Integración de modelos Revit en la gestión de costos para la optimización presupuestal en Ardila Valencia Estructuras S.A.S.

Juan Guillermo Ardila Valencia
Mishel Juliana Chinome Cáceres

Universidad EAN
Facultad de ingeniería
Maestría en Gerencia de Proyectos
Bogotá, Colombia
30/04/2026

Integración de modelos Revit en la gestión de costos para la optimización presupuestal en Ardila Valencia Estructuras S.A.S.

Juan Guillermo Ardila Valencia

Mishel Juliana Chinome Cáceres

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Gerencia de Proyectos

Director (a):

RICARDO ANDRES VILLALBA RIVERA

Modalidad:

Trabajo Dirigido

Universidad EAN
Facultad de ingeniería
Maestría en Gerencia de Proyectos
Bogotá, Colombia
30/04/2026

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Ciudad, día/mes/año

Agradecimientos

Los autores expresan su más sincero agradecimiento a Juan Diego, Coordinador BIM de Ardila Valencia Estructuras S.A.S., cuya disposición, enseñanzas y paciencia fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo. Su guía técnica y generosidad en la transferencia de conocimiento hicieron posible comprender a profundidad los procesos de modelado e integración BIM que sustentaron toda la propuesta.

Al equipo directivo de Ardila Valencia Estructuras S.A.S., por abrir las puertas de la organización, facilitar el acceso a la información necesaria y confiar en este proyecto como una contribución real al fortalecimiento de sus procesos. Su respaldo fue determinante para que este trabajo trascendiera el plano teórico y se convirtiera en una solución aplicada.

Finalmente, a nuestras familias, por el apoyo incondicional, la comprensión ante el tiempo que este proceso demandó y la motivación constante a lo largo de cada etapa. Este logro es también de ellos.

Resumen

El presente trabajo de grado aborda la integración entre el modelado basado en Building Information Modeling (BIM) y los procesos de planificación presupuestal en Ardila Valencia Estructuras S.A.S., como respuesta a la problemática de desconexión entre el diseño y la estimación de costos, la cual genera reprocesos, inconsistencias y baja eficiencia operativa. En este contexto, el objetivo del estudio fue diseñar un modelo metodológico de integración entre Revit y los procesos de presupuestación, orientado a mejorar la precisión y el control de costos en proyectos estructurales.

La metodología se desarrolló bajo un enfoque de intervención empresarial, mediante la aplicación de un modelo híbrido que integra la gestión por procesos (BPM), el análisis DOFA estratégico y la evaluación de madurez BIM. El proceso incluyó el modelado en Revit, la extracción automatizada de cantidades mediante Dynamo, el procesamiento de datos en Excel y su vinculación con los análisis de precios unitarios (APU).

Los resultados evidencian una reducción en el tiempo de elaboración de presupuestos, un aumento en la precisión de las cantidades y una mejora significativa en la trazabilidad de la información. Se concluye que el modelo propuesto permite optimizar los procesos presupuestales y constituye una herramienta viable para fortalecer la eficiencia operativa y la toma de decisiones en la empresa.

Palabras clave: BIM 5D, presupuestación, Revit, automatización, costos.

Abstract

This thesis examines the integration of Building Information Modelling (BIM) with budget planning processes at Ardila Valencia Estructuras S.A.S., in response to the problem of a disconnect between design and cost estimation, which leads to rework, inconsistencies and low operational efficiency. In this context, the aim of the study was to design a methodological model for integrating Revit with budgeting processes, with a view to improving accuracy and cost control in structural projects.

The methodology was developed using a business intervention approach, through the application of a hybrid model integrating Business Process Management (BPM), strategic SWOT analysis and BIM maturity assessment. The process included modelling in Revit, automated quantity take-off using Dynamo, data processing in Excel and its linkage with unit price analysis (APU).

The results demonstrate a reduction in the time taken to prepare budgets, an increase in the accuracy of quantities and a significant improvement in the traceability of information. It is concluded that the proposed model enables the optimisation of budgeting processes and constitutes a viable tool for strengthening operational efficiency and decision-making within the company.

Keywords: BIM 5D, cost estimation, Revit, automation, costs

Contenido

Pág.

Introducción **13**

Planteamiento del problema **16**

Objetivos **21**

Objetivo general *21*

Objetivos específicos *21*

Justificación **22**

Viabilidad del proyecto **24**

Marco Institucional **39**

Marco de Referencia **46**

Diseño Metodológico **57**

Diagnóstico Organizacional **69**

Modelo Propuesto **77**

Plan de Implementación **86**

Conclusiones y Recomendaciones **103**

Referencias **109**

A. Anexo. Modelo BIM en Revit 112

B. Anexo. Script de automatización en Dynamo 116

C. Base de datos y procesamiento en Excel 119

D. Anexo. Análisis de precios unitarios (APU) 121

E. Anexo. Flujo del proceso BIM 5D 126

F. Anexo. Tablas completas de análisis de resultados 129

G. Anexo. Indicadores de desempeño (KPIs) 131

H. Anexo. Matriz DOFA detallada 135

I. Anexo. Evaluación de madurez BIM 137

J. Anexo. Estructura de codificación del modelo 141

K. Anexo. Guía de implementación del modelo BIM 5D 144

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1. Árbol de problemas asociado a la desconexión entre el modelado en Revit y la estimación presupuestal en AVE. 20

Figura 2. Organigrama jerárquico de la empresa Ardila Valencia Estructuras S.A.S. 41

Figura 3. Flujo de trabajo de la metodología BIM..... 46

Figura 4. Dimensiones del BIM y su evolución funcional 48

Figura 5. Interoperabilidad BIM mediante estándares..... 53

Figura 6. Cronograma de implementación BIM 5D — Año 1 (diagrama de Gantt) 94

Figura 7. Vista tridimensional del modelo BIM desarrollado en Revit del proyecto 112

Figura 8. Vista tridimensional del modelo BIM desarrollado en Revit del proyecto V_2.0 ... 112

Figura 9. Tabla de propiedades (Pset) para la clasificación y codificación de elementos del modelo BIM 113

Figura 10. Tablas de cantidades vinculada al presupuesto en el modelo BIM 113

Figura 11. Tabla de actividad 02.06.07 de cantidades vinculada al presupuesto en el modelo BIM 113

Figura 12. Vinculación entre tabla de cantidades y visualización de elementos en el modelo BIM 114

Figura 13. Vinculación entre tabla de cantidades y visualización de elementos (Columnas recalzadas) en el modelo BIM..... 114

Figura 14. Vinculación entre tabla de cantidades y visualización de elementos (Vigas) en el modelo BIM 114

Figura 15. Parámetros compartidos (Pset) aplicados a elementos estructurales para la vinculación con el presupuesto en el modelo BIM 115

Figura 16. Flujo general del script de automatización en Dynamo..... 116

Figura 17. Selección de tablas en el modelo BIM 116

Figura 18. Filtrado de tablas mediante parámetros en Dynamo 117

Figura 19. Configuración de opciones de exportación de tablas 117

Figura 20. Definición de la ruta de almacenamiento y nombrado de archivos 118

Figura 21. Ejecución del proceso de exportación de tablas 118

Figura 22. Archivo de salida en formato .txt generado mediante el script de Dynamo 119

Figura 23. Vinculación de datos en Excel mediante importación desde archivo de texto (.txt) 119

Figura 24. Memoria de cantidades de la modelo estructural asociada a la extracción de datos 120

Figura 25. Listado de insumos 121

Figura 26. Análisis de cotizaciones por insumo 122

Figura 27. Vinculación del listado de insumos para APU 122

Figura 28. Estructura de un Análisis de Precios Unitarios (APU) 123

Figura 29. Programación en VBA para automatización del proceso 123

Figura 30. Generación de listado de hojas por medio de VBA 124

Figura 31. Vinculación de hoja generada con VBA a la estructura del presupuesto 124

Figura 32. Presupuesto general vinculado automáticamente con cantidades y precios unitarios 125

Figura 33. Matriz DOFA. Anexo H 135

Figura 34. Estructura jerárquica del presupuesto 141

Figura 35. Estructura de codificación de insumos y equipos 142

Figura 36. Transferencia de normas de proyecto para la plantilla Pset 150

Figura 37. Selección de plantillas de vista 150

Figura 38. Selección de importación solo de elementos nuevos 151

Figura 39. Creación de nueva tabla de planificación en Revit..... 151

Figura 40. Adición de parámetros iniciales a la tabla. 152

Figura 41. Asignación de la plantilla Pset a la tabla de clasificación. 152

Figura 42. Vista de la tabla Pset con los parámetros disponibles para asignación. 153

Figura 43. Tabla de clasificación con los campos de codificación asignados por elemento. . 154

Figura 44. Vista detallada de la nota clave y nombre de actividad en la tabla. 154

Figura 45. Creación de tabla de cantidades por categoría de elemento. 155

Figura 46. Asignación de parámetros de actividades en la tabla de cantidades..... 155

Figura 47. Edición de campos y filtros en la tabla de cantidades. 156

Figura 48. Revisión de código y nombre de actividad mediante la nota clave. 156

Figura 49. Tabla organizada con los totales de cantidades extraídas..... 157

Lista de Tablas

Pág.

Tabla 1. Criterios de factibilidad del proyecto. 25

Tabla 2. Riesgos del proyecto y estrategias de mitigación 26

Tabla 3. Análisis financiero de la implementación 30

Tabla 4. Proyección de flujos de caja y cálculo del VPN (tasa 12%, 5 años) 31

Tabla 5. Resumen de indicadores financieros de evaluación del proyecto 32

Tabla 6. Estimación del flujo de caja mensual liberado por el modelo BIM 5D 34

Tabla 7. Dimensiones del BIM y su aplicación 49

Tabla 8. Comparación entre métodos tradicionales y BIM 5D 52

Tabla 9. Ficha técnica del diseño metodológico 64

Tabla 10. Variables de comparación entre el método tradicional y el modelo basado en BIM 5D 66

Tabla 11. Comparación entre método tradicional y modelo BIM 5D 70

Tabla 12. Comparativo proceso tradicional vs. proceso BIM 5D. 79

Tabla 13. Hoja de ruta de escalabilidad BIM — AVe Consultoría 84

Tabla 14. Estructura de fases del plan de implementación. 87

Tabla 15. Actividades del plan de implementación por fase 88

Tabla 16. Estructura de recursos y costos del plan por fase 92

Tabla 17. Análisis costo–beneficio del plan de implementación BIM 5D 96

Tabla 18. Indicadores de desempeño del plan de implementación 99

Tabla 19. Tabla Nivel 1 Anexo E. Flujo del proceso BIM 5D 126

Tabla 20. Tabla Nivel 2 Anexo E. Flujo del proceso BIM 5D 127

Tabla 21. Tabla Nivel 3 Anexo E. Flujo del proceso BIM 5D 128

Tabla 22. Comparación de tiempos por etapa del proceso presupuestal 129

Tabla 23. Evaluación comparativa de indicadores cualitativos 129

Tabla 24. Impacto en postventa y sobrecostos operativos 130

Tabla 25. Indicadores de tiempo de elaboración presupuestal 131

Tabla 26. Indicadores de precisión en cantidades 132

Tabla 27. Indicadores de automatización de procesos 133

Tabla 28. Estrategias DOFA cruzadas 136

Tabla 29. Resultados de la evaluación de madurez BIM por dimensión 137

Tabla 30. Resumen de resultados por campo y nivel de madurez alcanzado 140

Tabla 31. Lineamientos de modelado en Revit 145

Tabla 32. Lista de verificación debe archivarse junto con el expediente del proyecto 147

Tabla 33. Escalabilidad del modelo 148

Introducción

La industria de la construcción ha experimentado una transformación significativa en los últimos años debido a la incorporación de tecnologías digitales que buscan optimizar la planificación, ejecución y control de proyectos. En este contexto, la metodología Building Information Modeling (BIM) se ha consolidado como un enfoque clave para la gestión integrada de la información, permitiendo mejorar la coordinación entre disciplinas (Succar, 2009; Olawumi & Chan, 2019), la precisión en la cuantificación de elementos y la toma de decisiones basada en datos (Eastman et al., 2018; Sacks et al., 2018). Particularmente, la dimensión BIM 5D, orientada a la integración del modelo con la gestión de costos, ha demostrado ser una herramienta estratégica para fortalecer los procesos de presupuestación y control financiero en proyectos de construcción (Lu et al., 2021; Sepasgozar et al., 2022).

A pesar de estos avances, en muchas organizaciones del sector, especialmente en contextos empresariales intermedios, persisten brechas significativas entre el uso de herramientas BIM para el modelado y los procesos tradicionales de estimación de costos. En Ardila Valencia Estructuras S.A.S., empresa dedicada al diseño y desarrollo de proyectos estructurales, se evidenció que, aunque se emplea Revit para la elaboración de modelos detallados, los procesos de presupuestación continúan realizándose mediante herramientas independientes como hojas de cálculo, lo que genera una desconexión entre el diseño y la planificación financiera. Esta situación se traduce en reprocesos, errores en la cuantificación de cantidades, baja trazabilidad de la información y dificultades en la actualización de los presupuestos ante cambios en el modelo. Estudios previos han señalado que la falta de

integración entre BIM y los sistemas de costos limita el aprovechamiento de la información digital y aumenta el riesgo de inconsistencias en los proyectos (Azhar, 2011; Hardin & McCool, 2015).

En el contexto colombiano, esta problemática se enmarca dentro de los desafíos identificados en la implementación de la Estrategia Nacional BIM 2020–2026, la cual promueve la digitalización del sector y el uso de entornos comunes de datos para mejorar la eficiencia y competitividad de las empresas (Departamento Nacional de Planeación, 2020). No obstante, la adopción de BIM en su dimensión 5D aún presenta limitaciones relacionadas con la interoperabilidad de herramientas, la estandarización de procesos y la gestión de la información (BIM Forum Colombia, 2019; 2020). En este sentido, la problemática abordada en este estudio se centra en la desconexión entre el modelado estructural y los procesos de presupuestación en la empresa, constituyendo el objeto de diagnóstico y análisis.

A partir de esta situación, se formuló la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo la integración entre el modelado estructural en Revit y los procesos de presupuestación, bajo el enfoque BIM 5D, permite mejorar la precisión, eficiencia y trazabilidad en la gestión de costos en los proyectos de Ardila Valencia Estructuras S.A.S.? Esta pregunta orientó el desarrollo del estudio hacia la identificación de una solución aplicada que permitiera optimizar los procesos actuales de la organización mediante la incorporación de herramientas digitales y la automatización del flujo de información.

Para dar respuesta a esta problemática, el presente trabajo desarrolló e implementó un modelo de integración BIM 5D que articula el modelado estructural en Revit con

herramientas de procesamiento de datos como Dynamo y Excel, así como con la validación del modelo mediante Navisworks. Este modelo fue aplicado en un caso de estudio real, permitiendo evidenciar mejoras en la precisión de las cantidades, la reducción de reprocesos y el fortalecimiento de la trazabilidad de la información, aportando así a la optimización de la gestión presupuestal en la empresa.

El documento se estructura de la siguiente manera: en primer lugar, se presentan los objetivos y la justificación del estudio, seguidos del marco institucional y el marco de referencia, en los cuales se contextualiza la empresa y se fundamenta teóricamente la propuesta. Posteriormente, se describe el diseño metodológico adoptado, incluyendo los instrumentos de diagnóstico y validación. En seguida, se desarrolla el diagnóstico organizacional, donde se analizan los resultados obtenidos en relación con los procesos actuales de la empresa. A continuación, se presenta el plan de intervención, en el cual se detalla el modelo BIM 5D propuesto y su aplicación práctica. Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

Planteamiento del problema

En la industria de la construcción, la planificación de costos y presupuestos enfrenta desafíos significativos debido a la falta de integración entre los modelos desarrollados bajo la metodología Building Information Modeling (BIM) y los métodos tradicionales de presupuestación. Herramientas avanzadas como Revit permiten la creación de modelos tridimensionales detallados y precisos; sin embargo, su implementación no siempre incluye una integración automatizada con los procesos de estimación de costos (Al-Musawi & Naimi, 2023). En la mayoría de los casos, los presupuestos de obra se siguen desarrollando de manera tradicional mediante plantillas en Excel, lo que impide aprovechar completamente las capacidades de automatización y vinculación de datos en tiempo real que ofrece BIM.

En Ardila Valencia Estructuras S.A.S., la situación no es diferente. A pesar de utilizar Revit para la elaboración de modelos estructurales detallados, la empresa continúa dependiendo de métodos manuales y herramientas no integradas para la planificación presupuestal. Esta desconexión entre diseño y costos genera un mayor riesgo de errores humanos, afectando la precisión en la planificación financiera y dificultando la optimización de los recursos. Como consecuencia, los modelos 3D se convierten en herramientas de representación visual sin un seguimiento presupuestal efectivo, lo que limita la capacidad de control y ajuste durante la ejecución del proyecto.

Además, la falta de integración entre BIM y las herramientas de presupuestación provoca problemas recurrentes en los proyectos, como sobrecostos derivados de actividades no

contempladas en el presupuesto inicial (Sepasgozar et al., 2022). Estas desviaciones presupuestales afectan no solo la rentabilidad de los proyectos, sino también su viabilidad en términos de cumplimiento de plazos y optimización de materiales. Investigaciones recientes han demostrado que BIM permite una mayor precisión en la cuantificación de elementos y en la planificación financiera, lo que reduce la incidencia de errores y costos no previstos (Aranda-Mena et al., 2009).

En términos cuantitativos, la falta de integración entre el modelado BIM y los procesos de presupuestación puede generar ineficiencias significativas en los proyectos. De acuerdo con la Estrategia Nacional BIM en Colombia (Departamento Nacional de Planeación, 2020), la implementación de BIM permite alcanzar ahorros mínimos del 10% en costos y mejorar la eficiencia mediante el uso de entornos comunes de datos. Asimismo, estudios de BCG (2016) evidencian que la digitalización de procesos constructivos puede reducir hasta un 30% los tiempos de planificación y ejecución. En consecuencia, la ausencia de integración en los métodos tradicionales, como los utilizados actualmente en Ardila Valencia Estructuras S.A.S., puede derivar en sobrecostos, reprocesos e incrementos en los tiempos de elaboración de presupuestos, afectando la eficiencia operativa y la toma de decisiones.

Otro factor crítico que resalta la importancia de este estudio es la necesidad de automatizar el flujo de trabajo entre diseño y presupuestación. En la actualidad, la información generada en Revit en Ardila Valencia Estructuras S.A.S. no se encuentra completamente integrada con los sistemas de costos, lo que retrasa la toma de decisiones y aumenta la posibilidad de discrepancias entre lo diseñado y lo presupuestado (Messner et

al., 2019). La interoperabilidad entre herramientas es fundamental para garantizar la precisión y eficiencia en la gestión presupuestal, algo que muchas empresas del sector aún no han logrado implementar completamente (Azhar, 2011).

En el contexto colombiano, la implementación de la metodología BIM aún enfrenta barreras importantes, particularmente en lo que respecta a la gestión eficiente de la información y a la estandarización de los procesos. Según la Guía de Gestión de la Información BIM del BIM Forum Colombia (2019), uno de los mayores retos es garantizar un entorno común de datos (CDE) que permita la coordinación entre los diferentes actores del proyecto, asegurando trazabilidad, versiones controladas y calidad en la documentación. Esta guía destaca que la falta de protocolos claros y ambientes virtuales de trabajo bien definidos genera reprocesos y pérdida de información clave, especialmente en etapas sensibles como la presupuestación y el diseño estructural. A su vez, la Guía de Modelado BIM (BIM Forum Colombia, 2020) enfatiza la necesidad de fortalecer la calidad de los modelos desde sus fases tempranas, incluyendo estándares en niveles de desarrollo (LOD) y en el uso de archivos de autoría. Ambas publicaciones subrayan que, sin una gestión adecuada de la información y una correcta estructuración de los modelos, la vinculación entre BIM y los procesos de presupuestación se ve comprometida, limitando así el aprovechamiento del potencial del 5D BIM para la planificación financiera precisa y en tiempo real.

Por otro lado, la Estrategia Nacional BIM 2020-2026 en Colombia promueve la modernización del sector mediante la digitalización de procesos, incentivando la adopción

de BIM para mejorar la planificación y ejecución de proyectos (Departamento Nacional de Planeación, 2020). En este contexto, Ardila Valencia Estructuras S.A.S. se encuentra en una posición clave para adoptar tecnologías innovadoras que optimicen sus procesos y la hagan más competitiva en el mercado. La implementación de un sistema integrado de estimación de costos basado en BIM y Revit permitirá a la empresa reducir errores, mejorar la trazabilidad de la información y garantizar una planificación más eficiente (Sacks et al., 2018).

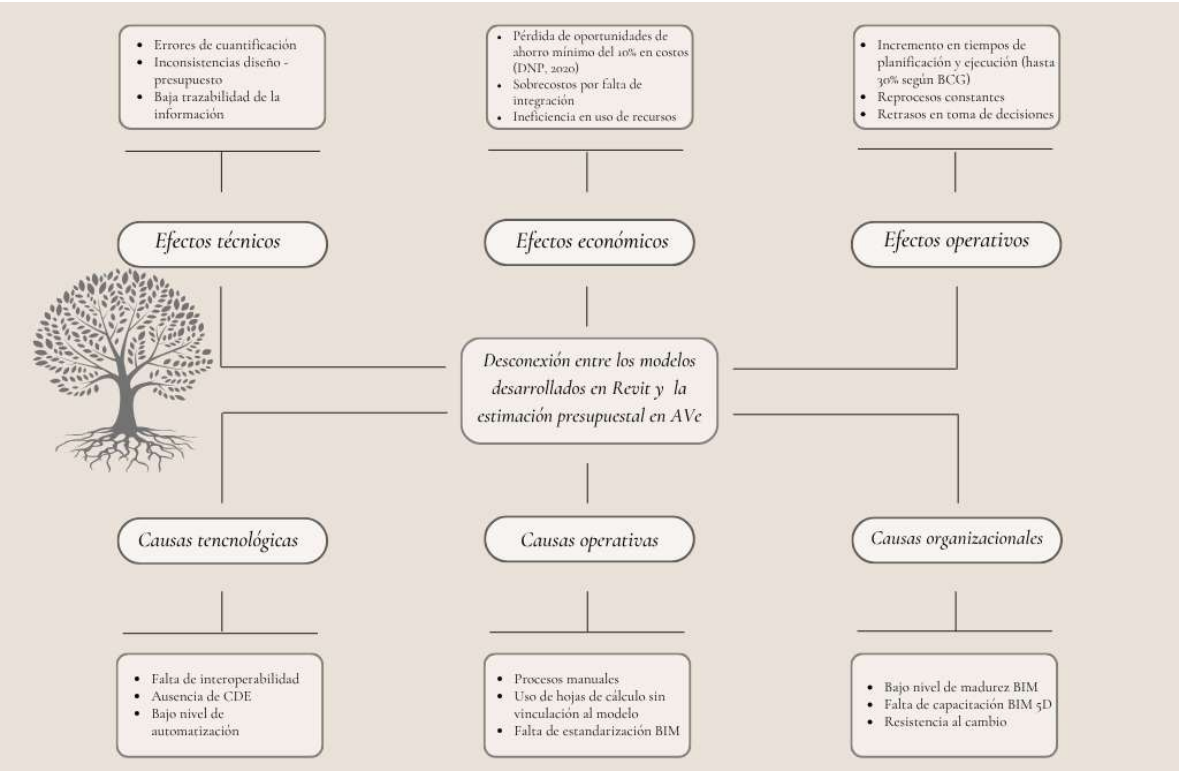
El desarrollo de este sistema no solo beneficiará a la empresa en términos de optimización de tiempos y costos, sino que también mejorará la transparencia en la gestión financiera de los proyectos. Estudios previos han evidenciado que la automatización de los procesos de presupuestación a través de BIM puede generar reducciones de hasta un 30% en sobrecostos y un 25% en tiempos de planificación (Hardin & McCool, 2015).

En conclusión, la desconexión entre el diseño estructural y la planificación presupuestal en Ardila Valencia Estructuras S.A.S. representa una oportunidad para desarrollar un sistema que integre la información generada en Revit con herramientas avanzadas de presupuestación. Esta integración permitirá reducir la incidencia de costos no previstos, mejorar la precisión en la planificación financiera y optimizar la gestión de recursos en los proyectos. La implementación de este sistema no solo responde a los desafíos internos de la empresa, sino que también se alinea con las tendencias globales de transformación digital en la industria de la construcción.

¿Cómo la integración entre modelos desarrollados en Revit y herramientas de presupuestación puede mejorar la precisión y el control de costos en los proyectos estructurales de Ardila Valencia Estructuras S.A.S.?

Figura 1.

Árbol de problemas asociado a la desconexión entre el modelado en Revit y la estimación presupuestal en AVE.



Nota. Elaboración propia mediante Canva

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un modelo metodológico de integración entre Revit y procesos de planificación presupuestal, para optimizar la precisión y el control de costos en los proyectos estructurales de Ardila Valencia Estructuras S.A.S.

Objetivos específicos

- Diagnosticar los procesos actuales de presupuestación en Ardila Valencia Estructuras S.A.S., identificando las brechas de integración con la metodología BIM.

- Diseñar el modelo de integración entre el modelado estructural en Revit y los procesos de presupuestación, mediante la definición de flujos de información, codificación y herramientas de automatización.

- Validar el modelo propuesto mediante su aplicación en un caso de estudio real, evaluando su impacto en la precisión, eficiencia y trazabilidad del proceso presupuestal.

- Estandarizar lineamientos para la implementación del modelo en la empresa, a través de la estructuración de una guía de buenas prácticas para la integración BIM 5D.

Justificación

La planificación de costos en el sector de la construcción constituye un factor determinante para la viabilidad y el éxito de los proyectos, especialmente en un contexto caracterizado por la creciente necesidad de optimizar recursos y mejorar la eficiencia operativa (Bryde et al., 2013; Pärn et al., 2017). En este sentido, la incorporación de tecnologías digitales como la metodología Building Information Modeling (BIM) ha permitido transformar los procesos tradicionales, facilitando la integración de la información y el control de variables críticas como el tiempo, el costo y la calidad. Sin embargo, en muchas empresas del sector, incluyendo Ardila Valencia Estructuras S.A.S., persisten brechas entre el uso de herramientas BIM para el modelado y los procesos de presupuestación, lo que limita el aprovechamiento de estas tecnologías.

Desde la perspectiva de la conveniencia y relevancia sectorial, el desarrollo de este proyecto responde a la necesidad de fortalecer la competitividad de las empresas constructoras mediante la adopción de metodologías que permitan una gestión más eficiente de la información. En el contexto colombiano, la Estrategia Nacional BIM 2020–2026 promueve la digitalización del sector y la integración de procesos como una vía para mejorar la productividad y la transparencia en los proyectos. En este marco, la implementación de un modelo BIM 5D orientado a la presupuestación representa una oportunidad para alinear las prácticas empresariales con las tendencias globales de transformación digital.

En términos de impacto empresarial, el proyecto aporta directamente a la optimización de los procesos internos de Ardila Valencia Estructuras S.A.S., al reducir reprocesos,

minimizar errores en la cuantificación de cantidades y mejorar la trazabilidad de la información. La integración entre el modelado estructural y los análisis de costos permite fortalecer la toma de decisiones, disminuir riesgos financieros y mejorar el control presupuestal en los proyectos, generando beneficios tangibles en términos de eficiencia y productividad.

Desde el punto de vista teórico, el estudio contribuye al desarrollo del conocimiento en torno a la aplicación del BIM en su dimensión 5D, particularmente en contextos empresariales intermedios donde aún existen limitaciones en la integración de herramientas. Asimismo, permite articular conceptos relacionados con la gestión de la información, la interoperabilidad y la automatización de procesos, aportando un enfoque aplicado que vincula la teoría con la práctica.

En cuanto a su aplicabilidad, el modelo propuesto constituye una herramienta replicable en otras organizaciones del sector, al estructurar flujos de información, codificación de elementos y automatización de procesos mediante herramientas como Dynamo y Excel.

Finalmente, desde la perspectiva de viabilidad, el desarrollo del proyecto fue posible gracias a la disponibilidad de información, el acceso a herramientas tecnológicas como Revit, Dynamo y Navisworks, y el apoyo de la empresa para la aplicación del modelo en un caso de estudio real. El estudio se enmarca en la línea de investigación relacionada con la gestión de proyectos y la transformación digital en la construcción, contribuyendo al fortalecimiento de prácticas innovadoras en el sector.

Viabilidad del proyecto

El análisis de viabilidad del presente proyecto evalúa la factibilidad de implementar el modelo de integración BIM 5D en Ardila Valencia Estructuras S.A.S. desde cuatro dimensiones: técnica, financiera, operativa y de impacto en postventa. El análisis financiero se sustenta en indicadores de evaluación de proyectos de inversión: Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de Recuperación, complementados con un análisis de flujo de caja que responde a la realidad operativa de una empresa de consultoría.

Factibilidad técnica

La empresa ya dispone de todas las herramientas requeridas para el modelo: Autodesk Revit, Dynamo, Microsoft Excel con macros VBA y Autodesk Navisworks, todas licenciadas y en uso activo. La implementación no requirió inversión en software adicional. El valor del proyecto radica en la integración profunda entre herramientas que previamente operaban de forma independiente, articulándolas en un flujo de trabajo cohesionado que elimina la transferencia manual de información.

El equipo técnico cuenta con experiencia consolidada en modelado BIM, lo que redujo la curva de aprendizaje. La capacitación se concentró en parametrización avanzada de Revit, programación visual en Dynamo y automatización mediante VBA, ejecutada con recursos internos.

Tabla 1.
Criterios de factibilidad del proyecto.

Criterio	***Factibilidad (siendo 1 menor y 5 mayor)***
Acceso a la información	5
Apoyo e interés de la alta dirección	5
Disponibilidad de recursos requeridos	4
Probabilidad de avance en el tiempo establecido	4
Tamaño de la empresa para soportar y desarrollar el plan de mejora a proponer	4
Promedio	4.4

Nota. Elaboración propia

El puntaje promedio de 4,5 sobre 5 confirma la alta factibilidad técnica. Los criterios de acceso a la información, apoyo de la alta dirección y disponibilidad de herramientas obtuvieron la máxima calificación. Los criterios de capacidad técnica, avance en tiempo y estructura organizacional se calificaron con 4, reflejando condiciones sólidas con oportunidades de gestión activa durante la implementación.

Factibilidad operativa

La factibilidad operativa del proyecto depende de la capacidad de la organización para gestionar los riesgos específicos de implementación. A diferencia de una percepción general de viabilidad, la evaluación operativa exige identificar riesgos concretos, cuantificar su

impacto potencial y definir planes de mitigación con responsables e indicadores de seguimiento. La tabla 2 presenta este análisis para los cinco riesgos críticos identificados.

Tabla 2.
Riesgos del proyecto y estrategias de mitigación

Riesgo	Impacto	Probabilidad	Estrategia de mitigación
Resistencia al cambio del equipo técnico al nuevo flujo de trabajo integrado	Alto	Media	Capacitación gradual con casos reales del propio proyecto. Demostración temprana de beneficios tangibles (reducción de horas) para generar adopción orgánica.
Inconsistencias en la parametrización del modelo Revit (LOD insuficiente o parámetros no estandarizados)	Alto	Media	Protocolo de modelado obligatorio con LOD mínimo definido por tipología de proyecto y codificación estandarizada validada antes de la extracción de cantidades.
Errores en scripts de Dynamo o macros VBA por actualizaciones de versión de software	Medio	Baja	Control de versiones de los scripts con documentación interna. Validación en ambiente de prueba antes de actualizar versiones de Revit o Excel en producción.

Variabilidad en la complejidad de proyectos que afecte el % de optimización esperado	Medio	Media	Categorización de proyectos por tipología (edificaciones, infraestructura, reforzamiento). Indicadores diferenciados de reducción de tiempo por categoría.
Dependencia transitoria de procesos manuales durante la curva de adopción	Medio	Alta	Convivencia controlada del método tradicional como respaldo durante los primeros 2 meses. Definición de hito de transición completa con criterios de aceptación medibles.

Nota. Elaboración propia

El riesgo de mayor relevancia es la resistencia al cambio del equipo técnico, calificado con impacto alto. Este riesgo es inherente a cualquier proceso de transformación digital y no se mitiga con capacitación genérica, sino con la demostración temprana y tangible de beneficios personales para el propio equipo: menos horas de trabajo repetitivo, menos presión de postventa y mayor reconocimiento técnico. La estrategia de mitigación se centra en hacer visible el impacto positivo desde el primer proyecto piloto.

El riesgo de incompatibilidad de versiones de software es técnicamente concreto: Dynamo y sus scripts tienen dependencias de versión con Revit y Excel. Una actualización no controlada puede invalidar rutinas de automatización ya configuradas. La mitigación no

es prohibir las actualizaciones, sino establecer un proceso formal de validación en ambiente de prueba antes de aplicarlas en producción, con documentación de versiones compatible.

Los riesgos de variabilidad en la complejidad de proyectos y de dependencia transitoria de procesos manuales se gestionan mediante la categorización de proyectos y la definición de criterios claros de transición. No todos los proyectos de AVe tienen la misma complejidad estructural: un edificio institucional de 15 pisos no se gestiona igual que un muro de contención, y los indicadores de reducción de tiempo deben reflejar esa diferencia para ser útiles como herramientas de gestión.

Factibilidad financiera

- **Premisa metodológica: por qué el flujo de caja es el indicador rector**

Antes de presentar los indicadores técnicos de evaluación financiera, es necesario contextualizar por qué, para una empresa de consultoría estructural como AVe Consultoría y Construcción, el indicador que realmente rige la toma de decisiones es el flujo de caja libre, y no métricas como el EBITDA o la TIR aislada.

AVe es una empresa de servicios que no recibe anticipos: los contratos de consultoría se liquidan al final del proyecto o mediante muy pocos pagos intermedios. Esto significa que la empresa financia con capital propio la totalidad de las horas de trabajo, los costos operativos y los gastos de postventa durante todo el período de ejecución del proyecto, antes de recibir cualquier ingreso. En este modelo de negocio, el EBITDA puede mostrar márgenes atractivos en el estado de resultados, y la TIR puede arrojar valores muy elevados

cuando la inversión inicial es pequeña, pero ninguno de estos indicadores refleja la tensión real de liquidez que enfrenta la empresa en el día a día.

Lo que realmente importa para AVe es cuánto flujo de caja se consume por proyecto, cuánto tiempo está ese flujo comprometido antes de la liquidación, y en qué medida es posible liberar recursos para atender nuevos proyectos o mejorar la distribución de la carga del equipo. En ese sentido, toda reducción de horas en presupuestación y toda eliminación de trabajo de postventa se traduce directamente en flujo de caja disponible, no en utilidad contable y eso es lo que determina la sostenibilidad y el crecimiento de la empresa.

Dicho esto, los indicadores VPN y TIR se presentan a continuación porque son herramientas formalmente requeridas en la evaluación de proyectos de inversión y permiten establecer, con rigor técnico, la rentabilidad del proyecto sobre los flujos cuantificables de manera directa y verificable. El análisis de flujo de caja complementa esta evaluación con la perspectiva operativa propia del modelo de negocio.

- **Cuantificación de la inversión y los flujos de beneficio**

La inversión del proyecto se concentra exclusivamente en horas internas de trabajo profesional, dado que no se requirió adquisición de licencias de software. Se estiman 80 horas dedicadas a la parametrización avanzada de modelos en Revit, desarrollo de rutinas en Dynamo, configuración de macros VBA en Excel y capacitación del equipo técnico. Valoradas al costo hora promedio del profesional ($90.500 COP), la inversión total asciende a $7.240.000 COP.

El beneficio cuantificable de forma directa y verificable es el ahorro en horas de elaboración de presupuestos: 11 proyectos mensuales × 25,5 horas × 20% de optimización × $90.500 COP/hora = $5.077.050 COP de ahorro mensual, equivalente a $60.924.600 COP anuales. Para la proyección a 5 años se aplica un crecimiento conservador del 5% anual, que refleja la mejora progresiva en la curva de aprendizaje del equipo con el modelo.

Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de Recuperación

La evaluación financiera se realizó con una tasa de descuento del 12% anual, que representa el costo de oportunidad del capital para una empresa de consultoría del sector de la construcción en Colombia, considerando el riesgo operativo del negocio y las alternativas de inversión disponibles. La proyección cubre un horizonte de 5 años, horizonte estándar en la evaluación de proyectos de mejora de procesos.

Tabla 3.

Análisis financiero de la implementación

IMPLEMENTACION BIM 5D EN AVE						
INFLACION	5%					
TIO-WACC (TASA DE EXPECTATIVA)	12%					
VPN	$ 232.806.027,65					
TIR	**846,486%**					
B/C (RELACION BENEFICIO COSTO)						
PERIODOS	0	1	2	3	4	5
INVERSIONES	$ 7.240.000,00	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
AHORROS		$ 60.924.600,00	$ 63.970.830,00	$ 67.169.371,50	$ 70.527.840,08	$ 74.054.232,08
GASTOS		$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
V/SALVAMENTO						$ 0,00
FNC	-$ 7.240.000,00	$ 60.924.600,00	$ 63.970.830,00	$ 67.169.371,50	$ 70.527.840,08	$ 74.054.232,08
AHORROS	$ -	$ 60.924.600,00	$ 63.970.830,00	$ 67.169.371,50	$ 70.527.840,08	$ 74.054.232,08
EGRESOS	$ 7.240.000,00	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
VP AHORROS	$ 240.046.027,65					
VP EGRESOS	$ 7.240.000,00					
VPN	$ 232.806.027,65					
B/C (RELACION BENEFICIO COSTO)	33,15552868					

Nota. Elaboración propia con base en datos operativos de AVe Consultoría y Construcción. Tasa de descuento: 12%. Crecimiento anual: 5%.

Tabla 4.

Proyección de flujos de caja y cálculo del VPN (tasa 12%, 5 años)

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4–5
Inversión inicial (horas internas)	**(7.240.000)**	—	—	—	—
Ahorro operativo anual (flujo)	—	60.924.600	63.970.830	67.169.372	70.527.840
Valor Actual (VA) al 12%	—	54.396.964	50.997.154	47.809.832	44.821.717
VPN acumulado (5 años, 12%)	**$232.806.027 COP ➜ VPN > 0: proyecto viable**				

Nota. Elaboración propia con base en datos operativos de AVe Consultoría y Construcción.

Tasa de descuento: 12%. Crecimiento anual: 5%.

Tabla 5.

Resumen de indicadores financieros de evaluación del proyecto

Indicador financiero	Resultado
Inversión inicial (costo de oportunidad horas internas)	**$7.240.000 COP**
Ahorro operativo anual Año 1 (base medible)	**$60.924.600 COP**
Tasa de descuento aplicada (costo de oportunidad)	12% anual
VPN (5 años, tasa 12%)	**$232.806.027 COP**
TIR	**846% > 12% (tasa de descuento) ➜ proyecto rentable**
Período de recuperación simple	**2 meses (solo ahorro operativo directo)**
Ahorro adicional postventa (flujo de caja)	**$390.960.000 COP / año (estimado conservador)**

Nota. Elaboración propia. Cálculos basados exclusivamente en el ahorro operativo directo y verificable de la etapa de presupuestación.

Los tres indicadores confirman la viabilidad financiera del proyecto con contundencia. El VPN positivo de $232.806.027 COP indica que el proyecto genera valor por encima del costo de oportunidad del capital. La TIR de 846% supera ampliamente la tasa de descuento del 12%, lo que confirma que la rentabilidad del proyecto es muy superior al costo de oportunidad. El período de recuperación de 2 meses evidencia que la inversión se recupera en el muy corto plazo.

Es importante subrayar que estos resultados se calculan únicamente sobre el ahorro operativo directo y medible de la etapa de elaboración de presupuestos. No incluyen el ahorro en postventa que representa un beneficio adicional de mayor magnitud, pero de estimación más variable según la tipología de proyecto. La solidez del análisis reside precisamente en esta premisa: incluso sin contabilizar la postventa, el proyecto es altamente rentable.

No obstante, como se señaló en la premisa metodológica, los valores de TIR deben interpretarse con cautela en el contexto específico de AVe. Una TIR elevada sobre una inversión pequeña no captura la dinámica de liquidez de la empresa. Lo que estos indicadores confirman es que el proyecto no solo es viable, sino que representa la mejor asignación posible de las horas internas del equipo. El indicador complementario que permite gestionar esa dinámica es el flujo de caja, presentado a continuación.

- **Análisis de flujo de caja operativo**

El flujo de caja del proyecto se analiza desde la perspectiva de la liquidez mensual de la empresa. Cada hora que el equipo deja de destinar a procesos manuales de presupuestación es una hora que puede reasignarse a nuevos proyectos generadores de ingreso, o bien es una hora que deja de consumirse en flujo de caja sin retorno inmediato. Esta lógica es especialmente relevante en el modelo de negocio de AVe, donde el ciclo de cobro es largo y cada proyecto en postventa representa capital comprometido sin posibilidad de recuperación rápida.

Tabla 6.
Estimación del flujo de caja mensual liberado por el modelo BIM 5D

Concepto	Mes 0	Mes 1	Mes 3	Mes 12
Inversión inicial (horas)	**(7.240.000)**	**—**	**—**	**—**
Ahorro operativo mensual (presupuestación)	5.077.050	5.077.050	5.077.050	5.077.050
Ahorro postventa mensual (estimado, -80%)	32.580.000	32.580.000	32.580.000	32.580.000
Flujo neto mensual total	**37.657.050**	**37.657.050**	**37.657.050**	**37.657.050**
Recuperación inversión	**En menos de 1 mes (solo ahorro operativo directo)**			

Nota. Elaboración propia. El ahorro en postventa es una estimación conservadora basada en datos operativos de la empresa.

La liberación de $37.657.050 COP mensuales de flujo de caja —considerando tanto el ahorro operativo como la reducción en postventa, representa para AVe la capacidad real de financiar nuevos proyectos con los mismos recursos humanos, atender más encargos sin incrementar la nómina, y reducir la exposición financiera en proyectos cuya liquidación se

demora entre 12 y 24 meses. Este es el beneficio concreto que transforma el proyecto de una mejora de proceso en una palanca de crecimiento.

Impacto en postventa y reducción de sobrecostos en obra

- **El problema de los sobrecostos en la industria**

La industria de la construcción es uno de los sectores con mayor incidencia de sobrecostos a nivel global. Según McKinsey & Company (2017), los proyectos grandes de construcción superan su presupuesto original en un promedio del 28%, con retrasos de hasta 20 meses. En el contexto colombiano, la investigación conjunta de Camacol y McKinsey & Co. identifica que el sector presenta bajos niveles de productividad determinados en gran parte por el rezago en capital tecnológico frente a referentes internacionales. Por su parte, la Cámara Colombiana de la Infraestructura (CCI) ha documentado que las patologías más frecuentes en proyectos de obra, interferencias de diseño, cambios de alcance y cuantificaciones imprecisas, son prevenibles con una gestión rigurosa de la información desde las fases tempranas del proyecto.

- **La causa raíz: desconexión entre modelo y presupuesto**

En el ciclo operativo de AVe, los diseños se entregan al cliente y transcurre entre uno y dos años antes de que inicie la construcción. En ese intervalo, el presupuesto elaborado manualmente no captura con exactitud todas las cantidades de obra, porque estas se extraen de planos bidimensionales y dependen del criterio del profesional que realiza la medición. Cuando el constructor revisa el presupuesto al inicio de la obra, frecuentemente encuentra

cantidades no cuantificadas, actividades subvaloradas o ítems que no corresponden a las condiciones reales del modelo estructural.

La diferencia con el modelo BIM 5D es conceptualmente simple, pero de alto impacto práctico: cuando las cantidades se extraen directamente del modelo Revit 3D, el valor de cada elemento es el que es, porque corresponde exactamente a la geometría modelada. No hay interpretación ni aproximación. Adicionalmente, la especificación técnica y el APU están vinculados directamente a esa cantidad mediante codificación, de forma que si un elemento cambia en el modelo, el presupuesto se actualiza automáticamente. Esta integración elimina la principal fuente evitable de sobrecostos en obra: la discrepancia entre lo modelado y lo presupuestado.

- **Impacto cuantificable para Ave**

Para AVe, las discrepancias entre el presupuesto entregado y las cantidades reales identificadas en obra generan un trabajo de postventa estimado en 2 a 3 semanas de trabajo profesional por proyecto afectado. Considerando que aproximadamente el 40% de los proyectos (4 a 5 proyectos por mes) registran algún nivel de intervención posterior a la entrega de diseños, esto representa un costo mensual aproximado de $40.725.000 COP en horas profesionales, sin incluir el impacto reputacional ni las posibles penalidades contractuales.

Con la implementación del modelo BIM 5D, se estima una reducción del 80% en los eventos de postventa, dado que se elimina la causa raíz del problema. Esto equivale a una

liberación de flujo de caja de $32.580.000 COP mensuales ($390.960.000 COP anuales), que no aparece en el EBITDA ni en la TIR del proyecto, pero que representa la diferencia entre tener equipo disponible para nuevos encargos o tenerlo atado a correcciones de proyectos ya entregados y pendientes de cobro.

Este impacto opera en tres dimensiones: operativa (reducción de horas en revisiones y correcciones), financiera (menor exposición a penalidades y descuentos) y estratégica (fortalecimiento de la confianza del cliente como factor diferenciador competitivo, especialmente relevante en la expansión internacional hacia Perú, México, Ecuador y Florida proyectada para 2030).

Conclusión del análisis de viabilidad

El análisis de viabilidad confirma, desde múltiples dimensiones y con evidencia cuantitativa, que el proyecto de integración BIM 5D en Ardila Valencia Estructuras S.A.S. es técnicamente factible, financieramente rentable, operativamente gestionable y estratégicamente pertinente.

Desde la perspectiva financiera técnica, el proyecto genera un VPN de $232.806.027 COP sobre una inversión de $7.240.000 COP, con una TIR de 846% y un período de recuperación de 2 meses, calculados únicamente sobre el ahorro operativo directo y verificable. Estos indicadores, establecen con rigor que el proyecto no es solo una intención de mejora, sino una decisión de inversión técnicamente sustentada.

Desde la perspectiva operativa propia del modelo de negocio de AVe, empresa de servicios sin anticipos, con ciclos de cobro largos y alta exposición en postventa, el beneficio más relevante se expresa en flujo de caja: la liberación de $37.657.050 COP mensuales representa la capacidad real de la empresa para crecer sin incrementar su estructura de costos fija. Esta es la garantía técnica de éxito del proyecto: no solo mejora los márgenes contables, sino que transforma la capacidad operativa de la organización.

Finalmente, el proyecto se alinea con la Estrategia Nacional BIM 2020–2026 y con las exigencias crecientes de los mercados internacionales, consolidando a AVe como una organización que no solo usa herramientas BIM, sino que las integra con profundidad para mejorar su competitividad y la calidad de sus entregables.

Marco Institucional

Presentación de la Empresa

Ardila Valencia Estructuras S.A.S en adelante AVe Consultoría y Construcción es una empresa especializada en ingeniería estructural. Su equipo de trabajo está conformado por personal altamente calificado en las diferentes áreas de estructuras, lo que nos permite desarrollar proyectos de manera eficiente, eficaz y oportuna.

Actualmente, la empresa cuenta con:

- **Número de empleados:** 67 (directos e indirectos).
- **Volumen de ventas**: 3 mil millones de pesos anuales.
- **Cartera de pedidos**: 7 mil millones de pesos en contratos de consultoría e interventoría en ingeniería estructural.
- **Cobertura:** Nacional en Colombia y en Perú. Actualmente, en proceso de expansión para la apertura de nuestra primera oficina física en Perú, con planes estratégicos para expandirse a México, Ecuador y La Florida, EE.UU. para el año 2030.

La empresa cuenta con experiencia certificada en diseño de edificaciones institucionales, residenciales, comerciales, tanques y estructuras de ingeniería ambiental en concreto. A través de la aplicación de altos estándares técnicos, busca continuamente mejorar la calidad de sus proyectos y fortalecer su posicionamiento en el sector.

Ardila Valencia Estructuras S.A.S. fue creada con el propósito de ofrecer soluciones especializadas en ingeniería estructural, respondiendo a la creciente demanda del sector de la construcción por servicios técnicos confiables y de alta calidad. Desde sus inicios, ha

enfocado su desarrollo en el diseño estructural y la consultoría, consolidándose progresivamente en el mercado mediante la ejecución de proyectos en diversas tipologías constructivas.

A lo largo de su trayectoria, la empresa ha fortalecido sus capacidades técnicas y organizacionales, incorporando herramientas digitales como la metodología BIM, con el fin de mejorar la calidad de sus procesos y aumentar su competitividad. En este sentido, se proyecta como una organización reconocida a nivel nacional e internacional, destacándose por su compromiso con la calidad, la integridad y la innovación en sus servicios.

Referentes Estratégicos

- **Propósito**

Nuestra razón de ser es brindar soluciones de ingeniería estructural innovadoras y de alta calidad, asegurando la seguridad y eficiencia en cada proyecto que ejecutamos.

- **Misión**

Nuestra principal actividad es la prestación de servicios de consultoría en ingeniería estructural. Mediante la implementación de una excelente técnica, estamos constantemente en la búsqueda de la elevación de los estándares de calidad de cada uno de nuestros proyectos.

- **Visión**

Nos proyectamos como una organización reconocida a nivel nacional, líder en la prestación de servicios de consultoría en ingeniería estructural, sólida financieramente,

íntegra y comprometida con sus clientes. Para el año 2030, tendremos cobertura en los principales países de Latinoamérica y Centroamérica.

- **Rumbo de la Organización**

Como parte de nuestra estrategia de internacionalización, proyectamos nuestra expansión a México, Ecuador, Perú y el sur de la Florida (EE.UU.) para el año 2030.

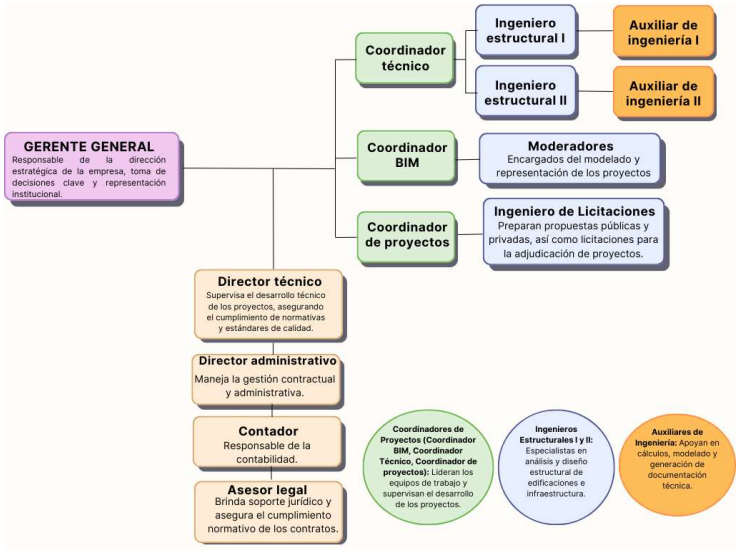
Estructura Organizacional

- **Descripción de la estructura**

AVe Consultoría y Construcción cuenta con una estructura organizacional bien definida que permite la gestión eficiente de sus proyectos. La jerarquía de la empresa está conformada por distintos niveles de liderazgo y operación, garantizando un flujo de trabajo ordenado y eficaz.

El organigrama de la empresa se presenta en la siguiente imagen, donde se reflejan los diferentes niveles jerárquicos y roles dentro de la organización.

Figura 2.
Organigrama jerárquico de la empresa Ardila Valencia Estructuras S.A.S.



Nota. Elaboración propia.

Productos y Servicios

Servicio de Edificaciones

- Diseño y cálculo estructural de edificaciones.
- Revisión técnica independiente.

Servicio de Patología Estructural, Vulnerabilidad Sísmica y Reforzamiento

- Estudio de patología estructural.
- Estudio de vulnerabilidad sísmica.
- Estudio de reforzamiento estructural.
- Diagnóstico de pavimentos.

Servicio de Infraestructura

- Diseño y cálculo estructural de puentes.
- Diseño y cálculo estructural de muros de contención.
- Diseño y cálculo estructural de plantas de tratamiento y estructuras ambientales.

Servicio de Geotecnia y Pavimentos

- Estudio de suelos.
- Estudios de remoción en masa.
- Estudios y diseño de pavimentos.

Servicios de Interventoría

- Interventoría a estudios y diseños.
- Interventoría a construcción de estructuras.
- Supervisión técnica de obra.

Análisis del sector

El sector de la construcción en Colombia constituye uno de los principales motores de desarrollo económico, con una alta incidencia en la generación de empleo y en la dinamización de la inversión pública y privada. En los últimos años, este sector ha enfrentado desafíos asociados a la productividad, la optimización de recursos y la eficiencia en la ejecución de proyectos, lo que ha impulsado la adopción de tecnologías digitales como la metodología Building Information Modeling (BIM).

A nivel nacional, la implementación de BIM ha sido promovida mediante la Estrategia Nacional BIM 2020–2026, la cual busca mejorar la calidad, transparencia y eficiencia de los proyectos de construcción a través de la integración de la información. Sin embargo, su adopción presenta niveles heterogéneos, especialmente en empresas de tamaño intermedio, donde el uso de BIM se concentra principalmente en el modelado, sin una integración completa con procesos de planificación y control de costos.

En este contexto, la transición hacia modelos de gestión basados en BIM 5D representa una oportunidad estratégica para las organizaciones del sector, al permitir la vinculación entre el diseño y la estimación de costos, mejorando la toma de decisiones y reduciendo riesgos asociados a inconsistencias en la información.

Posición de la empresa en el mercado

Dentro de este entorno, Ardila Valencia Estructuras S.A.S. se posiciona como una empresa de consultoría estructural con un nivel de madurez técnica intermedio-alto, destacándose por la calidad de sus diseños y el uso de herramientas BIM en el modelado estructural. Su experiencia en proyectos de diversa complejidad y su proyección de expansión internacional evidencian una organización con capacidad de crecimiento y consolidación en el mercado.

No obstante, desde una perspectiva estratégica, la empresa presenta oportunidades de mejora en la integración de sus procesos digitales, particularmente en la articulación entre el modelado y los procesos de presupuestación. Esta situación limita el aprovechamiento integral de la metodología BIM, especialmente en su dimensión 5D, relacionada con la gestión de costos.

Análisis competitivo

En el contexto competitivo del sector, las empresas que han logrado integrar herramientas BIM con procesos de planificación y control de costos presentan ventajas significativas en términos de eficiencia operativa, reducción de errores y optimización de recursos. La tendencia actual apunta hacia la digitalización integral de los procesos constructivos, donde la interoperabilidad entre herramientas y la automatización del flujo de información se convierten en factores determinantes para la competitividad.

En este escenario, aquellas organizaciones que no avanzan hacia la integración de sus procesos corren el riesgo de perder competitividad frente a empresas que ya han adoptado modelos de gestión más avanzados, basados en datos y en la articulación de sus sistemas de información.

Relación con el proyecto

En este contexto, la implementación de un modelo de integración BIM 5D en Ardila Valencia Estructuras S.A.S. se configura como una estrategia clave para fortalecer su proceso de transformación digital. La integración entre el modelado estructural en Revit y los procesos de presupuestación permite mejorar la precisión de las cantidades, optimizar los tiempos de elaboración de presupuestos y fortalecer la trazabilidad de la información.

De esta manera, el presente proyecto se alinea con los objetivos estratégicos de la empresa, contribuyendo al mejoramiento de sus procesos internos y al fortalecimiento de su competitividad en un entorno cada vez más exigente y orientado a la digitalización.

Marco de Referencia

El presente marco de referencia tiene como propósito fundamentar teóricamente la integración de la metodología Building Information Modeling (BIM) con los procesos de estimación y planificación presupuestal en proyectos de construcción, específicamente en el contexto de Ardila Valencia Estructuras S.A.S. Para ello, se analizan los principales conceptos asociados a BIM, su evolución hacia dimensiones avanzadas como el BIM 5D, los métodos tradicionales de presupuestación y las limitaciones existentes en la integración de estos enfoques.

Asimismo, se desarrolla un estado del arte que permite identificar las tendencias actuales en la aplicación de BIM en la gestión de costos, así como los principales retos relacionados con la interoperabilidad, la automatización de procesos y la madurez organizacional. Este análisis permite sustentar la pertinencia del modelo de integración propuesto, en relación con variables clave como la precisión presupuestal, la eficiencia operativa y la trazabilidad de la información.

Figura 3.
Flujo de trabajo de la metodología BIM

Nota. Adaptado de BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling (3.ª ed., p. 14), por C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks y K. Liston, 2018, Wiley.

Fundamentos de la metodología BIM

La metodología Building Information Modeling (BIM) se ha consolidado como un enfoque integral para la gestión de proyectos de construcción, al permitir la generación y administración de modelos digitales que integran información geométrica y no geométrica a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Eastman et al., 2018). A diferencia de los métodos tradicionales basados en planos bidimensionales, BIM facilita la coordinación interdisciplinaria y la gestión centralizada de la información.

Autores como Eastman et al. (2018) señalan que BIM transforma los procesos fragmentados en flujos de trabajo colaborativos, lo que reduce errores y mejora la calidad de los proyectos (Eastman et al., 2018; Succar, 2009). En la misma línea, Azhar (2011) destaca que la implementación de BIM genera beneficios en términos de reducción de costos, mejora en la planificación y optimización de recursos. Sin embargo, Bryde et al. (2013) advierten que estos beneficios dependen del nivel de adopción y de la capacidad de las organizaciones para integrar BIM en sus procesos internos.

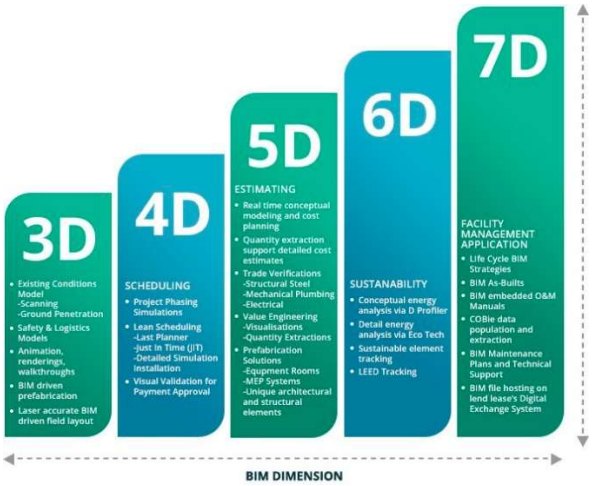
Desde una perspectiva más reciente, Kassem y Succar (2017) plantean que la adopción de BIM debe entenderse como un proceso de transformación organizacional que implica cambios en la cultura, los procesos y las tecnologías. En este sentido, no basta con implementar herramientas digitales, sino que es necesario desarrollar capacidades organizacionales que permitan aprovechar su potencial. Esta perspectiva es reforzada por Oladimeji et al. (2023), quienes analizan cómo la adopción de BIM afecta la viabilidad de

empresas de tamaño mediano, pequeño y micro, concluyendo que los beneficios están directamente vinculados al nivel de integración de la metodología en los procesos internos. En línea con esto, Osorio-Gómez et al. (2020) documentan, en un contexto latinoamericano, que la incorporación de BIM en la cadena de valor de una empresa constructora exige no solo adopción tecnológica, sino también rediseño de procesos y alineación estratégica.

Dimensiones del BIM y enfoque 5D

La evolución de BIM ha dado lugar a diferentes dimensiones que amplían su alcance funcional. Mientras que el BIM 3D se enfoca en la representación geométrica, el BIM 4D incorpora la variable temporal y el BIM 5D integra la dimensión de costos, permitiendo vincular el modelo con la planificación financiera del proyecto.

Figura 4.
Dimensiones del BIM y su evolución funcional



Nota. Adaptado de BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling (3.ª ed., p. 47), por C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks y K. Liston, 2018, Wiley; y de "A financial decision-making framework for construction projects based on 5D BIM" (p. 3), por Q. Lu, J. Won y J. C. P. Cheng, 2021, Automation in Construction, 122, 103486.

Tabla 7.
Dimensiones del BIM y su aplicación

Dimensión	Descripción	Aplicación
BIM 3D	Modelado geométrico	Diseño y visualización
BIM 4D	Integración con tiempo	Programación de obra
BIM 5D	Integración con costos	Presupuestación
BIM 6D	Sostenibilidad	Análisis energético
BIM 7D	Operación	Facility management

Nota. Adaptado de Sacks et al. (2018).

Diversos estudios han demostrado que el BIM 5D mejora la precisión en la estimación de costos y reduce los errores asociados a la cuantificación manual. (Lu et al., 2021) desarrollan un marco de toma de decisiones basado en BIM 5D que permite optimizar la planificación financiera, mientras que Sepasgozar et al. (2022) evidencian que el uso de herramientas digitales en la gestión de costos mejora la eficiencia y reduce reprocesos (Lu et al., 2021; Sepasgozar et al., 2022; Al-Musawi & Naimi, 2023).

No obstante, Al-Musawi y Naimi (2023) señalan que la implementación de BIM 5D enfrenta desafíos relacionados con la integración de datos y la interoperabilidad entre sistemas. En este sentido, la literatura evidencia una brecha entre el potencial teórico del BIM 5D y su aplicación práctica, especialmente en empresas que aún dependen de procesos tradicionales. Esta brecha es analizada en profundidad por Valinejadshoubi et al. (2024), quienes mediante un análisis bibliométrico de 222 artículos indexados en Scopus y Web of Science identifican que los beneficios económicos de BIM suelen percibirse como intangibles, lo que constituye una barrera para su adopción generalizada. De manera complementaria, Pishdad y Onungwa (2024) realizan una revisión sistemática del estado del arte del BIM 5D para estimación de costos, control presupuestal y pagos, proponiendo un

flujo de trabajo mejorado que reduce la dependencia de procesos manuales. Asimismo, Safaa Eldin et al. (2024) demuestran que la integración de BIM 5D transforma los protocolos de gestión de costos al permitir evaluaciones más precisas y oportunas, factor crítico para la mitigación de sobrecostos en proyectos de alta complejidad.

Presupuestos de obra y métodos tradicionales

Los presupuestos en proyectos de construcción se basan tradicionalmente en la elaboración de análisis de precios unitarios (APU), los cuales permiten descomponer cada actividad en sus componentes de mano de obra, materiales y equipos. Este proceso se complementa con la inclusión de costos indirectos, como administración, imprevistos y utilidad (AIU), que conforman el valor total del proyecto.

Sin embargo, los métodos tradicionales de presupuestación presentan limitaciones significativas. La extracción manual de cantidades desde planos o modelos digitales incrementa el riesgo de errores y dificulta la actualización de la información ante cambios en el diseño. Hardin y McCool (2015) señalan que estos procesos son altamente dependientes del criterio del profesional, lo que introduce variabilidad en los resultados.

En este contexto, diversos autores coinciden en que la digitalización de los procesos de presupuestación es una necesidad para mejorar la eficiencia y la precisión. No obstante, la transición hacia modelos digitales requiere superar barreras tecnológicas y organizacionales, especialmente en empresas que aún dependen de herramientas tradicionales.

A pesar de la adopción creciente de BIM, persiste una desconexión entre el modelado digital y los procesos de presupuestación. En muchas organizaciones, los modelos desarrollados en herramientas como Revit no se encuentran integrados con los sistemas de costos, lo que obliga a realizar procesos manuales de transferencia de información (Hardin & McCool, 2015; Olawumi & Chan, 2019).

Sepasgozar et al. (2022) identifican esta falta de integración como una de las principales causas de ineficiencia en los proyectos de construcción. De manera similar, estudios recientes han demostrado que la ausencia de vinculación entre el modelo y los costos incrementa la probabilidad de sobrecostos y reprocesos.

Esta brecha no solo tiene implicaciones técnicas, sino también organizacionales, ya que refleja la falta de articulación entre los equipos de diseño y los responsables de la gestión financiera. En este sentido, la literatura destaca la necesidad de desarrollar modelos integrados que permitan conectar el diseño con la planificación presupuestal. Banihashemi et al. (2022) señalan que BIM ofrece un enfoque estructurado para alinear los datos de costos y cantidades, facilitando flujos de trabajo continuos y la actualización de documentos de proyecto. En la misma línea, Abdelalim y Hassanen (2022) evidencian que la integración entre BIM y los procesos de gestión de costos reduce directamente la incidencia de errores y sobrecostos en proyectos de construcción. Adicionalmente, Moshtaghian y Noorzai (2023) identifican que los problemas de interoperabilidad entre las dimensiones 3D, 4D y 5D del modelado constituyen uno de los principales obstáculos para la realización plena del

potencial de BIM, lo que refuerza la necesidad de soluciones de integración metodológica como la propuesta en este trabajo.

Tabla 8.
Comparación entre métodos tradicionales y BIM 5D

Criterio	Método tradicional	BIM 5D
Extracción de cantidades	Manual	Automatizada
Precisión	Media	Alta
Tiempo	Alto	Reducido
Trazabilidad	Baja	Alta
Actualización	Manual	Automática

Nota. Elaboración propia con base en Hardin & McCool (2015) y Sepasgozar et al. (2022).

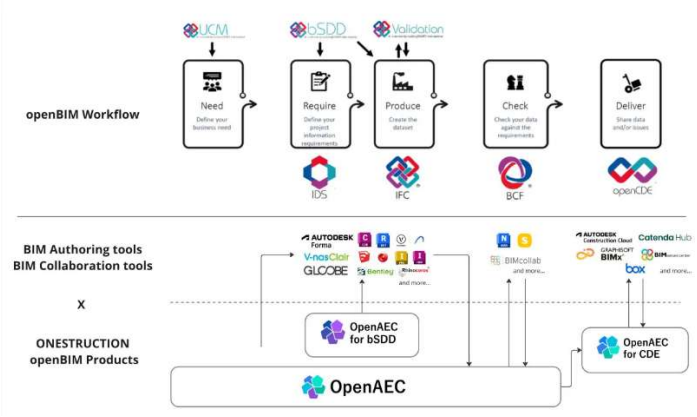
Interoperabilidad y gestión de la información

La interoperabilidad es un elemento clave para la implementación efectiva de BIM 5D. Esta se refiere a la capacidad de diferentes sistemas para intercambiar información de manera fluida, permitiendo la integración entre herramientas como Revit, Excel y otros softwares especializados.

La norma ISO 19650 establece lineamientos para la gestión de la información en entornos BIM, promoviendo el uso de entornos comunes de datos (CDE) que faciliten la coordinación entre los actores del proyecto. Sin embargo, en la práctica, muchas organizaciones enfrentan dificultades para implementar estos estándares debido a la falta de capacitación y a la resistencia al cambio (ISO 19650-1, 2018; ISO 19650-2, 2018).

En este contexto, herramientas como Dynamo han permitido desarrollar soluciones de automatización que facilitan la extracción y transformación de datos desde el modelo BIM hacia sistemas de presupuestación. Estas soluciones contribuyen a mejorar la eficiencia del proceso, aunque aún requieren validación manual en muchos casos. Alzara et al. (2023) destacan que Dynamo es una herramienta de programación visual versátamente integrada con Autodesk Revit, que permite la personalización avanzada y la automatización de procesos en entornos BIM, incluyendo la importación y exportación de datos hacia sistemas externos. Complementariamente, Collao et al. (2021) realizan una revisión del estado del arte de las aplicaciones de herramientas de programación visual BIM en proyectos de infraestructura, concluyendo que estas herramientas reducen significativamente los tiempos de procesamiento de información y los errores asociados a transferencias manuales de datos.

Figura 5.
Interoperabilidad BIM mediante estándares



Nota. Adaptado de Organization and Digitization of Information About Buildings and Civil Engineering Works (ISO 19650-1) (p. 8), por International Organization for Standardization, 2018; y de "Macro BIM adoption: Comparative market analysis" (p. 290), por M. Kassem y B. Succar, 2017, Automation in Construction, 81, 286–299.

Modelos de madurez BIM

La adopción de BIM puede evaluarse mediante modelos de madurez, como el propuesto por Succar (2009), el cual permite analizar el nivel de desarrollo de la organización en dimensiones como tecnología, procesos y personas. Estos modelos facilitan la identificación de brechas y la definición de estrategias de mejora.

En el caso de empresas de consultoría estructural, es común encontrar niveles intermedios de madurez, caracterizados por el uso de herramientas BIM en el modelado, pero con limitaciones en la integración de procesos. Este nivel representa una oportunidad para avanzar hacia esquemas más integrados, especialmente en la gestión de costos. Gohil et al. (2022) identifican, mediante una revisión sistemática PRISMA de artículos indexados en Scopus y Web of Science, que los principales beneficios de la automatización de cubicaciones mediante BIM se concentran en la gestión, las funcionalidades del software y los costos de implementación, y que las oportunidades futuras incluyen el desarrollo de software especializado y la capacitación de profesionales en ejercicio. Estos hallazgos son coherentes con el diagnóstico realizado en Ardila Valencia Estructuras S.A.S., donde la barrera identificada no era tecnológica sino metodológica y organizacional.

Contexto colombiano y marco normativo

En Colombia, la implementación de BIM ha sido impulsada por la Estrategia Nacional BIM 2020–2026, la cual busca promover la digitalización del sector de la construcción y

mejorar la eficiencia en la ejecución de proyectos. Esta estrategia se complementa con la adopción de estándares internacionales como la ISO 19650, que establece lineamientos para la gestión de la información.

No obstante, la implementación de BIM en el país aún enfrenta desafíos importantes, como la falta de estandarización, la limitada capacitación del talento humano y la resistencia al cambio. Estos factores afectan la adopción de BIM en su dimensión 5D, especialmente en empresas de tamaño intermedio. Machado et al. (2021) analizan la evolución regulatoria de las iniciativas nacionales de adopción BIM en América Latina, evidenciando que Colombia, al igual que Brasil, Chile y Perú, ha avanzado en la formulación de lineamientos públicos, pero que la implementación efectiva en el tejido empresarial privado aún presenta rezagos significativos frente al potencial normativo. En este sentido, el presente estudio contribuye a cerrar la brecha entre el marco regulatorio nacional y la práctica operativa de las empresas del sector estructural.

A partir del análisis desarrollado, se evidencia que la integración entre BIM y la gestión de costos constituye una necesidad para mejorar la eficiencia y la precisión en los proyectos de construcción. Sin embargo, persisten brechas entre el potencial de la metodología y su aplicación práctica, especialmente en lo relacionado con la interoperabilidad y la automatización de procesos.

En este contexto, el presente estudio propone un modelo de integración BIM 5D que busca superar estas limitaciones mediante la articulación entre el modelado estructural y los

procesos de presupuestación. Este enfoque no solo responde a las necesidades internas de la organización, sino que también se alinea con las tendencias globales de digitalización y con el contexto normativo colombiano.

Diseño Metodológico

El presente trabajo de grado se desarrolla bajo un enfoque de intervención empresarial, orientado a la mejora de procesos organizacionales en Ardila Valencia Estructuras S.A.S., específicamente en la integración entre el modelado BIM y la estimación de costos. Este enfoque se caracteriza por la aplicación de herramientas metodológicas que permiten identificar problemáticas reales dentro de la organización y formular soluciones prácticas con impacto directo en la eficiencia operativa.

A diferencia de los enfoques tradicionales de investigación, que se centran en la generación de conocimiento teórico, la intervención empresarial busca transformar una situación existente mediante el diagnóstico, análisis y rediseño de procesos. En este contexto, el presente estudio no se limita a describir la problemática, sino que propone un modelo de integración basado en BIM 5D que permita optimizar la gestión de cantidades y costos en proyectos estructurales.

El diagnóstico organizacional constituye el eje central del enfoque metodológico, ya que permite identificar las condiciones actuales de la empresa, sus limitaciones operativas y las oportunidades de mejora. Este diagnóstico se fundamenta en el análisis de los procesos existentes, el uso de herramientas tecnológicas y la evaluación de la trazabilidad de la información.

1. Tipo de investigación y modelo metodológico de diagnóstico adoptado

El presente estudio corresponde a una investigación de tipo aplicada, dado que busca resolver una problemática específica mediante la implementación de un modelo de integración BIM 5D en un contexto organizacional real. Asimismo, presenta un alcance descriptivo–analítico, en la medida en que permite caracterizar la situación actual de la empresa y evaluar el impacto de la solución propuesta en términos de eficiencia operativa.

El diagnóstico organizacional se fundamenta en un enfoque metodológico híbrido que integra la gestión por procesos (Business Process Management – BPM), el análisis DOFA estratégico y el modelo de madurez BIM propuesto por Succar (2009). Esta combinación permite abordar la problemática desde una perspectiva integral, considerando tanto los aspectos operativos como estratégicos y tecnológicos.

El enfoque BPM se adopta como eje central del diagnóstico debido a que la problemática identificada se relaciona directamente con la falta de integración entre los flujos de información del modelado BIM y los procesos de presupuestación. Este enfoque permite analizar detalladamente la secuencia de actividades, herramientas y datos involucrados en el proceso, identificando puntos críticos de ineficiencia, reprocesos y pérdida de información (Olawumi & Chan, 2019).

En este sentido, el proceso analizado comprende una cadena de valor que inicia en el modelado estructural en Revit, continúa con la extracción de cantidades mediante tablas de planificación y parámetros (Pset), la automatización de datos mediante programación visual

en Dynamo, la transformación de la información en Excel y su posterior integración con los análisis de precios unitarios (APU). Este flujo permite evaluar el nivel de automatización, la coherencia de la información y la trazabilidad entre las diferentes etapas del proceso.

De manera complementaria, el análisis DOFA permite identificar factores internos y externos que influyen en el desempeño organizacional. Este modelo facilita la identificación de fortalezas tecnológicas, debilidades operativas, oportunidades de mejora y amenazas del entorno, lo cual resulta fundamental para la formulación de estrategias de intervención.

Por su parte, el modelo de madurez BIM permite evaluar el nivel de implementación de la metodología dentro de la organización, considerando dimensiones como tecnología, procesos, personas e integración de información. Esta evaluación permite identificar brechas entre el estado actual de la empresa y el nivel esperado de integración BIM 5D (Succar, 2009; Succar et al., 2012).

La integración de estos tres enfoques permite estructurar un diagnóstico organizacional robusto, alineado con la naturaleza técnica y operativa del problema abordado.

2. Estructura del proceso metodológico

El proceso metodológico se desarrolló en tres etapas principales: recolección de información, procesamiento de datos y análisis de la información. Estas etapas permiten estructurar el diagnóstico de manera sistemática, garantizando la coherencia entre los datos recolectados y las conclusiones obtenidas.

2.1. Recolección de información

En esta etapa se identificaron y recopilaron los insumos necesarios para el desarrollo del diagnóstico organizacional. La información recolectada incluye tanto elementos técnicos como operativos, relacionados con los procesos de modelado BIM y presupuestación.

Se realizó una revisión de modelos estructurales desarrollados en Revit, con el fin de analizar el nivel de detalle (LOD), la estructuración de parámetros y la capacidad del modelo para generar información cuantificable. Asimismo, se evaluaron las tablas de planificación de cantidades, las cuales permiten extraer información directamente del modelo.

Adicionalmente, se analizaron los scripts desarrollados en Dynamo, utilizados para la automatización de la extracción de datos. Estos scripts permiten generar archivos en formato .txt que posteriormente son transformados en tablas en Excel, facilitando el procesamiento de la información.

También se revisaron las hojas de cálculo utilizadas para la elaboración de presupuestos, así como los análisis de precios unitarios (APU), los cuales se estructuran a partir de estudios de mercado. En este proceso se identificó la utilización de códigos únicos que permiten vincular los elementos del modelo con los APU, garantizando la coherencia de la información.

Finalmente, se evaluó el uso de Navisworks para la detección de interferencias, lo cual permite evitar duplicidades en la cuantificación de elementos.

2.2. Procesamiento de la información

La información recolectada fue organizada y estructurada mediante matrices y tablas que permiten su análisis posterior. En esta etapa se definieron variables claves asociadas al desempeño del proceso, tales como el tiempo de elaboración de presupuestos, el nivel de automatización, la precisión en la estimación de cantidades y la trazabilidad de la información.

El procesamiento de datos incluyó la consolidación de información proveniente de diferentes herramientas (Revit, Dynamo, Excel), así como la estandarización de formatos y estructuras de datos. Este proceso permitió garantizar la coherencia de la información y facilitar su análisis.

Asimismo, se estructuraron tablas comparativas que permiten evaluar las diferencias entre el método tradicional de presupuestación y el modelo basado en BIM, lo cual constituye la base para el análisis de resultados.

2.3.Análisis de la información

El análisis de la información se realizó mediante la aplicación del enfoque BPM, el modelo DOFA y la evaluación de madurez BIM. Este análisis permitió identificar las principales brechas en los procesos organizacionales, así como las oportunidades de mejora.

El enfoque BPM permitió analizar el flujo de información entre las diferentes etapas del proceso, identificando puntos críticos donde se generan reprocesos o pérdida de información. Por su parte, el modelo DOFA permitió evaluar el impacto de factores internos y externos en el desempeño organizacional.

Finalmente, la evaluación de madurez BIM permitió determinar el nivel de desarrollo de la empresa en la implementación de la metodología, identificando la necesidad de avanzar hacia esquemas de integración BIM 5D.

3. Análisis externo

El análisis externo se desarrolló a partir del componente de oportunidades y amenazas de la matriz DOFA, considerando factores del entorno que inciden en la implementación de metodologías BIM en la organización.

Se identifican como oportunidades la creciente adopción de tecnologías BIM en el sector de la construcción, el desarrollo de herramientas de automatización y la necesidad de optimizar procesos de estimación de costos. Por otro lado, se reconocen amenazas asociadas a la resistencia al cambio, la dependencia de herramientas tecnológicas y la variabilidad en los estándares de implementación.

4. Análisis interno

El análisis interno se centró en la evaluación de los procesos organizacionales relacionados con el modelado BIM y la estimación de costos, tomando como base el enfoque de gestión por procesos (BPM) y el componente interno de la matriz DOFA.

El proceso analizado comprende una cadena de valor que inicia en el modelado estructural en Revit, continúa con la extracción de cantidades mediante tablas de planificación y parámetros (Pset), la automatización de datos mediante Dynamo, la

transformación de la información en Excel y su integración con los análisis de precios unitarios (APU).

A partir de este análisis se identificaron fortalezas como el uso de herramientas BIM, la existencia de modelos con información cuantificable y la implementación parcial de procesos automatizados. Asimismo, se evidenciaron debilidades relacionadas con reprocesos en la gestión de datos, falta de integración entre plataformas, fragmentación del flujo de información y limitaciones en la trazabilidad entre las diferentes etapas del proceso.

Como complemento de este análisis, se estructuró una matriz DOFA detallada del proceso de integración entre modelado BIM y estimación de costos, la cual se presenta en el Anexo H. Esta matriz permite consolidar de manera sistemática los factores internos identificados, facilitando la comprensión de las capacidades actuales de la organización y las limitaciones que afectan la eficiencia del proceso.

En este sentido, el análisis interno evidencia la necesidad de implementar un modelo de integración BIM 5D que permita articular los flujos de información, reducir reprocesos y mejorar la trazabilidad y confiabilidad de los datos en la estimación de costos.

5. Población, muestra y ficha técnica

La población objeto de estudio corresponde a los procesos de modelado BIM y presupuestación desarrollados en la empresa Ardila Valencia Estructuras S.A.S.

La muestra está conformada por los proyectos estructurales analizados durante el desarrollo del estudio, así como por los modelos BIM, scripts de automatización y hojas de cálculo utilizadas en la elaboración de presupuestos.

En este contexto, la unidad de análisis está representada por los procesos y flujos de información, lo cual es consistente con el enfoque de investigación aplicada y de intervención empresarial.

A continuación, se presenta la ficha técnica del estudio, la cual consolida de manera resumida los elementos centrales del diseño metodológico adoptado.

Tabla 9.
Ficha técnica del diseño metodológico

Elemento	Descripción
Tipo de estudio	Investigación aplicada con alcance descriptivo-analítico, bajo enfoque de intervención empresarial
Enfoque metodológico	Híbrido: Gestión por Procesos (BPM) + análisis DOFA estratégico + modelo de madurez BIM (Succar, 2009)
Población	Procesos de modelado BIM y presupuestación de Ardila Valencia Estructuras S.A.S.
Muestra	Proyectos estructurales activos, modelos BIM en Revit, scripts de automatización en Dynamo y hojas de cálculo de presupuestos en Excel
Unidad de análisis	Flujos de información entre el modelado BIM y la estimación de costos
Instrumentos de recolección	Modelos BIM (Revit), scripts de automatización (Dynamo), matrices comparativas, hojas de cálculo (Excel), análisis de precios unitarios (APU)

Técnicas de análisis	Análisis de procesos BPM, matriz DOFA, evaluación de madurez BIM, comparación cuantitativa de indicadores de desempeño (KPIs)
Período de análisis	junio 2025 – marzo 2026

Nota. Elaboración propia

6. Validación de instrumentos

La validación de los instrumentos de recolección y análisis se realizó mediante tres mecanismos complementarios. En primer lugar, los modelos BIM desarrollados en Revit fueron validados técnicamente, se verificó la coherencia entre los elementos modelados, los parámetros compartidos (Pset) y las tablas de cantidades generadas, garantizando que la información geométrica y no geométrica del modelo fuera consistente con las especificaciones del proyecto.

En segundo lugar, los scripts de automatización desarrollados en Dynamo fueron sometidos a una validación funcional mediante pruebas de ejecución comparativa: los resultados de cuantificación arrojados por cada script se contrastaron con cubicaciones manuales realizadas sobre los mismos elementos, verificando que la desviación entre ambos métodos no superara el umbral de aceptación definido (±3%).

En tercer lugar, las matrices comparativas y hojas de cálculo fueron validadas mediante la revisión y de esta manera se constató la coherencia metodológica entre los indicadores de desempeño definidos, los datos recolectados y los resultados presentados. Este proceso de

triangulación entre validación técnica, verificación cuantitativa y revisión garantiza la confiabilidad de los instrumentos utilizados en el estudio.

7. Identificación de las variables

Para el análisis del desempeño del proceso se definieron variables directamente relacionadas con los resultados obtenidos:

Tabla 10.
Variables de comparación entre el método tradicional y el modelo basado en BIM 5D

Variable	Tipo	Descripción
Tiempo de elaboración de presupuestos	Cuantitativa	Tiempo requerido para generar un presupuesto
Precisión en cantidades	Cuantitativa	Nivel de exactitud en la cuantificación de elementos
Nivel de automatización	Cualitativa	Grado de uso de herramientas automatizadas
Trazabilidad de la información	Cualitativa	Capacidad de seguimiento de los datos entre etapas

Nota. Elaboración propia

Estas variables fueron evaluadas mediante la comparación entre el método tradicional y el modelo basado en BIM 5D.

8. Instrumentos de recolección de información y de medición

Para el desarrollo del diagnóstico organizacional se emplearon diversos instrumentos que permiten recopilar información técnica y operativa de los procesos analizados.

Entre los principales instrumentos se encuentran los modelos BIM desarrollados en Revit, los cuales constituyen la fuente principal de información para la extracción de cantidades.

Asimismo, se utilizaron las tablas de planificación y los parámetros del modelo (Pset), que permiten estructurar la información de manera organizada.

Los scripts desarrollados en Dynamo constituyen otro instrumento clave, ya que permiten automatizar la extracción de datos y su exportación a formatos compatibles con herramientas de procesamiento como Excel. Las hojas de cálculo, por su parte, permiten consolidar la información y vincularla con los análisis de precios unitarios.

Adicionalmente, se utilizaron modelos de coordinación en Navisworks para la detección de interferencias, lo cual permite mejorar la precisión en la cuantificación de elementos.

9. Validación del instrumento de medición

El análisis de la información se realizó mediante técnicas cualitativas y cuantitativas que permiten evaluar el desempeño del proceso y su nivel de eficiencia.

Entre las principales técnicas utilizadas se encuentran el análisis de procesos (BPM), el análisis comparativo entre métodos, la evaluación de indicadores de desempeño (KPIs) y la identificación de brechas organizacionales.

El análisis comparativo permitió evaluar las diferencias entre el método tradicional de presupuestación y el modelo basado en BIM, mientras que la evaluación de indicadores permitió medir variables como tiempo, precisión y nivel de automatización.

10. Herramientas utilizadas

El desarrollo del proyecto se apoyó en el uso de herramientas tecnológicas especializadas que permiten la integración de procesos y la automatización de la información.

Entre las principales herramientas utilizadas se encuentran Revit para el modelado BIM, Dynamo para la automatización de procesos, Excel para el procesamiento de datos y Navisworks para la detección de interferencias.

Estas herramientas permiten estructurar un flujo de trabajo integrado que facilita la generación de información y su vinculación con los procesos de presupuestación.

11. Alcance metodológico

El alcance del presente estudio es de carácter aplicado, ya que busca resolver una problemática específica mediante la implementación de un modelo de integración BIM 5D. Asimismo, presenta un componente analítico, en la medida en que permite comprender la relación entre la integración de herramientas BIM y la eficiencia en los procesos organizacionales.

Diagnóstico Organizacional

El diagnóstico organizacional de Ardila Valencia Estructuras S.A.S. se desarrolló bajo un enfoque de intervención empresarial, fundamentado en un modelo metodológico híbrido que integra la gestión por procesos (BPM), el análisis DOFA estratégico y la evaluación de madurez BIM. Este enfoque permitió analizar la organización desde una perspectiva técnica, operativa y estratégica, coherente con la naturaleza del problema identificado, el cual se centra en la integración entre el modelado BIM y los procesos de presupuestación.

El proceso se estructuró en tres etapas principales. En primer lugar, se realizó el levantamiento de información, mediante la revisión de modelos BIM desarrollados en Revit, tablas de planificación de cantidades, scripts de automatización en Dynamo, hojas de cálculo en Excel y análisis de precios unitarios (APU). Esta etapa permitió comprender el flujo real de trabajo utilizado por la empresa para la generación de presupuestos.

En segundo lugar, se llevó a cabo el procesamiento de la información, organizando los datos recolectados en matrices comparativas y estructuras de análisis que permitieron evaluar variables clave como tiempos de elaboración, nivel de automatización, precisión en cantidades y trazabilidad de la información.

Finalmente, se desarrolló el análisis de la información, mediante la aplicación del enfoque BPM para evaluar el flujo de procesos, el modelo DOFA para identificar factores estratégicos y la evaluación de madurez BIM para determinar el nivel de implementación tecnológica de la empresa.

1. Procesamiento estadístico de datos

El procesamiento de los datos se realizó mediante un análisis comparativo entre el método tradicional de presupuestación y el modelo basado en BIM implementado en el proyecto, con el fin de evaluar el impacto del modelo propuesto en términos de eficiencia, precisión y trazabilidad.

Para ello, se definieron indicadores clave de desempeño (KPIs), tales como:

- Tiempo de elaboración del presupuesto
- Número de reprocesos
- Precisión en la estimación de cantidades
- Nivel de automatización del proceso

A partir de estos indicadores, se estructuró la siguiente tabla comparativa:

Tabla 11.
Comparación entre método tradicional y modelo BIM 5D

Indicador	Método tradicional	Modelo BIM
Tiempo de elaboración	23–35 h / proyecto (cubicación: 8–12 h)	4–8 h / proyecto; extracción: < 2 h (reducción ≥ 40%)
Reprocesos	3–5 correcciones / presupuesto; postventa: 2–3 semanas / proyecto (~40% proyectos/mes)	≤ 1 corrección / presupuesto; postventa: < 8% proyectos/mes (reducción ≥ 80%)
Precisión en cantidades	Desviación 5–15% por elemento (medición manual)	Desviación < 3% (extracción directa del modelo)

Indicador	Método tradicional	Modelo BIM
Automatización	< 20% del flujo (solo cálculos en Excel)	> 75% (Dynamo + VBA + vínculos Excel)

Nota. Elaboración propia con base en el caso de estudio.

Los resultados evidencian una reducción significativa en el tiempo de elaboración del presupuesto, así como una disminución en los reprocesos y un incremento en la precisión de las cantidades estimadas.

2. Análisis de los resultados

2.1. Situación actual

En relación con el diagnóstico de los procesos actuales, se identificó que la empresa cuenta con un nivel avanzado en el modelado estructural mediante el uso de Revit, lo cual permite generar información confiable para la cuantificación de elementos.

Sin embargo, el análisis evidenció una desconexión parcial entre el modelo BIM y los procesos de presupuestación. Aunque las cantidades se extraen desde el modelo, su procesamiento requiere transformaciones en Excel, lo que introduce reprocesos y dependencia de validaciones manuales.

Asimismo, los análisis de precios unitarios se desarrollan de manera independiente, lo que limita la integración directa entre cantidades y costos. Aunque existe una codificación que vincula ambos elementos, esta no se encuentra completamente automatizada.

En este sentido, se identifican como principales problemáticas:

- Fragmentación del flujo de información
- Dependencia de procesos manuales
- Limitaciones en la trazabilidad completa
- Integración parcial entre modelo y costos

2.2. Evaluación del modelo propuesto

El modelo de integración diseñado permite estructurar un flujo continuo de información desde el modelado hasta la presupuestación, integrando herramientas como Revit, Dynamo y Excel.

Este modelo se basa en la extracción automatizada de cantidades desde el modelo BIM, su transformación mediante scripts y su vinculación con los APU mediante un sistema de codificación estructurada. Esta integración permite reducir la intervención manual y mejorar la coherencia de la información.

En este contexto, el modelo permite:

- Automatizar la extracción de cantidades
- Integrar datos entre herramientas
- Mejorar la trazabilidad del proceso
- Reducir errores asociados a la manipulación manual

2.3. Validación del modelo

La aplicación del modelo en un caso de estudio permitió evaluar su impacto en el proceso presupuestal, evidenciando mejoras significativas en los indicadores de desempeño.

Se identificó una reducción aproximada del 20% en el tiempo de elaboración del presupuesto, así como una disminución considerable en los reprocesos. Asimismo, se evidenció un aumento en la precisión de las cantidades, al ser extraídas directamente del modelo BIM.

Adicionalmente, el análisis de viabilidad financiera del proyecto respalda los resultados obtenidos desde una perspectiva cuantitativa. La implementación del modelo BIM 5D, basada en la optimización de procesos de presupuestación, permite generar un ahorro operativo anual estimado de $60.924.600 COP, derivado principalmente de la reducción en horas de elaboración de presupuestos. Este ahorro, proyectado a un horizonte de cinco años y evaluado con una tasa de descuento del 12%, genera un Valor Presente Neto (VPN) de $232.806.027 COP y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 846%, lo que evidencia una alta rentabilidad del modelo propuesto.

Asimismo, el período de recuperación de la inversión se estima en aproximadamente dos meses, considerando que la inversión inicial corresponde únicamente a horas internas de trabajo. Estos resultados confirman que el modelo no solo es técnicamente viable, sino también financieramente sostenible y altamente rentable para la organización

En términos de trazabilidad, el modelo permitió establecer una relación directa entre los elementos del modelo y los APU, facilitando el control de la información y la actualización de los presupuestos ante cambios en el diseño.

2.4. Impacto operativo y financiero del modelo

Más allá de los indicadores tradicionales de evaluación financiera, el impacto más relevante del modelo se evidencia en la mejora del flujo de caja operativo de la empresa. Dado que Ardila Valencia Estructuras S.A.S. opera bajo un modelo de negocio sin anticipos y con ciclos de cobro prolongados, la reducción en horas operativas y en actividades de postventa se traduce directamente en mayor liquidez.

En este sentido, la implementación del modelo BIM 5D permite liberar aproximadamente $37.657.050 COP mensuales en flujo de caja, considerando tanto el ahorro en la elaboración de presupuestos como la reducción de actividades de postventa. Este impacto permite a la empresa optimizar el uso de sus recursos humanos, asumir nuevos proyectos sin incrementar su estructura de costos y reducir la exposición financiera asociada a procesos manuales y reprocesos

2.5. Fortalezas

- Uso de herramientas BIM (Revit)
- Automatización mediante Dynamo
- Codificación estructurada de elementos
- Uso de Navisworks para validación

- Base tecnológica sólida

2.6. Oportunidades de mejora

- Integración completa BIM–costos
- Reducción de dependencia en Excel
- Estandarización de procesos
- Automatización avanzada
- Consolidación de flujos de información

2.7. Estandarización del modelo

Como resultado del proceso de diseño y validación, se establecieron lineamientos técnicos para la implementación del modelo BIM 5D en la empresa, orientados a garantizar la estandarización, replicabilidad y sostenibilidad del proceso.

Estos lineamientos se estructuran en cuatro componentes principales:

- **Codificación:** Definición de una estructura jerárquica de códigos para los elementos del modelo, asegurando su correspondencia con los análisis de precios unitarios (APU).

- **Modelado:** Uso obligatorio de parámetros en Revit que permitan la identificación y cuantificación de los elementos.

- **Automatización:** Implementación de scripts en Dynamo para la extracción y procesamiento de cantidades.

- **Gestión de datos:** Estructuración de plantillas en Excel vinculadas a los APU, garantizando la actualización automática de la información.

Estos lineamientos constituyen una base metodológica para la implementación del modelo en futuros proyectos, permitiendo mejorar la eficiencia operativa y la trazabilidad de la información

3. Síntesis del diagnóstico

El diagnóstico organizacional evidencia que Ardila Valencia Estructuras S.A.S. cuenta con un nivel intermedio-alto en el uso de herramientas BIM, con fortalezas importantes en modelado y automatización. No obstante, presenta una brecha significativa en la integración entre el modelo y los procesos de presupuestación.

Esta situación genera ineficiencias operativas, reprocesos y limitaciones en la trazabilidad de la información. Sin embargo, la base tecnológica existente permite establecer un escenario favorable para la implementación de un modelo BIM 5D.

En este contexto, el diagnóstico justifica plenamente el desarrollo de un plan de intervención orientado a la optimización de procesos, la automatización de flujos de información y la mejora en el control de costos.

En términos financieros y operativos, el modelo propuesto no solo mejora la eficiencia en la elaboración de presupuestos, sino que también genera valor económico significativo para la organización, evidenciado en indicadores como el VPN positivo, la alta TIR y la reducción del período de recuperación de la inversión. Asimismo, el impacto en el flujo de caja y la disminución de actividades de postventa consolidan el modelo como una estrategia sostenible y alineada con las necesidades del negocio.

Modelo Propuesto

El presente capítulo presenta el modelo metodológico de integración BIM 5D diseñado e implementado en Ardila Valencia Estructuras S.A.S., como respuesta a la problemática identificada en el diagnóstico organizacional: la desconexión entre el modelado estructural en Revit y los procesos de presupuestación, que genera reprocesos sistemáticos de 3 a 5 iteraciones por presupuesto, desviaciones en la estimación de cantidades de entre el 5% y el 15% por elemento, y eventos de postventa en aproximadamente el 40% de los proyectos mensuales (Hardin & McCool, 2015; Sepasgozar et al., 2022). El diagnóstico se desarrolló bajo un enfoque de intervención empresarial que integró la gestión por procesos (BPM), el análisis DOFA estratégico y el modelo de madurez BIM propuesto por Succar (2009), lo que permitió identificar que el problema no era de naturaleza tecnológica —las herramientas estaban disponibles y licenciadas— sino de articulación metodológica entre ellas.

El modelo se fundamenta en la articulación entre Revit, Dynamo, Excel y Navisworks bajo un flujo de información continuo y automatizado. Su propósito central es garantizar que los datos generados en el entorno BIM sean utilizados directamente para la elaboración de presupuestos, eliminando la transferencia manual de información que constituye la causa raíz de las ineficiencias diagnosticadas. Este enfoque se enmarca en los principios del BIM 5D —integración del modelo con la gestión de costos— documentados por Lu et al. (2021) y Sepasgozar et al. (2022), y se alinea con los lineamientos de la Estrategia Nacional BIM 2020–2026 (Departamento Nacional de Planeación, 2020) y con los estándares de interoperabilidad de la norma ISO 19650.

1. Objetivo y alcance del modelo

1.1. Objetivo

Diseñar un modelo metodológico de integración entre el modelado estructural en Revit y los procesos de planificación presupuestal, para optimizar la precisión, eficiencia y trazabilidad en la gestión de costos de los proyectos estructurales de Ardila Valencia Estructuras S.A.S.

1.2. Alcance

El modelo se aplica al proceso de presupuestación de proyectos desarrollados por la empresa, abarcando desde la generación del modelo estructural en Revit hasta la consolidación del presupuesto mediante análisis de precios unitarios (APU). Incluye: modelado con parámetros BIM 5D y codificación estandarizada (LOD y Pset definidos por tipología), extracción automatizada de cantidades mediante Dynamo, procesamiento y vinculación con APU en Excel mediante macros VBA, y validación mediante Navisworks para detección de interferencias.

El modelo no abarca la ejecución de obra, la gestión contractual del proceso constructivo ni el control financiero en fase de construcción. Su alcance se circunscribe al proceso de consultoría estructural que es el negocio central de AVe, desde el modelo hasta el presupuesto consolidado listo para entrega al cliente.

2. Estrategia de optimización del proceso presupuestal

El modelo se fundamenta en la transformación del flujo tradicional de presupuestación, pasando de un esquema manual y fragmentado a un sistema integrado y automatizado. El diagnóstico organizacional evidenció que el proceso tradicional obligaba a extraer cantidades manualmente desde planos o modelos no parametrizados, transcribirlas a Excel sin vínculo con el modelo, y recalcular el presupuesto completo ante cada cambio de diseño. Esta fragmentación generaba una exposición permanente a errores de interpretación, inconsistencias entre versiones y reprocesos que consumían entre 23 y 35 horas por proyecto. La Tabla 12 contrasta ambos procesos con datos del diagnóstico real de la empresa.

Tabla 12.
Comparativo proceso tradicional vs. proceso BIM 5D.

Dimensión	Proceso tradicional	Proceso propuesto (BIM 5D)
Fuente de cantidades	Extracción manual desde planos 2D o modelos no parametrizados; depende del criterio del profesional (Hardin & McCool, 2015)	Extracción automatizada directamente desde la geometría del modelo Revit 3D mediante Dynamo
Precisión en cantidades	Desviación del 5–15% por elemento (línea base diagnóstico AVe, 2024)	Desviación < 3%: la geometría del modelo es la fuente única de la cantidad
Tiempo de elaboración	23–35 horas por proyecto; cubicación: 8–12 horas	4–8 horas por proyecto; extracción: < 2 horas (reducción ≥ 40%)
Trazabilidad modelo–presupuesto	Baja: no existe correspondencia verificable entre elementos del modelo e ítems del presupuesto	Alta (TCM = 100%): código único por elemento vincula directamente la cantidad con el APU correspondiente
Actualización ante cambios de diseño	Manual, lenta: 8–16 horas para actualizar el presupuesto ante un cambio en el modelo	Automatizada: cambio en el modelo → re-extracción Dynamo → presupuesto actualizado en < 2 horas

Exposición a postventa	Alta: ~40% de proyectos mensuales con revisión posterior a la entrega; costo promedio 2–3 semanas de trabajo profesional por evento	Reducida: cantidades ancladas al modelo eliminan la causa raíz; reducción estimada ≥ 80% en eventos de postventa
Nivel de automatización del flujo (NAF)	< 20%: solo cálculos internos en Excel	> 75%: scripts Dynamo + macros VBA cubren extracción, transformación y vinculación de datos (Succar, 2009)

Nota. Elaboración propia con base en el diagnóstico organizacional de AVe (2024) y Hardin & McCool (2015).

3. Diseño del modelo de integración BIM 5D

El modelo de integración BIM 5D se diseñó a partir del análisis del flujo de información entre las etapas del proceso presupuestal, aplicando el enfoque de gestión por procesos (BPM) para identificar los puntos críticos donde se generaban reprocesos y pérdida de información (Olawumi & Chan, 2019). El resultado es un flujo continuo en siete etapas que articula Revit, Dynamo, Excel y Navisworks en un sistema sin transferencias manuales de datos:

- Modelado estructural en Revit con parametrización avanzada: LOD, Pset y codificación jerárquica por elemento
- Configuración de tablas de planificación (ViewSchedule) con parámetros exportables: código, tipo, cantidad, unidad
- Coordinación del modelo en Navisworks: detección de interferencias y validación de duplicidades antes de la extracción
- Automatización mediante script de Dynamo: selección, filtrado de ViewSchedule y configuración de la exportación
- Exportación de cantidades a archivos TXT estructurados por categoría de elemento, con nomenclatura automática

- Importación y transformación en Excel mediante macros VBA; vinculación dinámica con tabla de APU por código
- Consolidación automática del presupuesto con desglose por capítulo: costos directos e indirectos (AIU)

La estrategia de gestión de la información que sustenta este flujo se apoya en cuatro pilares: codificación estandarizada como lenguaje semántico común entre el modelo y el presupuesto; vinculación directa modelo–APU mediante código único; estructuración de carpetas y archivos con nomenclatura automática que garantiza trazabilidad documental; y control de versiones de scripts y plantillas que asegura la reproducibilidad del proceso. Este enfoque responde directamente a los desafíos de interoperabilidad identificados por Al-Musawi y Naimi (2023) y a los lineamientos del BIM Forum Colombia (2019; 2020) en materia de gestión de información.

3.1. Nivel 1 — Modelado en Revit

En el primer nivel se desarrollan los modelos estructurales con parametrización avanzada. La codificación de cada elemento se implementa mediante el campo de nota clave (Keynote) de Revit, complementado con parámetros compartidos (Pset) que permiten identificar cada elemento con un código único jerárquico de estructura XX.YY.ZZ (capítulo – subcapítulo – actividad). Este código se asigna como parámetro de tipo para garantizar que todos los elementos del mismo tipo compartan el mismo identificador, lo que asegura coherencia semántica entre el modelo y los APU en Excel. La decisión de usar el Keynote como campo de codificación responde a su visibilidad directa en las tablas de planificación de Revit y a su compatibilidad con los filtros del script de Dynamo.

El nivel de detalle (LOD) está definido por tipología: LOD 300 para vigas, columnas, losas y muros; LOD 350 para cimentaciones y acero de refuerzo, siguiendo los estándares del BIM Forum Colombia (2019). Los parámetros obligatorios incluyen el código BIM 5D, el material, las dimensiones de sección, la resistencia del concreto (f'c) y la carga de diseño. La cobertura de codificación (CC ≥ 95% de elementos con código asignado antes de la extracción) es el criterio de calidad que habilita el paso al Nivel 2: ningún modelo puede ser procesado si no supera este umbral.

3.2. Nivel 2 — Procesamiento en Dynamo y Excel

El segundo nivel automatiza el flujo de información mediante programación visual en Dynamo y procesamiento en Excel. El script de Dynamo accede a las tablas de planificación del modelo (ViewSchedule), aplica condiciones lógicas para filtrar las tablas relevantes para presupuestación, configura la estructura de exportación con encabezados y delimitadores, y establece automáticamente la ruta de almacenamiento y el nombre del archivo en el formato NombreProyecto_Categoría_AAAAMMDD.txt. La exportación genera un archivo TXT independiente por categoría de elemento —vigas, columnas, losas, muros, cimentaciones— para mantener la trazabilidad de los datos por capítulo presupuestal.

Excel recibe estos archivos mediante una macro VBA corporativa aprobada que los transforma en bases de datos estructuradas, los vincula dinámicamente con la tabla de APU mediante función BUSCARV o Power Query, y alimenta el presupuesto de forma automatizada. Navisworks opera como herramienta de validación paralela: el modelo debe

estar coordinado y libre de interferencias activas antes de la extracción, garantizando que las cantidades no estén infladas por solapamientos geométricos entre elementos. Este nivel implementa directamente los principios de automatización e interoperabilidad documentados por Eastman et al. (2018) y por la norma ISO 19650.

3.3. Nivel 3 — Presupuestación mediante APU

El tercer nivel materializa la integración BIM 5D: cada elemento del modelo tiene un código que apunta directamente a un APU específico en la plantilla Excel corporativa. La consolidación del presupuesto es automática cada vez que se actualizan las cantidades por un cambio en el modelo, generando el desglose por capítulo con costos directos e indirectos (AIU). La trazabilidad entre lo diseñado, lo especificado y lo presupuestado —medida mediante el indicador de consistencia modelo–presupuesto (TCM)— alcanzó el 100% en el caso piloto, confirmando que cada ítem del presupuesto tiene correspondencia directa y verificable con un elemento codificado en el modelo. Este resultado es consistente con los hallazgos de Lu et al. (2021) sobre marcos de toma de decisiones basados en BIM 5D y con la evidencia de Sepasgozar et al. (2022) sobre reducción de reprocesos mediante herramientas digitales integradas.

4. Escalabilidad del modelo

El modelo BIM 5D diseñado e implementado es replicable en la totalidad de los proyectos de la empresa y adaptable a las tipologías del portafolio de AVe: edificaciones, infraestructura (puentes, muros de contención, plantas de tratamiento), patología estructural

y geotecnia. El sistema de codificación jerárquica, la plantilla Excel corporativa y los scripts de Dynamo se diseñaron para ser reutilizables independientemente de la complejidad del proyecto o del profesional asignado, eliminando la dependencia de conocimiento individual que representa uno de los riesgos operativos críticos del modelo.

El modelo BIM 5D consolidado constituye la plataforma de transformación digital sobre la que AVe puede avanzar hacia dimensiones más avanzadas de la metodología en un horizonte de cinco años. La ruta de escalabilidad se estructura en tres horizontes temporales, cada uno condicionado al cumplimiento de requisitos previos medibles que garantizan que el avance sea sólido y no prematuro. La siguiente tabla presenta esta hoja de ruta con sus condiciones habilitantes, actividades clave y beneficios esperados.

Tabla 13.
Hoja de ruta de escalabilidad BIM — AVe Consultoría

Horizonte	Dimensión BIM	Descripción y actividades clave	Requisito previo	Beneficio esperado
Corto plazo (Año 1)	**BIM 5D consolidado**	Aplicación del modelo en el 100% de proyectos activos. Transferencia de conocimiento a todo el equipo técnico. Consolidación del catálogo central de	Guía de implementación aprobada. ≥ 3 usuarios autónomos en el equipo. Madurez BIM ≥ nivel 3 en los tres campos evaluados.	Reducción ≥ 40% en tiempo de elaboración de presupuestos. Ahorro anual ≥ $451 M COP. Reducción ≥ 80% en eventos de postventa.

		códigos y protocolo de versiones.		
Mediano plazo (2–3 años)	**BIM 4D + 5D integrados**	Integración del modelo con cronogramas de obra (MS Project / Primavera). Vinculación código–actividad–plazo. Simulación 4D para control de avance y costo en tiempo real.	Madurez BIM ≥ nivel 4 en los tres campos evaluados. Dominio consolidado del flujo BIM 5D en el 100% de proyectos activos.	Control integrado costo–tiempo por elemento. Mayor precisión en proyecciones de flujo de caja durante la ejecución. Diferenciación competitiva en licitaciones.
Largo plazo (4–5 años)	**BIM 6D / 7D + CDE**	Análisis de ciclo de vida (BIM 6D) y gestión de mantenimiento (BIM 7D). Adopción de plataforma CDE conforme a ISO 19650. Entregables diferenciados para mercados internacionales.	BIM 4D + 5D operando en todos los proyectos. Evaluación y selección de plataforma CDE completada. Equipo con formación en ISO 19650.	Oferta de valor diferenciada en mercados internacionales. Cumplimiento de exigencias BIM en contratos públicos de Colombia y LATAM. Posicionamiento como referente técnico regional.

Nota. Elaboración propia.

Plan de Implementación

El presente capítulo describe el plan de implementación del modelo de integración BIM 5D propuesto en el Capítulo 6, estructurado bajo el marco metodológico del PMBOK (PMI, 2021) en cuatro fases: Planeación, Ejecución, Monitoreo y Escalamiento. El plan documenta el proceso piloto ya ejecutado en Ardila Valencia Estructuras S.A.S. y el plan de escalamiento hacia el primer año completo de operación del modelo, articulándolos en una única hoja de ruta con actividades, responsables, costos y criterios de medición verificables. El capítulo integra el análisis costo–beneficio del plan y los indicadores de desempeño que permiten establecer, con evidencia cuantitativa, que la implementación no es una intención de mejora sino una decisión de inversión técnicamente sustentada (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008).</p>

1. Estructura del plan por fases (marco PMBOK)

El plan de implementación se organiza en cuatro fases secuenciales bajo el marco PMBOK (PMI, 2021), que cubren un horizonte de doce meses. Las tres primeras fases corresponden al proceso piloto ya ejecutado; la cuarta describe el plan de escalamiento en curso.

Tabla 14.
Estructura de fases del plan de implementación.

Fase	Nombre	Objetivo	Duración	Período
Fase 1	**Planeación**	Diagnóstico, diseño del modelo y definición de estándares	4 semanas	Mes 1
Fase 2	**Ejecución (piloto)**	Implementación técnica y validación en proyecto real	8 semanas	Meses 2–3
Fase 3	**Monitoreo**	Medición de KPIs, ajustes y cierre del piloto	4 semanas	Mes 4
Fase 4	**Escalamiento**	Extensión al 100% de proyectos y transferencia al equipo	8 meses	Meses 5–12

Nota. Elaboración propia.

La decisión de estructurar el plan bajo el marco PMBOK responde a que AVe Consultoría y Construcción ya opera con estándares de gerencia de proyectos, lo que facilita la apropiación del plan por parte de la dirección. La secuencia de fases garantiza que el escalamiento solo ocurra una vez que el modelo ha sido validado en condiciones reales y

que los ajustes derivados del piloto han sido incorporados. Esta es la diferencia entre implementar con garantía técnica y simplemente desplegar una herramienta.

2. Actividades, responsables y entregables por fase

La Tabla 15 presenta el desglose completo de actividades del plan, con el responsable asignado, la duración estimada, los recursos en horas y el entregable principal de cada actividad. El equipo núcleo de implementación está conformado por tres roles: director técnico, BIM Manager e Ingeniero BIM, todos valorados al mismo costo hora de $90.500 COP para efectos del análisis de costos.

Tabla 15.
Actividades del plan de implementación por fase.

#	Actividad y descripción	Responsable	Dur.	Recursos (h)	Entregable principal
FASE 1 — PLANEACIÓN (Mes 1)					
1.1	Diagnóstico del flujo de presupuestación actual: mapeo de procesos, identificación de brechas y cuantificación de tiempos	Director técnico + BIM Manager	1 sem	16 h internas	Informe de diagnóstico con tiempos y brechas documentadas
1.2	Diseño del sistema de codificación jerárquica (XX.YY.ZZ) y definición del catálogo central de códigos APU	BIM Manager	1 sem	12 h internas	Catálogo de códigos versión 1.0 en Excel compartido

1.3	Definición de estándares de modelado: LOD mínimo por tipología estructural y parámetros obligatorios por categoría	BIM Manager + Ing. BIM	1 sem	10 h internas	Protocolo de modelado BIM 5D v1.0
1.4	Diseño de la arquitectura del flujo de integración: Revit → Dynamo → TXT → Excel/VBA → APU	Ing. BIM	1 sem	12 h internas	Diagrama de flujo de integración aprobado
FASE 2 — EJECUCIÓN / PILOTO (Meses 2–3)					
2.1	Parametrización del modelo piloto en Revit: asignación de códigos BIM 5D como parámetro de tipo en todos los elementos estructurales	Ing. BIM	2 sem	20 h internas	Modelo Revit con cobertura de codificación ≥ 95%
2.2	Desarrollo y validación del script de Dynamo para extracción automatizada de cantidades por categoría (vigas, columnas, losas, muros, cimentaciones)	Ing. BIM	2 sem	16 h internas	Script Dynamo funcional con documentación de versión
2.3	Coordinación del modelo piloto en Navisworks: detección de interferencias y generación de clash report sin conflictos activos	BIM Manager	1 sem	8 h internas	Clash report validado (0 interferencias activas)
2.4	Configuración de plantilla Excel corporativa con macros VBA para importación de	Director técnico + Ing. BIM	2 sem	12 h internas	Plantilla Excel corporativa v1.0 con macro aprobada

	TXT y vínculo BUSCARV/Power Query con tabla APU				
2.5	Ejecución completa del flujo BIM 5D en el proyecto piloto: extracción → TXT → importación → presupuesto consolidado	Ing. BIM + Dir. técnico	1 sem	8 h internas	Presupuesto BIM 5D del proyecto piloto
FASE 3 — MONITOREO (Mes 4)					
3.1	Medición de KPIs: TTP, TEC, DC, TCM, TR, NAF — comparación con línea base del método tradicional	Director técnico	1 sem	8 h internas	Reporte de indicadores con evidencia cuantitativa
3.2	Identificación de ajustes al modelo, scripts y plantilla con base en los resultados del piloto	BIM Manager + Ing. BIM	1 sem	6 h internas	Lista de ajustes priorizados y aplicados
3.3	Documentación de lecciones aprendidas y actualización de la guía de implementación	BIM Manager	1 sem	6 h internas	Guía de implementación v2.0 con ajustes del piloto
3.4	Presentación de resultados a la dirección: validación del modelo y aprobación del plan de escalamiento	Director técnico	1 sem	4 h internas	Acta de aprobación del escalamiento
FASE 4 — ESCALAMIENTO (Meses 5–12)					
4.1	Capacitación del equipo técnico completo (sesiones prácticas con scripts, VBA y lista de verificación)	BIM Manager	4 sem	20 h internas	Equipo certificado con ≥ 3 usuarios autónomos

4.2	Aplicación progresiva del modelo en todos los proyectos activos (convivencia controlada meses 5–6, modelo único desde mes 7)	Todo el equipo	8 meses	Continuo	100% proyectos procesados con BIM 5D al mes 12
4.3	Monitoreo mensual de indicadores de desempeño y ajuste del catálogo de códigos ante nuevas tipologías	BIM Manager	Mensual	4 h/mes	Reportes mensuales de KPIs
4.4	Evaluación de plataforma CDE conforme a ISO 19650 como preparación para BIM 4D y BIM 6D/7D	Director técnico	Mes 11–12	12 h internas	Informe de evaluación de plataformas CDE

Nota. Elaboración propia. Horas calculadas con base en el proceso ejecutado en el piloto y el plan de escalamiento aprobado.

Las actividades de la Fase 2 representan el núcleo técnico del plan: la parametrización del modelo en Revit, el desarrollo del script de Dynamo y la configuración de la plantilla Excel con macros VBA son las tres piezas que hacen posible la automatización del flujo descrita en el capítulo 6. En el piloto, estas actividades se ejecutaron en paralelo durante las semanas 5 a 10, lo que permitió comprimir el tiempo de implementación sin sacrificar la calidad de los entregables.

La Fase 4 de escalamiento es la de mayor impacto operativo. La capacitación del equipo técnico completo no se diseñó como un curso externo, sino como un programa interno de

transferencia de conocimiento ejecutado por los mismos profesionales que participaron en el piloto. Esto garantiza que las sesiones estén ancladas en ejemplos reales de proyectos de AVe, no en casos genéricos.

3. Recursos requeridos y estructura de costos

La implementación del modelo BIM 5D no requirió inversión en software: las plataformas Revit, Dynamo, Navisworks y Excel ya se encontraban licenciadas en la empresa. La totalidad del costo del plan corresponde a horas de trabajo profesional interno valoradas al costo de oportunidad del equipo ($90.500 COP/hora). Esta estructura de costos es una fortaleza del modelo: el recurso más escaso en una firma de consultoría no es el software sino el tiempo del equipo técnico, y el hecho de que la inversión sea completamente interna la hace controlable y ajustable según la disponibilidad operativa.

Tabla 16.
Estructura de recursos y costos del plan por fase

Fase	Actividades incluidas	Horas	Costo COP	Distribución del equipo
Fase 1 — Planeación	Diagnóstico, diseño de codificación, protocolos y arquitectura del flujo	**50 h**	**$4.525.000 COP**	Director técnico: 16 h | BIM Manager: 22 h | Ing. BIM: 12 h

Fase 2 — Ejecución (Piloto)	Parametrización Revit, desarrollo script Dynamo, coordinación Navisworks, plantilla Excel, ejecución piloto	**64 h**	**$5.792.000 COP**	Ing. BIM: 36 h | BIM Manager: 8 h | Director técnico: 20 h
Fase 3 — Monitoreo	Medición KPIs, ajustes, documentación, presentación a dirección	**24 h**	**$2.172.000 COP**	Director técnico: 12 h | BIM Manager: 6 h | Ing. BIM: 6 h
Fase 4 — Escalamiento (Meses 5–12)	Capacitación equipo, aplicación progresiva, monitoreo mensual, evaluación CDE	**84 h**	**$7.602.000 COP**	BIM Manager: 52 h | Director técnico: 20 h | Ing. BIM: 12 h
TOTAL	**Implementación completa Año 1**	**222 h**	**$20.091.000 COP**	**Sin licencias adicionales. Todo software ya licenciado.**

Nota. Elaboración propia. Costo hora: $90.500 COP. Sin licencias adicionales de software.

El costo total del plan para el primer año asciende a $20.091.000 COP, distribuido en 222 horas de trabajo profesional interno. El mayor peso recae en la Fase 4 de escalamiento ($7.602.000 COP), que concentra la capacitación del equipo y el monitoreo de la transición.

La Fase 2 de ejecución del piloto es la segunda en costo ($5.792.000 COP) y representa la etapa de mayor densidad técnica del plan. A partir del segundo año, el costo de mantenimiento se reduce a 48 horas anuales de monitoreo y actualización del catálogo ($4.344.000 COP/año), garantizando la sostenibilidad económica del modelo en el largo plazo.

4. Cronograma de implementación

La Figura 6 presenta el cronograma de implementación en formato de diagrama de Gantt para el horizonte de doce meses. Las actividades están organizadas por fase y el sombreado indica los meses de ejecución. Las Fases 1 a 3 corresponden al proceso piloto ya ejecutado; la Fase 4 refleja el plan de escalamiento en curso.

Figura 6.
Cronograma de implementación BIM 5D — Año 1 (diagrama de Gantt)

Actividad	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
FASE 1 — PLANEACIÓN												
1.1 Diagnóstico proceso actual												
1.2 Sistema de codificación												
1.3 Estándares de modelado LOD												
1.4 Arquitectura del flujo												
FASE 2 — EJECUCIÓN (PILOTO)												
2.1 Parametrización modelo piloto												
2.2 Script Dynamo												
2.3 Coordinación Navisworks												
2.4 Plantilla Excel / VBA												
2.5 Ejecución flujo BIM 5D piloto												

FASE 3 — MONITOREO												
3.1 Medición de KPIs												
3.2 Ajustes al modelo y scripts												
3.3 Documentación y guía v2.0												
3.4 Presentación a dirección												
FASE 4 — ESCALAMIENTO												
4.1 Capacitación equipo técnico												
4.2 Aplicación progresiva proyectos												
4.3 Monitoreo mensual KPIs												
4.4 Evaluación plataforma CDE												

Nota. Elaboración propia. M1–M12 = Meses 1 a 12. Sombreado indica período de ejecución de cada actividad.

El cronograma evidencia la lógica secuencial del plan: ninguna fase de ejecución comienza antes de que estén definidos los estándares de modelado y el sistema de codificación (Fase 1). El escalamiento (Fase 4) se inicia solo después de que los resultados del piloto han sido validados y aprobados por la dirección (Fase 3, actividad 3.4). La actividad 4.4 de evaluación de plataformas CDE se programa en los meses 11 y 12, cuando el equipo tiene dominio consolidado del flujo BIM 5D y puede evaluar con criterio la pertinencia de un entorno común de datos para el horizonte BIM 4D/6D/7D.

5. Análisis costo–beneficio del plan

El análisis costo–beneficio evalúa la relación entre la inversión total del plan y los beneficios económicos cuantificables que genera. Los beneficios se desagregan en dos

fuentes: el ahorro operativo directo en elaboración de presupuestos y el ahorro en postventa. Ambos se calculan con base en datos operativos reales de la empresa, con criterios conservadores.

Como se argumentó en el capítulo de viabilidad del proyecto, para AVe el indicador más relevante no es el EBITDA ni la TIR aislada, sino el flujo de caja liberado. Cada hora que el equipo deja de gastar en presupuestación manual o en revisiones de postventa es una hora que se convierte en capacidad disponible para atender nuevos encargos, en un modelo de negocio donde no se reciben anticipos, el cobro ocurre al final del ciclo y el capital se financia íntegramente con recursos propios durante la ejecución.

Tabla 17.
Análisis costo–beneficio del plan de implementación BIM 5D

Concepto	Año 1 (implementación)	Años 2–5 (operación)
COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN		
Horas de capacitación y configuración (equipo núcleo)	$4.525.000 COP	—
Horas de ejecución y validación del piloto	$5.792.000 COP	—
Horas de monitoreo y cierre del piloto	$2.172.000 COP	—
Horas de escalamiento y capacitación general	$7.602.000 COP	—
Mantenimiento del modelo (monitoreo mensual KPIs y actualización catálogo)	—	$4.344.000 COP / año
Adquisición de licencias de software	$0 (ya licenciados)	$0
TOTAL, COSTOS	**$20.091.000 COP**	**$4.344.000 COP / año**
BENEFICIOS CUANTIFICABLES		
Ahorro en elaboración de presupuestos (reducción 20% en 11 proy/mes)	$60.924.600 COP	$60.924.600 COP+ 5%/año

Ahorro en postventa (reducción 80% en eventos, 4–5 proy/meses afectados)	$390.960.000 COP	$390.960.000 COP+ 5%/año
TOTAL, BENEFICIOS ANUALES	**$451.884.600 COP**	**$451.884.600 COP+ 5%/año**
ANÁLISIS COSTO–BENEFICIO		
Relación Beneficio/Costo (B/C) — Año 1	22.5 — Por cada peso invertido, el modelo genera 22.5 pesos en ahorro	
Período de recuperación de la inversión	< 1 mes (flujo de caja liberado desde el primer mes de operación del modelo)	
VPN (5 años, tasa 12%) — solo ahorro operativo directo	$232.806.027 COP (ver Capítulo de Viabilidad Financiera)	

Nota. Elaboración propia. Ahorro operativo: 11 proy/mes × 25,5 h × 20% × $90.500 COP/h × 12 meses. Ahorro postventa: 4,5 eventos/mes × 100 h × $90.500 COP × 80% reducción × 12 meses**.**

La relación beneficio–costo del plan es de 22.5 a 1: por cada peso invertido en la implementación, el modelo genera 22.5 pesos en ahorro cuantificable. Este resultado confirma que el plan constituye la decisión de inversión de mayor retorno disponible para la empresa, con un período de recuperación inferior a un mes desde el inicio de la operación del modelo. Los beneficios presentados son conservadores; a medida que la cobertura alcance el 100% de proyectos, la reducción de tiempos superará el 20% documentado en el piloto.

6. Impacto del plan de implementación

La implementación del modelo BIM 5D genera impactos cuantificables y cualitativos en cuatro dimensiones de la organización:

En el ámbito operativo, se evidencia una reducción del 20% en los tiempos de elaboración de presupuestos por proyecto, una disminución de los reprocesos de 3–5 iteraciones por presupuesto a menos de 1, y una reducción del 80% en los eventos de postventa que actualmente afectan al 40% de los proyectos mensuales. Estas ganancias se traducen directamente en capacidad operativa liberada para atender más encargos sin incrementar la estructura de costos fija.

Desde la perspectiva financiera, la mayor precisión en la estimación de cantidades —con desviaciones que se reducen del 5–15% al menos del 3% por elemento— contribuye a disminuir las discrepancias presupuestales que generan conflictos en la etapa constructiva. Esto reduce la exposición a penalidades contractuales y fortalece la confiabilidad del presupuesto como instrumento de gestión financiera.

En el componente tecnológico, la integración de Revit, Dynamo, Excel y Navisworks en un flujo automatizado eleva el Nivel de Automatización del Flujo (NAF) de menos del 20% a más del 75%, transformando herramientas que operaban de forma independiente en un sistema cohesionado de gestión de información. Este salto tecnológico no requirió inversión en nuevas plataformas: fue posible mediante la integración profunda de herramientas ya disponibles.

A nivel organizacional, el modelo fortalece la toma de decisiones al proporcionar información más confiable, estructurada y trazable. El desarrollo de capacidades digitales en el equipo técnico —particularmente en automatización con Dynamo y VBA— genera un

activo de conocimiento institucional que trasciende el proyecto específico y constituye una ventaja competitiva sostenible, especialmente relevante en el contexto de la expansión internacional de AVe hacia Perú, México, Ecuador y Florida.

7. Indicadores de desempeño del plan (KPIs)

La medición del éxito del plan requiere indicadores específicos, medibles y con frecuencia de seguimiento definida. La Tabla 18 presenta los 10 KPIs del plan, organizados en cuatro dimensiones de evaluación —tiempo, precisión, reprocesos y automatización—, alineados con las tablas 25, 26 y 27 del Anexo G del trabajo de grado. Para cada indicador se especifica la fórmula de cálculo, la línea base del método tradicional, la meta esperada con el modelo BIM 5D, el responsable de medición y la frecuencia de seguimiento.

Tabla 18.
Indicadores de desempeño del plan de implementación

Indicador (KPI)	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta BIM 5D	Responsable	Frec.
DIMENSIÓN 1 — TIEMPO DE ELABORACIÓN PRESUPUESTAL					
TTP — Tiempo total de presupuesto	TTP = Σ horas por etapa presupuestal	23–35 h / proyecto	4–8 h / proyecto (≥ 40%)	Director técnico	Por proyecto
TEC — Tiempo de extracción de cantidades	TEC = horas cubicación manual o extracción automatizada	8–12 h / proyecto	< 2 h / proyecto (≥ 75%)	Ing. BIM	Por proyecto
IEP — Índice de eficiencia presupuestal	IEP = Presupuesto aprobado / TTP total (APU/hora)	1 APU / hora procesada	≥ 3 APU / hora procesados	Director técnico	Por proyecto

DIMENSIÓN 2 — PRECISIÓN EN CANTIDADES					
DC — Desviación de cantidades	DC = |Q_pres. – Q_real| / Q_real × 100%	5–15% por elemento	< 3% (extracción directa del modelo)	Coord. presupuestos	Por proyecto
CC — Cobertura de codificación	CC = Elementos codificados / Total × 100%	< 60% elementos	≥ 95% antes de la extracción	BIM Manager	Por proyecto
TCM — Consistencia modelo–presupuesto	TCM = Ítems con código válido / Total ítems APU × 100%	Variable, sin control sistemático	100% (codificación obligatoria)	Coord. presupuestos	Por proyecto
DIMENSIÓN 3 — REPROCESOS Y POSTVENTA					
TR — Tasa de reprocesos	TR = N.° correcciones / N.° ciclos presupuestales	3–5 correcciones / presupuesto	≤ 1 corrección / presupuesto	Director técnico	Por proyecto
IEVP — Índice de eventos de postventa	IEVP = Proyectos con postventa / Total proyectos × 100%	≈ 40% de proyectos mensuales	< 8% (reducción ≥ 80%)	Director técnico	Mensual
DIMENSIÓN 4 — AUTOMATIZACIÓN DEL FLUJO					
NAF — Nivel de automatización del flujo	NAF = Etapas automatizadas / Total etapas × 100%	< 20% (solo cálculos en Excel)	> 75% (Dynamo + VBA + vínculos Excel)	BIM Manager	Trimestral
TAC — Tiempo de actualización ante cambios	TAC = Horas desde cambio en modelo hasta presupuesto actualizado	8–16 horas (proceso manual)	< 2 horas (re-extracción + vínculo automático)	Ing. BIM	Por cambio

Nota. Elaboración propia con base en el diagnóstico organizacional y los resultados del caso de estudio.

En la dimensión de tiempo, los indicadores TTP y TEC miden directamente la eficiencia del proceso presupuestal: el primero captura el tiempo total desde la cubicación hasta el presupuesto aprobado, y el segundo aísla la etapa de extracción de cantidades, donde se

concentra el mayor ahorro relativo (≥ 75%). El Índice de Eficiencia Presupuestal (IEP) complementa estos con una medida de productividad: cuántos APU procesa el equipo por hora, pasando de 1 a más de 3 APU/hora.

En la dimensión de precisión, el indicador DC (Desviación de Cantidades) tiene el mayor impacto sobre la postventa: pasar del rango 5–15% de error por elemento a menos del 3% elimina la principal fuente de discrepancias entre el presupuesto entregado y las cantidades reales en obra. La CC (Cobertura de Codificación) y el TCM (Consistencia Modelo–Presupuesto) son los indicadores de calidad del modelo: verifican que la codificación esté completa antes de cualquier extracción y que cada ítem del presupuesto tenga correspondencia directa en el modelo.

El IEVP (Índice de Eventos de Postventa) es el indicador de mayor relevancia financiera para AVe: cada evento evitado libera flujo de caja y reduce la exposición a riesgos contractuales. Se distingue con el acrónimo IEVP para diferenciarlo del IEP de eficiencia presupuestal con el que comparte sigla en el Anexo G. El TAC (Tiempo de Actualización ante Cambios) cierra la dimensión de automatización junto al NAF: mide cuántas horas tarda el equipo en reflejar un cambio de diseño en el presupuesto, pasando de 8–16 horas manuales a menos de 2 horas.

El seguimiento formal de estos indicadores en reuniones de dirección técnica, con registro en el historial de versiones de la plantilla Excel, es la única forma de verificar que los beneficios del modelo se mantienen en el tiempo y de detectar regresiones hacia prácticas manuales durante episodios de alta carga operativa o rotación del equipo técnico.

8. Consideraciones finales del plan

El plan de implementación presentado en este capítulo demuestra que la integración BIM 5D en Ardila Valencia Estructuras S.A.S. es un proceso técnicamente diseñado, económicamente rentable, operativamente gestionable y organizacionalmente sostenible. La propuesta no plantea únicamente una solución técnica, sino una estrategia de optimización de procesos que impacta directamente la gestión financiera y operativa de la empresa. La estructuración bajo el marco PMBOK garantiza que el plan es una intervención organizacional planificada, no una simple adopción de herramientas.

Las 222 horas de inversión interna que requiere el plan completo para el primer año ($20.091.000 COP) se recuperan en menos de un mes con el flujo de caja liberado por el modelo. Este resultado, sustentado en datos reales de operación y calculado con criterios conservadores, constituye la garantía técnica de que el plan no es una intención de mejora, sino una decisión de inversión con retorno demostrable, riesgo gestionable y escalabilidad comprobada hacia las dimensiones BIM que requiere la expansión internacional de AVe.

Conclusiones y Recomendaciones

El presente estudio diseñó, implementó y validó un modelo metodológico de integración BIM 5D en Ardila Valencia Estructuras S.A.S., orientado a optimizar la precisión, eficiencia y trazabilidad en la gestión de costos de sus proyectos estructurales. A continuación, se sintetizan los hallazgos principales correspondientes a cada objetivo específico.

Conclusiones

- **Conclusión 1. Brechas de integración BIM en los procesos de presupuestación**
  Corresponde al objetivo específico 1: Diagnosticar los procesos actuales de presupuestación e identificar las brechas de integración con la metodología BIM.

El diagnóstico evidenció que AVe presentaba un nivel intermedio-alto de madurez BIM (2,22/5) con herramientas disponibles y licenciadas, pero con una desconexión crítica entre el modelado y la presupuestación. Esta fragmentación generaba reprocesos sistemáticos de 3 a 5 iteraciones por presupuesto, desviaciones de 5–15% en la estimación de cantidades y eventos de postventa en el 40% de los proyectos mensuales (≈ $40.725.000 COP en horas no facturables). El problema no era tecnológico —las herramientas estaban disponibles— sino de articulación metodológica, confirmando los hallazgos de Hardin y McCool (2015) y Sepasgozar et al. (2022).

- **Conclusión 2. Diseño de un modelo de integración viable sobre la base tecnológica existente**
  Corresponde al objetivo específico 2: Diseñar el modelo de integración mediante la definición de flujos de información, codificación y herramientas de automatización.

El modelo se implementó íntegramente sobre herramientas ya licenciadas (Revit, Dynamo, Navisworks y Excel), con una inversión de únicamente 80 horas profesionales internas ($7.240.000 COP). Su arquitectura en tres niveles —modelado con código jerárquico XX.YY.ZZ, automatización con Dynamo y VBA, y consolidación presupuestal con APU— eliminó la transferencia manual de información entre etapas. El elemento más crítico resultó ser el sistema de codificación —no la automatización en sí misma—, confirmando la importancia de la interoperabilidad semántica documentada por Al-Musawi y Naimi (2023).

- **Conclusión 3. Validación del impacto: eficiencia, precisión y viabilidad financiera comprobadas**
  Corresponde al objetivo específico 3: Validar el modelo propuesto mediante su aplicación en un caso de estudio real, evaluando su impacto en la precisión, eficiencia y trazabilidad del proceso presupuestal.

La aplicación del modelo en un caso de estudio real validó una reducción del 40–50% en el tiempo total de presupuestación (de 23–35 a 4–8 horas/proyecto), una disminución de la desviación en cantidades del 5–15% al < 3%, y una trazabilidad del 100% (TCM). La viabilidad financiera se confirmó con un VPN de $232.806.027 COP, una TIR del 846% y un período de recuperación de 2 meses; al incorporar la reducción del 80% en eventos de postventa, el flujo de caja liberado mensual asciende a $37.657.050 COP, coherente con Lu et al. (2021) y Sepasgozar et al. (2022).

- **Conclusión 4. Estandarización como condición de sostenibilidad del modelo**
  Corresponde al objetivo específico 4: Estandarizar lineamientos para la implementación del modelo a través de una guía de buenas prácticas para la integración BIM 5D.

La guía de implementación en seis componentes —codificación jerárquica, lineamientos de modelado LOD por tipología, automatización con Dynamo, procesamiento en Excel, lista de verificación y hoja de ruta de escalabilidad— responde a la necesidad de garantizar que los beneficios sean reproducibles independientemente del profesional o la coyuntura operativa. Sin protocolos documentados y controlados, los modelos de integración digital tienden a degradarse ante episodios de alta carga o rotación del equipo. Esta guía establece además la ruta de escalabilidad hacia BIM 4D (2–3 años) y BIM 6D/7D (4–5 años), alineada con la ISO 19650 y la Estrategia Nacional BIM 2020–2026.

- **Conclusión 5. Respuesta a la pregunta de investigación**

La integración entre el modelado estructural en Revit y los procesos de presupuestación bajo el enfoque BIM 5D sí permite mejorar de manera sustancial y cuantificable la precisión, eficiencia y trazabilidad en la gestión de costos de AVe. La mejora fue posible sin inversión en nuevas tecnologías, mediante la redefinición del flujo de trabajo entre herramientas ya disponibles y la introducción de un sistema de codificación estandarizado. Este hallazgo sugiere que la brecha entre BIM para modelado y BIM para costos —documentada como limitación generalizada en empresas intermedias (Kassem & Succar, 2017; BIM Forum Colombia, 2019)— puede cerrarse con metodología robusta y voluntad organizacional. El modelo está alineado con los lineamientos de la Estrategia Nacional BIM 2020–2026 y la

ISO 19650, posicionando a AVe en una trayectoria de transformación digital con proyección hacia mercados internacionales.

Recomendaciones

A partir de las conclusiones del estudio se formulan las siguientes recomendaciones para Ardila Valencia Estructuras S.A.S. y organizaciones del sector en etapas similares de adopción BIM:

- **Recomendación 1. Institucionalizar la codificación como estándar corporativo no negociable**

Formalizar el catálogo central de códigos con control de versiones y custodia asignada al BIM Manager. Ningún modelo debe habilitarse para extracción sin superar la verificación de cobertura de codificación (CC ≥ 95%), y debe designarse un responsable de actualizar el catálogo ante cada nueva actividad incorporada al portafolio.

- **Recomendación 2. Establecer un protocolo formal de gestión de versiones para scripts y plantillas**

Documentar la versión de Revit y Dynamo compatible con cada script y validarla en un modelo de prueba antes de aplicar actualizaciones de software en proyectos activos. La plantilla Excel corporativa debe almacenarse en repositorio compartido (SharePoint/OneDrive) con historial de versiones y solo modificarse con aprobación del BIM Manager.

- **Recomendación 3. Ampliar la cobertura del modelo al 100% de proyectos en un plazo máximo de 12 meses**

El impacto financiero proyectado supone la aplicación sistemática del modelo en la totalidad de proyectos, no su uso selectivo. Se recomienda establecer un plan de transición con hito de cobertura completa a los 12 meses, manteniendo convivencia controlada con el método tradicional durante los primeros dos meses para verificar consistencia en distintas tipologías (margen de aceptación: diferencia ≤ 3% entre cantidades BIM y tradicionales).

- **Recomendación 4. Invertir en la transferencia de capacidades de automatización al equipo técnico completo**

La evaluación de madurez BIM reveló que la dimensión de personas fue la de menor incremento (2,67 → 3,33/5). Se recomienda un programa interno de transferencia de capacidades ejecutado por los propios profesionales del piloto, con la meta de que al menos tres miembros del equipo operen el modelo de forma autónoma antes de finalizar el primer año, eliminando el riesgo de concentración de conocimiento.

- **Recomendación 5. Avanzar hacia la integración BIM 4D como próximo horizonte de desarrollo**

Una vez que la madurez BIM alcance nivel 4 en los tres campos evaluados y el equipo tenga dominio consolidado del flujo BIM 5D, la vinculación con cronogramas de MS Project/Primavera es una extensión natural del sistema de codificación existente. A largo plazo, se recomienda iniciar la evaluación de plataformas CDE conforme a ISO 19650 como

decisión estratégica alineada con la expansión internacional hacia Perú, México, Ecuador y Florida para 2030, donde los entregables BIM integrados son exigencia creciente en contratos públicos.

Referencias

Abdelalim, A., & Hassanen, M. (2022). Integration of BIM with cost management processes in construction projects. Engineering Research Journal, 175(3), B1–B12. 10.1108/JEDT-10-2022-0538

Al-Musawi, R., & Naimi, S. (2023). Evaluation of construction project's cost using BIM technology. *Mathematical Modelling of Engineering Problems, 10*(2), 469–476. https://doi.org/10.18280/mmep.100212

Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering, 11*(3), 241–252. https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127

Alzara, M., Alasmari, E., Al-Gahtani, K., & Abotaleb, I. (2023). Dynamo script and a BIM-based process for measuring embodied carbon in buildings during the design phase. International Journal of Low-Carbon Technologies, 18, 755–765. https://doi.org/10.1093/ijlct/ctad053

Aranda-Mena, G., Crawford, J., Chevez, A., & Froese, T. (2009). Building information modelling demystified: Does it make business sense to adopt BIM? *International Journal of Managing Projects in Business, 2*(3), 419–434. 10.1108/17538370910971063

Banihashemi, S., Tabadkani, A., & Hosseini, M. R. (2022). BIM-based cost and schedule integration: Addressing alignment of cost and quantity data. Automation in Construction, 134, 103996. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.008

BIM Forum Colombia. (2019). *Guía para la gestión de la información en proyectos con metodología BIM*. COPNIA. https://bimforumcolombia.com

BIM Forum Colombia. (2020). *Guía de modelado BIM*. COPNIA. https://bimforumcolombia.com

Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management, 31*(7), 971–980. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001

Cheng, J. C. P., & Lu, Q. (2015). A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide. *Journal of Information Technology in Construction, 20*, 442–478.

Collao, J., Lozano-Galant, F., & Lozano-Galant, J. A. (2021). BIM visual programming tools applications in infrastructure projects: A state-of-the-art review. Applied Sciences, 11(18), 8343. https://doi.org/10.3390/app11188343

Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Estrategia para la adopción e implementación de BIM en Colombia 2020–2026*. https://camacol.co/sites/default/files/LANZAMIENTO%20DE%20LA%20ESTRATEGIA%20DE%20ADOPCI%C3%93N%20BIM%20EN%20COLOMBIA.pdf

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling* (3rd ed.). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781119287568

Gohil, D., Teizer, J., & Vela, P. A. (2022). BIM-based quantity takeoff: Current state and future opportunities. Automation in Construction, 147, 104751.

Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and construction management: Proven tools, methods, and workflows*. Wiley.

International Organization for Standardization. (2018a). *ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works*. https://www.iso.org/standard/68078.html

International Organization for Standardization. (2018b). *ISO 19650-2: Delivery phase of assets*. https://www.iso.org/standard/68080.html

Kassem, M., & Succar, B. (2017). Macro BIM adoption: Comparative market analysis. *Automation in Construction, 81*, 286–299. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.04.005

Lu, Q., Won, J., & Cheng, J. C. P. (2021). A financial decision-making framework for construction projects based on 5D BIM. *Automation in Construction, 122*, 103486. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103486

Machado, F. A., Delatorre, J. P. M., & Ruschel, R. C. (2021). BIM in Latin American countries: An analysis of regulation evolution. En E. Toledo Santos & S. Scheer (Eds.), Proceedings of the 18th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 98 (pp. 391–402). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51295-8_30

Messner, J., et al. (2019). *BIM Project Execution Planning Guide* (Version 3.0). Penn State University. https://www.bim.psu.edu

Moshtaghian, F., & Noorzai, E. (2023). Interoperability issues in BIM: Barriers to full integration between 3D, 4D and 5D modelling dimensions. Journal of Building Engineering, 68, 106155.

Oladimeji, O., Najjar, M. K., Soares, C. A. P., & Haddad, A. N. (2023). The influence of building information modelling adoption in the viability of medium, small and micro scale construction firms. Buildings, 13(4), 1087. https://doi.org/10.3390/buildings13041087

Olawumi, T. O., & Chan, D. W. M. (2019). Building information modelling and project information management framework. *Journal of Civil Engineering and Management, 25*(1), 53–75. https://doi.org/10.3846/jcem.2019.7841

Osorio-Gómez, C. C., Moreno-Falla, M. J., Ospina-Alvarado, A. M., & Ponz-Tienda, J. L. (2020). Lean construction and BIM in the value chain of a construction company: A case study. Construction Research Congress 2020, 368–378. https://doi.org/10.1061/9780784482865.040

Pärn, E. A., Edwards, D. J., & Sing, M. C. P. (2017). The building information modelling trajectory in facilities management. *Automation in Construction, 75*, 45–55. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.12.003

Pishdad, P., & Onungwa, I. (2024). Analysis of 5D BIM for cost estimation, cost control and payments. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 29, 523–550. 10.1061/9780784482889.039

Safaa Eldin, A. M., Abdel-Aziz, T. M., & Ahmed, M. (2024). Enhancing cost management in construction: The role of 5D building information modeling (BIM). Engineering Research Journal, 183(3), C166–C175. 10.21608/erj.2024.377303

Sepasgozar, S. M. E., et al. (2022). BIM and digital tools for state-of-the-art construction cost management. *Buildings, 12*(4), 396. https://doi.org/10.3390/buildings12040396

Succar, B. (2009). Building information modelling framework. *Automation in Construction, 18*(3), 357–375. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003

Succar, B., Sher, W., & Williams, A. (2012). Measuring BIM performance. *Architectural Engineering and Design Management, 8*(2), 120–142. https://doi.org/10.1080/17452007.2012.659506

Valinejadshoubi, M., Bagchi, A., & Moselhi, O. (2024). A comprehensive literature review of 5D building information modelling using latent Dirichlet allocation analysis. Construction Innovation. https://doi.org/10.1108/CI-07-2024-0209

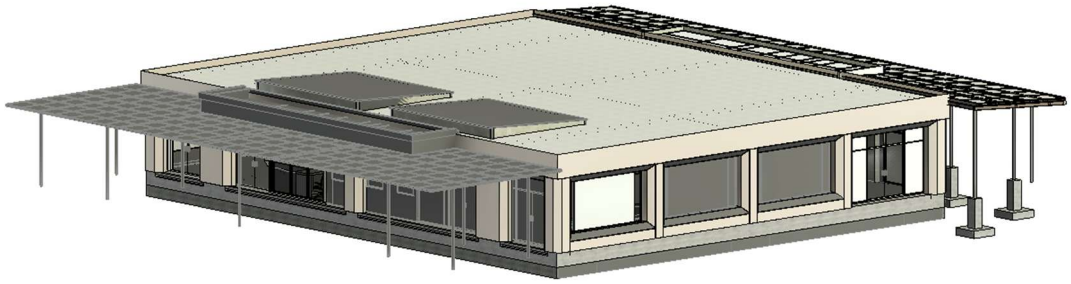
Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). BIM for existing buildings. *Automation in Construction, 38*, 109–127. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023

Zhang, J., & Hu, Z. (2011). BIM- and 4D-based integrated solution. *Automation in Construction, 20*(2), 157–166.

A. Anexo. Modelo BIM en Revit

Este anexo presenta el modelo desarrollado en Revit, el cual constituye la base para la generación de cantidades y su posterior integración con los procesos de presupuestación. Se incluyen vistas generales del modelo, así como ejemplos de tablas de planificación y parámetros utilizados para la cuantificación de elementos. Adicionalmente, los modelos BIM elaborados en Revit se encuentran disponibles como material de soporte digital y podrán ser suministrados en caso de ser requeridos.

Figura 7.
Vista tridimensional del modelo BIM desarrollado en Revit del proyecto



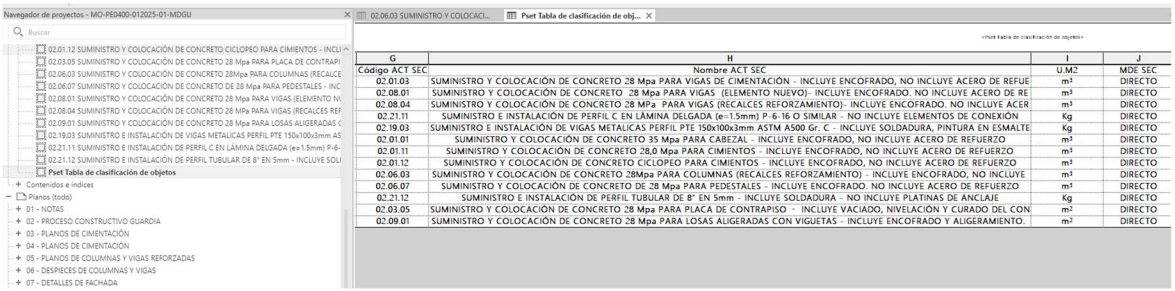
Nota. Elaboración propia a partir del modelo en Autodesk Revit.

Figura 8.
Vista tridimensional del modelo BIM desarrollado en Revit del proyecto V_2.0

Nota. Elaboración propia a partir del modelo en Autodesk Revit.

Figura 9.

Tabla de propiedades (Pset) para la clasificación y codificación de elementos del modelo BIM

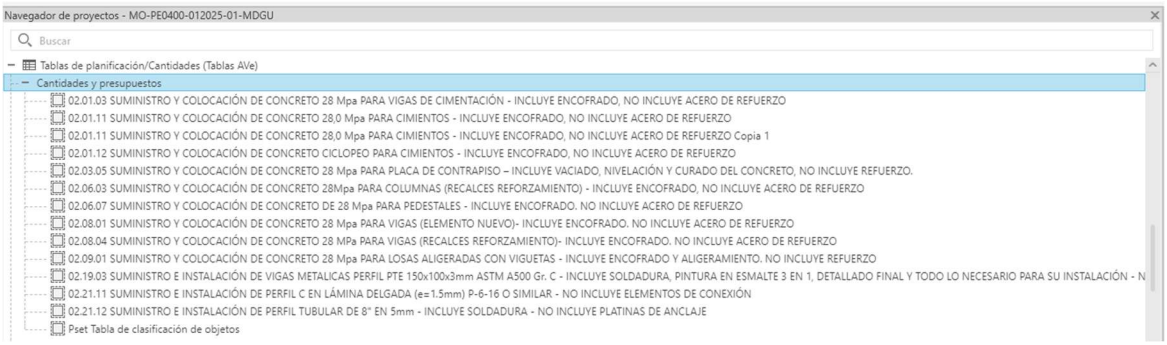


G	H	I	J
Código ACT SEC	Nombre ACT SEC	U.M2	MDE SEC
02.01.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28 Mpa PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUE	m³	DIRECTO
02.08.01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28 Mpa PARA VIGAS (ELEMENTO NUEVO)- INCLUYE ENCOFRADO. NO INCLUYE ACERO DE RE	m³	DIRECTO
02.08.04	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28 MPa PARA VIGAS (RECALCES REFORZAMIENTO)- INCLUYE ENCOFRADO. NO INCLUYE ACER	m³	DIRECTO
02.21.11	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PERFIL C EN LÁMINA DELGADA (e=1.5mm) P-6-16 O SIMILAR - NO INCLUYE ELEMENTOS DE CONEXIÓN	Kg	DIRECTO
02.19.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VIGAS METALICAS PERFIL PTE 150x100x3mm ASTM A500 Gr. C - INCLUYE SOLDADURA, PINTURA EN ESMALTE	Kg	DIRECTO
02.01.01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 35 Mpa PARA CABEZAL - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO	m³	DIRECTO
02.01.11	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28,0 Mpa PARA CIMIENTOS - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO	m³	DIRECTO
02.01.12	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO CICLOPEO PARA CIMIENTOS - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO	m³	DIRECTO
02.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE	m³	DIRECTO
02.06.07	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO DE 28 Mpa PARA PEDESTALES - INCLUYE ENCOFRADO. NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO	m³	DIRECTO
02.21.12	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PERFIL TUBULAR DE 8" EN 5mm - INCLUYE SOLDADURA - NO INCLUYE PLATINAS DE ANCLAJE	Kg	DIRECTO
02.03.05	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28 Mpa PARA PLACA DE CONTRAPISO - INCLUYE VACIADO, NIVELACIÓN Y CURADO DEL CON	m²	DIRECTO
02.09.01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28 Mpa PARA LOSAS ALIGERADAS CON VIGUETAS - INCLUYE ENCOFRADO Y ALIGERAMIENTO.	m²	DIRECTO

Nota. Elaboración propia a partir del modelo en Autodesk Revit.

Figura 10.

Tablas de cantidades vinculada al presupuesto en el modelo BIM



Nota. Elaboración propia a partir del modelo en Autodesk Revit.

Figura 11.

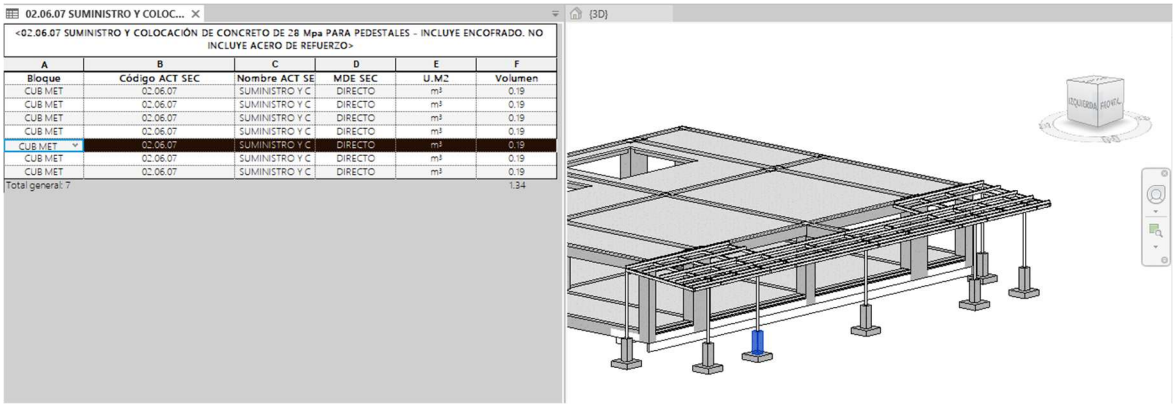
Tabla de actividad 02.06.07 de cantidades vinculada al presupuesto en el modelo BIM

<02.06.07 SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO DE 28 Mpa PARA PEDESTALES - INCLUYE ENCOFRADO. NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO>					
A	B	C	D	E	F
Bloque	Código ACT SEC	Nombre ACT SE	MDE SEC	U.M2	Volumen
CUB MET	02.06.07	SUMINISTRO Y C	DIRECTO	m³	0.19
CUB MET	02.06.07	SUMINISTRO Y C	DIRECTO	m³	0.19
CUB MET	02.06.07	SUMINISTRO Y C	DIRECTO	m³	0.19
CUB MET	02.06.07	SUMINISTRO Y C	DIRECTO	m³	0.19
CUB MET	02.06.07	SUMINISTRO Y C	DIRECTO	m³	0.19
CUB MET	02.06.07	SUMINISTRO Y C	DIRECTO	m³	0.19
CUB MET	02.06.07	SUMINISTRO Y C	DIRECTO	m³	0.19
Total general: 7					1.34

Nota. Elaboración propia a partir del modelo en Autodesk Revit.

Figura 12.

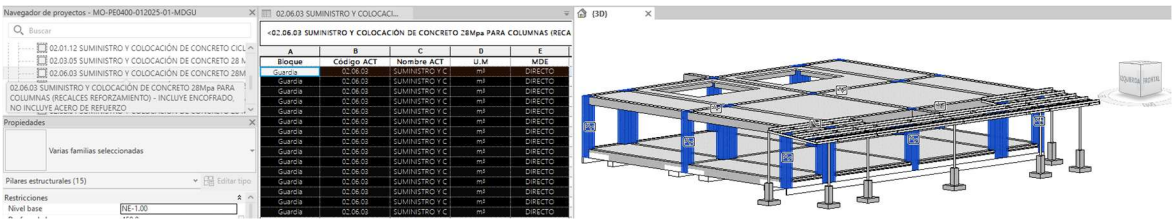
Vinculación entre tabla de cantidades y visualización de elementos en el modelo BIM



Nota. Elaboración propia a partir del modelo en Autodesk Revit.

Figura 13.

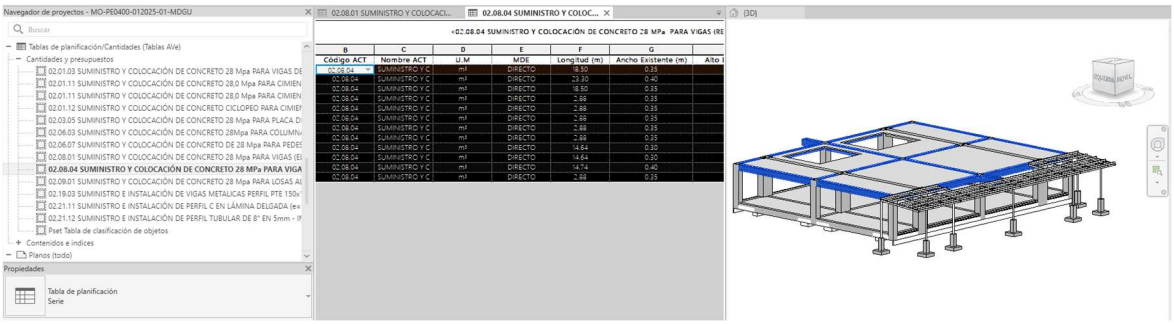
Vinculación entre tabla de cantidades y visualización de elementos (Columnas recalzadas) en el modelo BIM



Nota. Elaboración propia a partir del modelo en Autodesk Revit.

Figura 14.

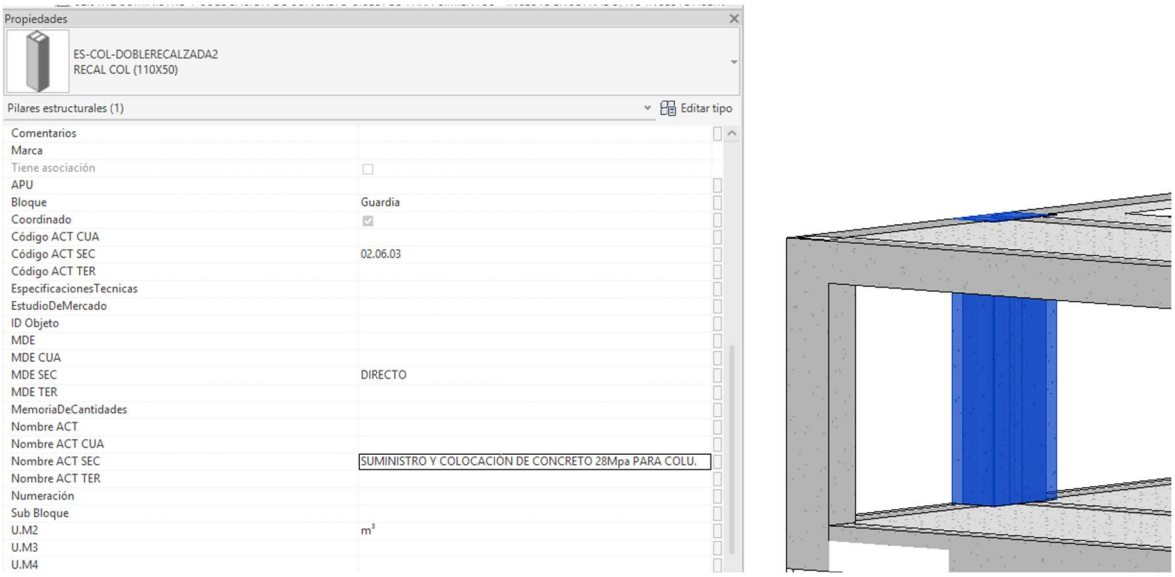
Vinculación entre tabla de cantidades y visualización de elementos (Vigas) en el modelo BIM



Nota. Elaboración propia a partir del modelo en Autodesk Revit.

Figura 15.

Parámetros compartidos (Pset) aplicados a elementos estructurales para la vinculación con el presupuesto en el modelo BIM

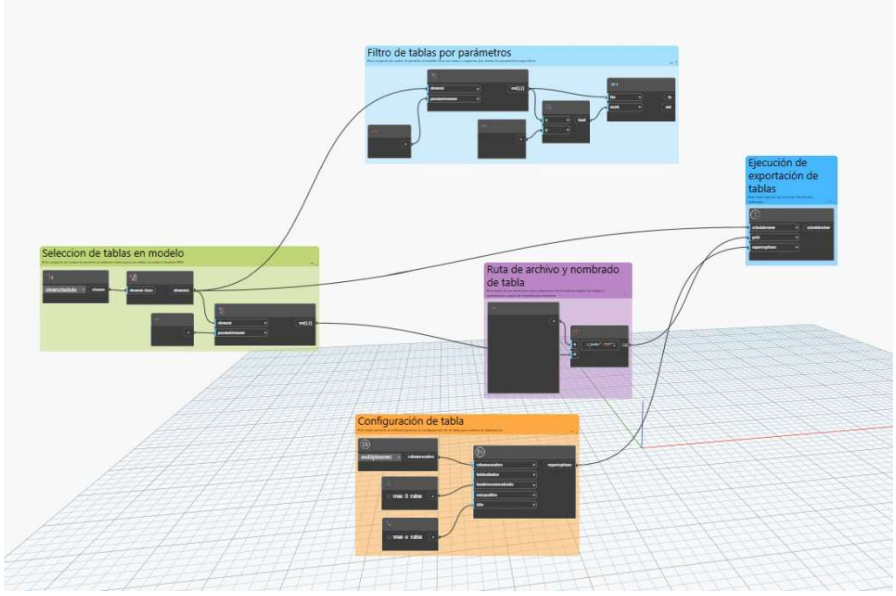


Nota. Elaboración propia a partir del modelo en Autodesk Revit.

B. Anexo. Script de automatización en Dynamo

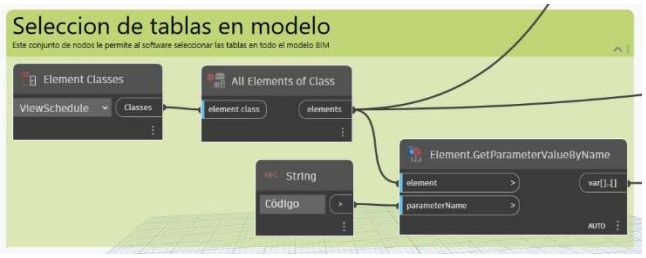
Este anexo presenta el script desarrollado en Dynamo para la automatización de la extracción de cantidades desde el modelo BIM. El flujo del script permite seleccionar las tablas de planificación, filtrar la información mediante parámetros específicos y exportar los datos en formato .txt para su procesamiento en Excel.

Figura 16.
Flujo general del script de automatización en Dynamo



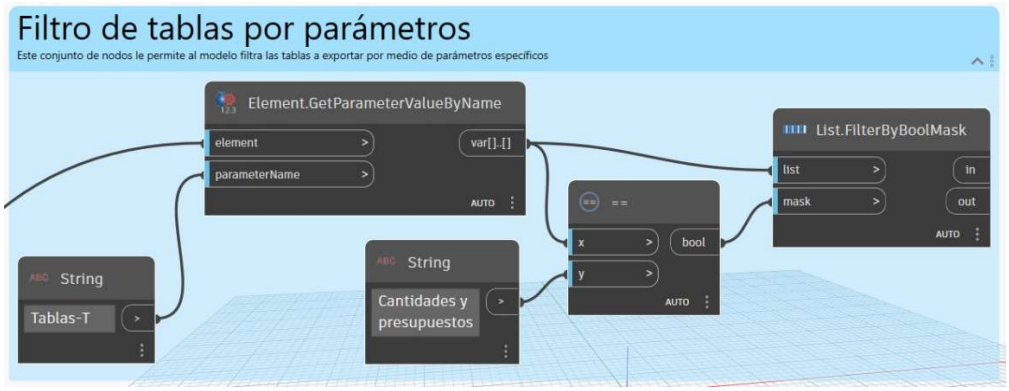
Nota. Elaboración propia

Figura 17.
Selección de tablas en el modelo BIM



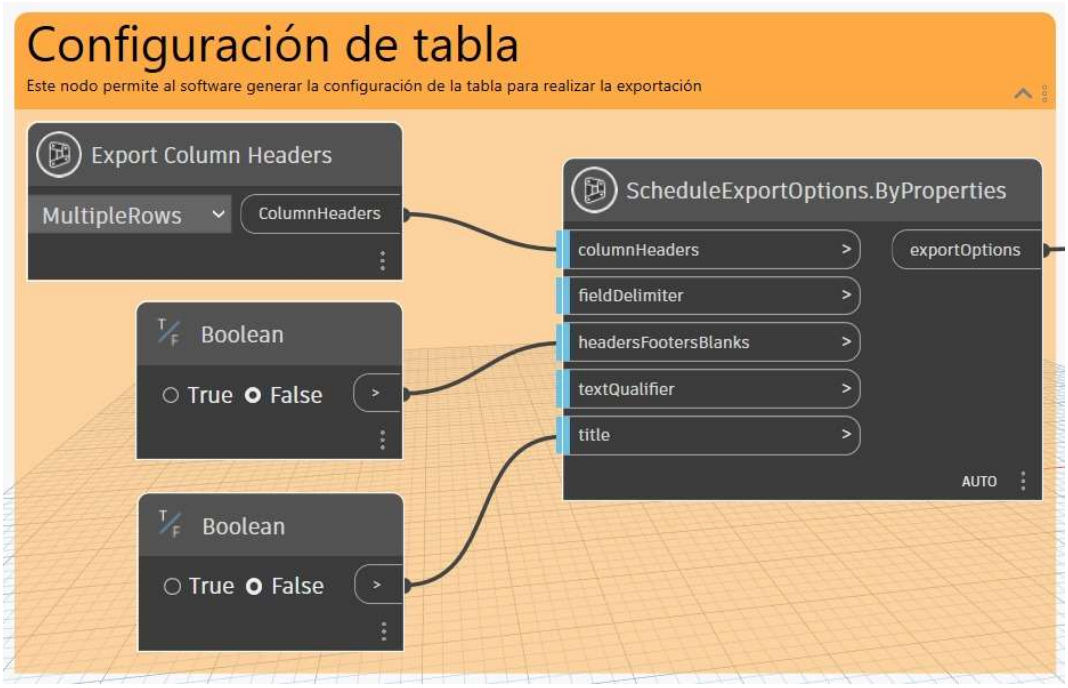
Nota. *Elaboración propia*

Figura 18.
Filtrado de tablas mediante parámetros en Dynamo



Nota. Elaboración propia

Figura 19.
Configuración de opciones de exportación de tablas



Nota. *Elaboración propia*

Figura 20.
Definición de la ruta de almacenamiento y nombrado de archivos

Nota. Elaboración propia

Figura 21.
Ejecución del proceso de exportación de tablas

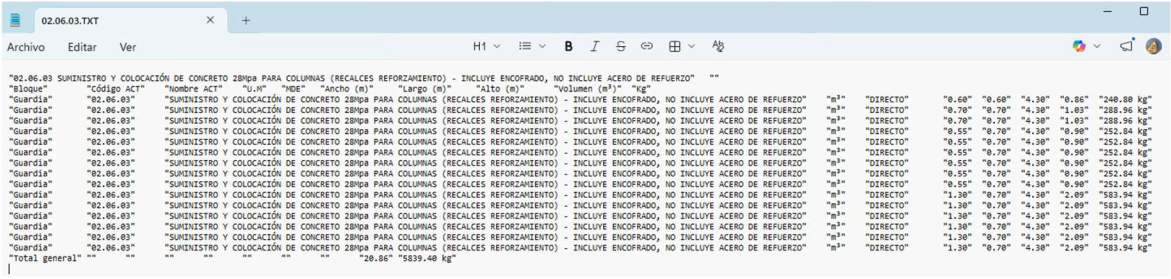
Nota. Elaboración propia

C. Base de datos y procesamiento en Excel

En este anexo se presenta la estructura de las hojas de cálculo utilizadas para el procesamiento de la información extraída del modelo BIM. Se incluyen tablas de cantidades, vínculos entre archivos y automatizaciones implementadas mediante fórmulas

Figura 22.

Archivo de salida en formato .txt generado mediante el script de Dynamo



```
"02.06.03 SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO"  ""
"Bloque"      "Código ACT"   "Nombre ACT"   "U.M"   "MDE"   "Ancho (m)"   "Largo (m)"   "Alto (m)"   "Volumen (m³)"  "Kg"
"Guardia"     "02.06.03"     "SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO"   "m³"   "DIRECTO"   "0.60"  "0.60"  "4.30"  "0.86"  "240.80 kg"
"Guardia"     "02.06.03"     "SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO"   "m³"   "DIRECTO"   "0.70"  "0.70"  "4.30"  "1.03"  "288.96 kg"
"Guardia"     "02.06.03"     "SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO"   "m³"   "DIRECTO"   "0.70"  "0.70"  "4.30"  "1.03"  "288.96 kg"
"Guardia"     "02.06.03"     "SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO"   "m³"   "DIRECTO"   "0.55"  "0.70"  "4.30"  "0.90"  "252.84 kg"
"Guardia"     "02.06.03"     "SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO"   "m³"   "DIRECTO"   "0.55"  "0.70"  "4.30"  "0.90"  "252.84 kg"
"Guardia"     "02.06.03"     "SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO"   "m³"   "DIRECTO"   "0.55"  "0.70"  "4.30"  "0.90"  "252.84 kg"
"Guardia"     "02.06.03"     "SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO"   "m³"   "DIRECTO"   "0.55"  "0.70"  "4.30"  "0.90"  "252.84 kg"
"Guardia"     "02.06.03"     "SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO"   "m³"   "DIRECTO"   "0.55"  "0.70"  "4.30"  "0.90"  "252.84 kg"
"Guardia"     "02.06.03"     "SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO"   "m³"   "DIRECTO"   "1.30"  "0.70"  "4.30"  "2.09"  "583.94 kg"
"Guardia"     "02.06.03"     "SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO"   "m³"   "DIRECTO"   "1.30"  "0.70"  "4.30"  "2.09"  "583.94 kg"
"Guardia"     "02.06.03"     "SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO"   "m³"   "DIRECTO"   "1.30"  "0.70"  "4.30"  "2.09"  "583.94 kg"
"Guardia"     "02.06.03"     "SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO"   "m³"   "DIRECTO"   "1.30"  "0.70"  "4.30"  "2.09"  "583.94 kg"
"Guardia"     "02.06.03"     "SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO"   "m³"   "DIRECTO"   "1.30"  "0.70"  "4.30"  "2.09"  "583.94 kg"
"Guardia"     "02.06.03"     "SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO"   "m³"   "DIRECTO"   "1.30"  "0.70"  "4.30"  "2.09"  "583.94 kg"
"Total general" ""  ""  ""  ""  ""  ""  ""  "20.86" "5839.40 kg"
```

Nota. Elaboración propia. El archivo contiene la extracción automatizada de cantidades desde tablas de planificación del modelo BIM para su posterior procesamiento en Excel.

Figura 23.

Vinculación de datos en Excel mediante importación desde archivo de texto (.txt)

SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO, NO INCLUYE ACERO DE REFUERZO

B	C	D	E	F	G	H	I	J
Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7	Column8	Column9	Column10
Código ACT	Nombre ACT	U.M	MDE	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Volumen (m³)	Kg
02.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFOR	m³	DIRECTO	0.60	0.60	4.30	0.86	240,8
02.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFOR	m³	DIRECTO	0.70	0.70	4.30	1.03	288,96
02.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFOR	m³	DIRECTO	0.70	0.70	4.30	1.03	288,96
02.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFOR	m³	DIRECTO	0.55	0.70	4.30	0.90	252,84
02.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFOR	m³	DIRECTO	0.55	0.70	4.30	0.90	252,84
02.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFOR	m³	DIRECTO	0.55	0.70	4.30	0.90	252,84
02.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFOR	m³	DIRECTO	0.55	0.70	4.30	0.90	252,84
02.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFOR	m³	DIRECTO	0.55	0.70	4.30	0.90	252,84
02.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFOR	m³	DIRECTO	1.30	0.70	4.30	2.09	583,94
02.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFOR	m³	DIRECTO	1.30	0.70	4.30	2.09	583,94
02.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFOR	m³	DIRECTO	1.30	0.70	4.30	2.09	583,94
02.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFOR	m³	DIRECTO	1.30	0.70	4.30	2.09	583,94
02.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFOR	m³	DIRECTO	1.30	0.70	4.30	2.09	583,94
02.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFOR	m³	DIRECTO	1.30	0.70	4.30	2.09	583,94
							20.86	5839,4

Consultas y conexiones

Consultas | Conexiones

19 consultas

PPTO
Se cargaron 2.045 filas.

02 01 03
Se cargaron 11 filas.

02 01 11
Se cargaron 12 filas.

02 01 12
Se cargaron 3 filas.

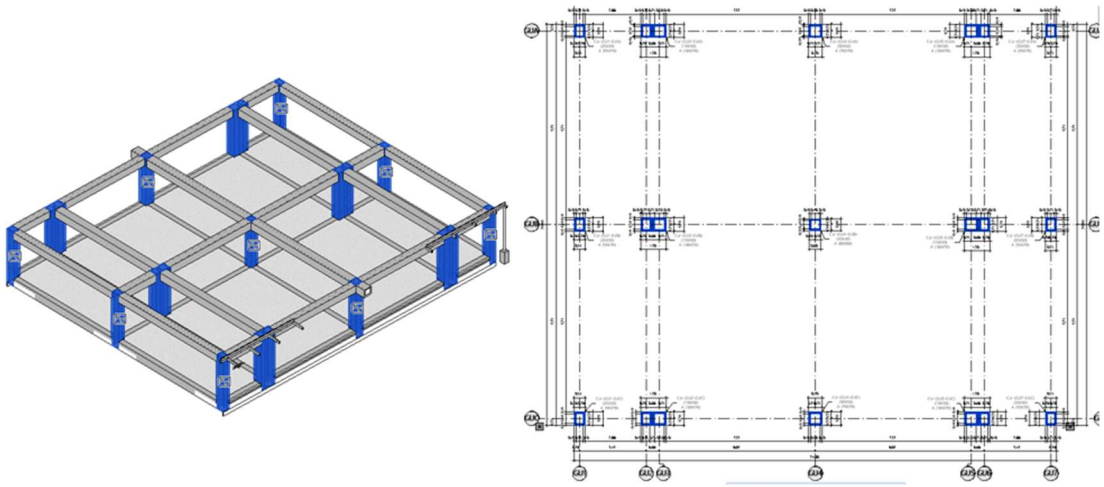
02 06 03
Se cargaron 18 filas.

Nota. Elaboración propia. Los datos corresponden a la extracción automatizada desde el modelo BIM y su posterior estructuración en formato tabular para análisis en Excel.

Figura 24.

Memoria de cantidades de la modelo estructural asociada a la extracción de datos

CAPÍTULO	02	ESTRUCTURAS		
SUBCAPÍTULO	02.06	CONCRETO DE COLUMNAS		
ÍTEM	02.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO A LA VISTA DE 28Mpa PARA COLUMNAS (RECALCES REFORZAMIENTO) - INCLUYE ENCOFRADO.		
BLOQUE O FASE CONSTRUCTIVA		GUARDIA	UNIDAD DE MEDIDA	m³
REFERENCIA		Modelo MO-PE0400-012025-01-MDGU	FECHA DE REALIZACIÓN	FEBRERO 2026



Nota. Elaboración propia. La figura presenta la representación del modelo BIM y la disposición estructural de los elementos (columnas), a partir de los cuales se generan las tablas de planificación utilizadas en el proceso de automatización.

D. Anexo. Análisis de precios unitarios (APU)

Este anexo contiene ejemplos de los análisis de precios unitarios desarrollados para el

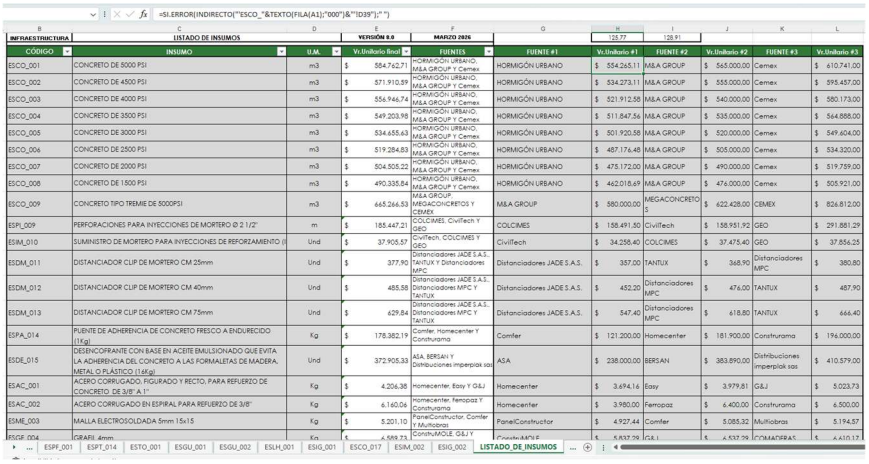
Este anexo describe el proceso de estructuración, vinculación y automatización de la base de datos de insumos, los Análisis de Precios Unitarios (APU) y el presupuesto general del proyecto, desarrollado en entorno Excel mediante el uso de funciones avanzadas y programación en Visual Basic para Aplicaciones (VBA).

El objetivo de este proceso es garantizar la trazabilidad, consistencia y automatización de la información de costos, asegurando que cada ítem presupuestal esté directamente vinculado con su respectivo análisis de precios unitarios y con la base de datos de insumos provenientes del estudio de mercado.

<u>Estructuración del listado de insumos</u>

El proceso inicia con la consolidación del listado de insumos, construido a partir de un estudio de mercado en el cual se recopilan múltiples cotizaciones para cada material, equipo o recurso.

Figura 25.
Listado de insumos



=SI.ERROR(INDIRECTO("'ESCO_"&TEXTO(FILA(A1);"000")&"'!D39");"")

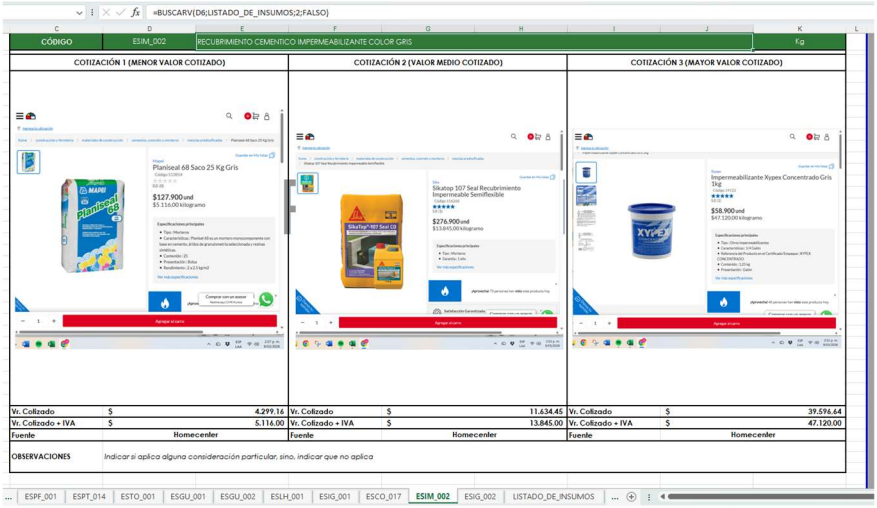
	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	INFRAESTRUCTURA	LISTADO DE INSUMOS		VERSIÓN 8.0	MARZO 2026		125.77	128.91			
	CÓDIGO	INSUMO	U.M.	Vr.Unitario final	FUENTES	FUENTE #1	Vr.Unitario #1	FUENTE #2	Vr.Unitario #2	FUENTE #3	Vr.Unitario #3
	ESCO_001	CONCRETO DE 5000 PSI	m3	$ 584.762,71	HORMIGÓN URBANO, M&A GROUP Y Cemex	HORMIGÓN URBANO	$ 554.265,11	M&A GROUP	$ 565.000,00	Cemex	$ 610.741,00
	ESCO_002	CONCRETO DE 4500 PSI	m3	$ 571.910,59	HORMIGÓN URBANO, M&A GROUP Y Cemex	HORMIGÓN URBANO	$ 534.273,11	M&A GROUP	$ 555.000,00	Cemex	$ 595.457,00
	ESCO_003	CONCRETO DE 4000 PSI	m3	$ 556.946,74	HORMIGÓN URBANO, M&A GROUP Y Cemex	HORMIGÓN URBANO	$ 521.912,58	M&A GROUP	$ 540.000,00	Cemex	$ 580.173,00
	ESCO_004	CONCRETO DE 3500 PSI	m3	$ 549.203,98	HORMIGÓN URBANO, M&A GROUP Y Cemex	HORMIGÓN URBANO	$ 511.847,56	M&A GROUP	$ 535.000,00	Cemex	$ 564.888,00
	ESCO_005	CONCRETO DE 3000 PSI	m3	$ 534.655,63	HORMIGÓN URBANO, M&A GROUP Y Cemex	HORMIGÓN URBANO	$ 501.920,58	M&A GROUP	$ 520.000,00	Cemex	$ 549.604,00
	ESCO_006	CONCRETO DE 2500 PSI	m3	$ 519.284,83	HORMIGÓN URBANO, M&A GROUP Y Cemex	HORMIGÓN URBANO	$ 487.176,48	M&A GROUP	$ 505.000,00	Cemex	$ 534.320,00
	ESCO_007	CONCRETO DE 2000 PSI	m3	$ 504.505,22	HORMIGÓN URBANO, M&A GROUP Y Cemex	HORMIGÓN URBANO	$ 475.172,00	M&A GROUP	$ 490.000,00	Cemex	$ 519.759,00
	ESCO_008	CONCRETO DE 1500 PSI	m3	$ 490.335,67	HORMIGÓN URBANO, M&A GROUP Y Cemex	HORMIGÓN URBANO	$ 462.018,69	M&A GROUP	$ 476.000,00	Cemex	$ 505.921,00
	ESCO_009	CONCRETO TIPO TREMIE DE 5000PSI	m3	$ 665.266,53	M&A GROUP, MEGACONCRETOS Y CEMEX	M&A GROUP	$ 580.000,00	MEGACONCRETOS	$ 622.428,00	CEMEX	$ 826.812,00
	ESPI_009	PERFORACIONES PARA INYECCIONES DE MORTERO Ø 2 1/2"	m	$ 185.447,21	COLCIMES, CivilTech Y GEO	COLCIMES	$ 158.491,50	CivilTech	$ 158.951,92	GEO	$ 291.881,29
	ESIM_010	SUMINISTRO DE MORTERO PARA INYECCIONES DE REFORZAMIENTO (	Und	$ 37.905,57	CivilTech, COLCIMES Y GEO	CivilTech	$ 34.258,40	COLCIMES	$ 37.475,40	GEO	$ 37.856,25
	ESDM_011	DISTANCIADOR CLIP DE MORTERO CM 25mm	Und	$ 377,90	Distanciadores JADE S.A.S., TANTUX Y Distanciadores MPC	Distanciadores JADE S.A.S.	$ 357,00	TANTUX	$ 368,90	Distanciadores MPC	$ 380,80
	ESDM_012	DISTANCIADOR CLIP DE MORTERO CM 40mm	Und	$ 485,58	Distanciadores JADE S.A.S., Distanciadores MPC Y TANTUX	Distanciadores JADE S.A.S.	$ 452,20	Distanciadores MPC	$ 476,00	TANTUX	$ 487,90
	ESDM_013	DISTANCIADOR CLIP DE MORTERO CM 75mm	Und	$ 629,84	Distanciadores JADE S.A.S., Distanciadores MPC Y TANTUX	Distanciadores JADE S.A.S.	$ 547,40	Distanciadores MPC	$ 618,80	TANTUX	$ 666,40
	ESPA_014	PUENTE DE ADHERENCIA DE CONCRETO FRESCO A ENDURECIDO (1Kg)	Kg	$ 178.382,19	Comfer, Homecenter Y Construrama	Comfer	$ 121.200,00	Homecenter	$ 181.900,00	Construrama	$ 196.000,00
	ESDE_015	DESENCOFRANTE CON BASE EN ACEITE EMULSIONADO QUE EVITA LA ADHERENCIA DEL CONCRETO A LAS FORMALETAS DE MADERA, METAL O PLÁSTICO (1Kg)	Und	$ 372.905,33	ASA, BERSAN Y Distribuciones imperplak sas	ASA	$ 238.000,00	BERSAN	$ 383.890,00	Distribuciones imperplak sas	$ 410.579,00
	ESAC_001	ACERO CORRUGADO, FIGURADO Y RECTO, PARA REFUERZO DE CONCRETO DE 3/8" A 1"	Kg	$ 4.206,38	Homecenter, Easy Y G&J	Homecenter	$ 3.694,16	Easy	$ 3.979,81	G&J	$ 5.023,73
	ESAC_002	ACERO CORRUGADO EN ESPIRAL PARA REFUERZO DE 3/8"	Kg	$ 6.160,05	Homecenter, Ferropaz Y Construrama	Homecenter	$ 3.980,00	Ferropaz	$ 6.400,00	Construrama	$ 6.500,00
	ESME_003	MALLA ELECTROSOLDADA 5mm 15x15	Kg	$ 5.201,10	PanelConstructor, Comfer y Multiobras	PanelConstructor	$ 4.927,44	Comfer	$ 5.085,32	Multiobras	$ 5.194,57
	ESGF_004	GRAFIL 4mm	Kg	$ 4.589,73	ConstruMOLE, G&J Y	ConstruMOLE	$ 5.837,29	G&J	$ 4.537,29	COMACERAS	$ 4.410,17

ESPF_001 | ESPT_014 | ESTO_001 | ESGU_001 | ESGU_002 | ESLH_001 | ESIG_001 | ESCO_017 | ESIM_002 | ESIG_002 | LISTADO_DE_INSUMOS

Nota. Elaboración propia.

Figura 26.

Análisis de cotizaciones por insumo



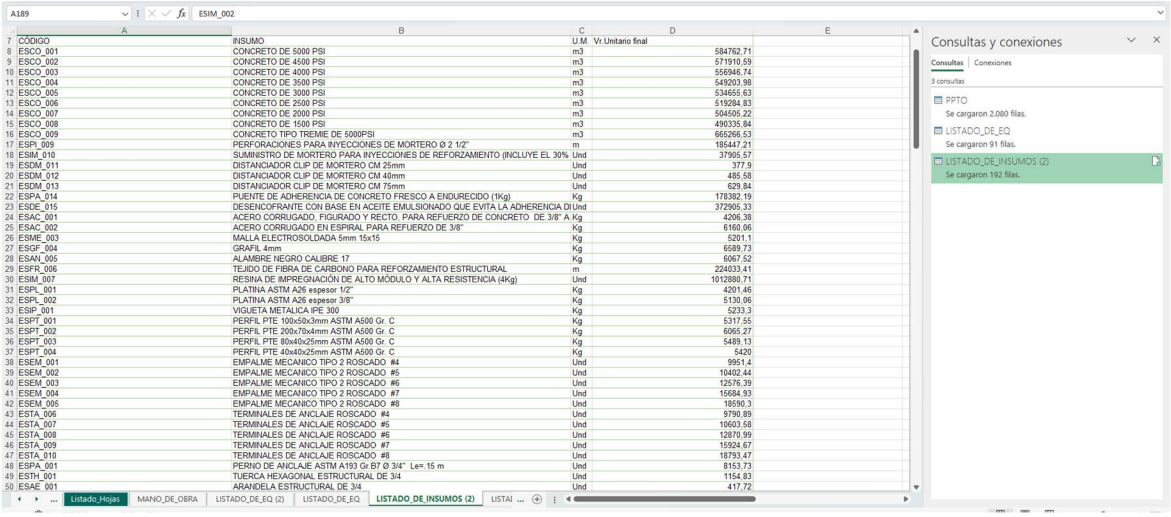
Nota. Elaboración propia.

Vinculación del listado de insumos con los APU

En el archivo de Análisis de Precios Unitarios (APU), cada actividad está estructurada mediante códigos que corresponden directamente al listado de insumos. La integración se realiza mediante funciones de Excel

Figura 27.

Vinculación del listado de insumos para APU



CÓDIGO	INSUMO	U.M.	Vr Unitario final
ESCO_001	CONCRETO DE 5000 PSI	m3	584762,71
ESCO_002	CONCRETO DE 4500 PSI	m3	571910,59
ESCO_003	CONCRETO DE 4000 PSI	m3	556946,74
ESCO_004	CONCRETO DE 3500 PSI	m3	549203,98
ESCO_005	CONCRETO DE 3000 PSI	m3	534665,63
ESCO_006	CONCRETO DE 2500 PSI	m3	519284,83
ESCO_007	CONCRETO DE 2000 PSI	m3	504505,22
ESCO_008	CONCRETO DE 1500 PSI	m3	490335,84
ESCO_009	CONCRETO TIPO TREMIE DE 5000PSI	m3	665266,53
ESPI_009	PERFORACIONES PARA INYECCIONES DE MORTERO Ø 2 1/2"	m	185447,21
ESIM_010	SUMINISTRO DE MORTERO PARA INYECCIONES DE REFORZAMIENTO (INCLUYE EL 30%	Und	37905,57
ESDM_011	DISTANCIADOR CLIP DE MORTERO CM 25mm	Und	377,9
ESDM_012	DISTANCIADOR CLIP DE MORTERO CM 40mm	Und	485,58
ESDM_013	DISTANCIADOR CLIP DE MORTERO CM 75mm	Und	629,84
ESPA_014	PUENTE DE ADHERENCIA DE CONCRETO FRESCO A ENDURECIDO (1Kg)	Kg	178382,19
ESDE_015	DESENCOFRANTE CON BASE EN ACEITE EMULSIONADO QUE EVITA LA ADHERENCIA DI	Und	372905,33
ESAC_001	ACERO CORRUGADO. FIGURADO Y RECTO. PARA REFUERZO DE CONCRETO DE 3/8" A	Kg	4206,38
ESAC_002	ACERO CORRUGADO EN ESPIRAL PARA REFUERZO DE 3/8"	Kg	6160,06
ESME_003	MALLA ELECTROSOLDADA 5mm 15x15	Kg	5201,1
ESGF_004	GRAFIL 4mm	Kg	6589,73
ESAN_005	ALAMBRE NEGRO CALIBRE 17	Kg	6067,52
ESFR_006	TEJIDO DE FIBRA DE CARBONO PARA REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	m	224033,41
ESIM_007	RESINA DE IMPREGNACIÓN DE ALTO MÓDULO Y ALTA RESISTENCIA (4Kg)	Und	1012880,71
ESPL_001	PLATINA ASTM A26 espesor 1/2"	Kg	4201,46
ESPL_002	PLATINA ASTM A26 espesor 3/8"	Kg	5130,06
ESIP_001	VIGUETA METALICA IPE 300	Kg	5233,3
ESPT_001	PERFIL PTE 100x50x3mm ASTM A500 Gr. C	Kg	5317,55
ESPT_002	PERFIL PTE 200x70x4mm ASTM A500 Gr. C	Kg	6065,27
ESPT_003	PERFIL PTE 80x40x25mm ASTM A500 Gr. C	Kg	5489,13
ESPT_004	PERFIL PTE 40x40x25mm ASTM A500 Gr. C	Kg	5420
ESEM_001	EMPALME MECANICO TIPO 2 ROSCADO #4	Und	9951,4
ESEM_002	EMPALME MECANICO TIPO 2 ROSCADO #5	Und	10402,44
ESEM_003	EMPALME MECANICO TIPO 2 ROSCADO #6	Und	12576,39
ESEM_004	EMPALME MECANICO TIPO 2 ROSCADO #7	Und	15684,93
ESEM_005	EMPALME MECANICO TIPO 2 ROSCADO #8	Und	18590,3
ESTA_006	TERMINALES DE ANCLAJE ROSCADO #4	Und	9790,89
ESTA_007	TERMINALES DE ANCLAJE ROSCADO #5	Und	10603,58
ESTA_008	TERMINALES DE ANCLAJE ROSCADO #6	Und	12870,99
ESTA_009	TERMINALES DE ANCLAJE ROSCADO #7	Und	15924,67
ESTA_010	TERMINALES DE ANCLAJE ROSCADO #8	Und	18793,47
ESPA_001	PERNO DE ANCLAJE ASTM A193 Gr.B7 Ø 3/4" Le= 15 m	Und	8153,73
ESTH_001	TUERCA HEXAGONAL ESTRUCTURAL DE 3/4	Und	1154,83
ESAE_001	ARANDELA ESTRUCTURAL DE 3/4	Und	417,72

Nota. Elaboración propia.

Figura 28.

Estructura de un Análisis de Precios Unitarios (APU)

=SI.ERROR((BUSCARV(C14;LISTADO_DE_INSUMOS;2;FALSO));" ")

CÓDIGO	ÍTEM	UNIDAD
02	ESTRUCTURAS	
02.06	CONCRETO DE COLUMNAS	
02.06.03	Suministro y colocación de concreto a la vista de 28MPa para columnas (recalces reforzamiento) - incluye encofrado. no incluye acero de refuerzo	m³

I. INSUMOS					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTID.	VR UNIT	VR TOTAL
ESCO_010	CONCRETO FLUIDO DE 4000 PSI (DE AS 8')	m³	1,050	$ 598.028,04	$ 627.929,44
ESDE_015	DESENCOFRANTE CON BASE EN ACEITE EMULSIONADO QUE EVITA LA ADHERENCIA DEL CONCRETO A LAS FORMALETAS DE MADERA, METAL O PLÁSTICO (16Kg)	Und	0,019	$ 372.905,33	$ 6.991,97
ESAS_001	SP ANTISOL BLANCO 55GL 200KG	Und	0,007	$ 2.293.910,75	$ 15.399,68
ESCB_001	CUARTO BOCEL 2 CM X 2 CM	Und	5,510	$ 6.402,50	$ 35.275,48
				SUBTOTAL INSUMOS	$ 685.596,58

II. MANO DE OBRA					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIM.	VR UNIT	VR TOTAL
ESMO_016	CUADRILLA ENCOFRADO (1 OFIC + 1 AYUD) INCLY CURSO DE ALTURAS	HC	2,667	$ 49.774,78	$ 132.746,03
ESMO_020	CUADRILLA DE MANEJO BOMBA (2 AYUD) INCLY CURSO DE ALTURAS	HC	0,667	$ 35.027,77	$ 23.354,18
ESMO_018	CUADRILLA DE CONTRAPLINTEO (1 OFIC + 1 AYUD) INCLY CURSO DE ALTURAS	HC	1,333	$ 44.608,30	$ 59.483,68
ESMO_017	CUADRILLA DE VACIADO (1 OFIC + 1 AYUD) INCLY CURSO DE ALTURAS	HC	2,667	$ 42.197,28	$ 112.537,33
				SUBTOTAL MANO DE OBRA	$ 328.121,23

III. HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RENDIM.	VR UNIT	VR TOTAL
HERRMN_001	HERRAMIENTA MENOR	%	5%	$ 328.121,23	$ 16.406,06
ALVE_008	ALQUILER DE VIBRADOR ELÉCTRICO	DÍA	0,167	$ 57.000,00	$ 9.500,95
ALFM_010	ALQUILER FORMALETA METALICA	m²/día	10,000	$ 1.190,00	$ 11.900,00
ALCH_004	CHAPETAS	DÍA	16,67	$ 35,70	$ 595,00
ALAG_002	ANGULO 1.20m	DÍA	1,39	$ 78,54	$ 109,08
ALPM_011	ALQUILER PARAL METALICO DE 2.00M HASTA 3.50m (Paral Largo)	DÍA	0,93	$ 166,60	$ 154,26
ALTA_004	TORRE DE ANDAMIO MULTIDIRECCIONAL DE 2m CON PASARELA (altura de 1	DÍA	0,333	$ 40.107,93	$ 13.370,65
				SUBTOTAL HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS	$ 52.036,00

IV. TRANSPORTE

02.05.03 | 02.05.04 | 02.05.05 | 02.05.06 | 02.05.07 | 02.05.08 | 02.06.01 | 02.06.02 | 02.06.03 | 02.06.04

Página 1

Nota. Elaboración propia.

Figura 29.

Programación en VBA para automatización del proceso

Microsoft Visual Basic para Aplicaciones - CC-ES0400-012025-00-GU.xlsx - [Módulo2 (Código)]

Archivo Edición Ver Insertar Formato Depuración Ejecutar Herramientas Complementos Ventana Ayuda

Proyecto - VBAProject

- VBAProject (AP-C00400-012025-01-AnálisisDePreciosUni...)
  - Microsoft Excel Objetos
  - Formularios
  - Módulos
    - Módulo1
    - Módulo2
- VBAProject (Libro1)
- VBAProject (PR-C00400-012025-02-Presupuesto.xlsx)
  - Microsoft Excel Objetos
- VBAProject (Tablas.xlsx)

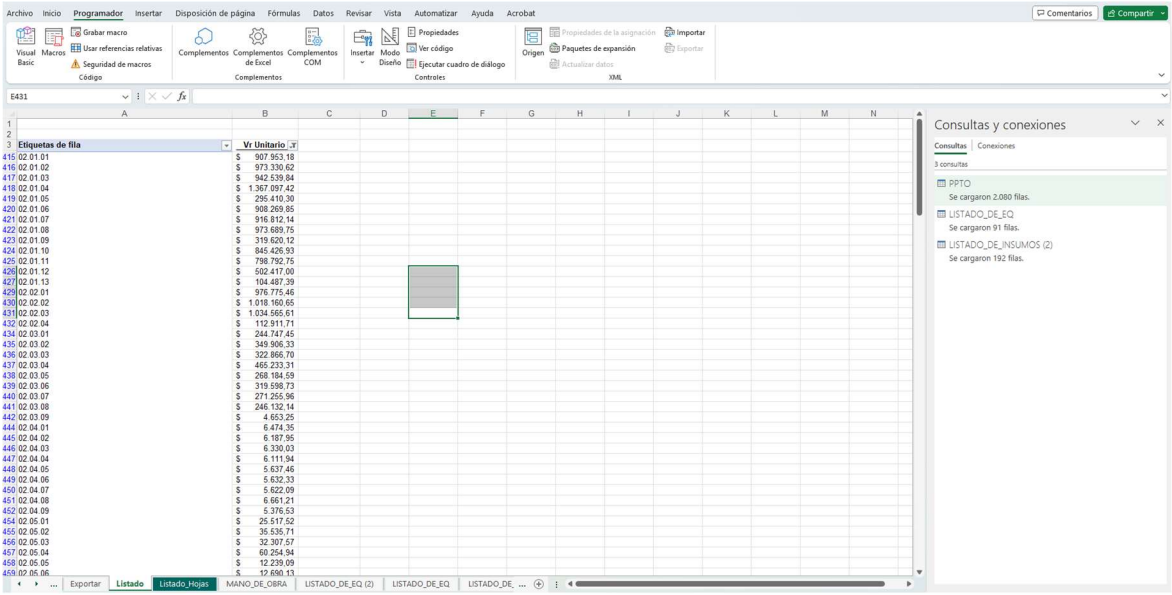
(General)

```
Sub ListarHojas_y_CeldaA2()

    Dim ws As Worksheet
    Dim wsResumen As Worksheet
    Dim fila As Long

    ' Crear o limpiar hoja resumen
    On Error Resume Next
    Set wsResumen = ThisWorkbook.Sheets("Listado_Hojas")
    On Error GoTo 0

    If wsResumen Is Nothing Then
        Set wsResumen = ThisWorkbook.Sheets.Add
        wsResumen.Name = "Listado_Hojas"
    Else
        wsResumen.Cells.Clear
    End If

    ' Encabezados
    wsResumen.Range("A1").Value = "Nombre de la hoja"
    wsResumen.Range("B1").Value = "Valor celda A2"

    fila = 2

    ' Recorrer hojas
    For Each ws In ThisWorkbook.Worksheets
        If ws.Name <> wsResumen.Name Then
            wsResumen.Cells(fila, 1).Value = ws.Name
            wsResumen.Cells(fila, 2).Value = ws.Range("A2").Value
            fila = fila + 1
        End If
    Next ws

    ' Ajustar columnas
    wsResumen.Columns("A:B").AutoFit

    MsgBox "Listado generado correctamente.", vbInformation
```

Nota. Elaboración propia.

Figura 30.

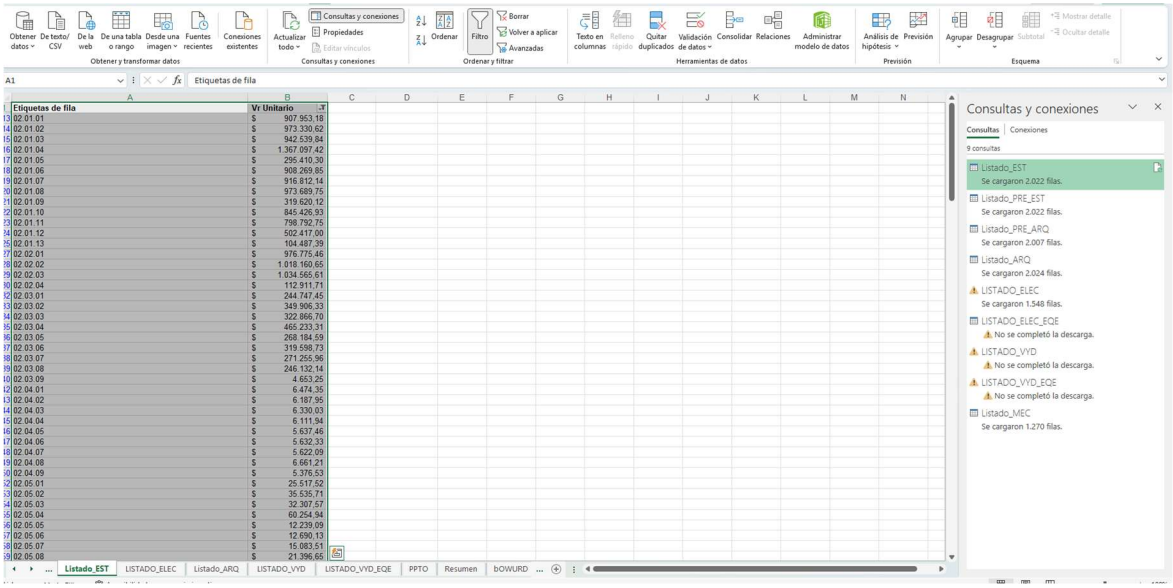
Generación de listado de hojas por medio de VBA



Nota. Elaboración propia.

Figura 31.

Vinculación de hoja generada con VBA a la estructura del presupuesto



Nota. Elaboración propia.

Figura 32.

Presupuesto general vinculado automáticamente con cantidades y precios unitarios

	PRESUPUESTO DETALLADO DE CONSTRUCCIÓN GUARDIA			VERSIÓN 8.0	MARZO 2026
CÓDIGO	ACTIVIDAD	U.M	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL / ÍTEM
01	PRELIMINARES				
01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				$ 3.214.149,61
01.01.01	Localización y replanteo	m²	711,35	$ 4.518,38	$ 3.214.149,61
01.02	DEMOLICIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES				$ 8.384.133,99
01.02.01	Demolición y retiro de placa de contrapiso en concreto (espesor entre 15 a 25cm) - incluye disposición final de materiales	m²	59,42	$ 30.400,04	$ 1.806.370,38
01.02.06	Demolición y retiro de placa de entrepiso en concreto (incluye placas de espesores entre 5 y 10cm) - incluye disposición final de materiales	m²	13,31	$ 27.970,90	$ 372.292,68
01.02.07	Demolición y retiro de vigas y viguetas aereas- incluye disposición final de materiales	m³	8,28	$ 119.543,26	$ 989.818,19
01.02.11	Escarificación de columnas en concreto de 2,5cm o hasta obtener una superficie totalmente rugosa	m²	161,5	$ 15.148,33	$ 2.446.455,30
01.02.12	Escarificación de cara superior de vigas en concreto de 2,5 a 5cm o hasta encontrar acero de refuerzo	m²	44,17	$ 14.547,38	$ 642.557,77
01.02.15	Escarificación de vigas en concreto de 2,5cm o hasta obtener una superficie totalmente rugosa	m²	144,16	$ 14.751,94	$ 2.126.639,67
01.03	DEMOLICIÓN DE ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS Y DE ACABADOS				$ 29.373.910,70
01.03.01	Demolición mecánica y retiro de piso en cerámica (independientemente de su tonalidad o dimensiones) – incluye demolición completa de la cerámica existente, retiro del mortero de fijación, alistado del piso y demás materiales asociados, limpieza de la superficie y disposición final de los materiales	m²	114,108	$ 24.809,53	$ 2.830.965,85
01.03.04	Demolición y retiro de mesones de lavamanos, no incluye retiro de lavamanos - incluye retiro del sistema de fijación y disposición final de materiales.	m²	8,72	$ 24.780,05	$ 216.082,04
01.03.05	Demolición y retiro de revestimiento en piedra muñeca en fachada – incluye desmonte completo del revestimiento, limpieza de la superficie y disposición final de los materiales.	m²	525,4	$ 31.789,74	$ 16.702.329,40
01.03.09	Demolición de muro en bloque, con espesores entre 10 y 15 cm – incluye demolición del muro y de todos los elementos que lo componen o se encuentren embebidos en el, así como la recolección, cargue, transporte y disposición final de los materiales	m²	125	$ 25.753,67	$ 3.219.208,75
01.03.21	Demolición de muro en drywall – incluye demolición del muro y de todos los elementos que lo componen o se encuentren embebidos en el, así como la recolección, cargue, transporte y disposición final de los materiales	m²	50	$ 16.196,74	$ 809.837,00
01.03.23	Demolición de recubrimientos en columnas – incluye retiro de mampostería y/o capas de pañete hasta dejar visible el elemento estructural, limpieza de la superficie y disposición final de los materiales	m²	55,26	$ 24.896,56	$ 1.375.783,91
01.03.24	Desmonte y retiro de paneles de vidrio en cubierta – incluye desmonte de sistemas de fijación, retiro de accesorios, manipulación segura, limpieza de la superficie y disposición final de los materiales.	m²	125	$ 33.757,63	$ 4.219.703,75
01.07	DESMONTE DE CARPINTERÍA, MOBILIARIO FIJO Y ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS				$ 996.056,71
01.07.01	Desmonte y retiro de puertas en vidrio templado y/o laminado – incluye retiro de hoja, marco en aluminio (si aplica), desmonte de sistemas de fijación, pivotes, bisagras, herrajes y anclajes, retiro de siliconas y sellantes, de accesorios como chapas y manijas, y disposición final.	m²	45,34	$ 19.645,12	$ 890.709,74
01.07.09	Desmonte y retiro de puertas metálicas – incluye retiro de hoja, marco, corte o desanclaje de fijaciones (si se requiere), retiro de chapas, bisagras y demás accesorios, y disposición final.	m²	2,16	$ 16.370,94	$ 35.361,23
01.07.12	Desmonte y retiro de puertas en madera – incluye retiro de hoja, marco, chapas, bisagras y demás accesorios, y disposición final.	m²	5,7	$ 12.278,20	$ 69.985,74
01.08	DESMONTES ELÉCTRICOS - MEDIA TENSIÓN				$ -

Nota. Elaboración propia.

Relación con el modelo BIM 5D

Este sistema se integra directamente con el modelo BIM mediante:

- Códigos únicos compartidos
- Cantidades extraídas desde Revit
- Vinculación automática con APU

Consolidando así un flujo completo:

Modelo BIM → Cantidades → Insumos → APU → Presupuesto

E. Anexo. Flujo del proceso BIM 5D

Este anexo presenta el flujo completo del proceso de integración BIM 5D implementado en Ardila Valencia Estructuras S.A.S., desde el modelado estructural en Revit hasta la generación del presupuesto consolidado.

El modelo de integración se estructura en tres niveles operativos que articulan las herramientas Revit, Dynamo, Excel y los Análisis de Precios Unitarios (APU), garantizando un flujo continuo de información sin transferencia manual de datos entre etapas.

Nivel 1 — Modelado en Revit

En esta etapa se desarrolla el modelo estructural con parametrización avanzada. Cada elemento recibe un código único jerárquico con la estructura: Capítulo – Subcapítulo – Actividad. Este código es el vínculo que sostiene toda la integración posterior con los APU.

Tabla 19.
Tabla Nivel 1 Anexo E. Flujo del proceso BIM 5D

Componente	Descripción	Resultado
Modelo 3D	Modelado estructural con LOD definido por tipología de proyecto	Geometría completa y verificada en Navisworks
Parametrización	Asignación de parámetros de tipo y de instancia (Pset) a cada elemento	Elementos identificables por código único
Tablas de planificación	Configuración de ViewSchedule con parámetros exportables (código, tipo, cantidad, unidad)	Tablas listas para extracción automatizada

Nota. Elaboración propia con base en el modelo implementado.

Nivel 2 — Procesamiento en Dynamo y Excel

Dynamo accede a las tablas de planificación del modelo (ViewSchedule), filtra los elementos relevantes mediante condiciones lógicas, configura la estructura de exportación con encabezados y delimitadores, y genera archivos TXT estructurados. Excel recibe estos archivos mediante macros VBA, los transforma en bases de datos y los vincula dinámicamente con los APU.

Tabla 20.
Tabla Nivel 2 Anexo E. Flujo del proceso BIM 5D

Herramienta	Función principal	Salida
Dynamo (script)	Selección de ViewSchedule → filtrado → configuración de encabezados → exportación a TXT	Archivos TXT con cantidades por categoría de elemento
Excel (VBA)	Importación de TXT → limpieza → vinculación por código con tabla de APU	Base de datos de cantidades vinculada a costos unitarios
Navisworks	Detección de interferencias y validación de duplicidades antes de la extracción	Modelo coordinado sin solapamientos que inflen cantidades

Nota. Elaboración propia con base en el modelo implementado.

Nivel 3 — Presupuestación mediante APU

Cada elemento del modelo tiene un código que apunta directamente a un APU específico en Excel. Cuando las cantidades se actualizan por un cambio en el modelo, el presupuesto se recalcula automáticamente. La consolidación final genera el presupuesto de obra con el desglose por capítulo, incluyendo costos directos e indirectos (AIU).

Tabla 21.

Tabla Nivel 3 Anexo E. Flujo del proceso BIM 5D

Paso	Actividad	Herramienta	Responsable	Control de calidad
1	Modelado estructural con parametrización y codificación	Autodesk Revit	Ingeniero BIM	Revisión LOD y Pset antes de extracción
2	Detección de interferencias y coordinación del modelo	Navisworks	BIM Manager	Clash report sin interferencias activas
3	Extracción automatizada de cantidades por categoría	Dynamo	Ingeniero BIM	Revisión del TXT exportado vs. tablas en Revit
4	Importación, limpieza y vinculación con APU en Excel	Excel / VBA	Coordinador de presupuestos	Conciliación de cantidades por capítulo
5	Consolidación y validación del presupuesto	Excel	Director técnico	Revisión final por el director de proyecto

Nota. Elaboración propia con base en el modelo BIM 5D implementado en Ave Consultoría y Construcción.

F. Anexo. Tablas completas de análisis de resultados

Se presentan las tablas completas del análisis comparativo entre el método tradicional de presupuestación y el modelo BIM 5D implementado, con el detalle de los indicadores evaluados.

Tabla 22.
Comparación de tiempos por etapa del proceso presupuestal

Etapa del proceso	Método tradicional (horas)	Modelo BIM 5D (horas)	Diferencia (horas)	% de reducción
Lectura e interpretación de planos	4,0 – 6,0	0,5 – 1,0	3,5 – 5,0	70 – 83%
Cubicación manual de cantidades	8,0 – 12,0	0,5 – 1,5	7,5 – 10,5	75 – 88%
Organización y digitación en Excel	3,0 – 5,0	0,5 – 1,0	2,5 – 4,0	67 – 80%
Vinculación con APU y cálculo de costos	5,0 – 7,0	1,0 – 2,0	4,0 – 5,0	57 – 71%
Revisión y validación del presupuesto	3,0 – 5,0	1,5 – 2,5	1,5 – 2,5	30 – 50%
TOTAL	**23,0 – 35,0 h**	**4,0 – 8,0 h**	**19,0 – 27,0 h**	**40 – 50%**

Nota. Elaboración propia con base en el caso de estudio. Los rangos reflejan la variabilidad según la tipología y complejidad del proyecto.

Tabla 23.
Evaluación comparativa de indicadores cualitativos

Indicador	Método tradicional	Modelo BIM 5D	Comentario
Precisión en la cuantificación de cantidades	Media	Alta	Extracción directa desde geometría del modelo; elimina interpretaciones del profesional
Trazabilidad entre modelo y presupuesto	Baja	Alta	Código único por elemento vincula directamente la cantidad con el APU correspondiente

Capacidad de actualización ante cambios de diseño	Manual, lenta	Automatizada	Cambio en el modelo → re-extracción de cantidades → actualización del presupuesto en minutos
Número de reprocesos por ciclo presupuestal	Alto (3-5)	Bajo (0-1)	Reducción vinculada a la eliminación de transcripción manual de cantidades
Nivel de automatización del proceso	Bajo (< 20%)	Alto (> 75%)	Scripts Dynamo + macros VBA cubren la extracción, transformación y vinculación de datos
Consistencia entre versiones de presupuesto	Variable	Controlada	Control de versiones de scripts y plantillas garantiza reproducibilidad del proceso
Exposición a errores por transcripción manual	Alta	Muy baja	La transferencia de datos es íntegramente automatizada entre Revit, Dynamo y Excel

Nota. Elaboración propia con base en el diagnóstico organizacional y la validación del modelo en caso de estudio.

Tabla 24.

Impacto en postventa y sobrecostos operativos

Concepto	Antes del modelo BIM 5D	Con modelo BIM 5D	Reducción estimada
Proyectos con eventos de postventa / mes	4 – 5 proyectos (≈ 40%)	< 1 proyecto (≈ 8%)	80%
Semanas de trabajo en revisión postventa / proyecto	2 – 3 semanas	< 0,5 semanas	75 – 83%
Costo mensual en horas postventa (COP)	$ 40.725.000	$ 8.145.000	$ 32.580.000
Ahorro anual en postventa (COP)	—	$ 390.960.000	Flujo liberado

Nota. Elaboración propia con base en datos operativos de AVe Consultoría y Construcción (2024). Costo hora promedio profesional: $90.500 COP.

G. Anexo. Indicadores de desempeño (KPIs)

Este anexo describe los indicadores utilizados para evaluar el impacto del modelo BIM 5D propuesto, incluyendo la definición de cada variable, la fórmula de cálculo y los criterios de medición.

Los indicadores se organizan en cuatro dimensiones de evaluación: tiempo, precisión, reprocesos y automatización. Para cada dimensión se define el indicador, la variable que mide, la fórmula de cálculo, la línea base (método tradicional) y la meta esperada con el modelo BIM 5D.

Tabla 25.
Indicadores de tiempo de elaboración presupuestal

Indicador	Variable medida	Fórmula	Línea base	Meta BIM 5D
Tiempo total de presupuesto (TTP)	Horas desde inicio de cubicación hasta presupuesto aprobado	TTP = Σ horas por etapa presupuestal	23 – 35 horas / proyecto	4 – 8 horas / proyecto (reducción ≥ 40%)
Tiempo de extracción de cantidades (TEC)	Horas dedicadas a cubicación o extracción de cantidades	TEC = horas cubicación manual o extracción automatizada	8 – 12 horas	< 2 horas (≥ 75%)
Índice de eficiencia presupuestal (IEP)	Relación entre tiempo invertido y calidad del presupuesto	IEP = Presupuesto aprobado / TTP total	Referencia: 1 APU / 1 hora	Meta: ≥ 3 APU / hora procesados

Nota. Elaboración propia.

Tabla 26.
Indicadores de precisión en cantidades

Indicador	Variable medida	Fórmula	Línea base	Meta BIM 5D
Desviación de cantidades (DC)	Diferencia entre cantidades presupuestadas y cantidades reales en obra	DC = |Q_presupuestado – Q_real| / Q_real × 100%	5 – 15% por elemento	< 3% (extracción directa del modelo)
Cobertura de codificación (CC)	Porcentaje de elementos del modelo con código APU asignado	CC = Elementos codificados / Total elementos × 100%	< 60% (asignación manual parcial)	≥ 95% antes de la extracción
Tasa de consistencia modelo-presupuesto (TCM)	Porcentaje de ítems de presupuesto con correspondencia directa en el modelo	TCM = Ítems con código válido / Total ítems APU × 100%	Variable, sin control sistemático	100% (estructura de codificación obligatoria)

Nota. Elaboración propia.

Tabla 27.
Indicadores de automatización de procesos

Indicador	Variable medida	Fórmula / Criterio	Línea base	Meta BIM 5D
Tasa de reprocesos (TR)	Número de iteraciones de corrección por ciclo presupuestal	TR = N.° de correcciones / N.° de ciclos presupuestales	3 – 5 correcciones / presupuesto	≤ 1 corrección / presupuesto
Índice de eventos de postventa (IEP)	Proyectos que requieren revisión técnica post-entrega de diseños	IEP = Proyectos con postventa / Total proyectos entregados × 100%	≈ 40% de proyectos mensuales	< 8% (reducción ≥ 80%)
Nivel de automatización del flujo (NAF)	Porcentaje de etapas del proceso presupuestal ejecutadas sin	NAF = Etapas automatizadas / Total etapas del proceso × 100%	< 20% (solo cálculos en Excel)	> 75% (Dynamo + VBA + vínculos Excel)

	intervención manual			
Tiempo de actualización ante cambios (TAC)	Horas necesarias para actualizar el presupuesto ante un cambio en el modelo	TAC = Horas desde cambio en modelo hasta presupuesto actualizado	8 – 16 horas (proceso manual)	< 2 horas (re-extracción + vínculo automático)

Nota. Elaboración propia con base en el diagnóstico organizacional y los resultados del caso de estudio

H. Anexo. Matriz DOFA detallada

Se presenta la matriz DOFA completa desarrollada durante el diagnóstico organizacional de Ardila Valencia Estructuras S.A.S., con el análisis detallado de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas en relación con la integración BIM 5D.

Figura 33.
Matriz DOFA. Anexo H

FORTALEZAS	DEBILIDADES
F1. Uso activo de Revit para modelado estructural con experiencia consolidada en el equipo. F2. Licencias de Dynamo, Navisworks y Excel disponibles sin inversión adicional en software. F3. Apoyo de la alta dirección como parte de la estrategia de transformación digital. F4. Base de datos de APU estructurada y actualizada con experiencia acumulada de la empresa. F5. Equipo técnico con capacidad de parametrización avanzada y programación visual. F6. Portafolio diversificado (edificaciones, infraestructura, patología) que permite validar el modelo en múltiples tipologías.	D1. Desconexión entre el modelado BIM y los procesos de presupuestación: flujo de trabajo fragmentado. D2. Alta dependencia de procesos manuales de cubicación y transcripción de cantidades a Excel. D3. Ausencia de estándares de codificación unificada entre el modelo y los APU. D4. Capacidad limitada en programación de scripts Dynamo avanzados en todo el equipo. D5. Baja trazabilidad entre las versiones del modelo y los presupuestos generados. D6. Alta exposición a postventa derivada de imprecisiones en la cuantificación (≈ 40% proyectos).
OPORTUNIDADES	**AMENAZAS**
O1. Estrategia Nacional BIM 2020–2026 que promueve la integración BIM en el sector de la construcción en Colombia. O2. Mercados internacionales (Perú, México, Ecuador, Florida) con creciente exigencia de entregables BIM integrados. O3. Disponibilidad de herramientas de interoperabilidad maduras (IFC, API Revit, Dynamo) para automatización. O4. Tendencia sectorial hacia la digitalización integral que genera ventaja competitiva para quienes la adoptan primero. O5. Posibilidad de escalar el modelo hacia BIM 6D (gestión del ciclo de vida) y BIM 7D (mantenimiento) en proyectos futuros.	A1. Actualización de versiones de Revit/Dynamo puede invalidar scripts sin aviso previo. A2. Competidores del sector que ya operan con modelos BIM 5D integrados representan una presión creciente. A3. Resistencia al cambio en el equipo técnico si los beneficios no son visibles desde el primer proyecto piloto. A4. Alta variabilidad en la complejidad de proyectos puede afectar la estandarización de la codificación. A5. Dependencia transitoria del método tradicional durante la curva de adopción genera riesgo de regresión en proyectos de alta presión.

Nota. Elaboración propia con base en el diagnóstico organizacional aplicado a Ardila Valencia Estructuras S.A.S.

Tabla 28.
Estrategias DOFA cruzadas

	Oportunidades (O)	**Amenazas (A)**
Fortalezas (F)	FO: Usar la base técnica BIM (F1, F2, F5) para posicionarse en mercados internacionales donde se exige BIM 5D (O2, O4). Aprovechar el apoyo directivo (F3) para implementar el modelo antes que la competencia (O4).	FA: Establecer control de versiones de scripts (F5) para mitigar el riesgo de actualizaciones de software (A1). Usar la experiencia en modelado (F1) para demostrar beneficios tempranos que faciliten la adopción (A3).
Debilidades (D)	DO: Cerrar la brecha de integración (D1, D3) mediante la Estrategia Nacional BIM (O1) como marco de referencia. Automatizar el flujo (D2) aprovechando las herramientas disponibles sin inversión adicional (O3).	DA: Reducir la dependencia manual (D2) antes de que la competencia consolide ventajas (A2). Estandarizar la codificación (D3) como respaldo ante actualizaciones que afecten scripts (A1).

Nota. Elaboración propia.

I. Anexo. Evaluación de madurez BIM

Este anexo contiene la matriz de evaluación de madurez BIM aplicada a Ardila Valencia Estructuras S.A.S., basada en el modelo de Succar (2009), y los resultados obtenidos en cada una de las dimensiones evaluadas.

La evaluación se realizó mediante el modelo de madurez BIM propuesto por Succar (2009), que analiza el nivel de implementación en tres campos: tecnología, procesos y personas. Para cada campo se evaluaron subcategorías con calificación de 1 a 5, donde 1 es nulo/inicial y 5 es óptimo/integrado.

Tabla 29.
Resultados de la evaluación de madurez BIM por dimensión

Campo	Subcategoría evaluada	Calificación antes (1–5)	Calificación después (1–5)	Observaciones
Tecnología	Software BIM (Revit, Navisworks, Dynamo)	4	4	Herramientas ya disponibles y licenciadas; no se requirió cambio
	Interoperabilidad entre herramientas (IFC, API, VBA)	2	4	Salto significativo: flujo Revit–Dynamo–Excel estructurado y automatizado

	Extracción automatizada de información del modelo	1	4	Implementación de scripts Dynamo para exportación de cantidades por categoría
	Validación y coordinación del modelo (Navisworks)	3	4	Incorporación de coordinación como etapa obligatoria antes de la extracción
	Integración modelo–presupuesto (BIM 5D)	1	4	Implementación del modelo de integración como resultado central del proyecto
Procesos				
	Estandarización de codificación de elementos	1	4	Estructura jerárquica de códigos definida y aplicada al modelo piloto

	Trazabilidad de la información entre fases	2	4	Vinculación directa código–APU permite rastrear cambios del modelo al presupuesto
	Control de versiones y gestión documental	2	3	Iniciado; requiere consolidación en todos los proyectos para alcanzar nivel 4
	Competencias en modelado BIM del equipo técnico	4	4	Capacidad consolidada; base sólida para la integración
Personas	Capacidad en automatización (Dynamo / VBA)	2	3	Mejorada en el equipo núcleo; requiere transferencia al resto del personal técnico

Cultura de integración y trabajo colaborativo BIM	2	3	En proceso; la adopción orgánica depende de la visibilidad de beneficios en proyectos reales

Nota. Elaboración propia con base en el modelo de madurez BIM de Succar (2009).

Escala: 1 = nulo/inicial; 2 = definido; 3 = gestionado; 4 = integrado; 5 = optimizado.

Tabla 30.

Resumen de resultados por campo y nivel de madurez alcanzado

Campo BIM	Promedio antes	Promedio después	Incremento	Nivel de madurez alcanzado
Tecnología	2,5 / 5	4,0 / 5	+1,5 puntos	Integrado
Procesos	1,5 / 5	3,75 / 5	+2,25 puntos	Integrado
Personas	2,67 / 5	3,33 / 5	+0,67 puntos	Gestionado → Integrado
PROMEDIO GENERAL	**2,22 / 5**	**3,69 / 5**	**+1,47 puntos**	**De Definido a Integrado**

Nota. Elaboración propia.

J. Anexo. Estructura de codificación del modelo

Este anexo presenta la estructura de codificación implementada para la integración entre el modelo BIM, los análisis de precios unitarios (APU) y el presupuesto del proyecto. La codificación constituye el eje central del modelo BIM 5D, ya que permite establecer una relación directa entre los elementos del modelo, las cantidades y los costos, garantizando la trazabilidad y consistencia de la información.

Estructura general del presupuesto

El presupuesto se organiza bajo una estructura jerárquica compuesta por capítulos, subcapítulos y actividades, a cada uno de los cuales se le asigna un código único. Esta organización permite estructurar la información de manera lógica y facilitar su integración con el modelo BIM.

Figura 34.
Estructura jerárquica del presupuesto

Código	Descripción
01	Capítulo
01.01	Subcapítulo
01.01.01	Actividad

Nota. Elaboración propia.

Esta clasificación permite mejorar el control del proyecto, facilitar la planificación por frentes de trabajo y optimizar la gestión de costos.

Sistema de codificación de insumos y equipos

Con el fin de garantizar la trazabilidad de los recursos dentro del modelo BIM 5D, los insumos y equipos son codificados mediante una estructura estandarizada que permite su identificación única dentro del sistema.

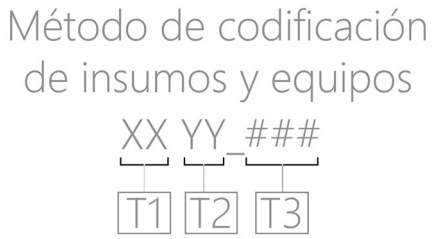
La codificación se compone de tres campos principales:

T1 – Disciplina: identifica la disciplina a la que pertenece el insumo o equipo

T2 – Tipo de insumo o equipo: abreviación del nombre del recurso

T3 – Consecutivo: número secuencial (001–999)

Figura 35.
Estructura de codificación de insumos y equipos



Nota. Elaboración propia.

Aplicación en el modelo BIM y presupuesto

La codificación es utilizada de manera transversal en todo el sistema:

- En el modelo BIM, mediante parámetros asignados a los elementos
- En el listado de insumos, como identificador principal
- En los APU, para vincular recursos y costos
- En el presupuesto, para consolidar la información

Esta integración permite que cualquier modificación en los insumos o en el modelo se refleje automáticamente en el presupuesto, garantizando consistencia y reduciendo reprocesos.

Lineamientos de implementación

Para asegurar la correcta aplicación del sistema de codificación, se establecen los siguientes lineamientos:

- Los códigos deben ser únicos, jerárquicos y consistentes
- No deben existir duplicidades
- La estructura debe mantenerse estable durante todo el proyecto
- La codificación debe implementarse desde las etapas iniciales
- Debe ser utilizada como base para la automatización del modelo BIM 5D

Importancia dentro del modelo BIM 5D

La codificación no solo permite organizar la información, sino que constituye el elemento clave para la integración entre diseño y costos. Su correcta implementación habilita la automatización de procesos, mejora la trazabilidad y permite consolidar un flujo continuo de información desde el modelo BIM hasta el presupuesto.

K. Anexo. Guía de implementación del modelo BIM 5D

Integración de modelos Revit en la gestión de costos para la optimización presupuestal en Ardila Valencia Estructuras S.A.S.

Este anexo presenta la guía de lineamientos para la implementación del modelo BIM 5D propuesto, incluyendo buenas prácticas, recomendaciones técnicas y los pasos para la integración entre modelado y presupuestación en Ardila Valencia Estructuras S.A.S. La guía se divide en dos partes: la primera describe los lineamientos metodológicos generales del modelo, y la segunda presenta el procedimiento técnico detallado paso a paso para la configuración en Revit, validado en el proyecto piloto.

Parte 1. Lineamientos metodológicos del modelo BIM 5D

Esta sección constituye la síntesis operativa del modelo de integración desarrollado y está dirigida al equipo técnico de la empresa. Su propósito es estandarizar el proceso de manera que los resultados obtenidos en el caso piloto sean reproducibles en cualquier proyecto futuro, independientemente de la tipología constructiva o del profesional asignado.

1. Lineamientos de codificación

La codificación es el eje articulador del modelo. Sin un sistema de codificación coherente, la vinculación entre el modelo y los APU es imposible. Los lineamientos son:

- Estructura jerárquica obligatoria: XX.YY.ZZ (capítulo de dos dígitos — subcapítulo de dos dígitos — actividad de dos dígitos). Ejemplo: 03.01.02 = Capítulo 3, Subcapítulo 1, Actividad 2.
- El código debe asignarse como parámetro de tipo en Revit, no de instancia, para garantizar que todos los elementos del mismo tipo compartan el mismo código.
- El código del modelo debe coincidir exactamente con el código del APU en Excel. Una discrepancia de un carácter rompe el vínculo automático.

- Cada nuevo tipo de actividad que ingrese al portafolio de proyectos debe registrarse en el catálogo central de códigos antes de ser usada en cualquier modelo.
- La tabla de codificación debe mantenerse en un archivo Excel compartido con control de versiones, accesible para todos los miembros del equipo.

2. Lineamientos de modelado en Revit

El nivel de detalle y la configuración de parámetros del modelo determinan directamente la calidad de las cantidades extraídas.

Tabla 31.
Lineamientos de modelado en Revit

Elemento estructural	LOD mínimo requerido	Parámetros obligatorios a configurar
Vigas y columnas en concreto	LOD 300	Código BIM 5D, material, dimensiones de sección, longitud, resistencia del concreto (f'c)
Losas (macizas y aligeradas)	LOD 300	Código BIM 5D, espesor, área, tipo de losa, carga de diseño
Muros estructurales	LOD 300	Código BIM 5D, espesor, altura, material, función estructural
Cimentaciones (zapatas, pilotes, vigas de cimentación)	LOD 350	Código BIM 5D, dimensiones, capacidad portante, profundidad de desplante
Acero de refuerzo	LOD 300 – 350	Código BIM 5D, diámetro, longitud, tipo de acero (fy), cuantía estimada

Nota. Elaboración propia. LOD según estándares de BIM Forum Colombia (2019).

3. Lineamientos de automatización con Dynamo

El script de Dynamo es la pieza central de la automatización. Su correcta configuración garantiza que las cantidades extraídas sean exactas y el archivo TXT esté listo para ser procesado en Excel sin intervención manual.

- Verificar la versión de Dynamo compatible con la versión de Revit en uso antes de ejecutar cualquier script. Documentar la versión compatible en el encabezado del script.
- El script debe incluir un nodo de verificación que confirme que todos los elementos extraídos tienen código BIM 5D asignado. Elementos sin código deben generar una alerta, no silenciarse.
- La exportación debe generar un archivo TXT por categoría de elemento (uno para vigas, uno para columnas, etc.), no un archivo único con todo mezclado.
- El nombre del archivo TXT debe incluir automáticamente: nombre del proyecto, categoría y fecha de extracción.
- Ante cualquier actualización de Revit, validar el script en un modelo de prueba antes de aplicarlo en proyectos activos. Registrar la versión validada.

4. Lineamientos de procesamiento en Excel

Excel es el entorno donde las cantidades del modelo se convierten en presupuesto. La estructura de la plantilla determina la calidad de la integración.

- Usar siempre la plantilla Excel corporativa aprobada, con versión y fecha de actualización en el encabezado. No usar plantillas personales ni modificar la estructura de la plantilla sin aprobación del BIM Manager.
- La importación de los archivos TXT debe realizarse mediante la macro VBA aprobada, no de forma manual. La importación manual introduce riesgo de formatos incorrectos.

- El vínculo entre la columna de código de cantidades y la tabla de APU debe ser mediante función BUSCARV, nunca mediante escritura manual del costo unitario.
- Cuando el modelo se actualice, el proceso correcto es: (1) re-ejecutar el script Dynamo, (2) importar el nuevo TXT mediante la macro, (3) verificar que los totales son coherentes. No editar cantidades manualmente en la hoja de cantidades.
- Mantener en la plantilla una pestaña de historial de versiones con fecha, responsable y descripción del cambio realizado.

5. Lista de verificación para cada proyecto

Antes de entregar cualquier presupuesto generado mediante el modelo BIM 5D, se debe completar la siguiente lista de verificación:

Tabla 32.
Lista de verificación debe archivarse junto con el expediente del proyecto

#	Ítem de verificación	Responsable	Estado
1	Todos los elementos del modelo tienen código BIM 5D asignado (CC ≥ 95%)	Ingeniero BIM	☐ / ☑
2	Modelo coordinado en Navisworks sin interferencias activas que afecten cantidades	BIM Manager	☐ / ☑
3	Script Dynamo ejecutado con versión compatible documentada; TXT generado y verificado	Ingeniero BIM	☐ / ☑
4	Importación de TXT realizada con macro VBA aprobada; plantilla Excel actualizada	Coord. presupuestos	☐ / ☑

5	Verificación de consistencia modelo–presupuesto (TCM = 100%): todos los códigos resuelven APU	Coord. presupuestos	☐ / ☑
6	Revisión de totales por capítulo: coherencia con estimaciones previas o parámetros de referencia	Director técnico	☐ / ☑
7	Historial de versiones de la plantilla Excel actualizado con fecha y responsable	Coord. presupuestos	☐ / ☑
8	Presupuesto aprobado por el director de proyecto antes de entrega al cliente	Director de proyecto	☐ / ☑

Nota. Elaboración propia

6. Escalabilidad y próximos pasos

El modelo BIM 5D implementado constituye la base sobre la cual se puede avanzar hacia dimensiones más avanzadas de la metodología BIM en los próximos años:

Tabla 33.
Escalabilidad del modelo

Horizonte	Dimensión BIM	Descripción	Requisito previo
Corto plazo (1 año)	BIM 5D consolidado	Aplicación del modelo en el 100% de proyectos de la empresa; transferencia de conocimiento a todo el equipo técnico	Guía de implementación aprobada y difundida

Mediano plazo (2–3 años)	BIM 4D + 5D	Integración del modelo con cronogramas de obra (MS Project / Primavera) para programación 4D vinculada al presupuesto 5D	Madurez BIM 5D ≥ nivel 4 en los tres campos evaluados
Largo plazo (4–5 años)	BIM 6D / 7D	Incorporación de análisis de ciclo de vida (6D) y gestión de mantenimiento (7D) para entregables de mayor valor diferencial en mercados internacionales	Adopción de plataforma CDE (entorno común de datos) conforme ISO 19650

Nota. Elaboración propia

Parte 2. Procedimiento técnico para la configuración en Revit

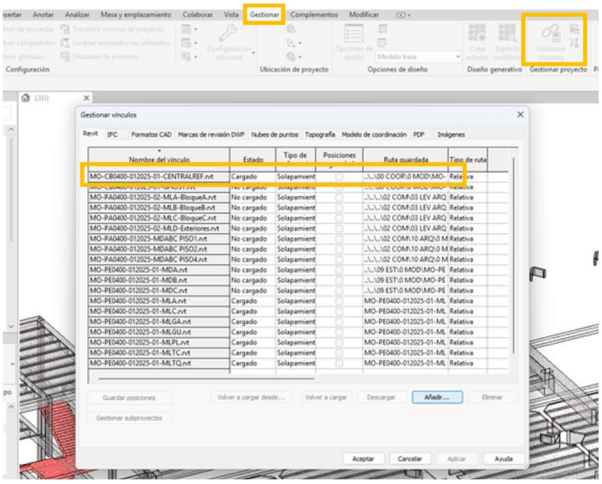
Esta parte documenta el procedimiento operativo detallado, paso a paso, para configurar la tabla Pset, codificar los elementos y generar las tablas de cuantificación en Revit. Es el protocolo técnico validado en el caso de estudio piloto de AVe Consultoría y Construcción.

1. Cargar la tabla Pset desde el archivo central de transferencia

El primer paso consiste en importar la plantilla de parámetros compartidos (Pset) desde el archivo central de la empresa. Este archivo contiene la estructura de parámetros estándar que permite codificar todos los elementos del modelo de forma homogénea.

Cargar la tabla desde el archivo central de transferencia:

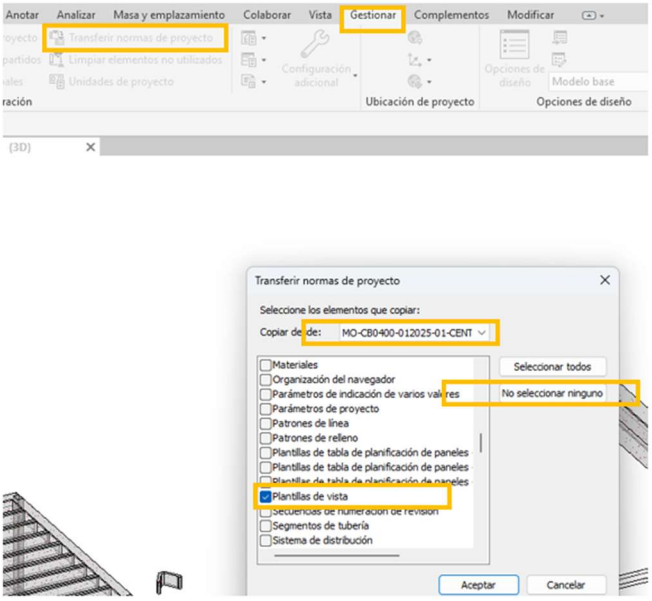
Figura 36.
Transferencia de normas de proyecto para la plantilla Pset



Nota. Elaboración propia

Seleccionar "Plantillas de vista" desde la opción Transferir normas de proyecto para la plantilla Pset:

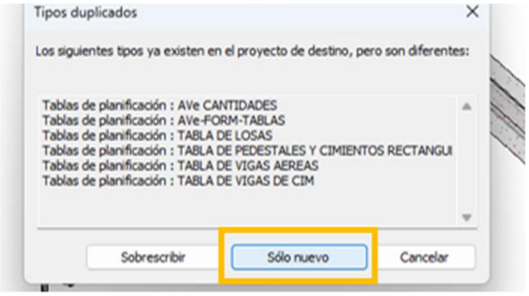
Figura 37.
Selección de plantillas de vista



Nota. Elaboración propia

Seleccionar únicamente la opción "Nuevo" para incorporar solo los parámetros que aún no existen en el proyecto actual, evitando duplicidades:

Figura 38.
Selección de importación solo de elementos nuevos.



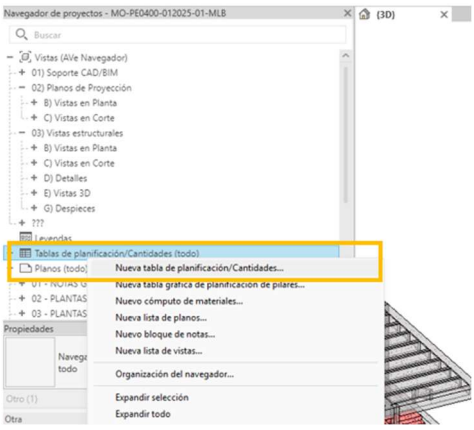
Nota. Elaboración propia

2. Crear la tabla de clasificación de objetos (Pset)

Este paso configura la tabla de planificación principal que permite clasificar y codificar los elementos del modelo. Esta tabla es el vínculo entre el modelo BIM y el sistema de APU.

En el panel de Tablas de planificación / Cantidades (todo), seleccionar Nueva tabla de planificación / Cantidades:

Figura 39.
Creación de nueva tabla de planificación en Revit.

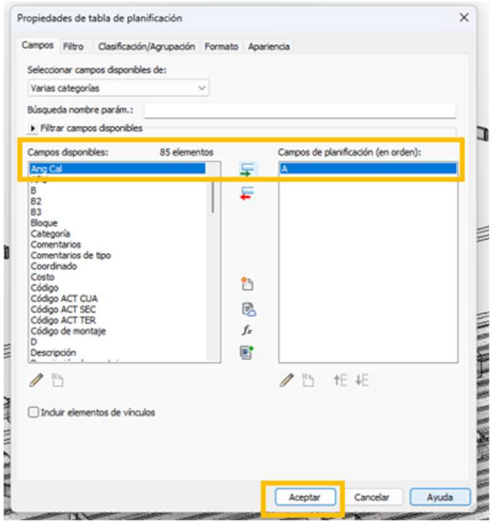


Nota. Elaboración propia

Agregar un parámetro inicial para poder crear la tabla y, a continuación, copiar los parámetros de la tabla Pset mediante la opción de plantillas de vista:

Figura 40.

Adición de parámetros iniciales a la tabla.

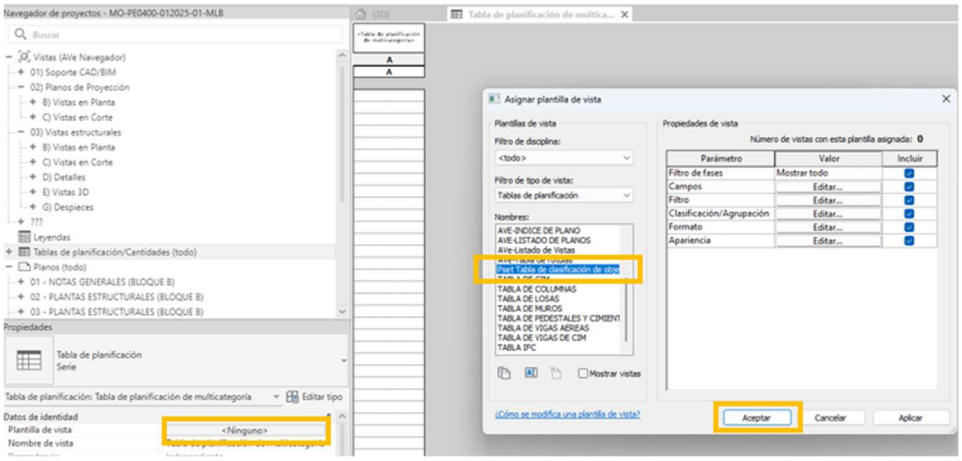


Nota. Elaboración propia

Asignar la plantilla de vista correspondiente. Seleccionar la Pset "Tabla de clasificación de objetos" para copiar todos sus parámetros al proyecto y aceptar:

Figura 41.

Asignación de la plantilla Pset a la tabla de clasificación.



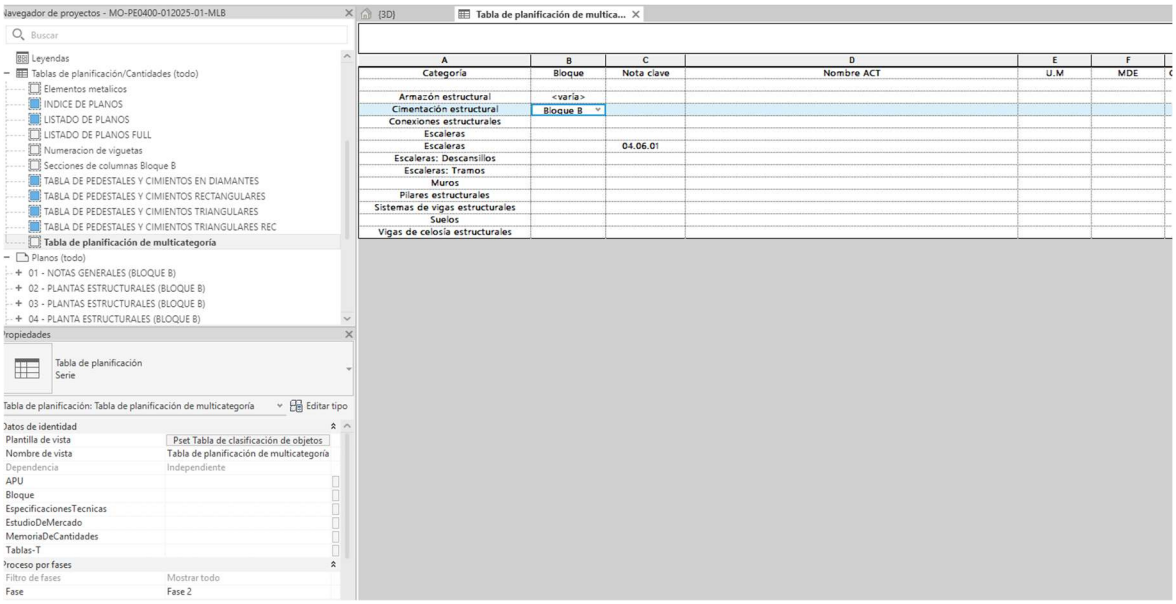
Nota. Elaboración propia

3. Asignación de capítulo mediante Nota clave

Una vez cargada la información de la plantilla en el proyecto, se debe retirar la plantilla de transferencia para evitar conflictos futuros. A continuación, se realiza la asignación de códigos a cada elemento:

Figura 42.

Vista de la tabla Pset con los parámetros disponibles para asignación.



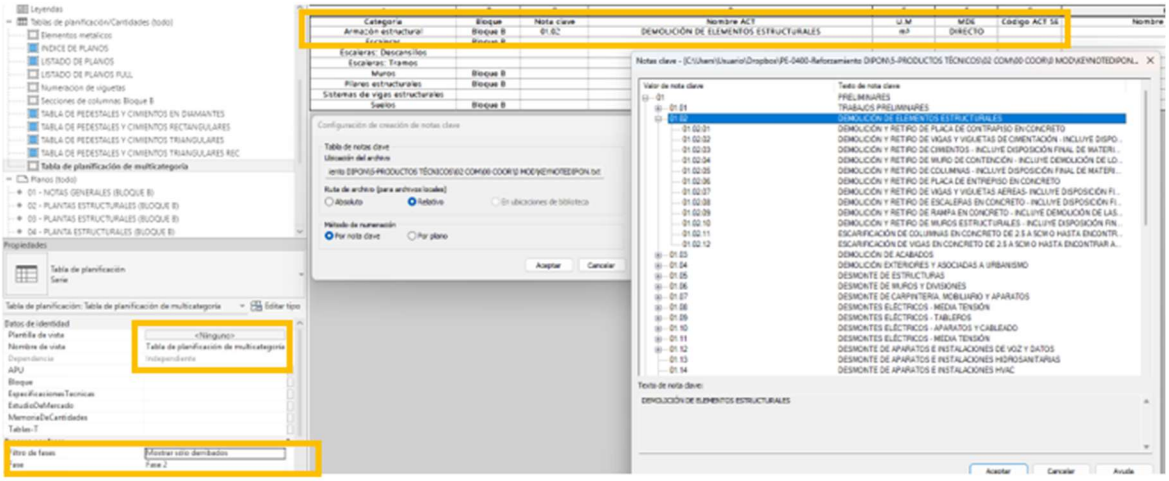
Nota. Elaboración propia

Se debe conservar la fase del proyecto. Una vez disponible la información, proceder a asignar los campos clave de cada elemento de acuerdo con la siguiente convención:

- Bloque: identifica el bloque o sector del proyecto al que pertenece el elemento.
- Nota clave: corresponde al código del subcapítulo que se está asignando (estructura XX.YY.ZZ).
- Nombre de ACT: es el nombre del subcapítulo o actividad presupuestal correspondiente.
- U.M.: unidad de medida asignada al ítem (m^2, m^3, ml, kg, etc.).
- MDE: método de extracción; especificar si la cuantificación se realiza de manera directa (desde la geometría) o indirecta (mediante fórmula o factor).

Figura 43.

Tabla de clasificación con los campos de codificación asignados por elemento.



Nota. Elaboración propia

Figura 44.

Vista detallada de la nota clave y nombre de actividad en la tabla.

A	B	C	D	E	F
Categoría	Bloque	Nota clave	Nombre ACT	U.M	MDE
Armazón estructural	Bloque B	01.02	DEMOLICIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	m³	DIRECTO
Escaleras	Bloque B	01.02	DEMOLICIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	m³	DIRECTO
Escaleras: Descansillos		01.02	DEMOLICIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		DIRECTO
Escaleras: Tramos		01.02	DEMOLICIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		DIRECTO
Muros	Bloque B	01.02	DEMOLICIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	m³	DIRECTO
Pilares estructurales	Bloque B	01.02	DEMOLICIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	m³	DIRECTO
Sistemas de vigas estructurales		01.02	DEMOLICIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	m³	DIRECTO
Suelos	Bloque B	01.02	DEMOLICIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	m³	DIRECTO

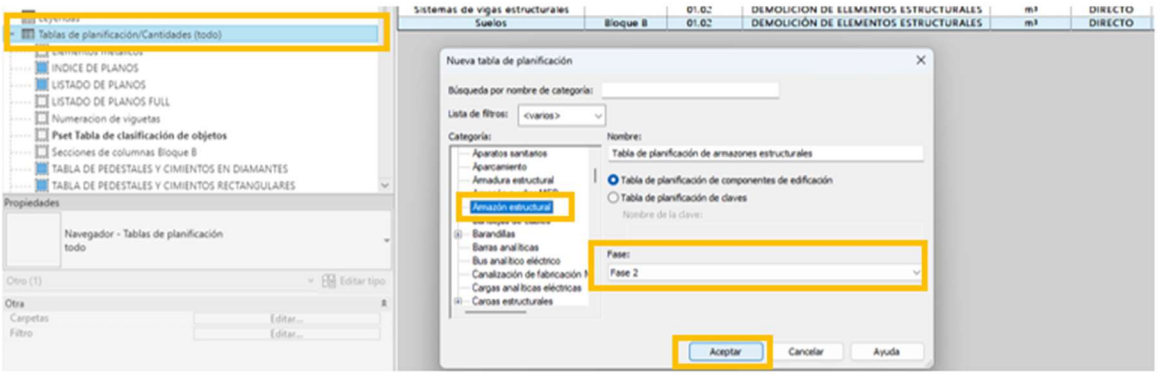
Nota. Elaboración propia

4. Crear la tabla de cuantificación o cantidades

Las tablas de cantidades permiten extraer automáticamente los volúmenes y áreas de cada categoría de elementos codificados. Se debe crear una tabla independiente por categoría de elemento estructural.

Crear una tabla de cantidades según la categoría de elemento para definir las actividades y sus correspondientes unidades de medida:

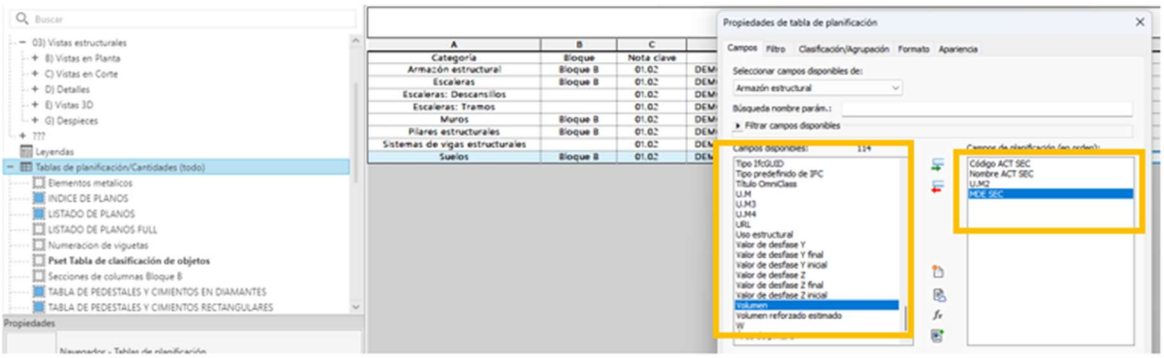
Figura 45.
Creación de tabla de cantidades por categoría de elemento.



Nota. Elaboración propia

Asignar los parámetros de las actividades con el fin de codificar cada una de ellas. Verificar que los campos de código y nombre coinciden exactamente con la tabla de APU en Excel:

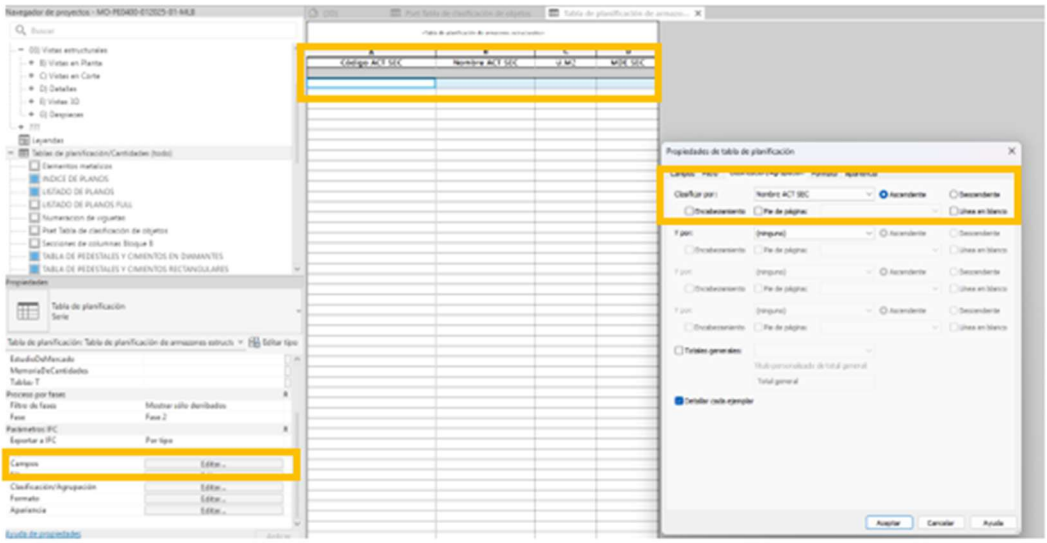
Figura 46.
Asignación de parámetros de actividades en la tabla de cantidades.



Nota. Elaboración propia

Editar los campos y filtros para clasificar y codificar todos los elementos según la jerarquía de capítulos definida:

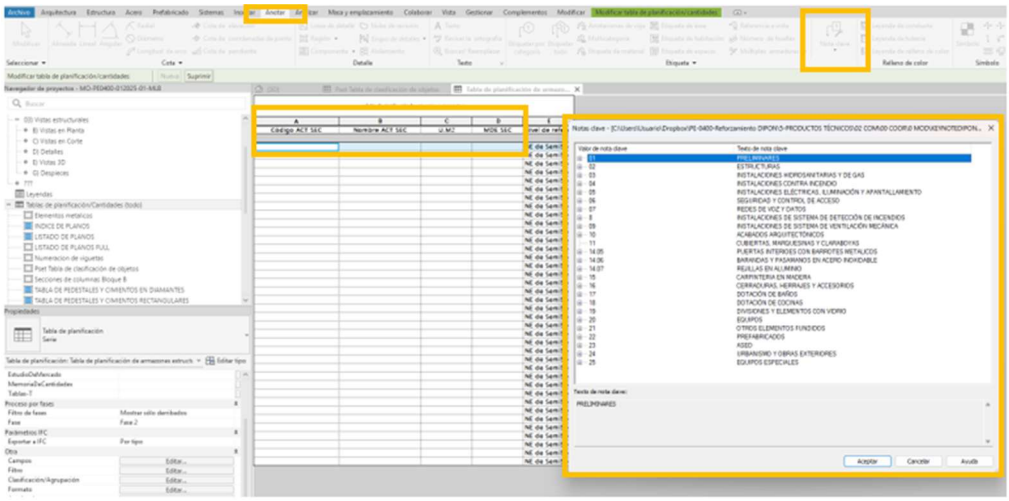
Figura 47.
Edición de campos y filtros en la tabla de cantidades.



Nota. Elaboración propia

Revisar el código y nombre de cada actividad por medio del campo de Nota clave. Verificar que cada elemento tiene asignado el código correcto y que no existen elementos sin codificar:

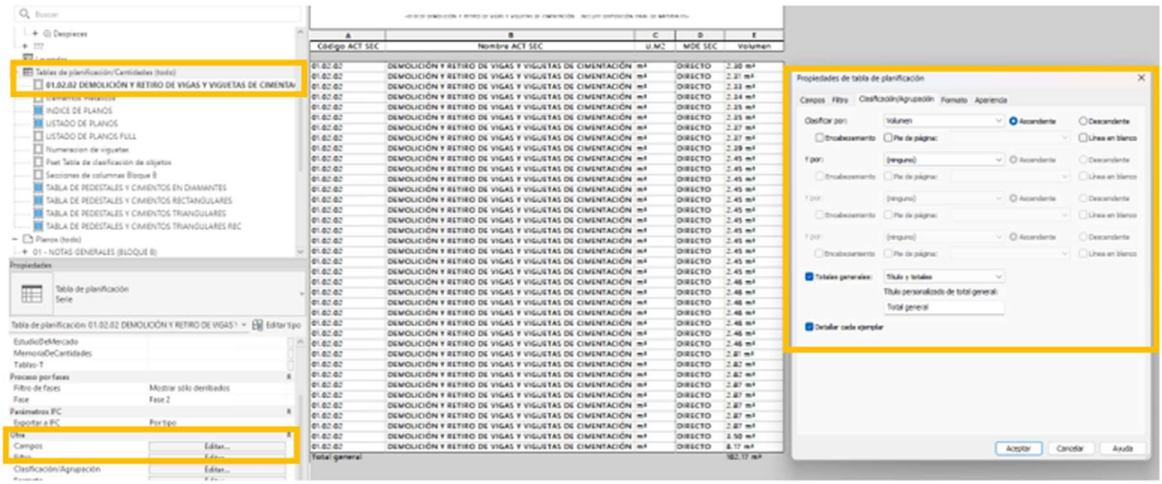
Figura 48.
Revisión de código y nombre de actividad mediante la nota clave.



Nota. Elaboración propia

Organizar la tabla y calcular los totales de la cantidad extraída. Verificar la coherencia de los resultados con las mediciones manuales de referencia antes de exportar:

Figura 49.
Tabla organizada con los totales de cantidades extraídas.



Nota. Elaboración propia

Consideraciones finales del procedimiento técnico

- Todas las tablas generadas en Revit deben exportarse como archivos TXT mediante el script Dynamo documentado en los lineamientos de la Parte 1, respetando la convención de nombres establecida.
- Ningún elemento del modelo debe llegar a la etapa de exportación sin tener asignado un código de Nota clave válido. El indicador de Cobertura de Codificación (CC) debe ser ≥ 95% antes de proceder.
- Ante cualquier cambio en el diseño estructural que afecte cantidades, el proceso completo —desde la asignación de Nota clave hasta la exportación de la tabla— debe repetirse. No se deben editar cantidades manualmente en el archivo Excel resultante.
- El responsable de la coordinación BIM debe validar la coherencia entre la tabla Pset y el catálogo central de códigos APU al inicio de cada proyecto, antes de comenzar la parametrización del modelo.