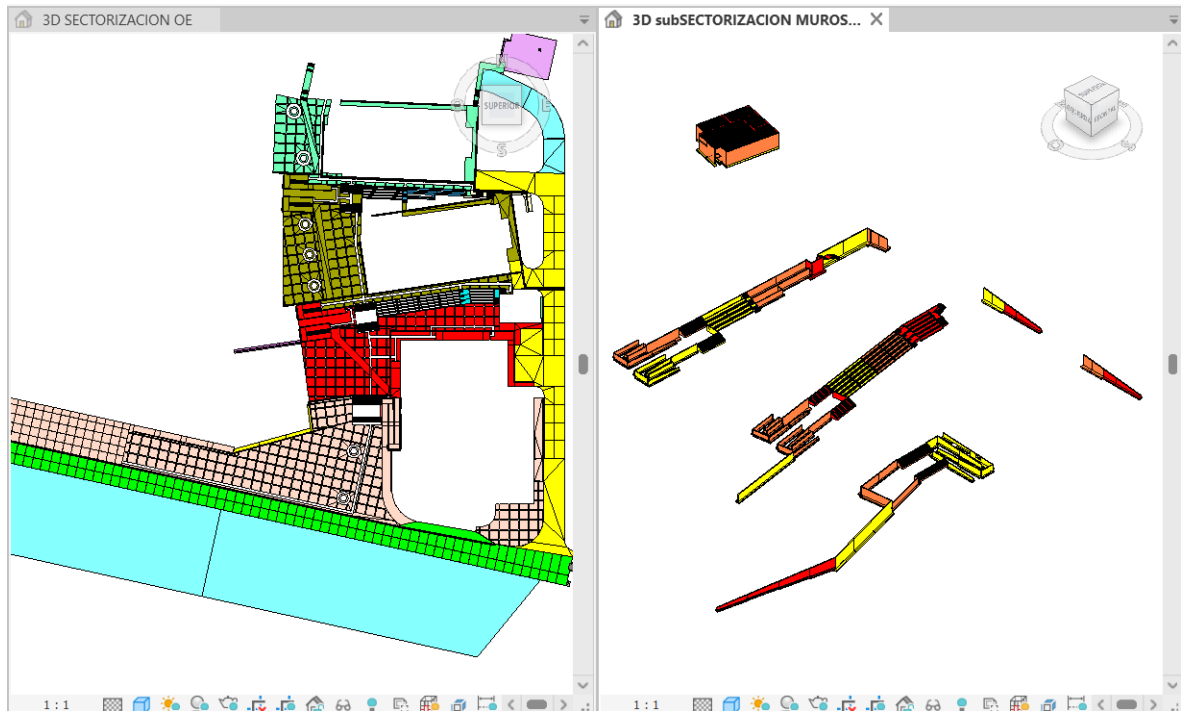


Figura 0.2: Sectorización de las Obras Exteriores (Pavimentos y Muros de Contención)

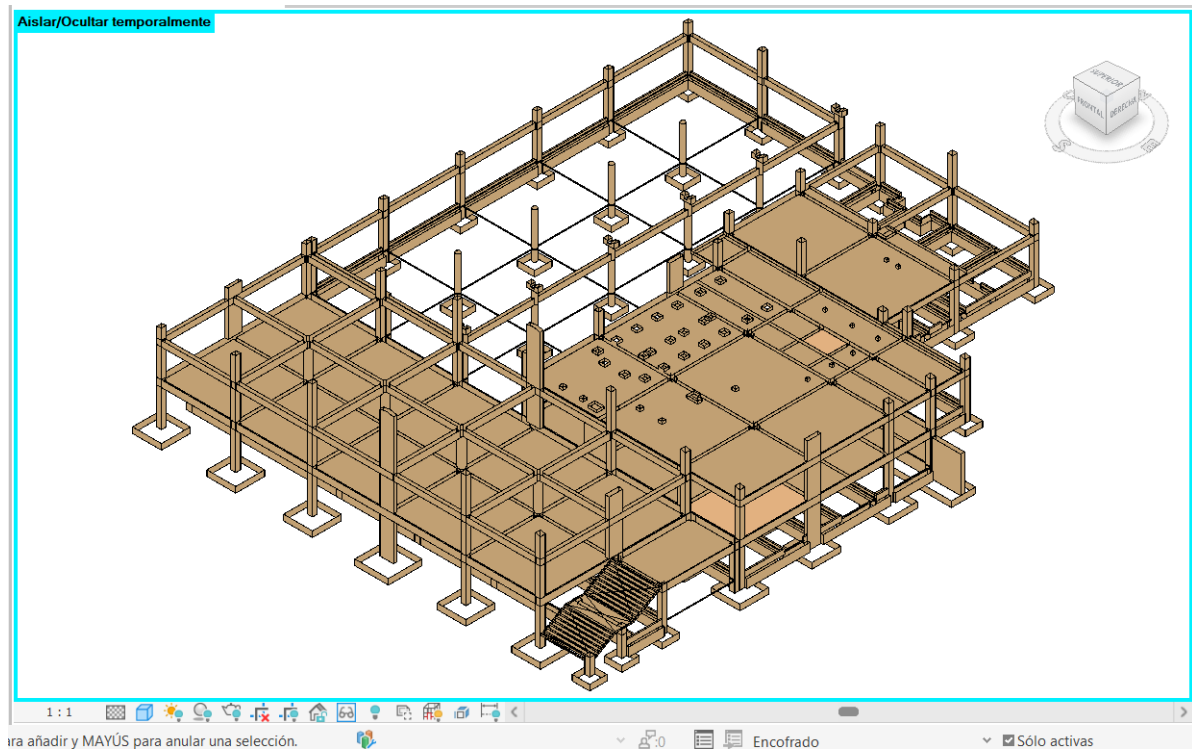


Figura 0.3: Encofrado del Comedor en el Modelo Base Activo)

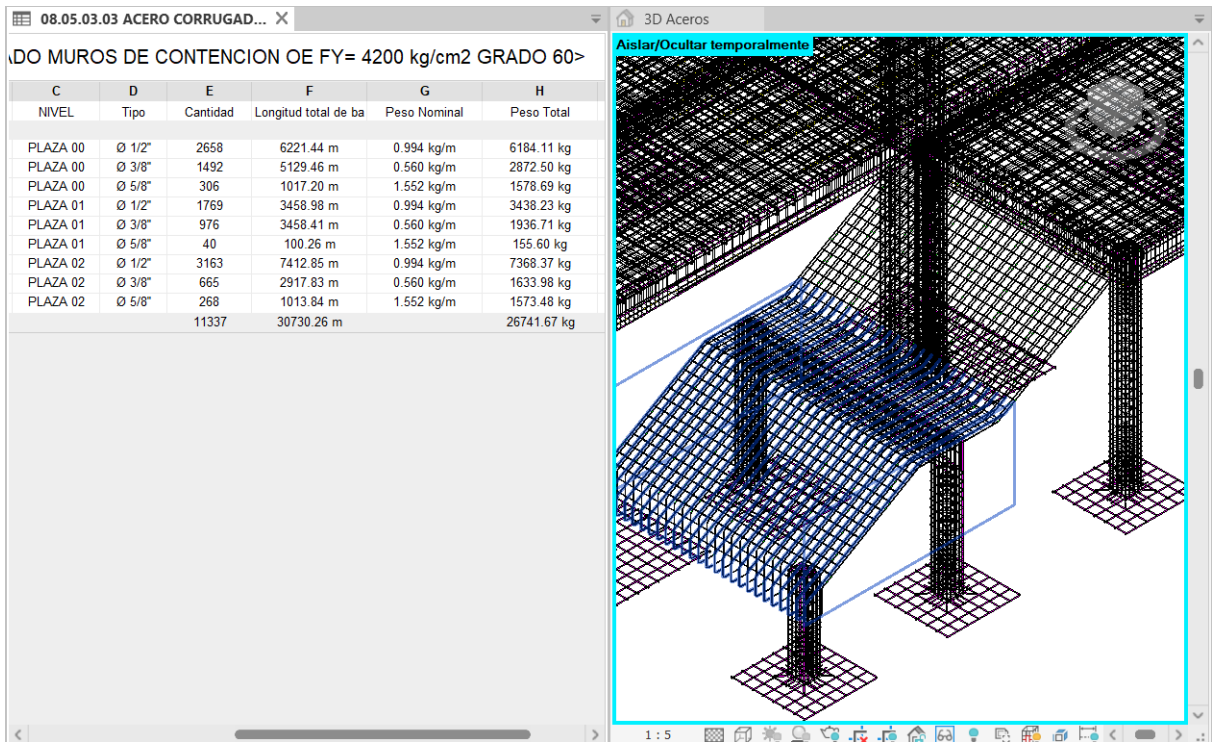


Figura 0.4: Metrado de la armadura estructural del proyecto por KG y diametro de Acero  $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$  GRADO 60.

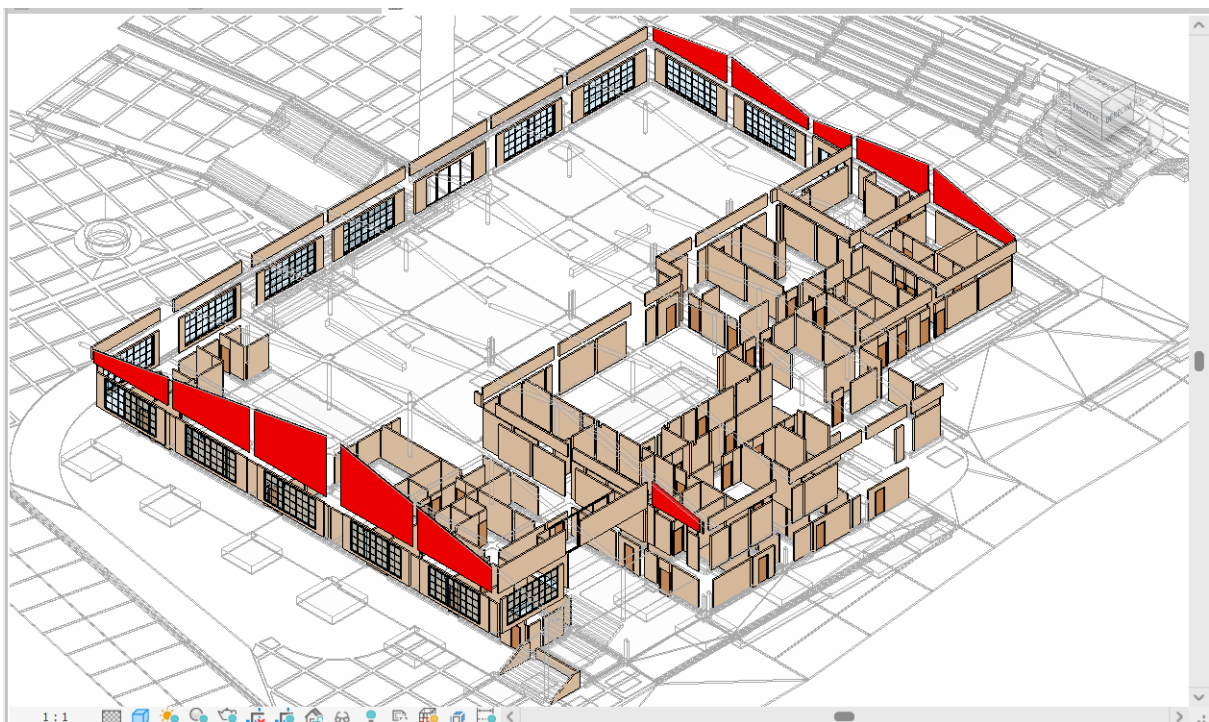


Figura 0.5: Modelado de la Especialidad de Arquitectura

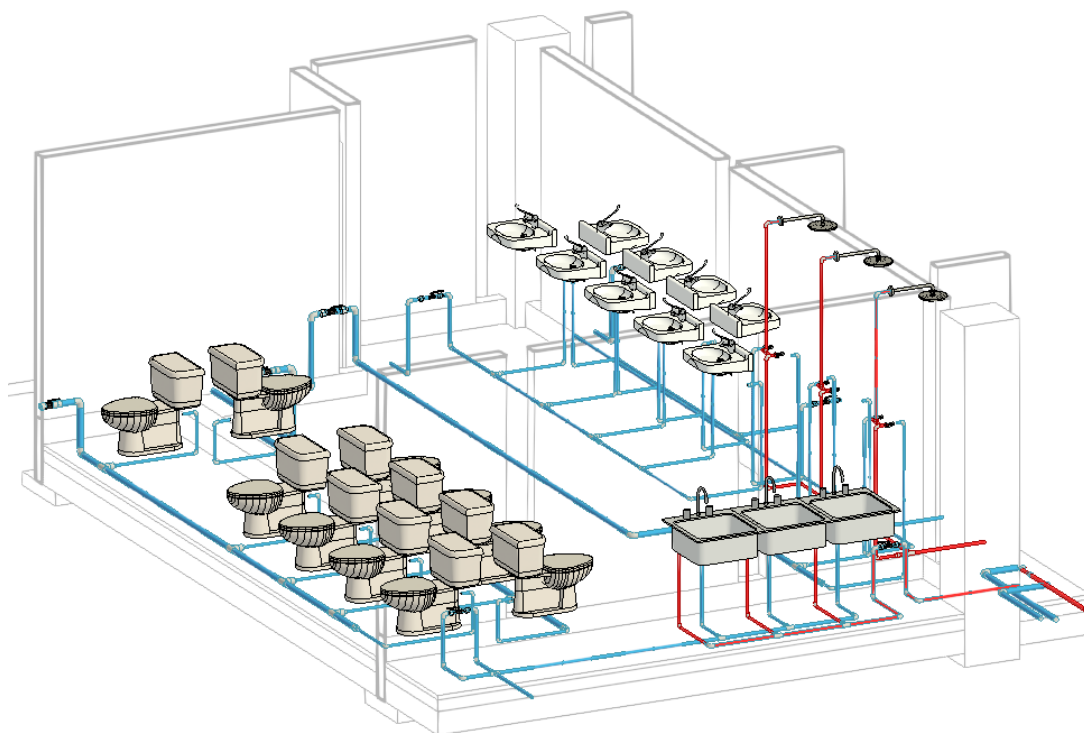


Figura 0.6: Modelado de la Especialidad de Instalaciones Sanitarias (Vista representativa)

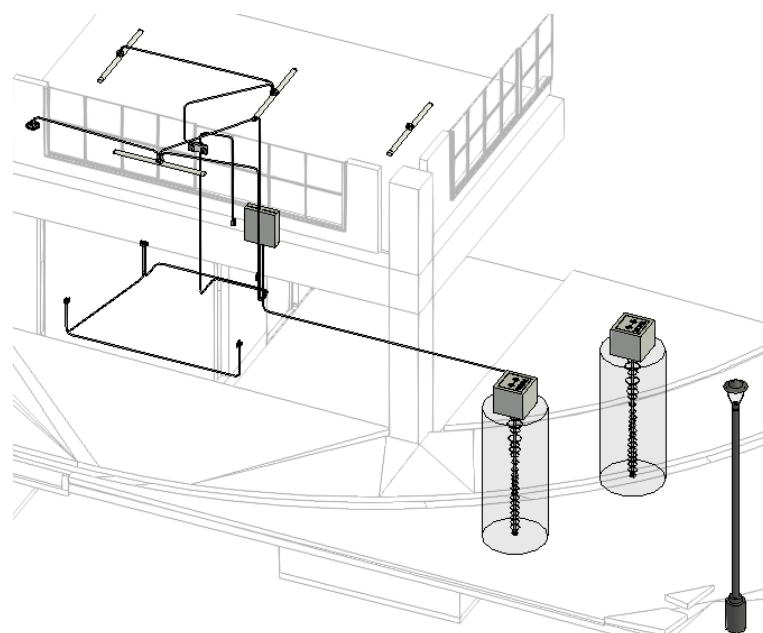


Figura 0.7: Modelado de la Especialidad de Instalaciones Eléctricas ((Vista representativa))

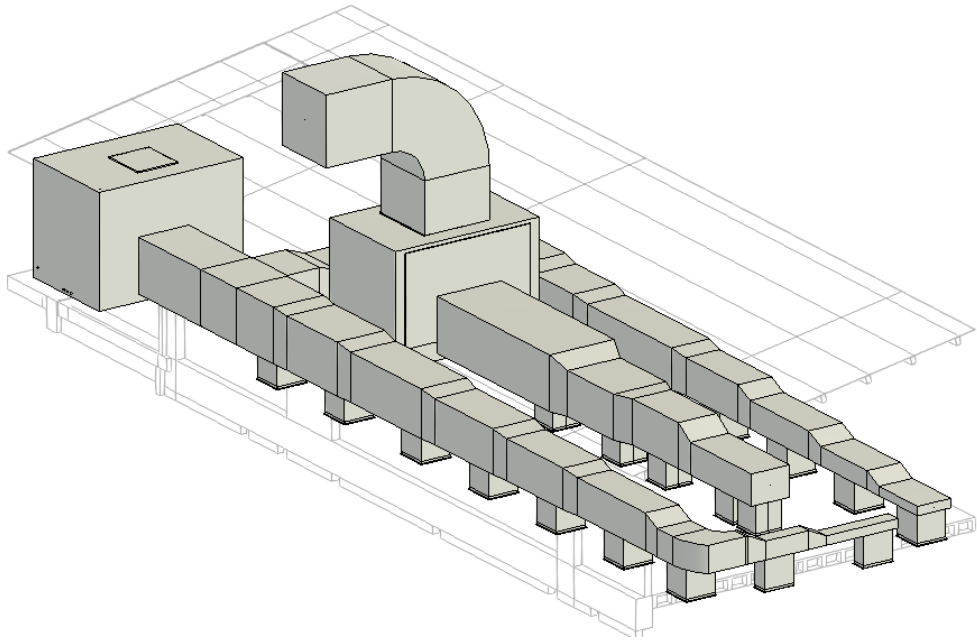


Figura 0.8: Modelado de la Especialidad de Instalaciones Mecánicas ((Vista representativa))

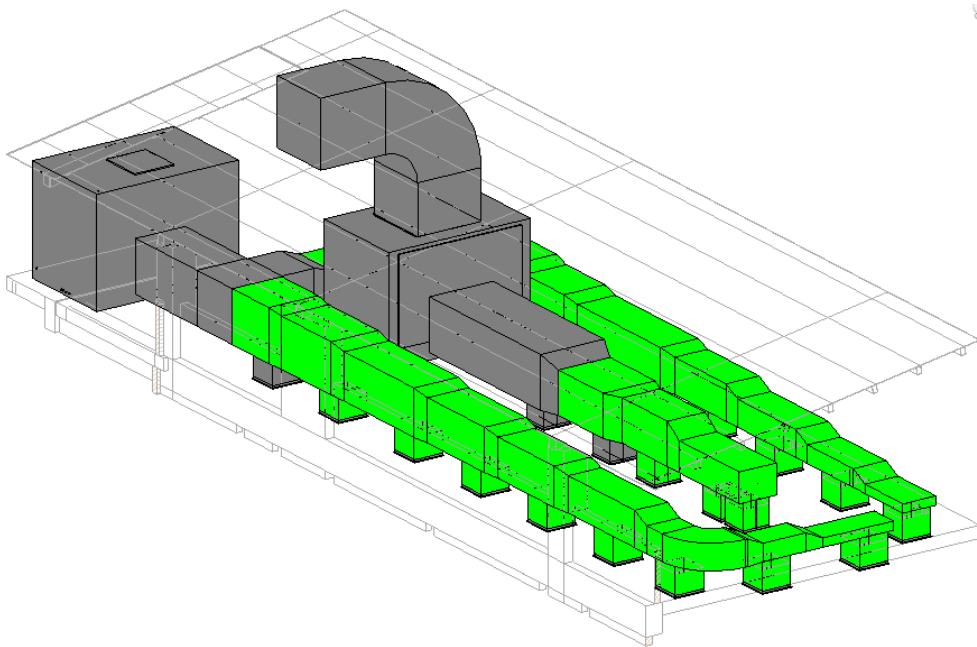


Figura 0.9: Modelado de la Especialidad de Instalaciones Mecánicas (Vista representativa de segmentos ejecutados.)



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 020-2025-FIMGC

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **Resolución Decanal No 174-2025-FIMGC-D**, a los diecisiete días del mes de julio de 2025, siendo las 10:00 a.m., reunidos en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, bajo la presidencia del **Mg. Ing. José Ernesto ESTRADA CÁRDENAS**, y los miembros: **MSc. Ing. Luis Alfredo VARGAS MORENO**, **Mg. Arq. Armando FERNANDEZ ALAGON** y **Dr. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN**, actuando como secretario docente el **MSc. Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNÁNDEZ**, para proceder a la sustentación de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, del bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

**RONALD TORRES RUIZ**


Quien presentó la tesis denominada:

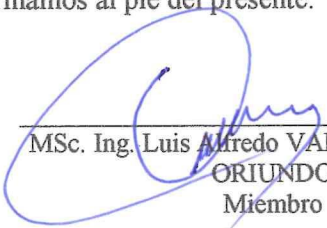
**“Análisis de Datos BIM para mejorar la gestión eficiente de un proyecto 3D en la construcción de la Villa Bolivariana en la ciudad de Ayacucho, 2024”**

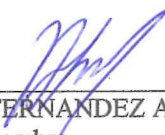
Los señores miembros del jurado luego de expuesta la tesis y absueltas las preguntas, deliberaron y declararon:

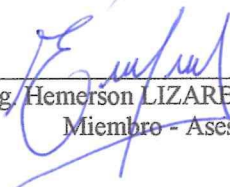
Aprobado con dieciséis (16)

Siendo las 11:30 a.m. del día 17 de julio del 2025, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.

  
Mg. Ing. José Ernesto ESTRADA CÁRDENAS  
Presidente

  
MSc. Ing. Luis Alfredo VARGAS MORENO  
ORIUNDO  
Miembro

  
Mg. Arq. Armando FERNANDEZ ALAGON  
Miembro

  
Dr. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCON  
Miembro - Asesor

  
MSc. Ing. Saul Walter RETAMOZO  
FERNÁNDEZ  
Secretario docente de la FIMGC



**UNSCH**

FACULTAD DE  
**INGENIERÍA**  
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana "

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### CONSTANCIA N° 014-2025-FIMGC/ASIH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, de la Escuelas Profesional de **Ingeniería Civil** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 697-2024-FIMGC-UNSCH-D**, dejo constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

**Apellidos y Nombres** : Ronald TORRES RUIZ  
**Escuela Profesional** : INGENIERÍA CIVIL  
**Título de la Tesis** : "Análisis de Datos BIM para mejorar la gestión eficiente de un proyecto 3D en la construcción de la Villa Bolivariana en la ciudad de Ayacucho, 2024"  
**Evaluación de la Originalidad** : 7 % Índice de Similitud  
**Identificador de la entrega** : 2754746630

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 18 de setiembre del 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Mg. Ing. Alex Sander IRCAÑAÚPA HUAMANI  
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado  
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil

# "Análisis de Datos BIM para mejorar la gestión eficiente de un proyecto 3D en la construcción de la Villa Bolivariana en la ciudad de Ayacucho, 2024"

*por* Ronald TORRES RUIZ

---

**Fecha de entrega:** 18-sept-2025 10:37a. m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2754746630

**Nombre del archivo:** Te\_Ronald\_Torres\_Ruiz.pdf (24.59M)

**Total de palabras:** 36436

**Total de caracteres:** 177252

# "Análisis de Datos BIM para mejorar la gestión eficiente de un proyecto 3D en la construcción de la Villa Bolivariana en la ciudad de Ayacucho, 2024"

## INFORME DE ORIGINALIDAD

7%	8%	3%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="http://www.coaatgr.es">www.coaatgr.es</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://www.astera.com">www.astera.com</a> Fuente de Internet	<1%
4	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1%
5	<a href="http://empiezoinformatica.wordpress.com">empiezoinformatica.wordpress.com</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://repository.universidadean.edu.co">repository.universidadean.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://repositorio.puce.edu.ec">repositorio.puce.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://tesis.pucp.edu.pe">tesis.pucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
10	<a href="http://www.abs.gov.au">www.abs.gov.au</a> Fuente de Internet	<1%
11	<a href="http://biblus.accasoftware.com">biblus.accasoftware.com</a> Fuente de Internet	<1%
12	<a href="http://purl.org">purl.org</a> Fuente de Internet	<1%
13	<a href="http://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
14	<a href="http://www.datacamp.com">www.datacamp.com</a> Fuente de Internet	<1%

15	<a href="http://andresacosta-cur.webnode.com.co">andresacosta-cur.webnode.com.co</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://aulavirtual.tdclab.com.co">aulavirtual.tdclab.com.co</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://repository.usta.edu.co">repository.usta.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
18	Zambrano, Adriana Marcela Benavides   Guacaneme, Carlos Alfonso Gómez. "Propuesta Metodológica para el Desarrollo de Proyectos de Infraestructura Vial Mediante un Modelo BIM", Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia) Publicación	<1 %
19	<a href="http://pdfcoffee.com">pdfcoffee.com</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://www.gob.pe">www.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://riunet.upv.es">riunet.upv.es</a> Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
23	Submitted to ucb Trabajo del estudiante	<1 %
24	<a href="http://aprenderly.com">aprenderly.com</a> Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to uni Trabajo del estudiante	<1 %
26	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://repositorio.uandina.edu.pe">repositorio.uandina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
30	<a href="http://repositorio.uniandes.edu.co">repositorio.uniandes.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %

---

31 [www.iksadamerica.org](http://www.iksadamerica.org) <1 %  
Fuente de Internet

---

32 [aplicaciones-acus.blogspot.com](http://aplicaciones-acus.blogspot.com) <1 %  
Fuente de Internet

---

33 [cdn.www.gob.pe](http://cdn.www.gob.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

34 [dspace.ups.edu.ec](http://dspace.ups.edu.ec) <1 %  
Fuente de Internet

---

35 [juandomingofarnos.wordpress.com](http://juandomingofarnos.wordpress.com) <1 %  
Fuente de Internet

---

---

Excluir citas      Activo      Excluir coincidencias      < 30 words  
Excluir bibliografía      Activo