



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

TESIS

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO EN BIM:
EL IMPACTO DE LA PROGRAMACIÓN VISUAL EN LA
EFICIENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

**PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN GERENCIA DE LA
CONSTRUCCIÓN**

AUTOR:

Br. HOSSMAR VILLAGARCIA CAMACHO

ASESOR:

Dr. HECTOR AROQUIPA VELASQUEZ

CODIGO ORCID:

0000-0002-6502-5618

CUSCO – PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** Dr. HECTOR AROQUIPA VELASQUEZ
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada:
OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO EN BIM:
.....
EL IMPACTO DE LA PROGRAMACIÓN VISUAL EN LA EFICIENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN
.....

Presentado por: Br. HOSSMAR VILLAGARCIA CAMACHO DNI N° 72429495;
presentado por: DNI N°:

Para optar el título Profesional/Grado Académico de
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por ⁰² veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de
Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 5 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	5%
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto**
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 23 de Octubre de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

Adriel Camarero Durand
DIRECTOR

Firma
Post firma.....
Hector AROQUIPA VELASQUEZ
Nro. de DNI..... 41907984
ORCID del Asesor..... 0000-0002-6502-5618

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:27259:516935460**

HOSSMAR VILLAGARCIA CAMACHO

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO EN BIM: EL IMPACTO DE LA PROGRAMACIÓN VISUAL EN LA EFICIENCIA...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:516935460

Fecha de entrega

23 oct 2025, 8:45 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

23 oct 2025, 8:54 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

Tesis_Final_Hossmar_Villagarcia_Camacho.pdf

Tamaño del archivo

30.8 MB

302 páginas

53.711 palabras

308.551 caracteres

5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
39 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
-  **Texto oculto**
505 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA DE POSGRADO

INFORME DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES A TESIS

Dra. NELLY AYDE CAVERO TORRE, Directora General de la Escuela de Posgrado, nos dirigimos a usted en condición de integrantes del jurado evaluador de la tesis intitulada **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO EN BIM: EL IMPACTO DE LA PROGRAMACIÓN VISUAL EN LA EFICIENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN** del Br. HOSSMAR VILLAGARCIA CAMACHO. Hacemos de su conocimiento que el sustentante ha cumplido con el levantamiento de las observaciones realizadas por el Jurado el día **PRIMERO DE JULIO DE 2025**.

Es todo cuanto informamos a usted fin de que se prosiga con los trámites para el otorgamiento del grado académico de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN.

Cusco, 27 de agosto de 2025

MGT. LUIS GERARDO BECERRA INFANTAS
Primer Replicante

MG. JOSÉ RONALD AGUILAR HUERTA
Segundo Replicante

MGT. HUGO CANA PAULLO
Primer Dictaminante

MGT. JOSE HUMBERTO CABEZAS MANCILLA
Segundo Dictaminante

DEDICATORIA

A mis padres por enseñarme el valor del esfuerzo, la dedicación y perseverancia. Gracias por ser mi mayor fuente de inspiración y ejemplo.

A mis docentes y mentores, por compartir su conocimiento y guía, durante el desarrollo de la maestría. Su dedicación y compromiso con la enseñanza fueron claves para este proceso.

Finalmente, este trabajo está dedicado a los profesionales de la construcción que día a día buscan innovar y mejorar los procesos mediante el uso de nuevas tecnologías

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a AUTODESK REVIT & DYNAMO, el cual fue fundamental para el desarrollo de esta investigación. Gracias a sus capacidades y su activa comunidad y desarrolladores que lo apoyan, ha sido posible utilizar herramientas de programación visual de manera efectiva y logrando los resultados esperados.

Agradezco también al staff de profesionales de la UEI de la UNIQ que participaron activamente cuando se presentaron los resultados de esta investigación.

Índice general

Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Índice general	iii
Índice de cuadros	viii
Índice de figuras	ix
Resumen	13
Abstract.....	14
Introducción.....	15
Capítulo I: Planteamiento del problema	18
1.1. Situación problemática	18
1.2. Formulación del problema	20
1. Problema general	20
2. Problemas específicos.....	20
1.3. Justificación de la investigación	20
1.3.1. Justificación teórica	20
1.3.2. Justificación práctica	21
1.3.3. Justificación Metodológica.....	22
1.3.4. Justificación Social	23
1.4. Objetivo de la Investigación	25
1.4.1. Objetivo general	25

1.4.2.	Objetivos específicos.....	25
1.5.	Limitaciones de la Investigación	26
1.5.1.	LOD para el modelamiento BIM de estructuras.....	26
1.5.2.	LOI para el modelamiento BIM de estructuras	27
Capítulo II: Marco teórico conceptual		28
2.1.	Bases teóricas.....	30
2.1.1.	BIM.....	30
2.1.2.	Dimensiones BIM vs Usos BIM.....	31
2.1.3.	BIM en el diseño estructural.....	32
2.1.4.	Diseño Paramétrico.....	34
2.1.5.	Programación visual	35
2.1.6.	Programación visual en BIM.....	37
2.1.7.	Dynamo para Revit.....	39
2.1.8.	Anatomía de un Script de Dynamo para Revit	41
2.1.9.	Metodología BIM en obras públicas en Perú	43
2.1.10.	Metodología BIM	45
2.1.11.	Plan BIM PERU	49
2.1.12.	Contexto de BIM en el Perú	49
2.1.13.	BIM en la inversión pública	50
2.1.14.	Antecedentes normativos.....	51
2.1.15.	Definición de BIM en el Perú.....	52
2.1.16.	Beneficios de la aplicación de BIM.....	53
2.1.17.	Marco colaborativo.....	55

2.1.18.	Usos BIM en el Perú.....	58
2.1.19.	BIM en el sector público	61
2.1.20.	Implementación progresiva de BIM en una entidad pública.....	63
2.1.21.	Nivel de información necesaria (LOIN).....	69
2.1.22.	Calidad de obras y proyectos.....	71
2.1.23.	Gestión de tiempo	72
2.1.24.	Gestión de costo	76
2.1.25.	BIM 5D.....	78
2.1.26.	Importancia de los datos en BIM 5D.....	79
2.1.27.	Utilización de POWER BI en BIM 5D	79
2.1.28.	Beneficios del uso de POWER BI en BIM 5D.....	80
2.2.	Marco conceptual (palabras clave)	80
2.2.1.	Metodología BIM	80
2.3.	Antecedentes empíricos de la investigación (estado del arte)	82
2.3.1.	Antecedentes Internacionales	82
2.3.2.	Antecedentes Nacionales.....	84
2.4.	Hipótesis	87
2.4.1.	Hipótesis General	87
2.4.2.	Hipótesis Específicas.....	87
2.5.	Identificación de variables e indicadores.....	88
2.5.1.	Variable Independiente	88
2.5.2.	Variable Dependiente.....	88

2.6.	Operacionalización de variables	89
Capítulo III: Metodología		91
3.1.	Ámbito de estudio	91
3.2.	Tipo y nivel de investigación	92
3.3.	Unidad de análisis	95
3.4.	Población de estudio	97
3.4.1.	Respecto al proyecto	97
3.4.2.	Respecto a los encuestados	98
3.5.	Tamaño de muestra	98
3.5.1.	Respecto al proyecto	98
3.5.2.	Respecto a los encuestados	99
3.6.	Técnicas de selección de muestra	100
3.6.1.	Respecto al proyecto	100
3.6.2.	Respecto al los encuestados	100
3.7.	Técnicas de recolección de información	101
3.8.	Técnicas de análisis e interpretación de la información	102
3.9.	Técnicas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas	105
3.9.1.	Validación de instrumentos	108
3.9.2.	Procedimientos y criterios para validar encuestas	108
Capítulo IV: Resultados y discusiones		112
4.1.	Caracterización de la zona de estudio	113

4.1.1.	Zona de Estudios del Proyecto	113
4.1.2.	Descripción de la Muestra	116
4.2.	Presentación de Resultados Primarios	117
4.2.1.	Descripción del Proyecto.....	117
4.3.	Resultado de modelado BIM	130
4.3.1.	Modelamiento Paramétrico.....	131
4.3.2.	Filtros de Visualización en REVIT.....	145
4.3.3.	Obtención de Planos de Detalles	149
4.3.4.	Creación de Scripts en Dynamo	155
4.3.5.	Visualización 5D Power BI	161
4.4.	Análisis de los resultados.....	165
	Conclusiones para la Investigación	177
4.5.	Respuesta a las Hipótesis	199
4.5.1.	Hipótesis General	199
4.5.2.	Hipótesis Específicas.....	200
4.6.	Discusión	205
Capítulo V:	Conclusiones y recomendaciones	208
5.1.	Conclusiones.....	208
5.2.	Recomendaciones	210
VI.	Referencias bibliográficas	214
ANEXOS		223

Índice de cuadros

Tabla 1	<i>Marco normativo de inversiones para la Implementación BIM</i>	51
Tabla 2	<i>Beneficios de adoptar BIM</i>	54
Tabla 3	<i>Niveles de colaboración para la implementación BIM</i>	56
Tabla 4	<i>Usos BIM nacionales</i>	59
Tabla 5	<i>Hitos del Plan BIM Perú</i>	63
Tabla 6	<i>BIM en una entidad pública</i>	64
Tabla 7	<i>Operacionalización de variables</i>	90
Tabla 8	<i>Ubicación geográfica de La Convención</i>	91
Tabla 9	<i>Población para el estudio</i>	98
Tabla 10	<i>Tamaño muestral para el estudio</i>	99
Tabla 11	<i>Interpretación para el coeficiente V Aiken</i>	109
Tabla 12	<i>Validación de instrumento según V de Aiken</i>	110
Tabla 13	<i>Técnicas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas</i>	111
Tabla 14	<i>Acceso al sitio del Proyecto</i>	113
Tabla 15	<i>Tipos de Parámetros usados en REVIT</i>	132
Tabla 16	<i>Parámetros para elementos de concreto simple y armado en REVIT (2024)</i>	134
Tabla 17	<i>Parámetros para acero de refuerzo “STRUCTURAL REBAR” en REVIT</i>	136
Tabla 18	<i>Análisis de metrados y costos convencionales y con Dynamo</i>	169
Tabla 19	<i>Análisis de la diferencia de costos, costos determinación tradicional y Dynamo</i>	170
Tabla 20	<i>Análisis Estadística descriptiva de los resultados de los metrados</i>	183
Tabla 21	<i>Cuantificación de encuestas de uso de programación visual en BIM</i>	192

Índice de figuras

Figura 1	<i>Ciclo de Vida de un proyecto BIM</i>	29
Figura 2	<i>Dimensiones BIM vs Usos BIM</i>	32
Figura 3	<i>Flujo de proceso del análisis y diseño estructural</i>	34
Figura 4	<i>Modelo paramétrico de la torre GAZPROM</i>	35
Figura 5	<i>Ejemplo de Script en Python. Script en Python, uno de los softwares de programación textual más populares</i>	36
Figura 6	<i>Aplicación de programación visual para geometrías complejas</i>	38
Figura 7	<i>Geometrías en Dynamo - ejemplo de scripts para Dynamo</i>	40
Figura 8	<i>Partes de un Nodo y Cables en Dynamo</i>	42
Figura 9	<i>Jerarquía de documentos legales del marco colaborativo peruano</i>	57
Figura 10	<i>Jerarquía de documentos legales del marco colaborativo peruano</i>	58
Figura 11	<i>Usos BIM nacionales relacionados con las fases del Ciclo de Inversión</i>	65
Figura 12	<i>Esquema de adopción BIM a nivel organizacional</i>	66
Figura 13	<i>Esquema de adopción BIM a nivel de proyectos piloto</i>	67
Figura 14	<i>Aplicación de BIM en el desarrollo de la fase de formulación y evaluación bajo el ámbito de aplicación de la Ley de Contrataciones del Estado</i>	68
Figura 15	<i>Nivel de información necesaria</i>	69
Figura 16	<i>Progresividad del nivel de información necesaria según las fases del Ciclo de Inversión</i>	70
Figura 17	<i>Reportes gráficos de acero de refuerzo con POWER BI</i>	79

Figura 18 <i>Plano de ubicación de la provincia de La Convención en el departamento de Cusco.</i>	91
Figura 19 <i>Rutas de acceso al proyecto</i>	114
Figura 20 <i>Ubicación de la Residencia Estudiantil dentro de la Ciudad Universitaria</i>	115
Figura 21 <i>Zonificación del Proyecto de la Residencia Estudiantil de la UNIQ</i>	118
Figura 22 <i>Ingreso a la Residencia Estudiantil de la UNIQ</i>	119
Figura 23 <i>Vista frontal de la Residencia Estudiantil de la UNIQ</i>	120
Figura 24 <i>Vista posterior de la Residencia Estudiantil de la UNIQ</i>	121
Figura 25 <i>Vista de fachada de la Residencia Estudiantil de la UNIQ</i>	122
Figura 26 <i>Modelo Estructural Bloques 01 y 02, desarrollado en BIM-REVIT</i>	125
Figura 27 <i>Modelo Estructural Bloques 03 y 04, desarrollado en BIM-REVIT</i>	126
Figura 28 <i>Modelo Estructural Bloque 05, desarrollado en BIM-REVIT</i>	127
Figura 29 <i>Modelo Estructural Bloques 06 y 07, desarrollado en BIM-REVIT</i>	128
Figura 30 <i>Modelo Estructural Bloques 08, 09 y 10, desarrollado en BIM-REVIT</i>	129
Figura 31 <i>Vista del Proyecto en TRIMBLE CONNECT</i>	131
Figura 32 <i>Ubicación de PROJECT PARAMETES en Revit - BIM.</i>	133
Figura 33 <i>Definición de parámetros de tipo o instancia en Revit - BIM</i>	137
Figura 34 <i>Familia paramétrica para zapata rectangular en Revit - BIM</i>	139
Figura 35 <i>Modelamiento de plateas de cimentación en Revit - BIM</i>	140
Figura 36 <i>Familia paramétrica para Muro y columnas Estructural en L en Revit - BIM</i>	140
Figura 37 <i>Familia paramétrica para Vigas Estructural en Revit - BIM</i>	141
Figura 38 <i>Modelamiento de Losas Aligeradas y Llenas en Revit - BIM</i>	141
Figura 39 <i>Modelamiento de Sobrecimientos y Muros en General en Revit - BIM</i>	142
Figura 40 <i>Modelamiento BIM de Estructuras Global en Revit - BIM</i>	145

Figura 41	<i>Filtro de Sectorización por Bloques.....</i>	<i>146</i>
Figura 42	<i>Leyenda de colores para filtro de acero de refuerzo.....</i>	<i>147</i>
Figura 43	<i>Filtro de visualización de acero de refuerzo Bloque 01.....</i>	<i>148</i>
Figura 44	<i>Filtro de visualización de acero de refuerzo Bloque 02.....</i>	<i>149</i>
Figura 45	<i>View Template para cimentaciones en Revit</i>	<i>150</i>
Figura 46	<i>View Template para desarrollo de vigas de cimentación en Revit.....</i>	<i>151</i>
Figura 47	<i>View Template para corte de vigas de cimentación en Revit</i>	<i>151</i>
Figura 48	<i>View Template para desarrollo de vigas de piso en Revit.....</i>	<i>152</i>
Figura 49	<i>View Template para corte de vigas de piso en Revit</i>	<i>153</i>
Figura 50	<i>View Template para escaleras en Revit.....</i>	<i>153</i>
Figura 51	<i>View Template para losas llenas en Revit</i>	<i>154</i>
Figura 52	<i>Flowchart General para Scripts en Dynamo</i>	<i>155</i>
Figura 53	<i>Script para cimientos corridos.....</i>	<i>156</i>
Figura 54	<i>Script para solado</i>	<i>157</i>
Figura 55	<i>Script para falso piso</i>	<i>157</i>
Figura 56	<i>Script para Zapatas.....</i>	<i>158</i>
Figura 57	<i>Script para plateas de cimentación.....</i>	<i>159</i>
Figura 58	<i>Script para vigas de cimentación.....</i>	<i>159</i>
Figura 59	<i>Script para sobrecimiento reforzado.....</i>	<i>160</i>
Figura 60	<i>Ubicación de Dynamo Player en Revit</i>	<i>162</i>
Figura 61	<i>Inputs para Dynamo Player</i>	<i>162</i>
Figura 62	<i>Archivo de Excel que une Dynamo con Power BI.....</i>	<i>163</i>
Figura 63	<i>Vincular los datos en Excel con Power BI.....</i>	<i>164</i>
Figura 64	<i>Graficas interactivas en Power BI.....</i>	<i>165</i>

Figura 65 <i>Análisis comparativo de los metrados respecto al valor normalizado de Manual VS scripts en DYNAMO</i>	171
Figura 66 <i>Variación porcentual del metrado real en función al metrado con los scripts de DYNAMO</i>	173
Figura 67 <i>Sensibilidad de la variación del metrado real en función al metrado con programación visual en BIM</i>	178
Figura 68 <i>Sensibilidad de la variación del metrado real en función al metrado con los scripts de DYNAMO</i>	180
Figura 69 <i>Sensibilidad</i>	187
Figura 70 <i>Sensibilidad</i>	188
Figura 71 <i>Sensibilidad</i>	189
Figura 72 <i>Variabilidad de los costos evidenciados por programación visual en BIM, costos (+) y (-)</i>	191
Figura 73 <i>Respuesta encuestas (a)</i>	193
Figura 74 <i>Respuesta encuestas (b)</i>	196
Figura 75 <i>Resultados de prueba ANOVA para la validación de hipótesis</i>	200
Figura 76 <i>Resultados de prueba Q-Q (Quantile-Quantile) para la validación de hipótesis</i>	202

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo mejorar los procesos de diseño en proyectos de construcción mediante la incorporación de herramientas de programación visual en la metodología BIM (Building Information Modeling). Se buscó identificar en qué medida esta integración mejora la precisión de los entregables, la eficiencia en el desarrollo de metrados y planos estructurales, así como la gestión de la información en proyectos ejecutados en el Perú.

La metodología fue de enfoque cuantitativo. Se analizaron 26 partidas estructurales modeladas con BIM y se compararon con resultados obtenidos por métodos convencionales. Asimismo, se aplicaron encuestas a 45 profesionales del sector —ingenieros estructurales, arquitectos y gerentes de proyectos— con el fin de evaluar la efectividad de la programación visual y las principales barreras para su implementación.

El análisis, realizado con Dynamo para Revit y Power BI, permitió obtener comparaciones detalladas entre ambas metodologías. Los resultados evidenciaron una reducción de errores del 6,11% en metrados, un ahorro cercano al 8,5% en costos y una disminución del 25% en tiempos de tareas repetitivas. Además, el 95,6% de los encuestados destacó mejoras en la gestión de la información y en la integración interdisciplinaria.

En conclusión, la programación visual aplicada al BIM se presenta como una herramienta eficaz para reducir costos, minimizar errores y aumentar la eficiencia de los proyectos de construcción.

Palabras clave: Diseño, Eficiencia, Metrados, Programación.

ABSTRACT

This research aimed to enhance design processes in construction projects through the integration of visual programming tools into the Building Information Modeling (BIM) methodology. The main objective was to determine how this integration improves the accuracy of deliverables, the efficiency of quantity takeoffs and structural drawings, and the management of project information in construction works developed in Peru.

A quantitative approach was adopted. Twenty-six structural items were modeled using BIM tools and compared with results obtained through conventional methods. Additionally, surveys were conducted with 45 professionals in the field—including structural engineers, architects, and project managers—to assess the effectiveness of visual programming and identify barriers to its implementation.

The analysis, carried out using Dynamo for Revit and Power BI, enabled detailed comparisons between both methodologies. The results revealed a 6.11% reduction in quantity takeoff errors, cost savings of approximately 8.5%, and a 25% decrease in time spent on repetitive tasks. Furthermore, 95.6% of participants highlighted improvements in information management and interdisciplinary coordination.

In conclusion, the integration of visual programming into BIM proves to be an effective strategy to reduce costs, minimize errors, and increase efficiency in the design and management of construction projects.

Keywords: Design, Efficiency, Quantities, Programming.

INTRODUCCIÓN

La programación visual dentro de un entorno BIM (Building Information Modeling) aporta una serie de beneficios en la etapa de diseño, construcción y mantenimiento de edificaciones. Tales beneficios radican en la automatización de tareas repetitivas, personalizar el modelamiento paramétrico BIM, mejora la interoperabilidad entre softwares y optimiza el diseño.

A lo largo de esta tesis, se analizarán y discutirán diversos aspectos que involucran la adopción de la programación visual dentro de la metodología BIM, con el objetivo de demostrar cómo esta combinación mejora la precisión en los procesos y los resultados finales de los proyectos de construcción. El enfoque está centrado en la especialidad de estructuras, ya que es en este ámbito donde se presentan desafíos particulares que pueden beneficiarse considerablemente de la automatización y la optimización de tareas repetitivas y complejas.

Inicialmente se describe el problema principal que motiva la investigación: la falta de precisión y eficiencia en los procesos tradicionales de modelado estructural dentro de los proyectos de construcción. Se exploran las barreras y dificultades que enfrentan las empresas de construcción en Perú para adoptar plenamente la metodología BIM con programación visual, haciendo especial énfasis en las limitaciones que presenta el modelado convencional en 2D y los altos márgenes de error en los metrados y la planificación de recursos.

En el marco teórico de la investigación. Se analizan los principios de la metodología BIM, sus ventajas sobre los métodos tradicionales y el papel de la programación visual como una herramienta clave para mejorar los resultados en la especialidad de estructuras. Además, se incluye una revisión de literatura especializada sobre la implementación de herramientas

como Dynamo y Power BI en la automatización de procesos de diseño estructural, enfatizando su impacto en la reducción de errores y la optimización de costos.

La metodología utilizada en esta investigación está basada en un enfoque cuantitativo, recopilando datos cuantitativos mediante encuestas a profesionales del sector, así como, un análisis cuantitativo de las partidas estructurales modeladas. El capítulo detalla los procedimientos llevados a cabo para recopilar los datos, el diseño del estudio y las herramientas tecnológicas utilizadas, incluyendo el uso de Dynamo para la automatización de tareas en Revit y Power BI para el análisis y visualización de datos. También se describen los criterios de selección de las 26 partidas estructurales analizadas, junto con las técnicas estadísticas empleadas para evaluar los resultados.

los resultados obtenidos tras la implementación de la programación visual en la especialidad de estructuras. Los datos recopilados muestran una mejora significativa en la precisión de los metrados, con una reducción del 6,11% en los costos generales de construcción. Además, los resultados de las encuestas revelan que el 93,3% de los encuestados reportaron mejoras en la precisión de los planos, mientras que el 91,1% destacó una disminución en el tiempo necesario para completar tareas repetitivas. También se presenta un análisis comparativo entre los resultados obtenidos mediante la metodología BIM frente a los métodos tradicionales de cuantificación.

En las discusiones, se interpretan los hallazgos del capítulo anterior en función de las hipótesis planteadas. Se aborda cómo la programación visual en BIM ha logrado superar barreras tradicionales en el modelado estructural y cómo ha optimizado la gestión de la información y la coordinación interdisciplinaria. Se destacan, además, las implicaciones de estos resultados para la industria de la construcción en Perú, discutiendo los beneficios a

largo plazo en la adopción de tecnologías avanzadas como BIM y su potencial para reducir los sobrecostos y evitar retrasos en los cronogramas.

Entre las principales conclusiones de la investigación. Se concluye que la implementación de la programación visual en la metodología BIM no solo mejora la precisión y eficiencia en los proyectos de construcción, sino que también optimiza la gestión de recursos y facilita una mayor integración entre disciplinas. Se resaltan los impactos positivos sobre los costos, cronogramas y entregables, y se formulan recomendaciones para la adopción de estas tecnologías en el contexto de la construcción en Perú.

Finalmente, se proponen estrategias para mejorar la capacitación en BIM con programación visual en el país, así como la necesidad de realizar estudios adicionales para explorar su aplicación en otras áreas de la ingeniería y la construcción. También se sugieren políticas para fomentar la adopción de estas tecnologías y promover su uso en proyectos de gran envergadura.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

La industria de la construcción es crucial para el desarrollo económico y social de cualquier país, incluido el Perú. A pesar de su importancia, enfrenta desafíos significativos como ineficiencias, sobrecostos y retrasos, los cuales están en gran parte ligados a la falta de integración y actualización tecnológica en los procesos de diseño y ejecución de proyectos. En este contexto, la metodología BIM ofrece una solución prometedora al promover la integración de información y la colaboración entre disciplinas, aunque su implementación ha sido desigual y enfrenta resistencias (Alcántara Rojas, 2013; Fau, 2023; Haddock, 2018).

Especificidad del Problema en el Contexto Peruano: El Perú ha mostrado una gestión ineficiente en la inversión pública en construcción, evidenciada por un alto porcentaje de obras paralizadas y una notable subutilización del presupuesto. Esta situación refleja problemas profundos en la gestión de proyectos y en la implementación de tecnologías avanzadas como BIM, afectando principalmente a proyectos gubernamentales y locales (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021; Yacolca Vilcapoma, 2019). Por otro lado, el proyecto enfrenta desafíos únicos que incluyen la coordinación entre múltiples especialidades y la gestión eficiente de los recursos en áreas de difícil acceso. Estos desafíos subrayan la necesidad de emplear metodologías avanzadas como BIM, que deben ser complementadas con herramientas de programación visual para optimizar la precisión y eficiencia de los entregables. Por lo descrito, se propone investigar cómo la incorporación de herramientas de programación visual dentro de la metodología BIM puede optimizar los procesos y entregables para la especialidad de estructuras en el proyecto de la Vivienda Universitaria de la UNIQ. El estudio buscará determinar si estas herramientas pueden mejorar

significativamente la gestión del proyecto, reduciendo errores, interferencias, sobrecostos y retrasos (Acuña et al., 2023; Coates et al., 2018; Gaviria Londoño, 2016; Ministerio de Economía y Finanzas, 2021). Asimismo, La implementación de BIM, específicamente a través de herramientas de programación visual, podría representar un cambio significativo en la manera en que se planifican, diseñan, y ejecutan proyectos en el Perú. La relevancia de esta investigación radica en su potencial para mejorar la integración de la información y optimizar los recursos en proyectos de construcción, lo cual es crítico en un contexto donde la eficiencia y el uso adecuado del presupuesto son imperativos. Además, este estudio podría servir como un modelo replicable para otros proyectos en regiones similares, fomentando un cambio progresivo en toda la industria de la construcción del país. Por tanto, el estudio proporciona un marco riguroso para desarrollar un planteamiento de tesis que no solo aborda un problema actual y relevante, sino que también propone una exploración detallada de soluciones innovadoras aplicables al contexto específico de la construcción en el Perú. La implementación de herramientas de programación visual en BIM podría ser un cambio significativo en la forma de planificar, diseñar y ejecutar proyectos en Perú, mejorando la integración de información y la optimización de recursos. Esta investigación podría ofrecer un modelo replicable para otros proyectos, fomentando un cambio progresivo en la industria de la construcción del país y destacando la importancia de adaptar y mejorar continuamente las prácticas de construcción a través de la innovación tecnológica (A. Almeida, 2019; Haddock, 2018; Teicholz, 2013).

1.2. Formulación del problema

1. Problema general

¿De qué manera la implementación de programación visual en la metodología BIM optimiza el proceso de diseño en proyectos de construcción?

2. Problemas específicos

- ¿Cómo impacta la implementación de scripts en Dynamo sobre la precisión de los entregables estructurales y en la eficiencia del proceso de modelado?
- ¿En qué medida la automatización mediante scripts en Dynamo contribuye a los costos y retrasos asociados a los procesos repetitivos en la fase de diseño?
- ¿Cómo incide la utilización de scripts en Dynamo en la accesibilidad a la información estructural durante la fase de diseño en proyectos BIM?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación teórica

La industria de la construcción es un pilar fundamental para el desarrollo económico y social de cualquier país, incluido el Perú. No obstante, esta industria enfrenta desafíos persistentes como inefficiencias, sobre costos y retrasos en los proyectos, que a menudo son el resultado de una falta de integración y actualización tecnológica en los procesos de diseño y ejecución. En este contexto, la metodología Building Information Modeling (BIM) se presenta como una solución prometedora, capaz de transformar la forma en que se gestionan los proyectos de construcción mediante la integración de información y la promoción de la colaboración interdisciplinaria. La metodología BIM, al ser una herramienta de gestión de proyectos basada en modelos digitales, permite una visualización y simulación

detallada de los proyectos antes de su ejecución, mejorando así la planificación y coordinación entre las diferentes especialidades involucradas. Sin embargo, a pesar de sus evidentes ventajas, la implementación de BIM en el Perú ha sido desigual y enfrenta resistencias significativas debido a factores como la falta de capacitación, el costo inicial de adopción y una cultura organizacional resistente al cambio (Alcántara Rojas, 2013; Fau, 2023; Haddock, 2018).

Dentro del marco teórico de la gestión de proyectos, la programación visual aplicada a BIM se destaca como una herramienta que puede potenciar aún más las capacidades de BIM. La programación visual permite la automatización de tareas repetitivas y la personalización de flujos de trabajo, lo que incrementa la eficiencia y precisión de los entregables. Estudios previos han demostrado que la programación visual en BIM puede reducir significativamente los errores y mejorar la coherencia de los modelos digitales, lo que se traduce en una gestión más eficiente de los recursos y una ejecución más fluida de los proyectos (Acuña et al., 2023; Coates et al., 2018).

1.3.2. Justificación práctica

La especificidad del problema en el contexto peruano radica en la gestión ineficiente de la inversión pública en construcción, evidenciada por un alto porcentaje de obras paralizadas y una notable subutilización del presupuesto (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023; Yacolca Vilcapoma, 2019). Estos problemas son indicativos de deficiencias profundas en la gestión de proyectos y en la implementación de tecnologías avanzadas como BIM. En proyectos gubernamentales y locales, estas deficiencias afectan directamente la calidad de vida de las comunidades, al retrasar o incluso impedir la entrega de infraestructuras cruciales.

La investigación propuesta se centra en la incorporación de herramientas de programación visual dentro de la metodología BIM, aplicada específicamente a la especialidad de estructuras en el proyecto de la Vivienda Universitaria de la UNIQ. Este enfoque tiene el potencial de optimizar significativamente los procesos y entregables del proyecto, reduciendo errores, interferencias, sobrecostos y retrasos. Al mejorar la integración de la información y la eficiencia en la gestión de los recursos, la programación visual en BIM puede ofrecer soluciones prácticas y efectivas a los problemas actuales de la construcción en Perú.

La metodología BIM (Building Information Modeling) ha surgido como un enfoque innovador y altamente eficiente para la planificación, diseño, construcción y gestión de proyectos de infraestructura (Succar, 2009). Este estudio se fundamenta en la premisa de que la implementación de la metodología BIM puede mejorar significativamente la calidad de ejecución de las obras públicas al facilitar una gestión más eficaz del tiempo, costo y calidad (Eastman, 2011). Entonces, la justificación práctica de esta investigación se apoya en la evidencia existente en la literatura académica y profesional, que respalda la eficacia de la metodología BIM en diversos contextos de construcción (Kenter et al., 2015). Se espera que este estudio contribuya a fortalecer y ampliar el conocimiento existente sobre la aplicabilidad y los beneficios de BIM en el ámbito de las obras públicas municipales.

1.3.3. Justificación Metodológica

La metodología propuesta para esta investigación está diseñada para abordar de manera integral las complejidades y desafíos asociados con la adopción de herramientas de programación visual en la metodología BIM, enfocándose en la

especialidad de estructuras en proyectos de construcción en Perú. Esta investigación se fundamenta en un enfoque cuantitativo para obtener una comprensión holística y detallada del problema.

- **Enfoque Cuantitativo:** El enfoque cuantitativo permitirá la recolección de datos objetivos y medibles sobre el impacto de la programación visual en BIM en términos de precisión, eficiencia, reducción de sobrecostos y retrasos. Para ello, se utilizarán técnicas como encuestas estructuradas y análisis estadísticos. Las encuestas se aplicarán a profesionales del sector de la construcción, incluyendo ingenieros, arquitectos y gestores de proyectos, para recolectar datos sobre sus experiencias y percepciones respecto a la adopción de BIM y herramientas de programación visual.

Además, se realizará un estudio aplicado a un proyecto en específico, donde se aplicará la programación visual en BIM. Este estudio incluirá la recopilación y análisis de los datos cuantitativos obtenidos tales como variaciones de cuantificaciones y costos. Este enfoque permitirá una evaluación comparativa entre proyectos tradicionales y aquellos que utilizan programación visual en BIM, proporcionando evidencia empírica sobre los beneficios y desafíos de esta implementación.

1.3.4. Justificación Social

La investigación sobre la incorporación de herramientas de programación visual en la metodología BIM tiene un impacto social significativo, especialmente en el contexto peruano, donde la eficiencia en la gestión de proyectos de construcción es crucial para el desarrollo socioeconómico.

- **Mejora de la Infraestructura Pública:** Una gestión más eficiente y precisa de los proyectos de construcción mediante el uso de BIM y programación visual puede llevar a una entrega más oportuna y de mayor calidad de infraestructuras públicas. Esto incluye la construcción de escuelas, hospitales, carreteras y viviendas, que son esenciales para mejorar la calidad de vida de las comunidades. Al reducir los sobre costos y retrasos, se optimiza el uso de los recursos públicos, lo que permite la realización de más proyectos con el mismo presupuesto (Krygiel & Nies, 2008). Asimismo se contempla los procesos constructivos que contaminan el medio ambiente (Aroquipa, 2014, 2018)
- **Fomento de la Innovación y Capacitación:** La adopción de tecnologías avanzadas como BIM y programación visual fomenta la innovación en la industria de la construcción. Esto no solo mejora la competitividad del sector, sino que también impulsa la demanda de profesionales capacitados en estas nuevas tecnologías. La investigación puede influir en la creación de programas de capacitación y educación, preparando a los trabajadores para el futuro de la construcción y mejorando sus oportunidades de empleo (Succar, 2009; Vernikos et al., 2013).
- **Contribución al Desarrollo Regional:** La investigación se enfoca en un proyecto específico de la Vivienda Universitaria de la UNIQ, que puede servir como modelo replicable para otros proyectos en regiones similares. Al demostrar los beneficios de la programación visual en BIM, se puede fomentar la adopción de estas prácticas en otras regiones del Perú, contribuyendo al desarrollo regional y al cierre de brechas de infraestructura. Esto es especialmente importante en áreas

de difícil acceso, donde la eficiencia y precisión en la gestión de proyectos pueden marcar una gran diferencia en la calidad de vida de sus habitantes (Krygiel & Nies, 2008).

En resumen, la justificación social de esta investigación radica en su potencial para mejorar la eficiencia, sostenibilidad y transparencia en la gestión de proyectos de construcción en Perú, contribuyendo significativamente al desarrollo socioeconómico del país y al bienestar de sus ciudadanos.

1.4. Objetivo de la Investigación

1.4.1. Objetivo general

Analizar el impacto de la incorporación de programación visual en modelos BIM durante la fase de diseño de proyectos de construcción, con el fin de evaluar su contribución en la optimización de procesos y la precisión de los entregables.

1.4.2. Objetivos específicos

- **OE1** – Evaluar el impacto de la implementación de scripts en Dynamo en la precisión de los entregables estructurales y en la eficiencia del proceso de modelado dentro de la metodología BIM.
- **OE2** – Analizar cómo la automatización de procesos repetitivos mediante scripts en Dynamo influye en la reducción de costos y retrasos en la fase de diseño estructural.
- **OE3** – Determinar de qué manera la utilización de scripts en Dynamo mejora la accesibilidad a la información estructural en proyectos BIM durante la fase de diseño.

1.5. Limitaciones de la Investigación

La presente investigación se circunscribe únicamente a la especialidad de estructuras del proyecto “Vivienda Universitaria de la UNIQ”. La elección de este alcance responde a que dicha especialidad resulta idónea para la aplicación de herramientas de programación visual, permitiendo evidenciar de manera objetiva y cuantificable las diferencias entre el método de trabajo convencional y la incorporación de esta tecnología dentro del entorno BIM. Asimismo, no se consideraron otras especialidades del proyecto, como arquitectura, instalaciones eléctricas, sanitarias o mecánicas, debido a que el objetivo principal del estudio es demostrar el impacto directo de la programación visual en los procesos propios del diseño estructural. De esta forma, se asegura un análisis más riguroso y específico de las ventajas y limitaciones de la herramienta, evitando la dispersión de resultados en áreas no contempladas dentro del alcance inicial de la investigación.

1.5.1. LOD para el modelamiento BIM de estructuras

Para el modelamiento de las estructuras se trabajó con un Nivel de Desarrollo LOD 4, lo cual implica que los elementos fueron representados con un alto grado de detalle, adecuados para la etapa de construcción y ejecución de obra. En el caso de los elementos de concreto armado, se modelaron los refuerzos de acero incluyendo varillas, traslapes, dobleces y demás características necesarias para garantizar la fidelidad del modelo frente a la realidad constructiva.

Asimismo, se emplearon filtros de visualización que permitieron optimizar la revisión del modelo, facilitando la identificación de interferencias, la validación de las cuantificaciones y la comunicación entre las distintas especialidades. Este nivel de detalle no solo incrementó la exactitud de la creación de metrados y planos, sino

que además ayudó a poner en evidencia claramente las distinciones entre el método tradicional y la utilización de herramientas para programación visual en BIM, lo cual fortalece los objetivos del presente estudio.

1.5.2. LOI para el modelamiento BIM de estructuras

Se considero el nivel de información LOI 3, el cual resultó adecuado para la fase de diseño. Este nivel garantiza que los elementos estructurales cuenten con la información necesaria y suficiente para su correcta identificación y análisis. En este sentido, cada componente fue definido con atributos específicos tales como bloque, sector, nivel, ejes de referencia, material y demás parámetros relevantes.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

El marco teórico de la tesis sobre la implementación de herramientas de programación visual aplicada a modelos BIM en proyectos de construcción en Perú integra varios conceptos clave. Building Information Modeling (BIM) es una metodología avanzada que facilita la gestión eficiente de proyectos de construcción mediante la modelación digital de las características físicas y funcionales de una edificación (Delgado, 2023). La integración de la programación visual, como Dynamo para Revit, extiende las capacidades de BIM permitiendo a los usuarios desarrollar soluciones personalizadas que mejoran la precisión y eficiencia en el diseño y la documentación (Moreno, 2022). Sin embargo, la adopción de estas tecnologías enfrenta barreras como la resistencia al cambio y la falta de capacitación adecuada (Quilli et al., 2019). Este estudio explora cómo la adopción de BIM con programación visual puede transformar la gestión de proyectos en Perú, enfocándose en la mejora de la colaboración y la optimización de recursos en un contexto marcado por desafíos tecnológicos y estructurales específicos de la región.

En el contexto actual, donde las tecnologías avanzadas están reemplazando los métodos de trabajo convencionales, las pequeñas oficinas y estudios técnicos tienen una oportunidad única para actualizarse y competir eficazmente en el mercado. Sin embargo, existe una resistencia generalizada entre los profesionales hacia la adopción de nuevas tecnologías, a menudo debido a la comodidad con las prácticas establecidas y la falta de iniciativa personal. Este rechazo al cambio podría eventualmente llevar a su obsolescencia en un mercado que evoluciona rápidamente (Huayana, 2022; Moreno, 2022). Recientemente, ha surgido una demanda creciente de profesionales formados en Building Information Modeling (BIM), especialmente en roles como BIM Manager. Sin embargo, muchos subestiman el tiempo y el

esfuerzo necesarios para alcanzar competencias avanzadas en BIM, exacerbado por ofertas de empleo que demandan habilidades altamente especializadas a salarios bajos. Es crucial normalizar esta transición hacia BIM para facilitar el desarrollo tecnológico en la arquitectura. Los profesionales deben afianzar sus conocimientos y avanzar basándose en experiencias personales. BIM, que funciona como una base de datos dinámica de modelos de edificaciones, requiere actualizaciones manuales constantes, una tarea que se complica con las crecientes expectativas de los clientes por servicios más sofisticados (Huayana, 2022; Moreno, 2022). Aquí es donde las herramientas de programación visual como Dynamo presentan una solución valiosa, haciendo la programación accesible a través de interfaces gráficas y abriendo nuevas posibilidades dentro de la metodología BIM. Estas herramientas pueden ser un primer contacto menos intimidante con la programación, ofreciendo beneficios directos significativos en el entorno laboral.

Figura 1

Ciclo de Vida de un proyecto BIM



Nota. La figura muestra el ciclo de vida de un proyecto BIM. Fuente: adaptado de (Moreno, 2020)

2.1. Bases teóricas

2.1.1. BIM

El glosario de la National Building Specification (NBS) del sistema de construcción del Reino Unido define el Building Information Modeling (BIM) como un proceso diseñado para crear y gestionar información a lo largo del ciclo de vida de un proyecto. La esencia de BIM es el modelo digital del proyecto, que se construye y actualiza de manera colaborativa durante las fases clave del proyecto. Este modelo digital facilita la optimización de procesos, la reducción de tiempos y aporta valor agregado al proyecto (Getuli et al., 2020; Sanchez et al., 2016). El ciclo de vida de un proyecto BIM, que varía según el tipo de proyecto, incluye fundamentalmente tres fases: diseño, construcción y mantenimiento, según lo establece buildingSMART en su capítulo español. Durante la fase de diseño, todas las especialidades colaboran para cumplir con los requerimientos del proyecto, adheridos a las normativas vigentes, desarrollando un modelo digital que encapsula el desarrollo integral de estas disciplinas (Dixit et al., 2019; Eastman, 2011; Vernikos et al., 2013). En la fase de construcción, este modelo digital se utiliza para planificar la secuencia constructiva y controlar el avance del proyecto. Las modificaciones que surgen en esta etapa son incorporadas al modelo, facilitando su gestión gracias a las capacidades de BIM (Nyoni, 2018). Finalmente, una vez concluida la construcción, el proyecto entra en funcionamiento y requiere de mantenimiento y revisiones periódicas, conocidas en inglés como "Facility Management". Este proceso se apoya en un modelo digital AS-BUILT, que contiene todas las modificaciones realizadas durante la construcción, asegurando una gestión eficaz del inmueble en funcionamiento.

2.1.2. Dimensiones BIM vs Usos BIM

En el marco teórico de una investigación sobre Building Information Modeling (BIM), es esencial entender las dimensiones BIM como capas progresivas de información que se añaden al modelo para satisfacer necesidades específicas en el ciclo de vida de un edificio. Cada dimensión en BIM no solo representa un nivel de profundidad en la modelación, sino también una expansión en la utilidad del modelo en diferentes etapas del proyecto de construcción (Ayman et al., 2020; Hosseini et al., 2016). Comenzando con BIM 1D y 2D, nos encontramos con las etapas conceptuales y de diseño preliminar, donde se esbozan las primeras ideas y se elaboran planos detallados. Estas dimensiones proporcionan la base para las representaciones más complejas que siguen. BIM 3D, ampliamente reconocido y utilizado, permite la visualización tridimensional del proyecto, facilitando una comprensión integral de la estructura propuesta y sus componentes (Lu et al., 2017). La cuarta dimensión, BIM 4D, introduce el factor tiempo, permitiendo a los gestores de proyecto planificar y visualizar la secuencia de construcción de manera más eficaz. Este nivel de BIM es crucial para la coordinación y el control de tiempos en el sitio de construcción, permitiendo ajustes proactivos ante cualquier cambio o retraso.

En BIM 5D, la dimensión de costos entra en juego, integrando la estimación de costos al modelo BIM. Esto proporciona una herramienta dinámica para el control financiero del proyecto, permitiendo ajustes en tiempo real y facilitando una gestión económica más precisa (Lu et al., 2017; Yacolca Vilcapoma, 2019). Las dimensiones posteriores, como BIM 6D y 7D, se enfocan en la sostenibilidad y el mantenimiento operativo del edificio respectivamente. BIM 6D ayuda en la optimización energética y en la evaluación de la sostenibilidad a lo largo de la vida útil del edificio, mientras que BIM 7D se centra en el

mantenimiento posconstrucción, asegurando que todos los datos necesarios para operaciones eficientes y preventivas estén disponibles. Finalmente, propuestas para dimensiones adicionales como BIM 8D a 10D exploran áreas como la seguridad, la implementación de prácticas de construcción “lean” y la gestión digital de la construcción, subrayando el potencial de BIM para abarcar prácticamente todos los aspectos del proceso de construcción y operación (Succar, 2009; Yuliana, 2019).

Este marco teórico subraya cómo cada dimensión de BIM no solo añade una capa de complejidad al modelo, sino que también amplía su aplicabilidad, haciendo de BIM una herramienta indispensable en la moderna gestión de proyectos de construcción. Este enfoque integral no solo optimiza los recursos, sino que también mejora la eficiencia y la eficacia de los proyectos de construcción a lo largo de su ciclo de vida completo.

Figura 2

Dimensiones BIM vs Usos BIM



Nota. Dimensiones y usos BIM en el sector AEC. Fuente: adaptado de (Moreno, 2020)

2.1.3. BIM en el diseño estructural

La fase de diseño estructural es fundamental en el análisis y diseño de estructuras, siguiendo la normativa vigente. Durante esta etapa, se elaboran detalladamente los planos y

las especificaciones técnicas, los cuales son cruciales para una ejecución exitosa en la fase de construcción del proyecto. Es esencial realizar los análisis estructurales adecuadamente, teniendo en cuenta las cargas que soportarán las estructuras. Asimismo, el nivel de detalle en los planos debe ser alto y proporcional a la complejidad y magnitud del proyecto.

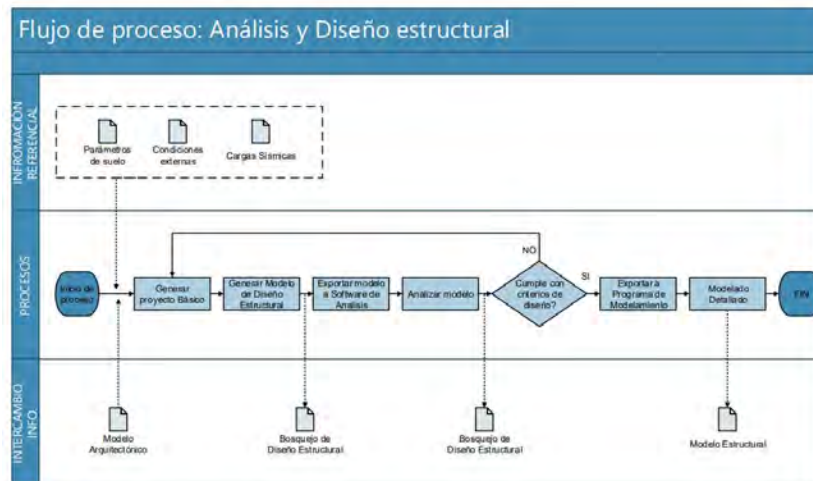
Almeida et al., (2016) destaca las ventajas de la metodología BIM comparada con los sistemas de diseño tradicionales, evaluando tres aspectos fundamentales: características, procesos y productos. Entre las ventajas identificadas se encuentran:

- Características: Mejora en la eficiencia y agilidad del tiempo de diseño, facilitando el trabajo colaborativo entre profesionales de diversas especialidades y promoviendo la integración e interoperabilidad entre diferentes softwares (MANAGEMENT, 2024).
- Procesos: BIM permite la detección de interferencias con otras especialidades, contribuye a la certificación LEED y mejora la supervisión de la salud, seguridad y medio ambiente (HSE) (MANAGEMENT, 2024).
- Productos: La creación de modelos 3D enriquece la visualización y comprensión del proyecto. Además, permite la obtención automatizada de metrados y presupuestos a partir del modelo digital y facilita la programación de la obra, convirtiéndose en una herramienta invaluable para el control de los procesos constructivos (MANAGEMENT, 2024).

En el desarrollo de la especialidad de estructuras en la etapa de diseño, se siguen una serie de etapas detalladas en la figura 3, donde se describen los flujos de proceso para el análisis y diseño estructural, demostrando cómo BIM mejora y optimiza estas actividades.

Figura 3

Flujo de proceso del análisis y diseño estructural



Nota. La figura muestra el flujo de proceso del diseño y análisis estructural. Fuente: Adaptado de (MANAGEMENT, 2024; Quilli et al., 2019)

2.1.4. Diseño Paramétrico

El diseño paramétrico es un enfoque en el que el objetivo es resolver problemas de diseño mediante la manipulación de variables o parámetros. Al ajustar uno o más de estos parámetros, el diseño genera automáticamente diversas soluciones posibles, permitiendo a los diseñadores seleccionar la opción más conveniente y efectiva. Este proceso depende críticamente de software especializado capaz de representar problemas de diseño dentro de un modelo digital.

Para integrar efectivamente el diseño paramétrico con modelos digitales, es esencial el desarrollo de algoritmos específicos. Estos algoritmos facilitan la adaptación automática del modelo a los cambios en los parámetros, lo que permite una exploración fluida y dinámica

de diferentes soluciones arquitectónicas o estructurales. En esencia, el diseño paramétrico no solo optimiza el proceso de diseño, sino que también amplía las posibilidades creativas y técnicas, ofreciendo soluciones innovadoras que son tanto funcionales como estéticamente atractivas.

Figura 4

Modelo paramétrico de la torre GAZPROM.



Modelo paramétrico de la torre
GAZPROM



Torre GAZPROM

Nota. Aplicación del modelamiento paramétrico en la torre GAZPROM. Fuente: Adaptado de (LAKHTA CENTER Nucleo Estr - WikiArquitectura, 2022)

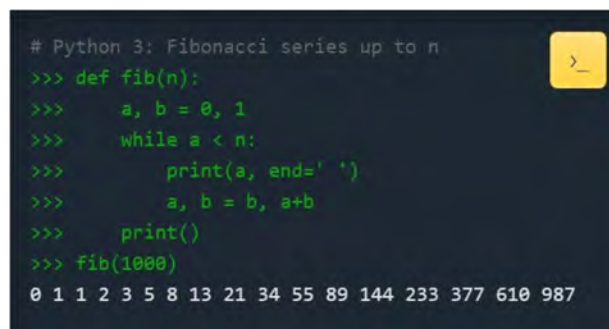
2.1.5. Programación visual

La programación visual es un método que permite crear programas mediante representaciones gráficas en lugar de texto puro. A diferencia de la programación textual tradicional, donde se escribe código directamente, la programación visual emplea elementos

visuales como bloques, flechas y diagramas de flujo para desarrollar algoritmos y aplicaciones. Este enfoque facilita la comprensión y el diseño de lógica de programación, especialmente para aquellos que pueden no estar familiarizados con la sintaxis de los lenguajes de programación (Delgado, 2023; Eizaguirre García, 2020; Quilli et al., 2019). En contraste, la programación textual es generalmente más potente debido a su capacidad para interactuar directamente con el ordenador mediante la escritura de código. Aunque ofrece un control más granular sobre las operaciones del computador, su complejidad puede representar una barrera significativa para los principiantes. Entre los lenguajes de programación textual más utilizados por científicos e ingenieros se incluyen Python, C++, JavaScript y Matlab. Estos lenguajes son apreciados por su flexibilidad y potencia en el desarrollo de soluciones complejas en diversas áreas de la ciencia y la ingeniería (Delgado, 2023; Eizaguirre García, 2020; Quilli et al., 2019).

Figura 5

Ejemplo de Script en Python. Script en Python, uno de los softwares de programación textual más populares



```
# Python 3: Fibonacci series up to n
>>> def fib(n):
>>>     a, b = 0, 1
>>>     while a < n:
>>>         print(a, end=' ')
>>>         a, b = b, a+b
>>>     print()
>>> fib(1000)
0 1 1 2 3 5 8 13 21 34 55 89 144 233 377 610 987
```

Nota. La figura muestra un ejemplo de programación textual en Python. Fuente: (*Welcome to Python.Org*, 2024)

2.1.6. Programación visual en BIM

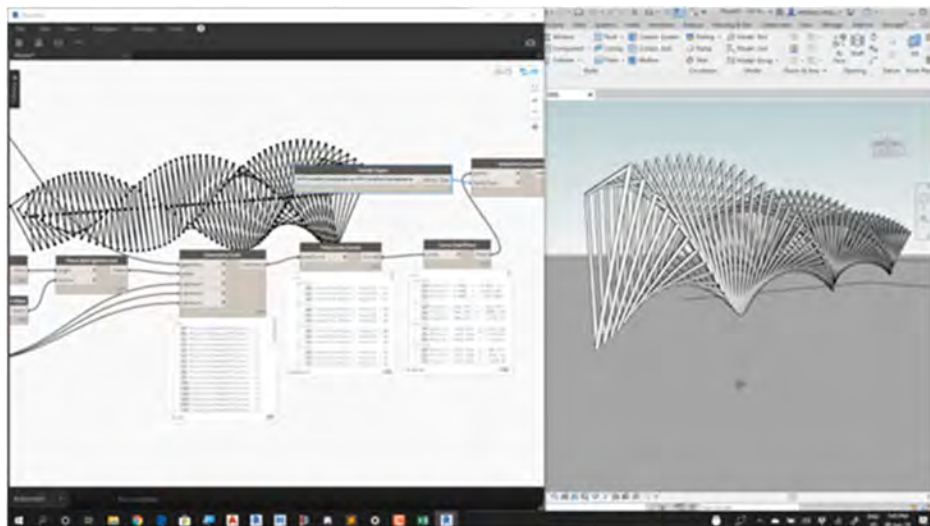
La programación visual en Building Information Modeling (BIM) representa un avance significativo en cómo los profesionales de la arquitectura, ingeniería y construcción interactúan con la información de los modelos de edificación. A diferencia de la programación textual tradicional, la programación visual en BIM emplea formas y representaciones gráficas para manipular y crear información dentro de los modelos BIM. Este enfoque permite a los usuarios sin formación profunda en programación acceder a herramientas de automatización y análisis de datos (*Autodesk AutoCAD 2025 | Obtener Precios y Comprar El Software AutoCAD Oficial*, 2024; *Welcome to Python.Org*, 2024; Bakhshi et al., 2022). En el contexto de BIM, la programación visual se utiliza para una variedad de funciones críticas. Estas incluyen la automatización de tareas repetitivas, análisis de datos complejos, generación de geometrías avanzadas, creación de reglas específicas, y aplicación de lógica a los modelos BIM. Esto facilita la creación de scripts que manejan desde la gestión de datos y generación de informes hasta la detección de conflictos, optimización del diseño, simulación de rendimiento y análisis estructural. La capacidad para realizar estas tareas de manera visual y dinámica transforma la eficiencia y precisión con la que se pueden llevar a cabo proyectos de construcción complejos (Eizaguirre García, 2020).

Entre las herramientas más destacadas de programación visual para BIM se encuentran Dynamo para Revit y Grasshopper para Rhino. Dynamo es ampliamente utilizado por su integración con Revit, permitiendo a los usuarios modificar y extender las funcionalidades del software a través de un flujo de trabajo gráfico. Grasshopper, por otro lado, es preferido por su capacidad para modelar formas complejas y realizar simulaciones dentro del entorno de Rhino (*Application of BIM in Building Electrical Design | Atlantis*

Press, 2024; Autodesk AutoCAD 2025 | Obtener Precios y Comprar El Software AutoCAD Oficial, 2024; IdUS - Diseño de Modelos BIM Para Infraestructuras Civiles Con DYNAMO, 2024). Este enfoque visual no solo democratiza el uso de tecnologías avanzadas en el campo de la construcción, sino que también fomenta una colaboración más efectiva entre disciplinas al hacer que la información sea más accesible y manejable. Además, la programación visual en BIM promueve una innovación constante en el diseño y ejecución de proyectos, permitiendo adaptaciones rápidas a los requisitos cambiantes y a las condiciones del entorno en tiempo real. Al integrar estas herramientas, los profesionales pueden explorar nuevas posibilidades de diseño y optimización, marcando un hito en cómo la tecnología puede influir en las metodologías tradicionales de construcción.

Figura 6

Aplicación de programación visual para geometrías complejas.



Nota. La figura muestra la utilización de programación visual para geometrías complejas, las cuales no podrían hacerse con los comandos básicos que ofrecen los softwares de

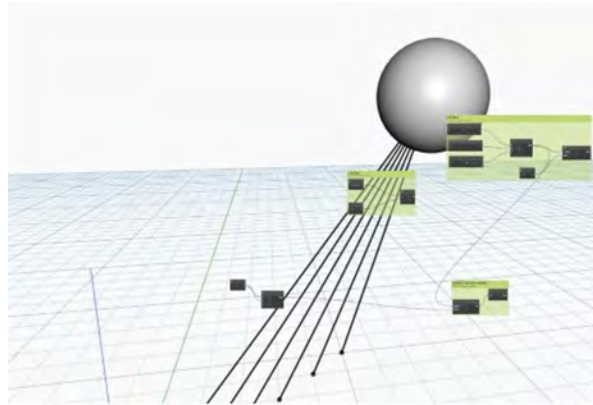
modelamiento BIM. Fuente:(Autodesk AutoCAD 2025 | Obtener Precios y Comprar El Software AutoCAD Oficial, 2024)

2.1.7. Dynamo para Revit

Dynamo para Revit representa una convergencia significativa entre la accesibilidad y la potencia en el campo del modelado de información de construcción (BIM) gracias a su enfoque de programación visual. Según Matt Jezyk (2019), Dynamo se define como una herramienta de programación visual diseñada para ser accesible tanto para programadores experimentados como para aquellos sin conocimientos previos en programación. Esto democratiza el uso de herramientas avanzadas en el diseño arquitectónico y de ingeniería, permitiendo a un espectro más amplio de profesionales contribuir activamente en el desarrollo de proyectos (*Application of BIM in Building Electrical Design* | Atlantis Press, 2024; Autodesk AutoCAD 2025 | Obtener Precios y Comprar El Software AutoCAD Oficial, 2024; IdUS - Diseño de Modelos BIM Para Infraestructuras Civiles Con DYNAMO, 2024). Integrado con Autodesk Revit, Dynamo permite a los usuarios automatizar tareas repetitivas y generar geometría compleja a través de una interfaz gráfica intuitiva. La capacidad de aplicar lógica paramétrica sin necesidad de escribir código convencional abre nuevas posibilidades para la personalización y optimización de los modelos de Revit. Esta integración facilita una manipulación más eficiente de los datos y geometrías del modelo, lo que es esencial para la planificación, diseño y ejecución de construcciones (Autodesk AutoCAD 2025 | Obtener Precios y Comprar El Software AutoCAD Oficial, 2024).

Figura 7

Geometrías en Dynamo - ejemplo de scripts para Dynamo



Nota. La figura muestra la creación de geometrías como líneas y esferas en Dynamo. Fuente: (IdUS - Diseño de Modelos BIM Para Infraestructuras Civiles Con DYNAMO, 2024)

Dynamo no solo mejora la eficiencia en el proceso de diseño y construcción, sino que también promueve una experimentación innovadora en la creación de formas y soluciones estructurales. La plataforma ofrece una amplia gama de herramientas y funcionalidades que permiten a los usuarios explotar al máximo la información contenida en los modelos de Revit, desde la generación de documentación detallada hasta la exploración de alternativas de diseño complejas (*Application of BIM in Building Electrical Design* | Atlantis Press, 2024; Autodesk AutoCAD 2025 | *Obtener Precios y Comprar El Software AutoCAD Oficial*, 2024). Además, Dynamo se beneficia de una comunidad activa y colaborativa de usuarios. Esta comunidad desempeña un papel crucial en el soporte a nuevos usuarios, proporcionando recursos educativos como scripts, tutoriales y foros de discusión. El intercambio de conocimientos y soluciones dentro de esta comunidad no solo ayuda a los individuos a resolver problemas específicos, sino que también estimula la innovación continua dentro del ecosistema de Dynamo y Revit. En resumen, Dynamo para Revit es una herramienta

transformadora en el ámbito de BIM, ofreciendo capacidades extendidas para la manipulación paramétrica y visual de datos que revolucionan los métodos tradicionales de diseño y construcción. Al hacer la programación accesible a un público más amplio, Dynamo fomenta una mayor colaboración y eficiencia, potenciando la creatividad y la precisión técnica en la industria de la construcción.

2.1.8. Anatomía de un Script de Dynamo para Revit

La programación visual en Dynamo para Revit se estructura a través de un enfoque intuitivo basado en nodos, cables y bibliotecas, facilitando la manipulación compleja de datos y geometrías sin necesidad de escribir código convencional. Este enfoque permite a los usuarios de Revit desde arquitectos hasta ingenieros, utilizar herramientas de automatización avanzada de una manera visualmente accesible y altamente personalizable.

- a) **Nodos.** En Dynamo, los nodos son los componentes fundamentales de cualquier script. Cada nodo representa una operación específica, que puede ser tan simple como una función aritmética o tan compleja como una transformación geométrica. Los nodos están diseñados para ser conectados de manera visual mediante "cables", lo que permite a los usuarios construir flujos de trabajo lógicos mediante la conexión de varias operaciones en secuencia o en redes más complejas. Esto democratiza funciones avanzadas de modelado y análisis, haciéndolas accesibles a no programadores.
- b) **Cables.** Los cables en Dynamo son los elementos que facilitan la conexión entre nodos. Actúan como conductos a través de los cuales los datos fluyen de una operación a otra, conectando las salidas de un nodo con las entradas de otro. Esto permite una visualización clara del flujo de datos y ayuda a los usuarios a entender

Figura 8

(a) Partes de un Nodo.

(b) Cables en Dynamo.

Nota. La figura muestra las partes de los nodos y cables que tiene Dynamo, los cuales son fundamentales para desarrollar los scripts. Fuente: (*Autodesk AutoCAD 2025 | Obtener Precios y Comprar El Software AutoCAD Oficial*, 2024; *IdUS - Diseño de Modelos BIM Para Infraestructuras Civiles Con DYNAMO*, 2024)

En conjunto, la anatomía de un script en Dynamo para Revit está diseñada para optimizar y simplificar el proceso de diseño en BIM, proporcionando una plataforma que no solo mejora la eficiencia y la precisión en la creación de modelos arquitectónicos y estructurales, sino que también promueve un ambiente de experimentación y aprendizaje continuo entre los profesionales de la industria.

2.1.9. Metodología BIM en obras públicas en Perú

La Metodología Building Information Modeling (BIM) ha emergido como un enfoque integral para la planificación, diseño, construcción y gestión de proyectos de construcción. En el contexto de obras públicas en Perú, la implementación de BIM promete mejorar la eficiencia, la transparencia y la calidad en todas las etapas del ciclo de vida de los proyectos. Para comprender mejor esta metodología y su aplicación en este contexto específico, se hace necesario analizar diversas perspectivas teóricas.

- a) **Definición y Fundamentos de BIM.** BIM se define como un proceso colaborativo basado en modelos digitales inteligentes que ofrecen información detallada y coordinada para respaldar la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida de un proyecto de construcción (Eastman, 2011). Este enfoque integra no solo la geometría del proyecto, sino también la información sobre costos, programación, sostenibilidad, entre otros aspectos (Ayman et al., 2020; Hartmann et al., 2015).

- b) **Implementación de BIM en Obras Públicas.** La implementación de BIM en obras públicas implica una transformación en la manera en que se planifican, diseñan, construyen y gestionan los proyectos. Autores como (Succar, 2009) señalan la necesidad de políticas gubernamentales y estrategias de capacitación para fomentar la adopción de BIM en el sector público.
- c) **Beneficios de BIM en Obras Públicas.** Diversos estudios han destacado los beneficios potenciales de BIM en obras públicas, que van desde la reducción de errores y costos hasta una mejor coordinación entre los diferentes actores del proyecto (Haddock, 2018). Además, BIM puede mejorar la comunicación y la colaboración, lo que conduce a una toma de decisiones más informada y eficiente (Dixit et al., 2019; Rae et al., 2019).
- d) **Desafíos y Barreras de la Implementación de BIM.** A pesar de sus beneficios, la implementación de BIM en obras públicas enfrenta desafíos significativos. Estos pueden incluir la resistencia al cambio, la falta de estándares y la necesidad de inversiones en tecnología y capacitación (Hosseini et al., 2016; Vernikos et al., 2013).
- e) **Casos de Éxito y Experiencias Internacionales.** Experiencias internacionales de países que han adoptado BIM en obras públicas, como Reino Unido y Estados Unidos, ofrecen lecciones valiosas sobre estrategias de implementación, beneficios obtenidos y obstáculos superados (Omoregie & Turnbull, 2016; Poljanšek, 2017).
- f) **Marco Normativo y Legal.** El marco normativo y legal juega un papel crucial en la implementación de BIM en obras públicas. Autores como Shaaban & Nadeem, (2015) señalan la importancia de establecer estándares y regulaciones claras para garantizar la interoperabilidad y la protección de datos en el uso de modelos BIM.

- g) **Capacitación y Desarrollo de Recursos Humanos.** La capacitación adecuada del personal es fundamental para el éxito de la implementación de BIM en obras públicas. Autores como Kenter et al., (2015) abogan por programas de formación específicos y la promoción de una cultura de colaboración y aprendizaje continuo.
- h) **Impacto Socioeconómico y Ambiental.** La adopción de BIM en obras públicas puede tener impactos significativos en términos socioeconómicos y ambientales. Autores como Azhar et al., (2008) y Becerik-Gerber et al., (2012) y Bynum et al., (2013) destacan la capacidad de BIM para mejorar la sostenibilidad y la eficiencia energética de los proyectos, así como para generar empleo y promover el desarrollo económico.

2.1.10. Metodología BIM

La Metodología Building Information Modeling (BIM) en el contexto de edificaciones se fundamenta en la creación y gestión de modelos digitales que integran información detallada sobre la geometría, los materiales, los costos y el cronograma del proyecto, lo que permite una planificación más precisa y una coordinación eficiente entre los diferentes actores del proceso constructivo (Eastman, 2011; Krygiel & Nies, 2008). La implementación de BIM en edificaciones ha demostrado proporcionar beneficios significativos, como la reducción de errores y retrabajos, la optimización del uso de recursos y la mejora en la comunicación y colaboración entre equipos (Azhar et al., 2008; Sanchez et al., 2016). Sin embargo, su adopción enfrenta desafíos como la resistencia al cambio, la necesidad de capacitación especializada y la interoperabilidad de los diferentes softwares utilizados (Succar, 2009; Teicholz, 2013). Experiencias internacionales, como las de Reino Unido y Estados Unidos, proporcionan lecciones valiosas sobre estrategias de implementación y

mejores prácticas (Eastman, 2011; Krygiel & Nies, 2008; Lee & Borrmann, 2020). Además, el marco normativo y legal desempeña un papel crucial en la estandarización y regulación de la implementación de BIM en edificaciones (Coates et al., 2018; Rae et al., 2019; Saka & Chan, 2020). En este contexto, la capacitación y el desarrollo de recursos humanos son fundamentales para aprovechar plenamente el potencial de BIM en el sector de la construcción (Borrmann et al., 2018; Haddock, 2018; Omoregie & Turnbull, 2016; Poljanšek, 2017; Shaaban & Nadeem, 2015).

a) Software Dinámico de Modelado.

El Software Dinámico de Modelado, como la plataforma Building Design Software, constituye una herramienta integral para la documentación y el diseño en proyectos de construcción, proporcionando soporte tanto para la elaboración de tablas de planificación como para la generación de dibujos. Este software permite incorporar información detallada sobre diseños, dimensiones, cantidades y fases de los proyectos (Alcántara Rojas, 2013). Cada dibujo, ya sea en vista 3D o 2D, y las tablas de planificación, reflejan los datos obtenidos directamente de los modelos de construcción subyacentes. Durante el proceso de desarrollo de estas representaciones, el software recopila datos del proyecto y coordina las diversas vistas y tablas. Además, los motores de cambio paramétrico de estas plataformas dinámicas de modelado permiten una coordinación automática de las alteraciones realizadas en los planos, secciones, tablas de planificación y vistas en los modelos (Gonzales, 2015; Yuste, 2015). Este enfoque paramétrico se refiere a la capacidad del software para gestionar y coordinar los cambios en el modelo de manera automatizada, lo que proporciona una ventaja significativa en términos de productividad y coordinación, ya que facilita la gestión

de cambios y modificaciones en cualquier etapa del proyecto (Azhar et al., 2008; Gonzales, 2015; Liu, 2012; Yuste, 2015).

b) Niveles de desarrollo BIM (LOD)

Durante la metodología BIM, el modelo BIM 3-D, es representado como depósitos y se pueden encontrar todos los datos sobre la edificación. Es por ello, que este modelo a través del BIM Manager, tiene que asegurar a cada involucrado para que se pueda obtener un modelo fácil de coordinar e integro con toda la información en las distintas áreas (Alcántara Rojas, 2013; Hartmann et al., 2015; Madrid, 2015). En base a lo mencionado se mantiene una confusión a relación a ¿Qué y cuánto se requiera en cada etapa o área? Dicho de otra forma, mayormente pensamos que, si es más similar a lo real, se podrán obtener resultados óptimos, siendo esto un error. Ya que el modelo BIM 3-D se debe adecuar según los requerimientos, por ello es ilógico imaginar que sea modelado algún proyecto con niveles de desarrollo altísimos, o en el caso de edificaciones hospitalarias, o anteproyectos con modelos muy básicos, donde es manejado grandes cantidades de documentación y datos (Del Giudice et al., 2014; Kensek, 2014; Wu et al., 2014). La demanda de costos y tiempo resulta ser la diferente entre los distintos niveles de desarrollo que son empleados para modelar con distintos niveles en desarrollo. Es durante el 2008, que American Institute of Architects sostiene este sistema como base para valorizar el nivel de calidad de modelos BIM, pero se les realiza cambios y deciden convertir “Level of Detail” por “Level of Development”. Por consiguiente, serán presentados los conceptos de los Niveles LOD según la “LOD Specification” (2014) (Del Giudice et al., 2014; Kensek, 2014; Wu et al., 2014):

- LOD 100 – Diseño Conceptual: Los elementos deben representarse de forma gráfica mediante símbolos u otras representaciones. Incluyendo diseños conceptuales, etapas de los proyectos o masas (Del Giudice et al., 2014; Kensek, 2014; Wu et al., 2014).
- LOD 200 – Desarrollo de Diseño: Los elementos son representados de forma gráfica como sistemas genéricos, donde contribuyen con información de tamaño y general, orientación, ubicación y forma. En este nivel se logra realizar el análisis para cuantificar y medir, teniendo en cuenta de que esto puede cambiar. De la misma forma, se puedan añadir datos no gráficos (Del Giudice et al., 2014; Kensek, 2014; Wu et al., 2014).
- LOD 300 – Documentos para construcción: Ya se encuentran representados los elementos en este nivel, los modelos reciben geometría e información exacta de dichos elementos de forma constructiva. Además, se logra crear documentos de construcciones tradicionales (Del Giudice et al., 2014; Kensek, 2014; Wu et al., 2014).
- LOD 400 – Fabricación y Montaje: Se encuentran elementos donde sus componentes ya son establecidos y son completados con datos logrando optimizar la información dentro de la fabricación para la instalación, montaje y proyectos (Del Giudice et al., 2014; Kensek, 2014; Wu et al., 2014).
- LOD 500 – Operación y Mantenimiento: Los modelos poseen datos de los edificios As-Built y los elementos se encuentran definidos de forma geométrica en cuanto a montajes en términos de orientación, ubicación, forma, dimensión, cantidad y en uso, sistemas constructivos específicos, posición y detalle. De esta forma, se logra permitir

el comienzo de la operación de mantenimiento (Del Giudice et al., 2014; Kensek, 2014; Wu et al., 2014).

2.1.11. Plan BIM PERU

Según el Ministerio de Economía y Finanzas, (2023), El Plan BIM Perú es una medida de política planteada en el Plan Nacional de Competitividad y Productividad impulsada por el Ministerio de Economía y Finanzas. Este plan define la estrategia nacional para la implementación progresiva de la adopción de BIM en los procesos de las fases del Ciclo de Inversión desarrollados por las entidades y empresas públicas sujetas al Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones, de manera articulada y concertada con el sector privado y la academia (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023; Per et al., 2023).

El Plan BIM Perú establece los objetivos y acciones para que se implemente BIM en las inversiones, de manera progresiva, de todas las entidades y empresas públicas sujetas al Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones hacia el año 2030. El Plan BIM Perú busca garantizar una adecuada ejecución de las inversiones, mejorando la calidad y eficiencia de estas durante el Ciclo de Inversión (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021, 2023; Per et al., 2023).

2.1.12. Contexto de BIM en el Perú

En los últimos cinco años, el gasto anual en inversión pública en Perú ha promediado el 4.64% del Producto Bruto Interno (PBI), una cifra relativamente alta a nivel regional. Sin embargo, el desarrollo de infraestructura en el país está rezagado en comparación con otras naciones de la región y miembros de la OCDE (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023; Per et al., 2023). Según el Índice de Competitividad Global 2019, Perú ocupa el puesto 88 de 141 países en calidad de infraestructura. La industria de la construcción desempeña un papel

significativo en la economía peruana, contribuyendo con el 6% del PBI y generando aproximadamente el 6,2% de los empleos en el país. A pesar de su importancia, la productividad en el sector ha aumentado a un ritmo más lento que la economía nacional en general, principalmente debido al bajo uso de tecnologías digitales y la escasa inversión en investigación y desarrollo. La baja ejecución de obras en el sector público se atribuye a varios factores, incluida la dispersión de las entidades ejecutoras y la falta de coordinación y articulación en la gestión de las inversiones. Según la Contraloría General de la República, hasta julio de 2018, había 867 obras paralizadas, con el 39% de las causas relacionadas con deficiencias técnicas e incumplimientos contractuales. La implementación de BIM ofrece beneficios significativos en toda la cadena de valor de la construcción, incluida una mejora en la productividad (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023; Per et al., 2023). Un informe de McKinsey & Company señala que el 75% de las empresas que adoptaron BIM obtuvieron un retorno positivo de la inversión, con proyectos más cortos y ahorros en costos de materiales. Para el gobierno peruano, la adopción de BIM ofrece la oportunidad de establecer estándares de calidad y desarrollar las capacidades humanas necesarias en la industria. Esto puede ser fundamental para mejorar la inversión pública y descentralizar la información y los recursos del Estado y el sector privado, especialmente dada la brecha de conocimientos existente a nivel nacional (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023; Per et al., 2023).

2.1.13. BIM en la inversión pública

En la última década, el Gobierno peruano ha estado enfocado en mejorar la calidad de la infraestructura pública con el fin de proporcionar mejores servicios a los ciudadanos. A pesar de esto, el sector de la construcción ha mostrado poco progreso en términos de adopción de tecnología. Los profesionales involucrados en las inversiones, como ingenieros, arquitectos,

gestores y contratistas, han seguido trabajando de manera aislada, lo que ha resultado en problemas de comunicación y una falta de eficiencia en los procesos (A. Almeida, 2019; Per et al., 2023)

Esta falta de coordinación ha generado reprocesos, pérdida de tiempo y recursos, así como una toma de decisiones poco clara. En respuesta a esta situación, el Gobierno peruano ha asumido el compromiso de mejorar la gestión de las inversiones públicas, adoptando metodologías colaborativas que permitan una gestión más transparente y accesible de la información. En este contexto, surge el Building Information Modeling (BIM) como una herramienta que facilita la gestión ordenada de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de una inversión pública (A. Almeida, 2019; Per et al., 2023).

2.1.14. Antecedentes normativos

En el Perú, la primera iniciativa para incluir la adopción de la metodología de trabajo colaborativo (BIM, por sus siglas en inglés: Building Information Modeling), en el marco normativo de inversiones (A. Almeida, 2019; Ministerio de Economía y Finanzas, 2021, 2023; Orellano, 2021b)

Tabla 1

Marco normativo de inversiones para la Implementación BIM Parte 1

Nº	Nombre	Año	Definición
1	Reglamento del Decreto Legislativo N° 1252	2018	Establece la necesidad de la Dirección General de Programación Multianual de Inversiones (DGPMI) de emitir disposiciones para la adopción progresiva de metodologías colaborativas de modelamiento digital de la información, con el propósito de mejorar la transparencia, calidad y eficiencia de la inversión pública.

Tabla 1*Marco normativo de inversiones para la Implementación BIM Parte 2*

N°	Nombre	Año	Definición
2	Decreto Supremo N° 345-2018-EF	2018	Aprueba la Política Nacional de Productividad y Competitividad, que implica la obligación de su cumplimiento para todas las entidades del Estado y el sector privado, con el objetivo de mejorar la calidad y eficiencia de las inversiones públicas, asegurando la sostenibilidad y el funcionamiento de la infraestructura económica y social.
3	Decreto Supremo N° 237-2019-EF	2019	Aprueba el Plan Nacional de Competitividad y Productividad, que busca implementar medidas para orientar al país hacia una visión de desarrollo. En el marco de este plan, se establece la Medida de política 1.2: Plan BIM, con el fin de incorporar progresivamente la metodología colaborativa de modelamiento digital de información para la construcción (BIM) en el sector público, con hitos a corto, mediano y largo plazo.
4	Decreto Supremo N° 289-2019-EF	2019	Aprueba disposiciones para la incorporación progresiva de BIM en los procesos de inversión pública, definiendo estándares y directrices para entidades y empresas públicas sujetas al Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones. Modificado posteriormente por el Decreto Supremo N° 108-2021-EF para actualizar definiciones y agregar nuevas disposiciones relacionadas con BIM.
5	Resolución Directoral N°0002-2021- EF/63.01	2021	Aprueba el Plan de Implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú, documento que analiza el contexto nacional de la industria de la construcción y la adopción de BIM, definiendo objetivos y acciones estructurados en cuatro líneas estratégicas: 1) Establecer el liderazgo público, 2) Construcción de un marco colaborativo, 3) Aumento de la capacidad de la industria y 4) Comunicación de la visión.

Nota. La tabla muestra el marco normativo de inversiones para la implementación BIM en Perú. Fuente: Adaptado de (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021, 2023)

2.1.15. Definición de BIM en el Perú

En el contexto peruano, el concepto de Building Information Modeling (BIM) se define como el empleo de una representación digital compartida de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, con el propósito de contar con una base sólida para la toma de decisiones. Esta representación digital integra tanto información gráfica (por ejemplo, tuberías en 3D) como no gráfica (como presupuestos), y evoluciona a

lo largo del Ciclo de Inversión del proyecto, desde la planificación hasta el funcionamiento. El modelo de información es elaborado colaborativamente por todos los equipos involucrados, mejorando la comunicación y el intercambio de información, independientemente de la complejidad del proyecto. Además, la adopción de BIM implica una adecuación organizativa que fortalezca todas las etapas del proyecto, desde la formulación hasta el mantenimiento de los activos generados. En el ámbito de la inversión pública, el Decreto Supremo N.º 289-2019-EF, modificado por el Decreto Supremo N.º 108-2021-EF, define BIM como una metodología de trabajo colaborativo para la gestión de la información de la inversión pública, utilizando un modelo de información compartido para facilitar la programación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura pública, asegurando una base confiable para la toma de decisiones. El proceso de Gestión de la Información BIM comprende ocho actividades que pueden aplicarse a lo largo del Ciclo de Inversión, incluyendo evaluación de necesidades, petición y presentación de ofertas, designación, movilización, producción colaborativa de información, entrega del modelo de información y finalización de la fase de ejecución (Instituto Nacional de Calidad, 2021a).

2.1.16. Beneficios de la aplicación de BIM

BIM no solo hace referencia al uso de herramientas tecnológicas, su principal objetivo es asegurar la gestión eficiente de información. Por ello, se requiere que cumpla con ciertos requisitos de nomenclaturas, cantidad, calidad, accesibilidad, transparencia y seguridad de la información necesaria en el momento adecuado, para que se puedan tomar mejores decisiones a lo largo del Ciclo de Inversión. La aplicación de esta metodología genera diferentes beneficios en la forma en que se planifica y ejecuta una inversión, desde la

definición de los requisitos de los activos hasta el término de su uso, cubriendo su concepción, desarrollo, operación, mantenimiento y disposición.

A continuación, se describen los beneficios de adoptar BIM:

Transformación digital: Durante el Ciclo de Inversión, los distintos actores involucrados trabajan con diferentes versiones de documentos o archivos. Esto se debe principalmente a la falta de intercambio de información digital. Adoptar BIM significa desprenderse de documentos en físico y avanzar hacia el intercambio de información digital en tiempo real, lo que garantiza la transparencia, trazabilidad, mejora en el control de calidad y velocidad de procesamiento e intercambio de información auditable.

Tabla 2

Beneficios de adoptar BIM Parte 1

Característica	Definición
Integración	La información gráfica y no gráfica de la inversión se integra y enriquece con una variedad de conjuntos de datos, como información sobre edificios, infraestructura, activos existentes, topografía, condiciones geotécnicas del terreno, costos de la inversión, entre otros.
Calidad	Mejora la calidad de las inversiones al permitir el análisis y control de los estándares de calidad, la verificación del cumplimiento de normas aplicables y la identificación de interferencias e incompatibilidades de diseño. Facilita el trabajo colaborativo para mejorar los expedientes técnicos y reduce modificaciones durante la ejecución de la obra o cambios posteriores.
Eficiencia	Permite reducir costos y plazos en el desarrollo de inversiones, así como una utilización racional de recursos destinados a operación y mantenimiento. Genera ahorros en el uso de fondos públicos a lo largo del Ciclo de Inversión al mejorar la gestión de la información.

Tabla 2*Beneficios de adoptar BIM Parte 2*

Característica	Definición
Mejor comunicación	Simplifica la visualización del diseño, resalta riesgos potenciales y articula medidas para minimizar impactos negativos o interrupciones. Facilita la comunicación de soluciones complejas a ciudadanos y actores involucrados en el desarrollo de una inversión.
Diseño para fabricación y ensamblaje	Considera y analiza los elementos constructivos desde el diseño hasta su control de calidad, teniendo en cuenta su ensamblaje en el sitio de construcción para obtener una mejor calidad del producto instalado.
Supervisión del avance de obra	Permite la simulación gráfica en tiempo real del avance de la ejecución de obra al integrar datos de diseño, costos y programación en un solo modelo de información. Agrega la dimensión del tiempo al modelo para evaluar la edificabilidad, planificar el flujo de trabajo y visualizar aspectos secuenciales, específicos y temporales del progreso de la obra.
Rendimiento de activos	Incorpora información del fabricante para optimizar el uso de activos o simular diferentes condiciones con el fin de mejorar su rendimiento durante la fase de funcionamiento de la inversión.
Impacto en el medioambiente	Mejora el proceso de diseño y ejecución de obra, reduciendo residuos de construcción y ofreciendo un entorno de construcción más sostenible. Evalúa soluciones de proyectos para predecir el consumo de energía y las emisiones de carbono del ciclo de vida real, impulsando decisiones hacia soluciones más sostenibles.
Transparencia	Contribuye a una mayor transparencia en la toma de decisiones en todas las fases del Ciclo de Inversión mediante procesos consistentes para crear, compartir y gestionar información de la inversión.

Nota. La tabla muestra las ventajas que se tiene cuando se implementa BIM, Fuente: adaptado de (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021, 2023)

2.1.17. Marco colaborativo

El Plan BIM Perú tiene como objetivo establecer un marco colaborativo para impulsar la adopción gradual de BIM en el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de

Inversiones, en línea con la normativa ISO 19650. Esta adopción gradual requiere que la documentación técnica y normativa relacionada con BIM esté organizada de manera jerárquica en diferentes niveles. A continuación, se detalla la jerarquía de documentos técnicos en este marco colaborativo.

Tabla 3

Niveles de colaboración para la implementación BIM

Nivel	Caracterización y Definición
PRIMER NIVEL	Normas y estándares técnicos nacionales: Conjunto de estándares o requisitos obligatorios que proporcionan estructura y coherencia a la adopción progresiva de BIM en el sector público. Incluye estándares nacionales y normas técnicas peruanas relacionadas con BIM.
SEGUNDO NIVEL	Guías técnicas, especificaciones y formatos: Conjunto de documentos que ofrecen recomendaciones y explicaciones sobre cómo aplicar el proceso de Gestión de la Información BIM en el desarrollo de inversiones públicas, siguiendo las mejores prácticas. Comprende guías BIM nacionales, guías técnicas, especificaciones y formatos.
TERCER NIVEL	Recursos de Apoyo: Documentación básica que facilita la comprensión y aplicación del proceso de Gestión de la Información BIM en el desarrollo de inversiones públicas. Incluye recursos de soporte BIM e instructivos de formatos.

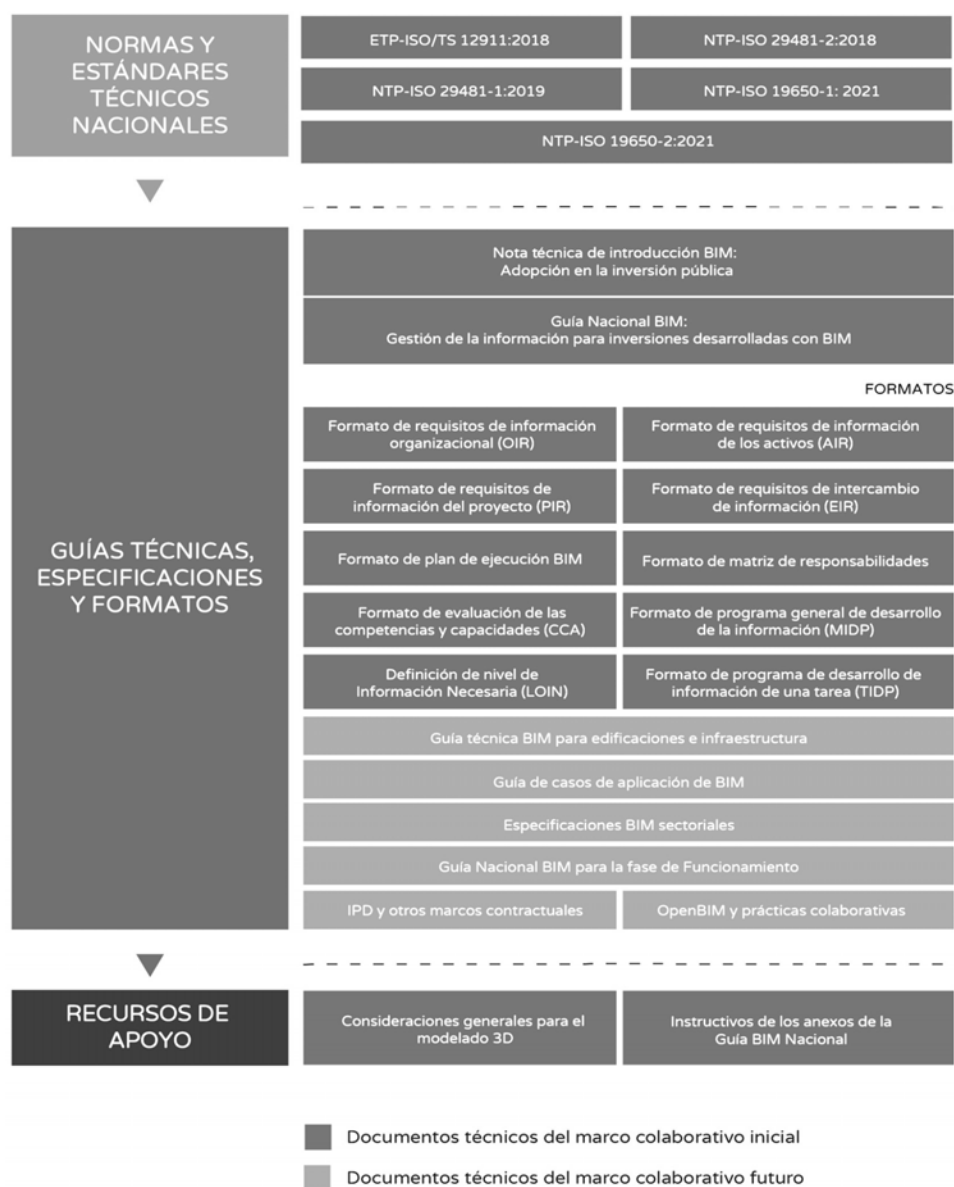
Nota. La tabla muestra los niveles de colaboración para la implementación BIM: Fuente:

Adaptado de (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021, 2023)

En la Figura 9 se muestran los documentos técnicos del marco colaborativo, organizados jerárquicamente para su aplicación en el desarrollo de inversiones públicas con BIM. La Figura 10 presenta los documentos legales correspondientes a este marco, también organizados de manera jerárquica.

Figura 9

Jerarquía de documentos legales del marco colaborativo peruano.

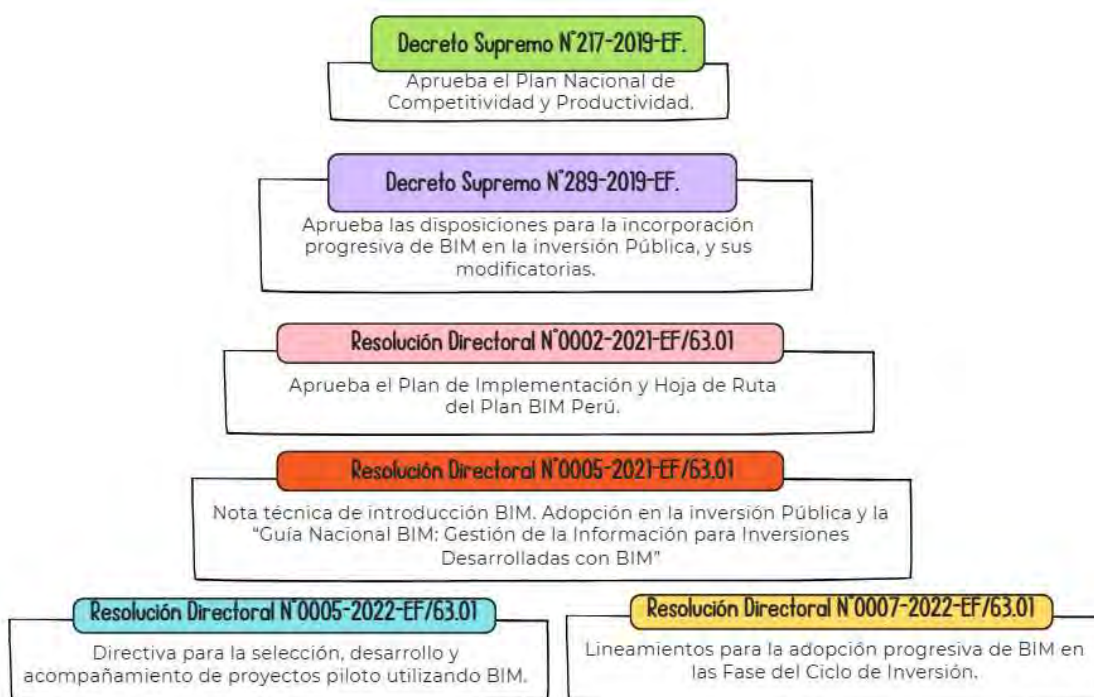


Nota. La figura muestra la jerarquía de documentos legales del marco colaborativo peruano.

Fuente: adaptado de (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021, 2023)

Figura 10

Jerarquía de documentos legales del marco colaborativo peruano.



Nota. La figura muestra la jerarquía de documentos legales del marco colaborativo peruano de forma piramidal. Fuente: adaptado de (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021, 2023)

2.1.18. Usos BIM en el Perú

Al desarrollar una inversión utilizando BIM en Perú, es esencial definir los usos BIM que se emplearán, en línea con los requisitos de información y los objetivos para la Gestión de la Información BIM. Los usos BIM son métodos de aplicación de BIM que se vinculan con cada fase del Ciclo de Inversión para lograr objetivos específicos. Estos usos describen cómo las partes involucradas pueden utilizar BIM en una inversión particular. Es crucial mantener una comunicación e intercambio de información entre las partes involucradas a lo largo del Ciclo de Inversión, dentro de un entorno de datos comunes (CDE), para garantizar la

disponibilidad de información de calidad, una mejor comprensión y la toma de decisiones basada en información confiable. A continuación, se detallan los veintisiete (27) usos BIM nacionales.

Tabla 4

Usos BIM nacionales Parte 1

Nº	Nombre	Definición
1	Levantamiento de condiciones existentes	Utilización de modelos de información que representan las condiciones existentes del entorno, instalaciones o espacios específicos, empleando tecnologías como escaneo láser, drones o técnicas convencionales. Aplicable en proyectos de conservación o levantamiento de información de superficies o edificaciones existentes.
2	Análisis del entorno físico	Evaluación de las propiedades y características del entorno para determinar la ubicación óptima de una obra. Aplicable para analizar, planificar, simular y visualizar el impacto de una infraestructura en aspectos geográficos.
3	Diseño de especialidades	Creación de modelos de información para las especialidades requeridas en un proyecto de inversión.
4	Elaboración de documentación	Extracción de datos esenciales y documentación técnica a partir del modelo de información para el desarrollo de inversiones, incluyendo la elaboración de planos y la información contenida en ellos.
5	Visualización 3D	Utilización del modelo de información para mostrar, comunicar y previsualizar el activo o intervenciones propuestas mediante imágenes 3D, fotomontajes, recorridos virtuales y otras herramientas visuales.
6	Coordinación de la información	Coordinación del desarrollo del diseño o construcción mediante el uso de software y plataformas que admiten distintos formatos de intercambio de información.
7	Análisis del programa arquitectónico	Análisis del rendimiento del diseño respecto a parámetros y condiciones espaciales, para tomar decisiones de diseño.
8	Estimación de cantidades y costos	Utilización del modelo de información para estimar, verificar o actualizar cantidades de componentes y materiales, permitiendo realizar estimaciones de costos.
9	Revisión del diseño	Utilización del modelo de información para revisar y validar múltiples aspectos del diseño de todas las especialidades de un proyecto.
10	Análisis estructural	Análisis del comportamiento del sistema estructural mediante modelos de información, para determinar su eficacia y diseño.
11	Análisis lumínico	Evaluación lumínica a partir de modelos de información para lograr una iluminación óptima según normas y estándares.
12	Análisis energético de las instalaciones	Evaluación del consumo energético con el fin de validar el cumplimiento de normas de energía y buscar oportunidades para optimizar el diseño y recursos, reduciendo costos.

Tabla 4*Usos BIM nacionales Parte 2*

Nº	Nombre	Definición
13	Análisis de la capacidad constructiva	Revisión de procesos de construcción para identificar posibles obstáculos y fallas de diseño, previniendo retrasos y sobrecostos.
14	Análisis de otras ingenierías y especialidades	Evaluación de sistemas complementarios mediante el modelo de información.
15	Evaluación de sostenibilidad	Evaluación de proyectos en base a estándares de sostenibilidad, con el objetivo de lograr diseños eficientes y tomar decisiones informadas.
16	Detección de interferencias e incompatibilidades	Identificación de problemas de diseño que podrían afectar la ejecución física de la inversión.
17	Planificación de la fase de ejecución	Planificación de fases constructivas basada en el modelo de información para optimizar el tiempo de ejecución.
18	Diseño de sistemas constructivos	Diseño y análisis de sistemas de construcción complementarios para optimizar los procesos constructivos.
19	Fabricación digital	Facilitación de la fabricación de elementos constructivos o ensambles a partir del modelo de información.
20	Planificación de obras preliminares y provisionales	Gestión y ubicación de trabajos preliminares y provisionales requeridos para la ejecución de la inversión, enlazado con el cronograma de obra.
21	Planificación de la logística de la construcción	Diseño de montajes e instalaciones mediante modelos de información para mejorar la eficiencia en la ejecución de la inversión.
22	Registro de información de lo construido	Representación precisa de las condiciones físicas y entorno de un activo en un modelo de información.
23	Gestión de activos	Análisis de repercusiones financieras causadas por modificaciones y uso del activo, basado en el modelo de información.
24	Programación del mantenimiento preventivo	Programación de mantenimiento durante la fase de Funcionamiento para mejorar el rendimiento y reducir costos.
25	Análisis de los sistemas del activo	Medición del rendimiento del activo comparado con el diseño, incluyendo operación de sistemas mecánicos, control de iluminación, etc.
26	Gestión y seguimiento del espacio del activo	Distribución, administración y rastreo de espacios y recursos relacionados dentro de un activo.
27	Planificación y gestión de emergencias	Acceso a información crítica del activo durante situaciones de emergencia para obtener respuestas rápidas y minimizar riesgos.

Nota. La tabla muestra los usos BIM nacionales. Fuente: adaptado de (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021, 2023)

Los usos BIM serán aplicados en las inversiones conforme a los objetivos y requisitos de información para la Gestión de la Información BIM. No obstante, su implementación debe

considerar el nivel de madurez en la gestión de la información BIM y los recursos disponibles por parte de la entidad pública. Se sugiere comenzar con usos BIM iniciales en el desarrollo de inversiones y luego ir incorporando progresivamente usos más especializados a medida que la entidad adquiera mayor experiencia, recursos y aprendizajes de proyectos piloto (Murguía Sánchez, n.d.; Orellano, 2021a; Salinas & Prado, 2019; Zabalaga Cari, 2021).

Los usos BIM iniciales son aquellos recomendados para la etapa inicial de la adopción de BIM en inversiones, que incluyen levantamiento de condiciones existentes, diseño de especialidades, elaboración de documentación, coordinación de la información, estimación de cantidades y costos, revisión de diseño, detección de interferencias e incompatibilidades, planificación de la fase de ejecución y modelo de información As-Built. Se presenta una matriz que vincula los 27 usos BIM nacionales con las fases del Ciclo de Inversión, resaltando los usos BIM iniciales. Es importante destacar que con el avance tecnológico y de procesos, se pueden agregar nuevos usos BIM a esta lista con el tiempo (A. Almeida, 2019; Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

2.1.19. BIM en el sector público

En el Perú, la introducción de la metodología de trabajo colaborativo conocida como Building Information Modeling (BIM) en el marco normativo de inversiones comenzó en 2018. Esto se realizó mediante disposiciones en el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1252, que establece el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones. La Dirección General de Programación Multianual de Inversiones (DGPMI) fue designada para emitir pautas para la adopción gradual de metodologías colaborativas de modelamiento digital, con el objetivo de mejorar la transparencia, calidad y eficiencia de las inversiones públicas (A. Almeida, 2019; Ministerio de Economía y Finanzas, 2023). Además,

la Política Nacional de Competitividad y Productividad, promulgada en 2018, destaca la importancia de dotar al país de infraestructura de calidad como un objetivo prioritario. Dentro de esta política, se incluye la formulación y evaluación eficientes de inversiones públicas, así como el fortalecimiento de capacidades en el sector público para garantizar la sostenibilidad y el funcionamiento de la infraestructura económica y social (A. Almeida, 2019; Ministerio de Economía y Finanzas, 2023). El Plan Nacional de Competitividad y Productividad 2019-2030 también incorpora la "Medida de Política 1.2: Plan BIM", con el propósito de introducir gradualmente BIM en el sector público. Este plan establece hitos a corto, mediano y largo plazo para lograr este objetivo (A. Almeida, 2019; Ministerio de Economía y Finanzas, 2023). Para cumplir con estos hitos, se han emitido disposiciones como el Decreto Supremo N° 289-2019-EF, que establece pautas para la incorporación progresiva de BIM en la inversión pública. Posteriormente, se suscribió un Memorándum de Entendimiento con el Reino Unido para colaborar en el modelado de información para la construcción (A. Almeida, 2019; Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

La Resolución Directoral N° 007-2020-EF/63.01 y el Decreto Supremo N° 108-2021-EF han proporcionado lineamientos adicionales y modificaciones para facilitar la implementación de BIM en las inversiones públicas. En conjunto, todas estas medidas buscan mejorar la calidad y eficiencia de las inversiones públicas a través de la adopción progresiva de BIM en el ciclo de inversión (A. Almeida, 2019; Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

Tabla 5

Hitos del Plan BIM Perú

Hito 1	Hasta Jul-2021	Hasta Jul-2025	Hasta Jul-2030
Proyecto de Decreto Supremo que regula el BIM (Set-2019)	Estándares y requerimientos BIM elaborados	BIM aplicado en proyectos del Gobierno Nacional y Gobiernos Regionales en tipologías seleccionadas	Plataforma tecnológica habilitante para uso en todo el sector público
Plan de Implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM (Mar-2020)	Proyectos piloto aplicando la metodología BIM	Marco regulatorio para la aplicación del BIM en el sector público y articulación con sistemas administrativos aprobado	Obligatoriedad del BIM en todo el sector público normada
	Estrategia de formación de capital humano para el uso del BIM iniciada	Plataforma tecnológica habilitante para sectores priorizados del Gobierno Nacional	

Nota. La tabla muestra los hitos del Plan BIM Perú. Fuente: adaptado de (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021, 2023)

2.1.20. Implementación progresiva de BIM en una entidad pública

El texto expone la importancia de que las entidades públicas estén familiarizadas con el marco colaborativo nacional BIM para garantizar la coherencia y claridad entre los diversos actores de la industria de la construcción y las entidades gubernamentales. Se destaca la Guía Nacional BIM como un recurso clave para comprender el proceso de Gestión de la Información BIM y se señala la necesidad de una adopción progresiva de esta metodología (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023; Per et al., 2023). Es crucial que todos los involucrados comprendan los cambios organizativos, los nuevos procesos y tecnologías que

serán implementados al adoptar BIM. La iniciativa no debe limitarse a un área específica ni a una sola inversión o disciplina, sino que debe ser abordada estratégicamente en toda la organización. Se enfatiza la importancia de desarrollar proyectos piloto como parte de la adopción progresiva de BIM. Estos proyectos permiten evaluar resultados, obtener beneficios y aprender lecciones que faciliten el aumento gradual de los requisitos de información y la madurez en la Gestión de la Información BIM, mejorando así la capacidad de la industria para ejecutar inversiones bajo esta metodología (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023; Per et al., 2023).

Tabla 6

BIM en una entidad pública

Directiva	Descripción
Directiva para la adopción de BIM a nivel organizacional	Establece las disposiciones para la adopción progresiva de BIM a nivel organizacional de manera integral en la entidad pública. Se aplica BIM en todas las fases o etapas del ciclo de inversión a su cargo.
Directiva para la selección, desarrollo y acompañamiento de proyectos piloto utilizando BIM	Establece las disposiciones para la selección, desarrollo y acompañamiento de proyectos piloto aplicando BIM. Se realizan los cambios necesarios sólo para la fase o etapa del ciclo de inversión

Nota. La tabla muestra las directivas para BIM en una entidad pública. Fuente: adaptado de (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021, 2023)

A continuación, se presentan esquemas acerca de las rutas de adopción planteadas por ambas directivas.

Figura 11

Usos BIM nacionales relacionados con las fases del Ciclo de Inversión.



Nota. La figura muestra los usos BIM en el ciclo de inversión. Fuente: (Coronado & Orellano, 2021; Ministerio de Economía y Finanzas, 2023)

Figura 12

Esquema de adopción BIM a nivel organizacional¹

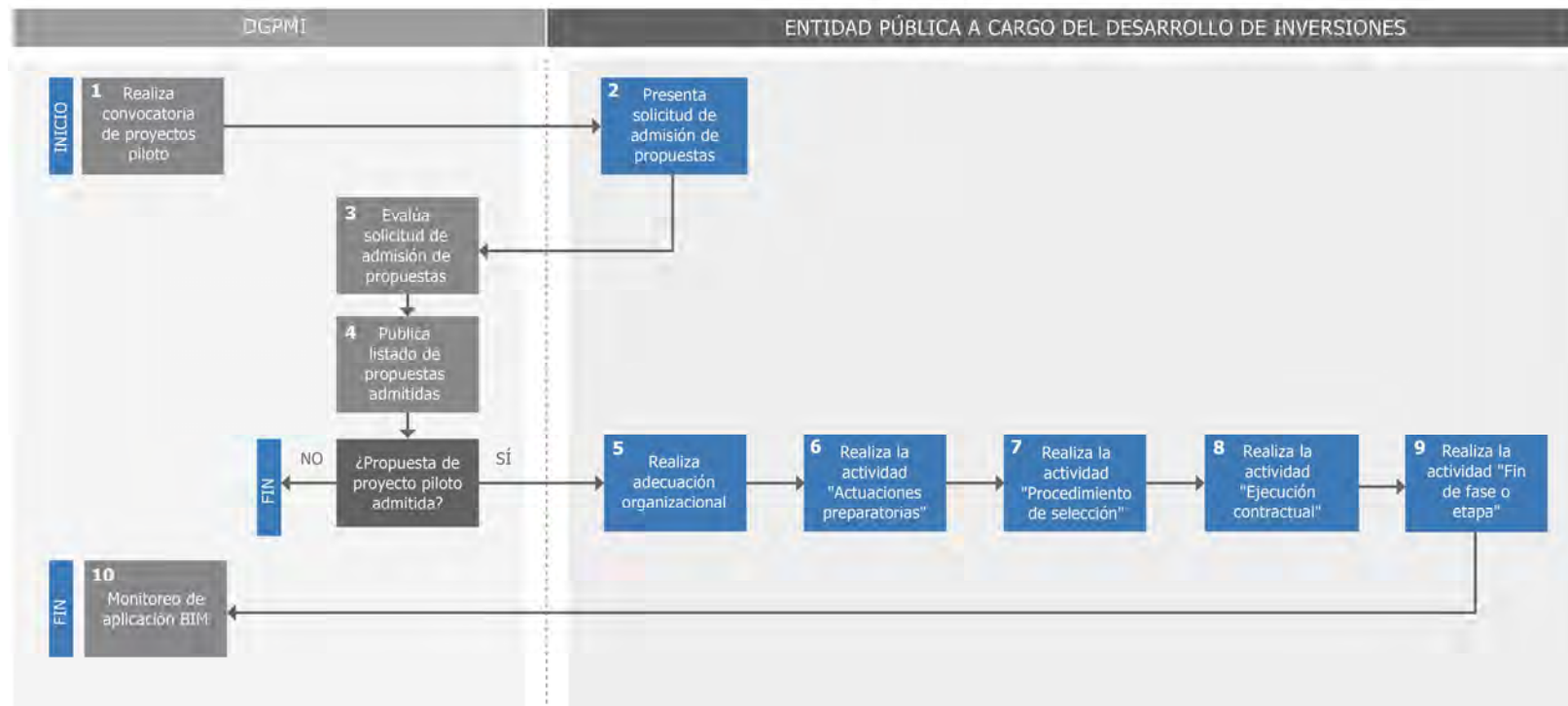


Nota. La figura muestra el esquema de adopción BIM. Fuente: (Coronado & Orellano, 2021; Ministerio de Economía y Finanzas, 2023)

¹ Nota: PDP - Plan de Desarrollo de Personas / DGPMI - Dirección General de Programación Multianual de Inversiones

Figura 13

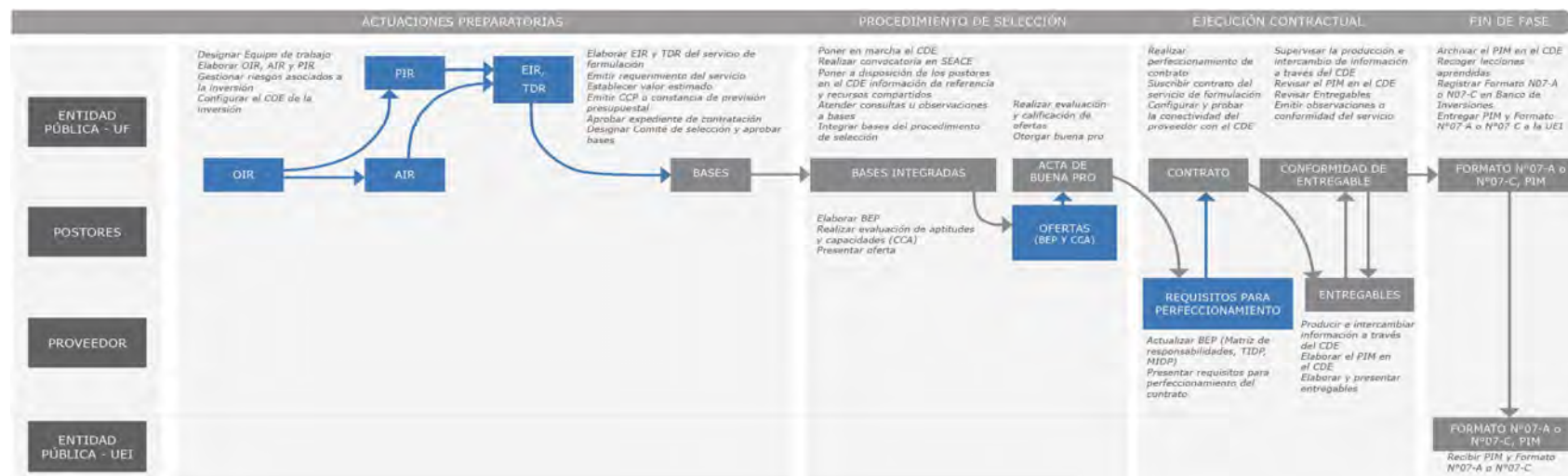
Esquema de adopción BIM a nivel de proyectos piloto



Nota. La figura muestra la adopción de BIM a nivel de proyectos piloto. Fuente: (Coronado & Orellano, 2021; Ministerio de Economía y Finanzas, 2023)

Figura 14

Aplicación de BIM en el desarrollo de la fase de formulación y evaluación bajo el ámbito de aplicación de la Ley de Contrataciones del Estado²³



Nota. La figura muestra la aplicación de BIM en la fase de formulación y evaluación en el ámbito de la Ley de Contrataciones. Fuente: (Coronado & Orellano, 2021; Ministerio de Economía y Finanzas, 2023)

² TDR - Términos de Referencia; RTM - Requerimiento técnico mínimo; CCP - Certificado de Crédito Presupuestario, UEI - Unidad Ejecutora de Inversiones, UF - Unidad Formuladora.

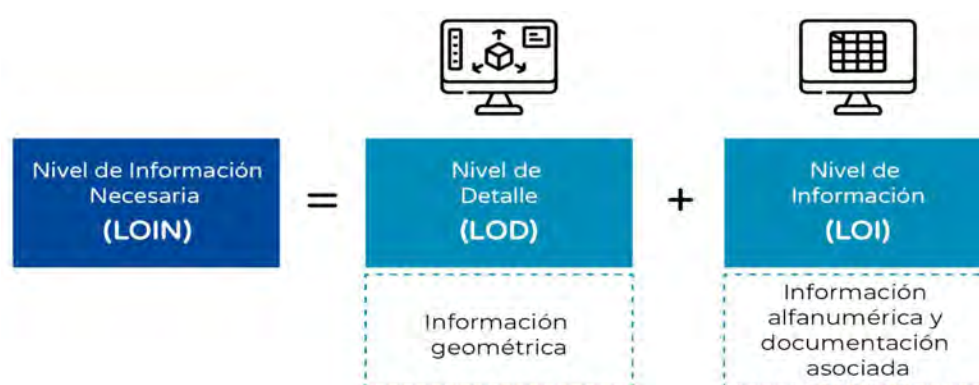
³ Con respecto a la “Ofertas (BEP y CCA)”, en el procedimiento de selección; de manera transitoria, durante un periodo no menor de seis (06) meses contabilizados a partir de la entrada en vigor del presente documento, la entidad o empresa pública no deberá considerar este punto, hasta que se hayan regulado los cambios normativos correspondientes que fortalezcan la evaluación de la documentación presentada por los postores en materia de BIM.

2.1.21. Nivel de información necesaria (LOIN)

LOIN, o Nivel de Información Necesaria en inglés, se refiere al nivel de información requerida para cumplir con los objetivos de Gestión de la Información BIM en cada intercambio de información durante el ciclo de vida de un proyecto. Este nivel es crucial ya que determina la cantidad y calidad de la información producida, asegurando que sea suficiente para la toma de decisiones y el cumplimiento de los objetivos establecidos. A menudo se asocia el LOIN con el modelo BIM, pero en realidad abarca toda la información generada en respuesta a los requisitos de información, tanto gráfica como no gráfica, y puede incluir elementos tridimensionales, conjuntos de datos, y documentación asociada (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023; Per et al., 2023). La definición del LOIN incluye dos aspectos clave: el Nivel de Detalle (LOD) para la información gráfica y el Nivel de Información (LOI) para la información no gráfica. Ambos son igualmente importantes y juntos determinan el nivel adecuado de información necesaria para cada fase del proyecto (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023; Per et al., 2023).

Figura 15

Nivel de información necesaria.

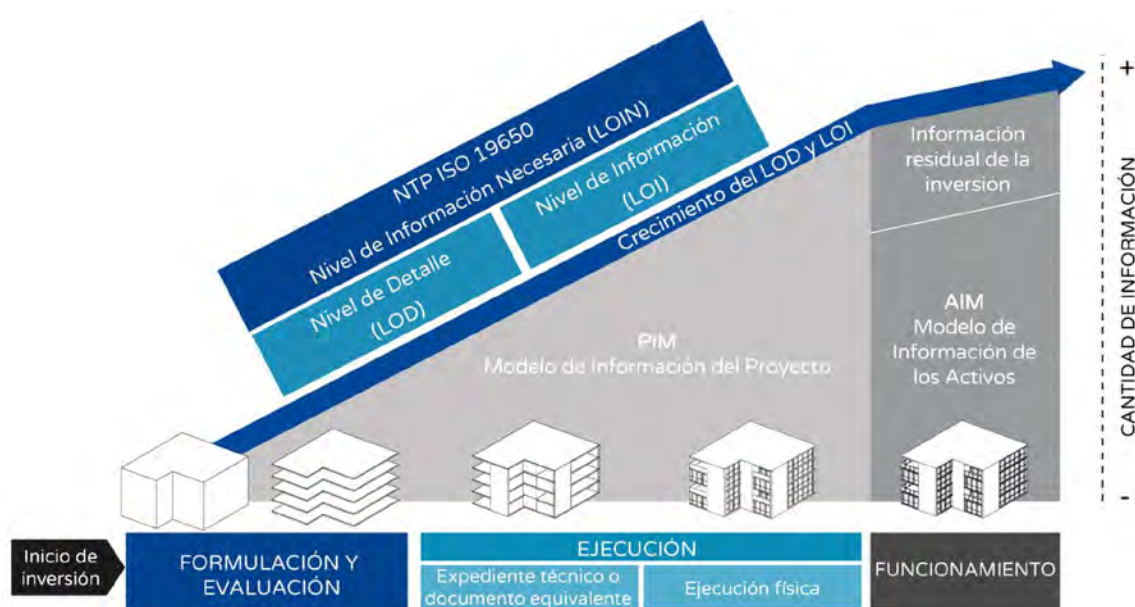


Nota. La figura muestra el nivel de información necesaria (LOIN). Fuente: (Coronado & Orellano, 2021; Ministerio de Economía y Finanzas, 2023)

En ese sentido, la progresividad del nivel de información necesaria (LOIN) implica que, tanto el nivel de detalle (LOD) como el nivel de información (LOI), aumenta la cantidad y confiabilidad de la información, a medida que avanza el desarrollo de una inversión en el Ciclo de Inversión. Sin embargo, a medida que avanza el ciclo también hay información que comienza a no ser relevante en función a la etapa en la que se encuentra (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023; Per et al., 2023). Es por eso por lo que, al culminar el modelo de información del proyecto (PIM), se debe evaluar qué información se necesita compartir para la elaboración del modelo de información de los activos (AIM), por lo que se genera información residual conforme va a avanzando la inversión, tal y como se muestra en la figura 12:

Figura 16

Progresividad del nivel de información necesaria según las fases del Ciclo de Inversión



Nota. La figura muestra la progresividad del nivel de información necesaria de acuerdo al ciclo de inversión. Fuente: (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023)

2.1.22. Calidad de obras y proyectos

La calidad de las obras y proyectos es un aspecto de vital importancia en la industria de la construcción, ya que garantiza que los resultados finales cumplan con los estándares esperados y satisfagan las necesidades y expectativas de los usuarios y partes interesadas. Para asegurar la calidad en la ejecución de proyectos, es fundamental implementar procesos de supervisión y control rigurosos. Esta supervisión se lleva a cabo con el fin de verificar que se cumplan todas las especificaciones técnicas, normativas y requerimientos establecidos para el proyecto. De esta manera, se busca asegurar que durante la ejecución se mantenga la integridad estructural, funcionalidad y seguridad de las obras (Zárate et al., 2020).

Para evaluar la calidad de una obra o proyecto, se pueden emplear diversos indicadores que permitan medir diferentes aspectos de este. Uno de los indicadores más importantes es el nivel de satisfacción de los usuarios finales. Estos usuarios, que pueden ser los beneficiarios directos de la obra, como por ejemplo los residentes de un complejo habitacional o los estudiantes de una escuela, ofrecen una perspectiva valiosa sobre la calidad percibida del proyecto y su impacto en su vida diaria.

Otro indicador relevante es el porcentaje de cumplimiento de las especificaciones técnicas. Cada especialidad involucrada en el proyecto cuenta con especificaciones técnicas que establecen los criterios de calidad y desempeño que deben cumplir los materiales, equipos y procesos utilizados. El seguimiento y cumplimiento de estas especificaciones son fundamentales para garantizar la calidad y durabilidad de la obra a lo largo del tiempo (Alcántara Rojas, 2013).

Además, el número de defectos y correcciones post-entrega es un indicador clave de la calidad de la obra durante su vida útil o servicio. Estos defectos pueden incluir problemas de

diseño, errores de construcción o fallas en los sistemas instalados, que pueden manifestarse una vez que la obra entra en operación. Identificar y corregir estos defectos de manera oportuna es esencial para garantizar la funcionalidad y seguridad de la obra a lo largo del tiempo (Gonzales, 2015; Kensek, 2014; Yuste, 2015).

Entonces, para evaluar la calidad de una obra o proyecto, se pueden tomar los indicadores.

- Nivel de satisfacción de los usuarios: Los usuarios finales, tales como los estudiantes en el caso de proyectos de centros educativos, pueden brindarnos una referencia con respecto a la calidad final de una obra en particular.
- Porcentaje del cumplimiento de las especificaciones técnicas: Todas las especialidades de un proyecto en particular cuentan con especificaciones técnicas las cuales garantizar una adecuada calidad en todo su tiempo de vida útil, por lo tanto, el porcentaje de cumplimiento de estas especificaciones serán medida representativa del nivel de calidad de la obra.
- Número de defectos y correcciones post-entrega: Este indicador, se refiere a los problemas, incompatibilidades o defectos en general que se pueda encontrar una vez que el proyecto u obra esté en funcionamiento, por tal motivo, es una medida representativa de la calidad de una obra en su tiempo de vida útil o servicio.

2.1.23. Gestión de tiempo

La gestión del tiempo en la construcción es un aspecto crítico para el éxito de los proyectos, ya que el cumplimiento de los plazos programados es fundamental para garantizar la eficiencia y rentabilidad de las obras. La metodología Building Information Modeling (BIM) ofrece herramientas y procesos innovadores que mejoran la gestión del tiempo y

permiten una planificación más precisa y eficiente de las actividades de construcción (Melgar Mendoza, 2019; Wu et al., 2014).

a. Gestión del Tiempo en Construcción

La gestión del tiempo en construcción implica la planificación, programación y control de las actividades necesarias para completar un proyecto dentro de los plazos establecidos. Esto incluye la secuenciación de tareas, la asignación de recursos y la estimación de la duración de cada actividad (Getuli et al., 2020; Nyoni, 2018; Zhou et al., 2018).

b. Importancia de la Gestión del Tiempo en la Construcción

Una gestión efectiva del tiempo es esencial para garantizar que los proyectos se completen a tiempo y dentro del presupuesto. Los retrasos en la ejecución pueden generar costos adicionales, penalizaciones contractuales y afectar la reputación del contratista (Heravi et al., 2019). Además, el cumplimiento de los plazos contribuye a la satisfacción del cliente y a la competitividad de la empresa en el mercado.

c. Introducción a BIM y su Aplicación en la Gestión del Tiempo

BIM es una metodología que permite la creación y gestión de modelos digitales inteligentes que contienen información detallada sobre todos los aspectos del proyecto de construcción. En el contexto de la gestión del tiempo, BIM facilita la planificación y programación de actividades al proporcionar una representación visual y tridimensional del proyecto, lo que permite una mejor comprensión de la secuencia de trabajo y las interdependencias entre las tareas (Eastman et al., 2011).

d. Ventajas de la Gestión del Tiempo Bajo la Metodología BIM

La aplicación de BIM en la gestión del tiempo ofrece varias ventajas, como la identificación temprana de conflictos y cuellos de botella en la secuencia de trabajo, la optimización de recursos y la simulación de escenarios para evaluar el impacto de cambios en el cronograma (Becerik-Gerber et al., 2011).

e. Herramientas y Funcionalidades Específicas de BIM para la Gestión del Tiempo

BIM proporciona herramientas específicas, como la programación 4D y la simulación de construcción, que permiten a los profesionales de la construcción vincular los datos de tiempo directamente al modelo digital y visualizar el progreso del proyecto a lo largo del tiempo. Esto facilita la detección temprana de posibles retrasos y la toma de decisiones proactiva para minimizar su impacto (Azhar et al., 2011).

f. Desafíos y Consideraciones en la Implementación de BIM para la Gestión del Tiempo

A pesar de sus beneficios, la implementación de BIM en la gestión del tiempo también presenta desafíos, como la necesidad de capacitación especializada, la interoperabilidad entre diferentes plataformas de software y la resistencia al cambio por parte de los profesionales de la construcción (Teicholz, 2014).

g. Casos de Éxito y Experiencias Prácticas

Numerosos casos de éxito demuestran los beneficios tangibles de la aplicación de BIM en la gestión del tiempo en una variedad de proyectos de construcción. Estos casos destacan la capacidad de BIM para mejorar la eficiencia, reducir los retrasos y aumentar la productividad en el sitio de construcción (Abou-Zeid et al., 2012).

Entonces, la gestión del tiempo en la construcción es esencial para garantizar la entrega oportuna de los proyectos y la satisfacción del cliente. La metodología BIM ofrece herramientas y procesos innovadores que mejoran la gestión del tiempo al proporcionar una representación visual y tridimensional del proyecto, facilitando la identificación temprana de conflictos y la toma de decisiones proactiva para minimizar los retrasos.

Es de importancia la gestión de los tiempos, ya que resulta como pilar de la eficacia en cada proyecto de construcción. Además, es un hábito directivo que consiste para el correcto reparto de los recursos, realizando proyectos y tareas. Emplear y manejar de forma adecuada el tiempo es importante ya que es limitado: son solo veinticuatro horas al día y cada día es contado (Camarena Castro & Chacmana Jimenez, 2019; Díaz et al., 2014; Melgar Mendoza, 2019; Paredes Gutierrez et al., 2020). Por lo tanto, serán descritos los pasos y procesos más importantes necesarios para una gestión adecuada de la terminación en plazo de proyectos de construcción (Camarena Castro & Chacmana Jimenez, 2019; Melgar Mendoza, 2019).

- Planificar la Gestión del Cronograma: A través de este proceso se logra establecer la política, cada procedimiento y documentación para controlar los cronogramas de los proyectos, ejecución gestión y desarrollo.
- Definir las Actividades: En este proceso se identifica y documenta alguna acción específica que es necesario realizar para desarrollar cada entregable.
- Secuenciar las Actividades: Se identifica y documenta cada relación existente para el proyecto y sus actividades
- Estimar los Recursos de las Actividades: Se estima la cantidad de material, tipos, suministros necesarios para el desarrollo de la actividad, equipos y recursos humanos.

- Estimar la Duración de las Actividades: Estimación de las cantidades de periodo en trabajo requerido y culminar con la actividad individual con la estimación de recursos.
- Desarrollar el Cronograma: Se analiza la secuencia de duraciones, actividades, restricciones del cronograma y requerimientos de recursos para la creación de modelos y programación de proyectos.
- Controlar el Cronograma: Proceso donde se monitorea los estados de cada actividad de un proyecto, realizando un seguimiento y gestión de los cambios en líneas base de los cronogramas con la finalidad de cumplir con los planes.

2.1.24. Gestión de costo

La gestión de costos en la construcción es un proceso crítico para garantizar la viabilidad económica de los proyectos y maximizar el valor para los interesados. La metodología Building Information Modeling (BIM) ofrece herramientas y enfoques innovadores para mejorar la gestión de costos a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Acuña et al., 2023; Amat et al., 2000; Gaviria Londoño, 2016; Heredia Velasco & Rivero Poma, 2019; Manrique Reyes, 2017; Sierra Aponte, 2016).

- Gestión de Costos en Construcción.** La gestión de costos en construcción implica la estimación, el control y el seguimiento de los recursos financieros necesarios para completar un proyecto de construcción dentro de los límites presupuestarios establecidos. Esto incluye la identificación y cuantificación de los costos asociados con materiales, mano de obra, equipos, subcontratos y otros gastos indirectos (Kenley, 2010; Potts & Ankrah, 2014).
- Importancia de la Gestión de Costos en la Construcción.** Una gestión eficaz de costos es fundamental para asegurar que los proyectos se completen a tiempo, dentro

del presupuesto y con los estándares de calidad requeridos. Además, permite a los equipos de proyecto tomar decisiones informadas y anticipar posibles desviaciones en el presupuesto, lo que ayuda a minimizar los riesgos financieros y maximizar el retorno de la inversión (Forsythe, 2018; Ofori, 2012; PARSANEZHAD, n.d.; Song et al., 2016).

- c. **Introducción a BIM y su Aplicación en la Gestión de Costos.** BIM es una metodología que permite la creación y gestión de modelos digitales inteligentes que contienen información detallada sobre todos los aspectos del proyecto de construcción. En el contexto de la gestión de costos, BIM facilita la integración de datos de costos directamente en el modelo digital, lo que proporciona una visión holística y en tiempo real del impacto de las decisiones de diseño en los costos del proyecto (Eastman, 2011).
- d. **Ventajas de la Gestión de Costos Bajo la Metodología BIM.** La aplicación de BIM en la gestión de costos ofrece varias ventajas significativas, como la mejora de la precisión en las estimaciones de costos, la detección temprana de conflictos y errores de diseño que podrían generar costos adicionales, y la optimización de la planificación y programación de actividades para minimizar los gastos (Becerik-Gerber et al., 2012).
- e. **Herramientas y Funcionalidades Específicas de BIM para la Gestión de Costos.** BIM proporciona herramientas específicas, como el modelado de costos, la programación 5D y la simulación de costos, que permiten a los profesionales de la construcción vincular los datos de costos directamente al modelo digital y visualizar el impacto de los cambios en tiempo real. Esto facilita la toma de decisiones basadas en datos y la optimización de recursos (Azhar et al., 2008).

- f. **Desafíos y Consideraciones en la Implementación de BIM para la Gestión de Costos.** A pesar de sus beneficios, la implementación de BIM en la gestión de costos también presenta desafíos, como la curva de aprendizaje asociada con el uso de nuevas tecnologías, la necesidad de estandarización y la interoperabilidad entre diferentes plataformas de software (Teicholz, 2013).
- g. **Casos de Éxito y Experiencias Prácticas.** La literatura y la práctica han documentado numerosos casos de éxito en la aplicación de BIM para la gestión de costos en una variedad de proyectos de construcción, desde edificios comerciales hasta infraestructuras públicas. Estos casos demuestran los beneficios tangibles de la metodología en términos de eficiencia, precisión y control de costos (Bynum et al., 2013).

Por lo descrito, la gestión de costos en la construcción es esencial para el éxito económico de los proyectos. La metodología BIM ofrece herramientas poderosas para mejorar la gestión de costos al integrar datos financieros directamente en el modelo digital, lo que proporciona una visión holística y en tiempo real de los costos del proyecto y facilita la toma de decisiones informadas.

2.1.25. BIM 5D

Como se aprecia en la Figura 2, 5D es una dimensión de BIM relacionada con el presupuesto del proyecto, constituye una dimensión más específica y directamente relacionada con la gestión de costo del proyecto, ya que podemos estimar costos de construcción en tiempo real. BIM 5D mejora la comunicación entre las partes interesadas, los clientes pueden monitorear el costo del proyecto mientras este se desarrolla y fomenta la toma de decisiones informadas (Lu et al., 2017; Yacolca Vilcapoma, 2019).

2.1.26. Importancia de los datos en BIM 5D

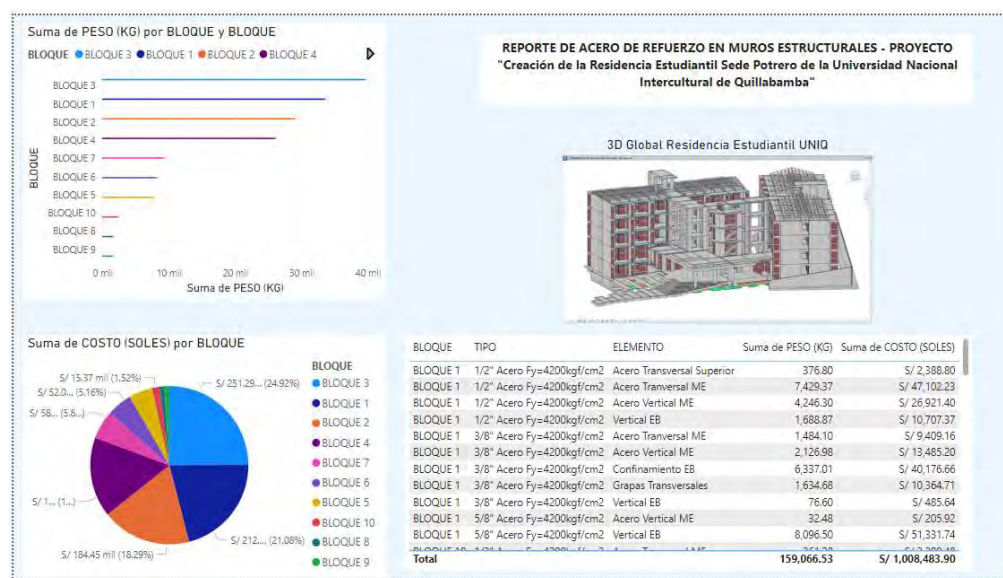
En el contexto de BIM 5D, la gestión de datos resulta fundamental, los datos nos permitirán visualizar en tiempo real los costos vinculados a elementos específicos del modelo. Estos datos permiten identificar desviaciones en el presupuesto, optimizar los recursos y prever impactos financieros.

2.1.27. Utilización de POWER BI en BIM 5D

POWER BI, es utilizado para BIM 5D con el fin de integrar, analizar y visualizar grandes volúmenes de datos, los cuales pueden provenir de diferentes fuentes en nuestro caso desde el modelo BIM 3D, estos datos pueden ser procesados en gráficos interactivos, mejorando así su visualización en tiempo real.

Figura 17

Reportes gráficos de acero de refuerzo con POWER BI.



Nota. La figura muestra un reporte BIM 5D desarrollado en POWER BI. Fuente: Elaboración propia.

2.1.28. Beneficios del uso de POWER BI en BIM 5D

Entre los principales beneficios del uso de POWER BI se destaca;

- **Visualización centralizada:** Mejora el acceso a la información crítica de un proyecto, la cual está relacionada con el costo del proyecto, mediante una plataforma intuitiva que puede ser visualizada por todos.
- **Toma de decisiones informada:** La visualización dinámica de los datos del modelo BIM ayuda a anticipar problemas como excedentes de presupuesto y promueve la optimización de recursos.
- **Optimiza la colaboración:** La visualización compartida de datos fortalece la comunicación entre los interesados del proyecto.

2.2. Marco conceptual (palabras clave)

2.2.1. Metodología BIM

A) BIM (Modelado de Información de Construcción):

BIM es un enfoque colaborativo que se centra en la creación y gestión de la información digital de un edificio o proyecto de infraestructura a lo largo de su ciclo de vida completo. Este enfoque integra datos detallados sobre la geometría, las relaciones espaciales, y las características físicas y funcionales de las construcciones, desde el diseño inicial hasta la demolición. BIM facilita una operación más eficiente de los equipos de diseño, construcción y mantenimiento, mejorando la coordinación interdisciplinaria, minimizando errores y optimizando la planificación y gestión del proyecto (Nan et al., 2016; Orihuela, Pablo; Cachaya, Luis; Rodríguez, 2018).

B) Fase de diseño:

La fase de diseño es crítica en la planificación y desarrollo de proyectos de construcción. Durante esta etapa, arquitectos, ingenieros y diseñadores colaboran para elaborar los planos y especificaciones necesarios para la construcción. Se definen los requisitos del proyecto, se exploran alternativas de diseño, y se toman decisiones clave sobre materiales y métodos constructivos. El objetivo es desarrollar un plan detallado que asegure el cumplimiento de los objetivos del cliente y los estándares de calidad y seguridad (Nan et al., 2016; Orihuela, Pablo; Cachaya, Luis; Rodríguez, 2018).

C) Algoritmo:

Un algoritmo es una secuencia finita y ordenada de operaciones diseñadas para resolver un problema o llevar a cabo una tarea. Deben ser claros, precisos y ejecutables de manera secuencial para lograr un resultado específico. Los algoritmos son fundamentales en diversas disciplinas como matemáticas, informática y ciencias de la computación, facilitando desde cálculos hasta la automatización de procesos (Nan et al., 2016; Orihuela, Pablo; Cachaya, Luis; Rodríguez, 2018).

D) Programación Visual:

La programación visual utiliza representaciones gráficas para el desarrollo de software, en lugar de código textual tradicional. Este método permite a los usuarios, independientemente de su experiencia en programación, crear algoritmos y aplicaciones manipulando elementos visuales. Este enfoque hace la programación más accesible y fomenta la colaboración entre usuarios de diferentes niveles técnicos. Herramientas como Dynamo para Revit han popularizado la programación visual en la arquitectura y la

construcción, demostrando su utilidad en la automatización de tareas y la generación de modelos complejos (Nan et al., 2016; Orihuela, Pablo; Cachaya, Luis; Rodríguez, 2018).

E) Programación Textual:

Contrariamente a la programación visual, la programación textual implica escribir código usando lenguajes convencionales como C++, Java o Python. Este enfoque ofrece a los programadores un control detallado y una gran flexibilidad sobre las operaciones del software, aunque requiere una comprensión más profunda de la sintaxis y estructuras de programación (Nan et al., 2016; Orihuela, Pablo; Cachaya, Luis; Rodríguez, 2018).

F) Script:

Un script es una serie de comandos en un lenguaje de programación que se ejecutan de forma secuencial para realizar funciones específicas en un sistema informático o software. Los scripts son esenciales para automatizar procesos, gestionar datos, y realizar interacciones con el usuario. Aunque generalmente son menos complejos que los programas completos, los scripts son herramientas poderosas para eficientizar tareas repetitivas y procesos de manejo de datos (Nan et al., 2016; Orihuela, Pablo; Cachaya, Luis; Rodríguez, 2018).

2.3. Antecedentes empíricos de la investigación (estado del arte)

2.3.1. Antecedentes Internacionales

Alfredo & Rondan, (2021), en su tesis titulada: “A BIM-Based Tool for Formwork Management in Building Projects” tiene como objetivo desarrollar una herramienta basada en la metodología BIM, mediante programación visual con Dynamo y Revit, para la gestión integral de encofrados en proyectos de edificación. La propuesta incluye la automatización del modelado 3D, la generación de metrados y estimaciones de costos (5D), así como la

planificación y simulación del proceso constructivo (4D). El estudio muestra que el uso de esta herramienta incrementa notablemente la exactitud en los entregables, minimiza los errores de diseño y acorta los tiempos de creación de planos y metrados, mejorando así la eficiencia global del proyecto. Esta investigación tiene una estrecha relación con el presente estudio, puesto que incorpora programación visual en ambientes BIM con el objetivo de mejorar procesos y resultados medibles en cuanto a exactitud, disminución de gastos excesivos y plazos.

Fernández, (2015), titulado “Towards social big BIM in hospital projects”. Se trata de estudio de la metodología BIM en la aplicación de proyectos Hospitalarios en Santiago de Chile para el año 2015. Tiene como objetivo propuesto ayudar a eliminar las dificultades de emplear las metodologías o plan BIM en algún proyecto de infraestructura hospitalaria, mejorando su calidad, costo y duración del proyecto. Como parte de la metodología, se realizó la búsqueda de literatura centrada en conceptos para determinar una ruta de PLAN BIM y los beneficios en aspectos de costo y tiempo para luego aplicarlo a casos de estudios hospitalarios ubicados Antofagasta, Chile. Concluyendo que el plan BIM Chile, efectivamente cuenta con faltas de especificaciones, procesos ineficientes y que se debe incluir documentos de soporte o guías internacionales, obteniendo un mejor resultado en cuanto a gestión de tiempo además de costos.

Esta investigación se relaciona con la investigación planteada ya que nos brinda un amplio repertorio de marco teórico que aborda conceptos claves utilizados en esta investigación. Por ejemplo, nos ayuda a identificar las partes principales del PLAN BIM CHILE el cual sirvió como ejemplo en la ejecución del PLAN BIM PERÚ el cual se conoce

como concepto donde se pretende desarrollar en la presente investigación a manera de concepto y marco teórico.

2.3.2. Antecedentes Nacionales

Como primer antecedente en el ámbito Nacional, se tiene la investigación realizada por:

Ingunza Castro & Toledo Pineda, (2024). En su tesis titulada “Reducción de costos de ejecución con el uso de BIM a través del análisis de interferencias en la fase de diseño de proyectos de habilitación urbana de la ciudad de Lima. Caso de estudio: Proyecto Condominios del Sur 7ma etapa ubicado en Mala, Cañete, Lima, Perú” Este estudio lleva a cabo un análisis enfocado en reducir los gastos excesivos de ejecución originados por fallos en el diseño, como las interferencias entre especialidades, la falta de información y los RFI's. La investigación identifica la causa principal del bajo nivel de madurez BIM (nivel 0) en la creación de diseños y sugiere la aplicación de un nivel de madurez BIM 2 desde la etapa inicial del proyecto. La metodología empleada incorpora sesiones de colaboración ICE y la implicación directa de los constructores para confirmar la constructibilidad del modelo, lo que posibilita la realización de simulaciones y la mejora de la coordinación interdisciplinaria. Este antecedente tiene relación con este estudio al evidenciar cómo la implementación de BIM en fases iniciales impacta en la disminución de gastos excesivos y en la eficacia del diseño. Esto respalda la dimensión de optimización de recursos económicos y la disminución de demoras.

Valdivia, (2019). En su tesis titulada “Método de análisis del proceso de construcción virtual: Una aplicación de la tecnología BIM para evaluar la rentabilidad desde el expediente técnico” Este estudio elabora un procedimiento de análisis de expedientes técnicos empleando la metodología BIM como principal instrumento para identificar fallos, faltas e

incompatibilidades en los planos antes de comenzar la construcción de la obra. La investigación evidencia que la aplicación de este enfoque en la etapa de diseño facilita la optimización de tiempos, la disminución de replanteos durante la realización y el aumento de la rentabilidad del proyecto. Se aplicó la propuesta a 10 expedientes técnicos, resultando en que el 37% de los planos mostraban faltantes de elementos estructurales o detalles, mientras que el 13% mostraban incompatibilidades. La implementación de BIM permitió disminuir en promedio 3,42 días por cada fallo identificado, lo que resultó en ahorros importantes y en la mejora de la calidad del producto final. Este antecedente pone de manifiesto la importancia de incorporar herramientas BIM desde fases iniciales para una administración eficaz de procesos y la disminución de costos, lo que está vinculado directamente con la variable dependiente de este estudio.

Alvarez et al., (2024), en su tesis titulada “ Estudio comparativo del sistema de gestión tradicional versus la metodología BIM, en la etapa de diseño y construcción en las dimensiones 4D y 5D, caso de estudio obra: “Mejoramiento de los servicios de salud en el Centro de Salud Ttio – Distrito de Wanchaq – Provincia de Cusco – Región Cusco” Esta investigación realizó una comparación entre el sistema de administración convencional y la metodología BIM durante las fases de diseño y ejecución, incorporando las dimensiones 4D (tiempo) y 5D (costo). A través del modelado en tres dimensiones, la simulación en cuatro dimensiones y la cuantificación en cinco dimensiones, se consiguió perfeccionar la planificación, disminuir interferencias y potenciar la gestión de recursos. Los hallazgos mostraron un ahorro del 27% en gastos y una disminución de 35 días en la realización del casco estructural, además de un avance notable en la coordinación interdisciplinaria y la administración de información. Este antecedente corrobora que la aplicación de BIM brinda

ventajas concretas en términos de tiempo, costos y calidad de proyectos, apoyando su uso en la administración de procesos y entregables de obras públicas.

Soto et al., (2023), en su tesis titulada “Implementación de los usos BIM para la mejora de la formulación del expediente técnico. Caso de estudio: “Complejo Deportivo Saylla-Cusco”” Esta investigación trata las carencias en la creación de expedientes técnicos de proyectos de inversión pública elaborados mediante métodos convencionales, que a menudo provocan extensiones de tiempo e incrementos en el presupuesto. A través del caso de estudio del "Complejo Deportivo Saylla-Cusco", se detectaron inconvenientes habituales como incrementos en los metros, partidas nuevas, deducciones y observaciones legales, que se encontraban en el 75% de los proyectos llevados a cabo por la Municipalidad Provincial del Cusco entre 2015 y 2023. La investigación implementó usos BIM enfocados en la detección temprana de incongruencias en planos y metrados, permitiendo la actualización del modelo digital y la obtención de costos reales antes de la ejecución. Los hallazgos revelaron una diferencia del 46,8% entre el expediente técnico convencional y el optimizado con BIM, lo que no disminuyó el costo inicial, pero sí rectificó el valor auténtico del proyecto, proporcionando más seguridad a la planificación de inversiones multianuales.

Este antecedente corrobora que la implementación de BIM en etapas tempranas evita problemas de sobrecostos y retrasos durante la ejecución de obras públicas.

2.4. Hipótesis

2.4.1. *Hipótesis General*

La incorporación de programación visual en modelos BIM durante la fase de diseño de proyectos de construcción contribuye a optimizar los procesos de gestión y a mejorar la precisión de los entregables, gracias a la automatización de tareas repetitivas y complejas que suelen demandar mayor tiempo y esfuerzo en los métodos tradicionales.

2.4.2. *Hipótesis Específicas*

- **Precisión y Eficacia:**
 - La implementación de scripts en Dynamo incrementa la precisión de los entregables estructurales y mejora la eficiencia del proceso de modelado, en comparación con el modelado manual en BIM.
- **Reducción de Sobrecostos y Retrasos:**
 - La automatización de procesos repetitivos mediante scripts en Dynamo reduce significativamente los costos y retrasos en la fase de diseño, optimizando la gestión del tiempo y los recursos.
- **Accesibilidad a la información:**
 - El uso de scripts en Dynamo mejora la accesibilidad a la información estructural durante la fase de diseño, favoreciendo una gestión más eficiente en proyectos BIM.

Estas hipótesis guiarán la investigación, permitiendo evaluar de manera sistemática y detallada cómo la incorporación de herramientas de programación visual en la metodología BIM puede optimizar la gestión y ejecución de proyectos de construcción en Perú, enfocándose en la especialidad de estructuras.

2.5. Identificación de variables e indicadores

2.5.1. *Variable Independiente*

Uso de Programación Visual en Metodología BIM

- **Dimensión e indicador:**
 - **Nivel de automatización:**
 - Porcentaje de tiempo que toma medir tradicionalmente frente al que toma utilizando programación visual.
 - **Complejidad de los scripts:**
 - Número de nodos empleados y categorías de complejidad (baja, media, alta).
 - **Integración con el modelo BIM:**
 - Porcentaje de parámetros vinculados al modelo y consistencia de interoperabilidad.

2.5.2. *Variable Dependiente*

Eficiencia en la Fase de Diseño

- **Dimensiones e Indicadores:**
 - **Contribución a la Precisión y Eficiencia:**

- Variación porcentual entre medido tradicional y con programación visual.
- **Reducción de Sobrecostos y Retrasos:**
 - Diferencia en costos de partidas estructurales (tradicional vs Programación Visual).
- **Accesibilidad a la Información:**
 - Nivel de accesibilidad y confiabilidad de los datos estructurales generados automáticamente.

2.6. Operacionalización de variables

La tabla de operacionalización de variables es una herramienta metodológica, cuya función es traducir a las variables del estudio (independientes y dependientes) en elementos observables, medibles y evaluables, para poder tener una visión clara de cómo se van a recoger la información, con que instrumentos y en que escala.

Tabla 7
Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos de Investigación	Unidad de Medida
Implementación de Programación Visual en BIM	Empleo de programación visual para automatizar tareas de modelado, extracción de metrados y generación de reportes en proyectos BIM.	Grado y alcance de la automatización aplicada en los procesos de modelado y cuantificación mediante scripts (p. ej., Dynamo).	Nivel de automatización.	Porcentaje de tiempo que toma metrar	Modelamiento con SOFTWARE.	Tiempo / %
			Complejidad de los scripts.	Número de nodos empleados y categorías de complejidad (baja, media, alta).	Modelamiento con SOFTWARE.	Número de nodos.
			Integración con el modelo BIM.	Porcentaje de parámetros vinculados al modelo y consistencia de interoperabilidad.	Modelamiento con SOFTWARE.	Número / %
Entregables en La Fase de Diseño	Grado en que los procesos de diseño entregan metrados, planos y documentación con exactitud, menor tiempo, menor retrabajo y menor costo adicional.	Medición cuantitativa de precisión de metrados, tiempos de ejecución, sobrecostos y frecuencia de correcciones en la documentación, comparando método tradicional vs programación visual.	Metrados.	Variación porcentual entre metrados tradicionales y con programación visual.	Ficha de análisis documental.	Volumen de Concreto: m ³
						Encofrado: m ²
						Peso de acero de refuerzo: kgf
Entregables en La Fase de Diseño	Grado en que los procesos de diseño entregan metrados, planos y documentación con exactitud, menor tiempo, menor retrabajo y menor costo adicional.	Medición cuantitativa de precisión de metrados, tiempos de ejecución, sobrecostos y frecuencia de correcciones en la documentación, comparando método tradicional vs programación visual.	Costos.	Diferencia en costos de partidas estructurales (tradicional vs Programación visual).	Ficha de análisis documental.	Soles (S/.)
			Accesibilidad a la información.	Nivel de accesibilidad y confiabilidad de los datos estructurales generados automáticamente.	Ficha de análisis documental.	Número / %

Nota. La tabla muestra la operacionalización de variables de la investigación. Fuente: elaboración Propia.

CAPITULO II: METODOLOGÍA

3.1. Ámbito de estudio

La investigación será desarrollada en el fundo Potrero, distrito de Santa Ana, provincia la Convención cuyas coordenadas GMS se evidencian en la siguiente tabla.

Tabla 8

Ubicación geográfica de La Convención

Latitud	Longitud	Altitud (m)
12°51'48''S	72°41'35''O	1050

Nota. La tabla muestra la ubicación geográfica de la Convención. Fuente: elaboración Propia.

De igual forma, se muestra el plano de ubicación de la provincia de La Convención. en la siguiente figura.

Figura 18

Plano de ubicación de la provincia de La Convención en el departamento de Cusco.



Nota. La figura muestra la ubicación de la provincia de la convención. Fuente: Google.

3.2. Tipo y nivel de investigación

a) Tipo de investigación:

La presente investigación es de **tipo aplicada**, dado que se orienta a resolver un problema práctico específico en el campo de la ingeniería civil, relacionado con la optimización del proceso de diseño mediante el uso de programación visual en entornos BIM (Building Information Modeling). Este tipo de investigación no se limita a generar conocimiento teórico, sino que busca implementar y evaluar herramientas tecnológicas en escenarios reales de modelado estructural, con el propósito de generar mejoras operativas concretas. (Enríquez Sarria et al., 2021; Sánchez-Gómez et al., 2018).

El carácter aplicado de la investigación se evidencia en el análisis comparativo entre los resultados obtenidos a través de métodos tradicionales de diseño estructural y aquellos generados mediante programación visual con Dynamo y Power BI. A través de este proceso, se busca **mejorar la eficiencia, reducir errores de diseño, optimizar metrados, y elevar la precisión de los entregables estructurales**, aspectos todos que impactan directamente en la calidad del producto final y en la toma de decisiones durante las etapas iniciales del proyecto de construcción. Asimismo, el tipo aplicado se manifiesta en la finalidad utilitaria del estudio, que es transferible y replicable a diversos contextos profesionales dentro del sector de la construcción, en especial en oficinas técnicas que gestionan diseño estructural bajo metodologías colaborativas.

Estos tipos de investigación permitirían abordar el tema desde diferentes perspectivas y obtener una comprensión integral del impacto de la metodología BIM en la calidad de proyectos.

b) Nivel de la investigación:

El nivel de la presente investigación es **descriptivo**, dado que busca comprender cómo la incorporación de la programación visual en modelos BIM influye en la eficiencia y calidad de los procesos y entregables estructurales. El estudio no se limita únicamente a describir o correlacionar variables, sino que pretende explicar las causas y mecanismos por los cuales la programación visual impacta en la fase de diseño estructural.

Este nivel de investigación permite analizar de manera técnica y fundamentada cómo la automatización mediante scripts en Dynamo para Revit contribuye a mejorar la precisión de planos y metrados, reducir errores y sobrecostos, así como optimizar tiempos de trabajo en tareas repetitivas. La explicación se construye a partir de la comparación objetiva de resultados obtenidos antes y después de la implementación de la programación visual, evidenciando de qué manera esta metodología facilita la estandarización de criterios técnicos, la disminución de la intervención manual y la optimización de la gestión de la información estructural.

De esta manera, la investigación explicativa no solo muestra las mejoras cuantitativas derivadas del uso de herramientas de programación visual, sino que también profundiza en los fundamentos técnicos que justifican dichos resultados, aportando una interpretación clara de por qué la integración de estas herramientas tiene un impacto positivo en la gestión del diseño estructural dentro del flujo de trabajo BIM.

c) Diseño de la investigación

El diseño adoptado en esta investigación es de tipo **no experimental – transversal – comparativo**, el cual se ajusta plenamente al enfoque aplicado del estudio y a la naturaleza

del fenómeno observado, centrado en el análisis del impacto técnico de la programación visual sobre los procesos de diseño estructural en entornos BIM. Se define como no experimental, porque no se manipulan deliberadamente las variables independientes; es decir, no se controla ni se interviene en el comportamiento de los fenómenos analizados. En lugar de ello, se observan y evalúan los efectos reales que produce la incorporación de programación visual en los procesos de modelado, sin alterar su entorno natural de aplicación. Este diseño es adecuado cuando se trabaja con escenarios reales, como proyectos desarrollados por oficinas técnicas o universidades, donde la intervención directa del investigador no es posible ni requerida para validar los resultados.

El carácter transversal del diseño se justifica porque la recolección y análisis de los datos se realizó en un solo momento del tiempo, con base en un corte único, tanto para los resultados obtenidos con herramientas tradicionales como para aquellos generados con programación visual. No se busca estudiar la evolución temporal de las variables, sino contrastar su comportamiento entre métodos de trabajo en condiciones equivalentes.

Finalmente, el enfoque comparativo es central en el diseño, ya que el objetivo de la investigación es medir y evidenciar diferencias cuantificables entre los procesos tradicionales de diseño estructural y los procesos optimizados mediante programación visual en BIM. Esta comparación se realiza sobre partidas estructurales específicas del proyecto de la residencia universitaria de la UNIQ, permitiendo identificar mejoras en precisión, tiempo y costos, respaldadas por datos objetivos y percepción profesional.

Este diseño metodológico permite sustentar con rigor técnico y aplicabilidad profesional los hallazgos de la investigación, alineándose con los objetivos y la naturaleza ingenieril del estudio.

3.3. Unidad de análisis

En la investigación sobre la implementación de herramientas de programación visual en BIM para la especialidad de estructuras en el proyecto de la Vivienda Universitaria de la UNIQ, la unidad de análisis se define de acuerdo con los diferentes aspectos y enfoques del estudio. Dado el planteamiento del problema, la unidad de análisis incluye los siguientes componentes:

a) **Proyectos de Diseño:**

- **Descripción:** La unidad de análisis primaria es el proyecto de diseño en sí, específicamente el proyecto de la Vivienda Universitaria de la UNIQ. Esto incluye todas las actividades, procesos y entregables relacionados con el uso de BIM y herramientas de programación visual en el proyecto.
- **Relevancia:** Analizar el proyecto de construcción como una unidad permite evaluar cómo la implementación de herramientas de programación visual en BIM influye en la eficiencia, precisión, reducción de costos y tiempos, y mejora en la gestión de la información.

b) **Personal del Proyecto:**

- **Descripción:** Esta unidad de análisis incluye a los individuos involucrados en el proyecto, como ingenieros, arquitectos, gestores de proyectos y trabajadores técnicos.
- **Relevancia:** Evaluar las percepciones, experiencias y uso de las herramientas de programación visual en BIM por parte del personal es crucial para

comprender las barreras y facilitadores de la implementación y su impacto en la gestión de proyectos.

c) Documentación del Proyecto:

- **Descripción:** Constituida por todos los documentos generados durante el proyecto, tales como planos, reportes, registros de errores, y otros entregables que se producen utilizando BIM con programación visual.
- **Relevancia:** Analizar esta documentación ayuda a medir de manera concreta la mejora en la precisión y eficiencia de los procesos y productos del proyecto.

d) Interacciones y Procesos:

- **Descripción:** Las interacciones entre diferentes equipos y los procesos implementados para la gestión de la construcción también son unidades de análisis relevantes.
- **Relevancia:** Evaluar cómo la integración de programación visual en BIM afecta la coordinación y colaboración entre distintas disciplinas dentro del proyecto es fundamental para entender su impacto en la eficiencia y calidad de la gestión de proyectos.

e) Detalle de la Unidad de Análisis

Cada una de estas unidades de análisis ofrece un ángulo diferente pero complementario para entender cómo la implementación de herramientas de programación visual en BIM puede optimizar y transformar la gestión de proyectos de construcción. La combinación de estos enfoques permite una evaluación exhaustiva del impacto de la tecnología en el proyecto

de la Vivienda Universitaria de la UNIQ, desde el nivel de los proyectos específicos hasta las interacciones entre los profesionales y la documentación generada.

- **Proyectos de Diseño:** Evaluación de todos los componentes que corresponden al diseño como la ingeniería y detalles constructivos
- **Personal del Proyecto:** Análisis de la capacitación, uso y percepción de las herramientas BIM con programación visual por parte de los profesionales involucrados.
- **Documentación del Proyecto:** Revisión y análisis de los entregables producidos mediante BIM, midiendo su calidad, precisión y eficiencia.
- **Interacciones y Procesos:** Estudio de la coordinación y comunicación entre los equipos, y cómo estas son mejoradas o afectadas por la implementación de BIM con programación visual.

Esta estructura de análisis permitirá una comprensión integral y detallada de los diversos factores que influyen en el éxito de la implementación de herramientas de programación visual en BIM, así como su impacto en la gestión de proyectos de construcción en el contexto del proyecto de la Vivienda Universitaria de la UNIQ.

3.4. Población de estudio

3.4.1. Respecto al proyecto

La población de estudio está conformada por el **proyecto de la Vivienda Universitaria de la UNIQ**, bajo la dirección de la Unidad Ejecutora de Inversiones (UEI). Este proyecto representa un escenario idóneo para evaluar la incorporación de programación visual en la

metodología BIM, dado que abarcan obras de infraestructura de gran relevancia académica y social para la comunidad universitaria.

3.4.2. *Respecto a los encuestados*

La población también incluye a los profesionales de la UEI de la UNIQ, entre los que se encuentran ingenieros estructurales, arquitectos, gestores de proyectos y técnicos. Al momento del estudio, la entidad contaba con 45 profesionales dedicados tanto a la ejecución de obras como a la elaboración de estudios definitivos, número que fluctúa según los contratos bimensuales y las necesidades de los proyectos.

Tabla 9
Población para el estudio

Respecto al Proyecto	Respecto a los encuestados
proyecto de la Vivienda Universitaria de la UNIQ	45 profesionales de la UEI de la UNIQ, entre los que se encuentran ingenieros estructurales, arquitectos, gestores de proyectos y técnicos.

Nota. La tabla muestra la población para el estudio. Fuente: elaboración Propia.

3.5. **Tamaño de muestra**

3.5.1. *Respecto al proyecto*

El tamaño de la muestra técnica de esta investigación estuvo conformado por **26 partidas estructurales pertenecientes al proyecto de la Residencia Universitaria de la UNIQ**. La selección se sustentó en que dichas partidas representan los elementos de mayor peso técnico y presupuestal dentro del diseño estructural, siendo determinantes tanto en la etapa de diseño como en la ejecución de la obra.

Las partidas consideradas incluyeron elementos clave como: zapatas, columnas, muros, losas aligeradas, vigas de cimentación, sobrecimientos, escaleras y plateas. Estos componentes fueron escogidos porque concentran una parte significativa de los costos directos del proyecto y, al mismo tiempo, son los que presentan mayor complejidad técnica en su modelado y metrado.

3.5.2. *Respecto a los encuestados*

Se aplicaron encuestas a 45 profesionales vinculados a los proyectos de la Unidad Ejecutora de Inversiones (UEI) de la UNIQ, entre ellos ingenieros estructurales, arquitectos y gestores de proyectos. Estas encuestas no constituyen la fuente principal del análisis, pero sirvieron para recoger percepciones técnicas y profesionales respecto a la efectividad de la programación visual en BIM, así como para corroborar los hallazgos cuantitativos derivados de la comparación de partidas.

En conjunto, la muestra técnica y la información complementaria aportada por los profesionales aseguran una visión integral y validada del impacto de la programación visual en BIM sobre la eficiencia, precisión y gestión de los proyectos estructurales.

Tabla 10

Tamaño muestral para el estudio

Respecto al Proyecto	Respecto a los encuestados
26 partidas estructurales pertenecientes al proyecto de la Residencia Universitaria de la UNIQ	45 profesionales de la UEI de la UNIQ, entre los que se encuentran ingenieros estructurales, arquitectos, gestores de proyectos y técnicos.

Nota. La tabla muestra el tamaño muestral para el estudio. Fuente: elaboración Propia.

3.6. Técnicas de selección de muestra

3.6.1. *Respecto al proyecto*

La muestra técnica está compuesta por 26 partidas estructurales seleccionadas mediante **muestreo intencional (por juicio o conveniencia técnica)**. La selección se fundamentó en criterios técnicos y presupuestales, priorizando los elementos que:

- Concentran mayor peso económico dentro del diseño estructural.
- Presentan mayor complejidad técnica en modelado y metrado.
- Son determinantes para la coordinación entre diseño y ejecución.

Procedimiento: a partir del expediente técnico del proyecto se identificaron todas las partidas estructurales y se aplicaron los criterios anteriores para escoger las 26 partidas que representan la porción más relevante del alcance estructural. Esta técnica permitió focalizar el análisis en los componentes con mayor impacto técnico y económico, facilitando comparaciones detalladas entre metrados generados por programación visual y métodos tradicionales.

3.6.2. *Respecto al los encuestados*

Dado el reducido tamaño de la población profesional en la UEI en el periodo del estudio, la técnica aplicada fue muestreo por **censo (muestreo total)**: se encuestó a la totalidad de los **45 profesionales vinculados a la UEI (ingenieros estructurales, arquitectos, gestores de proyectos y técnicos)**.

Justificación: la aplicación del censo evita sesgos por muestreo en una población pequeña y permite captar la percepción global del colectivo técnico implicado en el proyecto, aportando información complementaria a los análisis cuantitativos de las partidas.

3.7. Técnicas de recolección de información

Para lograr una comprensión integral del impacto de la implementación de herramientas de programación visual en BIM en la gestión de proyectos de construcción, se emplearán diversas técnicas de recolección de información. A continuación, se detallan las técnicas a utilizar:

a) Análisis de Modelo BIM:

Se elaborará un modelo BIM de la especialidad de estructuras del proyecto de Vivienda Universitaria de la UNIQ, en un nivel de desarrollo LOD 4 y nivel de información LOI 3. La recolección de datos incluirá:

- Modelado paramétrico de elementos estructurales.
- Creación de familias y asignación de parámetros.
- Generación de scripts en Dynamo para automatización de tareas.
- Extracción de metrados y cantidades generadas por el modelo para su posterior comparación con métodos tradicionales.

b) Encuestas estructuradas:

Se aplicará un cuestionario a 45 profesionales involucrados en proyectos de construcción.

Características de la técnica:

- Preguntas cerradas, opción múltiple y escalas tipo Likert.
- Contenidos enfocados en percepción de beneficios, barreras y resultados de la programación visual aplicada a BIM.

- Validación previa mediante prueba piloto.

- Recolección en formato impreso.

c) **Revisión documental**

Se recopilarán y examinarán documentos generados durante el desarrollo del proyecto, tales como planos, metrados, reportes técnicos, presupuestos y cronogramas, para identificar cambios en la calidad y precisión de los entregables.

3.8. Técnicas de análisis e interpretación de la información

Para asegurar un análisis exhaustivo y consistente de los datos recolectados, se emplearán diversas técnicas de análisis cuantitativo. A continuación, se detallan las técnicas de análisis e interpretación de la información que se utilizarán en la investigación sobre la implementación de herramientas de programación visual en BIM en el proyecto de la Vivienda Universitaria de la UNIQ.

A. Análisis Cuantitativo

a) Análisis Descriptivo

✓ **Objetivo:** Describir las características básicas de los datos cuantitativos recolectados, proporcionando una visión general de la distribución y tendencias.

✓ **Técnicas:**

- **Medidas de Tendencia Central:** Cálculo de la media, mediana y moda para resumir los datos.

- **Medidas de Dispersión:** Cálculo de la desviación estándar, rango y varianza para evaluar la variabilidad de los datos.

- **Distribución de Frecuencias:** Elaboración de tablas y gráficos de frecuencias para visualizar la distribución de las respuestas.

b) Análisis Correlacional

- ✓ **Objetivo:** Identificar y medir la fuerza y dirección de las relaciones entre las variables independientes (Uso de programación visual en BIM) y las variables dependientes (eficiencia en la fase de diseño).
- ✓ **Técnicas:**
 - **Coefficiente de Correlación de Pearson:** Evaluar la relación lineal entre dos variables cuantitativas.
 - **Coefficiente de Correlación de Spearman:** Utilizado para variables ordinales o cuando no se asume normalidad en los datos.
 - **Matriz de Correlación:** Construcción de una matriz para visualizar las relaciones entre múltiples variables.

c) Análisis de Regresión

- ✓ **Objetivo:** Determinar la causalidad entre las variables independientes y dependientes, evaluando el impacto específico de la implementación de programación visual en BIM sobre los resultados del proyecto.
- ✓ **Técnicas:**
 - **Regresión Lineal Simple:** Analizar la relación entre una variable independiente y una variable dependiente.
 - **Regresión Lineal Múltiple:** Evaluar el impacto de varias variables independientes sobre una variable dependiente.

- **Pruebas de Significancia:** Evaluar la significancia estadística de los coeficientes de regresión utilizando valores p y intervalos de confianza.

d) Análisis de Varianza (ANOVA)

- ✓ **Objetivo:** Comparar las medias de tres o más grupos para determinar si existen diferencias significativas en las variables dependientes según diferentes niveles de la variable independiente.
- ✓ **Técnicas:**
 - **ANOVA de un Factor:** Comparar las medias de diferentes grupos basados en una sola variable independiente.
 - **ANOVA de dos Factores:** Evaluar el impacto combinado de dos variables independientes sobre la variable dependiente.

B. Procedimientos de Interpretación

- ✓ **Desarrollo de Conclusiones:** Formulación de conclusiones sólidas basadas en el análisis de datos, respondiendo a las preguntas de investigación y logrando los objetivos planteados.
- ✓ **Implicaciones Prácticas y Teóricas:** Identificación de las implicaciones prácticas para la gestión de proyectos de construcción y las contribuciones teóricas al conocimiento existente sobre la implementación de BIM con programación visual.
- ✓ **Recomendaciones:** Elaboración de recomendaciones para la práctica profesional, enfocadas en mejorar la implementación y uso de herramientas de programación visual en BIM, así como sugerencias para futuras investigaciones.

Esta metodología detallada y consistente de análisis e interpretación de la información asegurará un enfoque riguroso y exhaustivo, proporcionando una base sólida para evaluar el impacto de la programación visual en BIM en la gestión y ejecución de proyectos de construcción en el contexto del proyecto de la Vivienda Universitaria de la UNIQ.

3.9. Técnicas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas

Para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas en la investigación sobre la implementación de herramientas de programación visual en la metodología BIM en proyectos de construcción en Perú, se utilizarán varias técnicas específicas, adecuadas para cada hipótesis. Aquí se presenta un resumen de las técnicas empleadas:

- **HIPÓTESIS GENERAL**

La incorporación de programación visual aplicada a modelos BIM durante la fase de diseño permite una mejora cuantificable en la gestión de procesos y entregables en proyectos de construcción, reflejada en la reducción de errores, sobrecostos y tiempos en el desarrollo de planos y metrados estructurales.

- Técnicas:
 - Análisis descriptivo (**Scripts Desarrollados**): Revisión de resultados obtenidos utilizando programación visual frente a la metodología tradicional.
 - Análisis de Regresión Lineal Múltiple (**Encuestas Estructuradas**): Evaluar el impacto de la implementación de programación visual en BIM sobre la gestión de procesos y entregables, utilizando variables dependientes como eficiencia, precisión y reducción de costos.

- Análisis Correlacional (**Encuesta Estructuradas**): Medir la relación entre la implementación de BIM con programación visual y los indicadores de mejora en la gestión de proyectos.

- **HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- 1) **Precisión y eficacia:**

- ✓ La programación visual en BIM incrementa la exactitud de los entregables estructurales y potencia la eficacia durante la etapa de diseño, disminuyendo fallos y el tiempo necesario para labores repetitivas y complejas.

- Técnicas:

- Análisis Descriptivo (**Scripts Desarrollados**): Revisión de resultados obtenidos utilizando programación visual frente a la metodología tradicional.
- Análisis de Varianza (ANOVA) (**Encuestas Estructuradas**): Comparar las medias de errores en los planos y modelos estructurales entre los grupos.
- Regresión Lineal (**Encuestas Estructuradas**): Evaluar el impacto de la programación visual en la precisión de los entregables.

- 2) **Reducción de Sobrecostos y Retrasos**

- ✓ La aplicación de programación visual en BIM ayuda a disminuir gastos extra y demoras durante la etapa de diseño de proyectos de edificación.

- Técnicas:

- **Análisis Descriptivo (Scripts Desarrollados):** Comparación de la variación de costos utilizando metodología tradicional frente a la utilización de programación visual en BIM.
- **Análisis de Varianza (ANOVA) (Encuestas Estructuradas):** Comparar las medias de desviación presupuestaria entre los grupos.
- **Regresión Lineal (Encuestas Estructuradas):** Evaluar el impacto de la programación visual en la reducción de sobrecostos.

3) Gestión de la Información

- ✓ En la etapa de diseño, la programación visual en BIM optimiza la administración, accesibilidad y calidad de la información, promoviendo la integración y comunicación entre diferentes disciplinas.
- **Técnicas:**
 - **Análisis Descriptivo (Scripts Desarrollados):** Comparación de la gestión de la información utilizando metodología tradicional frente a la utilización de programación visual en BIM.
 - **Encuestas y Entrevistas (Encuestas Estructuradas):** Recolectar datos sobre la calidad y accesibilidad de la información entre los profesionales.
 - **Análisis Correlacional (Encuestas Estructuradas):** Medir la relación entre la implementación de programación visual en BIM y la calidad de la gestión de la información.

Estas técnicas permitirán evaluar de manera rigurosa y precisa la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas, utilizando métodos estadísticos adecuados para cada tipo de dato y relación investigada.

3.9.1. Validación de instrumentos

Para garantizar la validez de contenido del cuestionario aplicado, se realizó una validación por juicio de expertos, la cual permitió verificar la correspondencia entre los ítems del instrumento y las variables e indicadores definidos en la matriz de operacionalización.

El proceso de validación fue realizado por tres especialistas con experiencia comprobada en diseño estructural, metodología BIM y procesos de investigación en ingeniería civil. Cada experto evaluó los ítems bajo criterios de claridad, pertinencia, coherencia y relevancia técnica. Las observaciones emitidas fueron incorporadas para afinar la redacción y precisión conceptual del instrumento.

Esta validación refuerza la confiabilidad del cuestionario aplicado y sustenta la consistencia técnica de los resultados obtenidos.

3.9.2. Procedimientos y criterios para validar encuestas

La validez de contenido del cuestionario se garantizó mediante el juicio de expertos, técnica ampliamente reconocida en la investigación científica para evaluar la pertinencia y coherencia de los instrumentos de recolección de datos. Para ello, se siguieron los procedimientos descritos a continuación:

a. Remisión del instrumento a expertos.

Se entregó el cuestionario preliminar acompañado de una ficha de validación, la cual incluyó instrucciones claras, criterios de evaluación y espacio para observaciones cualitativas.

b. Dimensiones de evaluación.

Cada ítem del cuestionario fue analizado en cuatro dimensiones fundamentales:

- Claridad: grado en que el enunciado es comprensible y no genera ambigüedad.
- Pertinencia: correspondencia del ítem con la variable y dimensión a la que pertenece.
- Relevancia: importancia del ítem para la medición del constructo investigado.
- Coherencia: consistencia interna entre el ítem, los objetivos del estudio y el marco teórico.

c. Procesamiento estadístico.

Las calificaciones obtenidas se procesaron empleando el Coeficiente V de Aiken, indicador que permite cuantificar el grado de acuerdo entre los jueces respecto a la validez de contenido. Se calcularon además valores de significancia y se analizaron observaciones cualitativas, a fin de realizar los ajustes necesarios en el instrumento.

Tabla 11

Interpretación para el coeficiente V Aiken

V Aiken	Interpretación
0.00 - 0.79	Débil
0.80 - 0.89	Aceptable
0.90 - 1.00	Fuerte

Nota. La tabla muestra los criterios para clasificar una encuesta de acuerdo al coeficiente V Aiken: Fuente: Adaptado de Test Psicológicos y evaluación (Aiken, 1985).

Tabla 12*Validación de instrumento según V de Aiken*

Ítem	Criterios	Descripción	Expertos				Suma de acuerdos Total (S)	V Aiken	Descripción
1	Claridad	Esta formulado con un lenguaje adecuado y entendible para el objeto de estudio.	1	1	1	1	4	1	Fuerte
2	Objetividad	Esta expresado de manera lógica y coherente para el fin de la investigación.	1	1	1	1	4	1	Fuerte
3	Pertinencia	Responde a las exigencias internas y externas del estudio.	1	1	1	1	4	1	Fuerte
4	Actualidad	Esta acorde al contexto y a los aportes recientes en la disciplina de estudio.	1	1	1	1	4	1	Fuerte
5	Organización	Contiene una estructura lógica y secuencial en las interrogantes expuestas.	1	1	1	1	4	1	Fuerte
6	Suficiencia	Comprende las interrogantes suficientes para evaluar los indicadores expuestos.	1	1	1	1	4	1	Fuerte
7	Intencionalidad	Presenta un propósito para valorar un fin específico en la investigación.	1	1	1	1	4	1	Fuerte
8	Consistencia	La estructura responde al problema de investigación.	1	1	1	1	4	1	Fuerte
9	Coherencia	Presenta relación entre dimensiones e indicadores.	1	1	1	1	4	1	Fuerte
10	Metodología	La estrategia planteada responde al objetivo de la investigación.	1	1	1	1	4	1	Fuerte
Media =								1	Fuerte

Nota. La tabla muestra los resultados de la validación del instrumento según V de Aiken, se aprecia que de acuerdo a los cuatro expertos la interpretación es fuerte: elaboración Propia.

Nota: En el Anexo N.º XII & XIII se incluye la evidencia de este proceso, compuesta por las fichas de validación individuales, las firmas de los cuatro expertos participantes y la versión ajustada del cuestionario final.

Tabla 13*Técnicas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas*

Hipótesis		Descripción	Técnicas
General	La incorporación de programación visual aplicada a modelos BIM durante la fase de diseño permite una mejora cuantificable en la gestión de procesos y entregables en proyectos de construcción, reflejada en la reducción de errores, sobrecostos y tiempos en el desarrollo de planos y metrados estructurales.		Análisis Descriptivo
			Análisis de Regresión Lineal Múltiple
			Análisis Correlacional
Específica 1	Precisión y Eficacia	La implementación de scripts en Dynamo incrementa la precisión de los entregables estructurales y mejora la eficiencia del proceso de modelado, en comparación con el modelado manual en BIM.	Análisis Descriptivo
			Análisis de Varianza ANOVA
			Regresión Lineal
Específica 2	Reducción de Sobrecostos y Retrasos	La automatización de procesos repetitivos mediante scripts en Dynamo reduce significativamente los costos y retrasos en la fase de diseño, optimizando la gestión del tiempo y los recursos.	Análisis Descriptivo
			Análisis de Varianza ANOVA
			Regresión Lineal
Específica 3	Gestión de la información	El uso de scripts en Dynamo mejora la accesibilidad, organización y calidad de la información estructural durante la fase de diseño, favoreciendo una gestión más eficiente en proyectos BIM.	Análisis Descriptivo
			Encuestas y Entrevistas
			Análisis Correlacional

Nota. La tabla muestra las técnicas para verificar la veracidad de las hipótesis. Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El capítulo de resultados presenta los hallazgos obtenidos tras la implementación de herramientas de programación visual dentro de la metodología BIM en la especialidad de estructuras, aplicado a un conjunto de partidas de un proyecto de construcción en Perú. El objetivo principal de este capítulo es demostrar cómo el uso de estas tecnologías optimiza tanto la precisión en los metrados como la eficiencia en la gestión de procesos y recursos.

Para lograr este análisis, se llevó a cabo una evaluación detallada de 26 partidas estructurales utilizando Dynamo, una herramienta de programación visual, integrada con Revit para automatizar y mejorar los procesos de modelado y cuantificación. Se compararon los resultados obtenidos mediante el método tradicional de cuantificación con aquellos derivados del uso de la metodología BIM, midiendo las diferencias en términos de precisión, tiempos de entrega, sobrecostos y la gestión de la información a lo largo del proyecto. Adicionalmente, se realizaron encuestas a profesionales involucrados en el proyecto para medir la percepción de las mejoras en la precisión y eficiencia logradas con la programación visual. Los resultados de estas encuestas, junto con el análisis de costos y metrados, proporcionan una visión clara de los beneficios y desafíos que enfrenta la adopción de BIM con programación visual en proyectos de construcción en Perú. Este capítulo no solo revela las ventajas cuantitativas del uso de BIM con programación visual, sino que también destaca cómo estas herramientas ayudan a reducir errores en los planos estructurales, optimizan el uso de los recursos financieros y facilitan la coordinación interdisciplinaria. Se presenta un análisis estadístico que respalda estas conclusiones, estableciendo una base sólida para discutir las implicaciones de estos resultados en los capítulos posteriores.

4.1. Caracterización de la zona de estudio

4.1.1. Zona de Estudios del Proyecto

La investigación se centra en la "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba", situada en el departamento de Cusco, provincia de La Convención, distrito de Santa Ana, en la localidad o centro poblado de Fundo Potrero. Este lugar se caracteriza por estar libre de construcciones previas y es punto clave para los trabajos de replanteo en la ciudad universitaria de Potrero, lo cual lo convierte en un sitio ideal para el desarrollo del proyecto.

Tabla 14

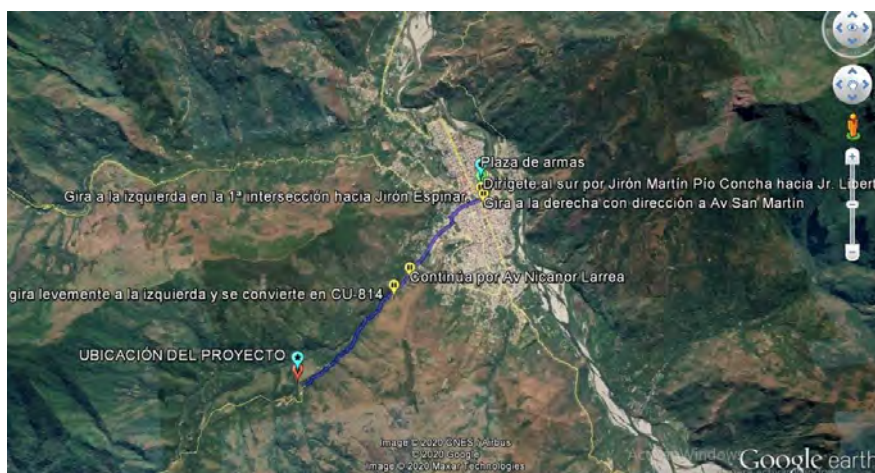
Acceso al sitio del Proyecto

DESDE	HASTA	MEDIO DE TRANSP	VÍA	KM	TIEMPO
Cusco	Quillabamba	Vehicular	Carretera asfaltada	236 km	5h 00min
Quillabamba	Potrero	Vehicular	Carretera asfaltada y Trocha	5 km	0h 10min
Fundo Potrero	Campus Universitario Acceso Margen Derecho	Vehicular	Sin afirmar o trocha (Un solo carril)	0,2 km	0h 5min
TOTAL				241 km	5h 10min

Nota. La tabla muestra el acceso al sitio del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Figura 19

Rutas de acceso al proyecto



Nota. La figura muestra un mapa con los accesos vehiculares al proyecto desde la ciudad de Quillabamba. Fuente: Unidad de Ejecución de Inversiones UNIQ (2024)

La residencia estudiantil se proyecta en un terreno que no solo es estratégico por su cercanía a la universidad sino también accesible, como se detalla en la información de transporte y acceso:

Acceso al Sitio del Proyecto:

- **Desde Cusco hasta Quillabamba:** Se realiza en vehículo por carretera asfaltada, cubriendo una distancia de 236 km en aproximadamente 5 h.
- **Desde Quillabamba hasta Potrero:** El trayecto continúa en vehículo, combinando carretera asfaltada y trocha, con una distancia adicional de 5 km que toma cerca de 10 min.

- **Desde Fundo Potrero hasta el Campus Universitario (Acceso Margen Derecho):**

Este último tramo es de 0,2 km por un camino sin afirmar o trocha de un solo carril, lo cual toma aproximadamente 5 min.

La accesibilidad al sitio es fundamental para la logística del proyecto y para garantizar que la ubicación es adecuada no solo para la construcción sino también para la futura funcionalidad del edificio como residencia estudiantil, proporcionando fácil acceso para los estudiantes y personal de la universidad. Estas características hacen de la sede Potrero un lugar óptimo para el desarrollo de la residencia estudiantil, favoreciendo el avance académico y el bienestar estudiantil en un entorno diseñado para impulsar el aprendizaje y la interacción cultural.

Figura 20

Ubicación de la Residencia Estudiantil dentro de la Ciudad Universitaria



Nota. La figura muestra el plano ubicación del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Descripción de la Muestra

En la investigación titulada "Optimización del Proceso de Diseño en BIM: El Impacto de la Programación Visual en la Eficiencia de Proyectos de Construcción", se seleccionó una muestra de profesionales técnicos especializados en BIM y programación visual con Dynamo. Este grupo incluye arquitectos, ingenieros civiles y, en particular, el Bach. Hossmar Villagarcía Camacho, quien se destaca como experto en el área de estructuras.

Perfiles de los Participantes:

- **Arquitectos:** Estos profesionales se centraron en utilizar BIM para desarrollar y optimizar el diseño arquitectónico, integrando elementos constructivos y estéticos de manera eficiente. Mediante Dynamo, automatizaron y personalizaron varios aspectos del diseño, elevando la funcionalidad y la respuesta estética del proyecto.
- **Ingenieros Civiles:** Responsables del análisis y la conformidad estructural conforme a las normativas vigentes, utilizaron BIM para modelar y simular componentes estructurales críticos. Dynamo fue clave para ellos en la automatización de cálculos y en la coordinación efectiva de la construcción, reduciendo errores y optimizando tiempos de ejecución.
- **Ing. Hossmar Villagarcía Camacho – Especialista en Estructuras:** Como experto en estructuras, el Ing. Villagarcía Camacho empleó BIM para detallar y perfeccionar los elementos estructurales del proyecto. Utilizando Dynamo, desarrolló algoritmos avanzados que permitieron adaptaciones precisas, mejorando significativamente la integridad y seguridad estructural del diseño.

Este estudio se enfoca específicamente en la parte estructural del proyecto, lo cual permite evaluar en profundidad la experticia y contribuciones del Bach. Hossmar Villagarcía Camacho en el uso avanzado de tecnologías BIM y Dynamo. Esta especialización asegura un análisis detallado de cómo estas tecnologías pueden optimizar el diseño y la ejecución estructural en proyectos de construcción.

4.2. Presentación de Resultados Primarios

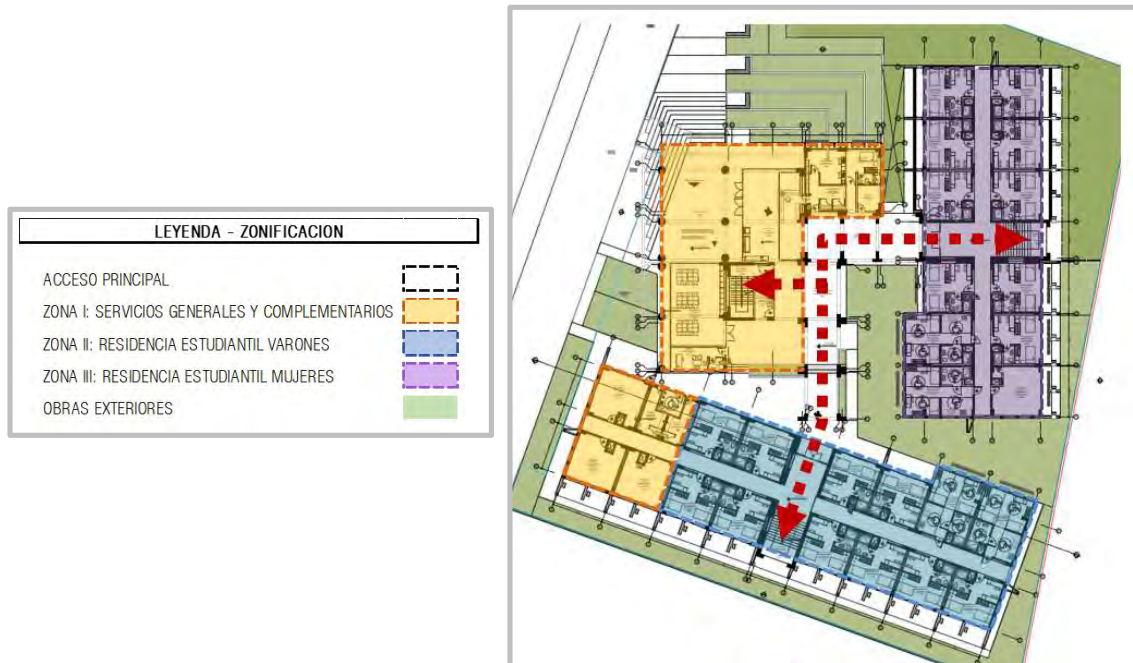
4.2.1. Descripción del Proyecto

A) Arquitectura

La estructura arquitectónica de la residencia universitaria se organiza en tres zonas principales, interconectadas a través de ejes de circulación que facilitan el acceso y la movilidad en todos los niveles del edificio. Estas zonas están diseñadas y orientadas estratégicamente para aprovechar al máximo las condiciones geográficas y funcionales del sitio, así como para integrarse armoniosamente con el entorno inmediato. Esta disposición no solo optimiza la funcionalidad del espacio, sino que también considera aspectos como la iluminación natural y la ventilación, elementos cruciales en el diseño sostenible de edificaciones educativas. (Ver figura adjunta para más detalles sobre la disposición y orientación de las zonas).

Figura 21

Zonificación del Proyecto de la Residencia Estudiantil de la UNIQ



Nota. La figura muestra la zonificación del proyecto. Fuente: Elaboración propia (Unidad de Ejecución de Inversiones UNIQ (2024)).

⇒ Acceso Principal

El acceso principal de la residencia estudiantil en la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba, Sede Potrero, se ha diseñado para integrarse perfectamente con el eje vial principal del campus. Este punto de entrada no solo sirve como conector espacial, sino que también se caracteriza por zonas públicas que incluyen graderías de circulación, elementos de paisajismo y una alameda, creando un entorno acogedor y funcional para todos los usuarios del campus.

Figura 22

Ingreso a la Residencia Estudiantil de la UNIQ



Nota. La figura muestra el ingreso al proyecto. Fuente: Elaboración propia (Unidad de Ejecución de Inversiones UNIQ (2024)).

⇒ **Zona I: Servicios Generales y Complementarios**

Ubicada en el primer nivel, esta zona es esencial para el soporte de la vida estudiantil y del personal, incluyendo áreas dedicadas a servicios generales y complementarios. El diseño abarca consideraciones clave de accesibilidad universal, asegurando que todos los espacios sean accesibles y seguros. Los servicios generales incluyen:

- Sala de lectura
- Tópico y servicios higiénicos
- Hall principal de ingreso y espera
- Plaza intercultural
- Servicios higiénicos generales adaptados para discapacitados

Los servicios complementarios ofrecen:

- Video seguridad
- Vestidores y dormitorios
- Sala de Telecomunicaciones
- Cuarto de Ductos de Basura
- Cuarto de Tableros
- Cuarto de Bombas

Figura 23

Vista frontal de la Residencia Estudiantil de la UNIQ



Nota. La figura muestra la vista frontal del proyecto. Fuente: Elaboración propia (Unidad de Ejecución de Inversiones UNIQ (2024)).

⇒ Zona II: Residencia Estudiantil Varones

Constituida por bloques articulados de cuatro niveles y orientados al sur, esta zona está diseñada para proporcionar un espacio de descanso y estudio a los estudiantes varones.

Incluye habitaciones dobles equipadas con servicios higiénicos y espacios de estudio, kitchenettes, lavandería y escaleras integradas. El acceso está restringido y regulado por un sistema de control, asegurando privacidad y seguridad.

Figura 24

Vista posterior de la Residencia Estudiantil de la UNIQ



Nota. La figura muestra una vista posterior del proyecto. Fuente: Elaboración propia (Unidad de Ejecución de Inversiones UNIQ (2024)).

⇒ Zona III: Residencia Estudiantil Mujeres

Similar a la zona de varones, pero orientada al este y extendida hasta cinco niveles en algunos bloques, esta área aloja a las estudiantes mujeres en condiciones óptimas para su descanso y estudio. También cuenta con habitaciones dobles, kitchenettes, lavandería y escaleras integradas. Al igual que en la zona de varones, el acceso es restringido y supervisado.

Figura 25

Vista de fachada de la Residencia Estudiantil de la UNIQ



Nota. La figura muestra la fachada del proyecto. Fuente: Elaboración propia (Unidad de Ejecución de Inversiones UNIQ (2024)).

⇒ **Obras Exteriores**

El diseño exterior de la residencia estudiantil incluye zonas de estar, terrazas semi-abiertas, camineras exteriores y áreas verdes. Estos espacios están pensados para fomentar la socialización y el ocio, proporcionando un entorno estimulante que contribuye al bienestar y desarrollo integral de los estudiantes.

El diseño y la disposición de estas zonas han sido meticulosamente planeados utilizando tecnologías BIM para asegurar la coherencia estructural y funcional del proyecto, permitiendo una optimización continua a través de la visualización 3D y la programación visual avanzada con herramientas como Dynamo, que facilitan la personalización y adaptación de los espacios según las necesidades emergentes.

En el desarrollo arquitectónico del proyecto de la Residencia Estudiantil Sede Potrero, un enfoque colaborativo y multidisciplinario fue fundamental para preparar la fase de implementación de las estructuras dentro del entorno BIM (Modelado de Información de Construcción). Los equipos de arquitectura, junto con los especialistas en instalaciones eléctricas y electromecánicas, trabajaron meticulosamente para garantizar que todos los preparativos necesarios estuvieran completos antes de proceder con el análisis y diseño estructural.

❖ **Implementación del Área de Estructuras en BIM**

Con el entorno preparado y los modelos de arquitectura y de instalaciones completamente integrados y coordinados, el equipo de estructuras, liderado por el Bach. Hossmar Villagarcía Camacho, procedió con el análisis y diseño estructural. Utilizando avanzadas capacidades de BIM, el equipo empleó software como Revit Structure y complementos de Dynamo para desarrollar y optimizar todos los elementos estructurales.

✓ **Modelado Estructural Avanzado**

El modelado estructural se llevó a cabo con un alto nivel de detalle, incorporando análisis de cargas, simulaciones de esfuerzos y deformaciones bajo diversas condiciones, y optimización de materiales y técnicas constructivas. Cada elemento estructural, desde columnas, vigas, hasta losas y cimientos, fue diseñado para cumplir con los más altos estándares de seguridad y durabilidad.

✓ **Integración y Simulación**

La integración continua entre el análisis estructural y los modelos arquitectónicos y de instalaciones fue crítica. Se utilizó Dynamo para automatizar muchos de los procesos de análisis y para crear scripts personalizados que facilitaran la adaptación y modificación rápida de estructuras en respuesta a cambios en el diseño o requisitos del proyecto.

✓ **Documentación y Planos Estructurales**

Finalmente, la documentación completa del diseño estructural se preparó utilizando las herramientas de BIM, generando planos estructurales detallados, especificaciones y listas de materiales. Estos documentos no solo facilitan la fase de construcción, sino que también sirven como una base fiable para la gestión futura y el mantenimiento del edificio.

Este enfoque integral y altamente técnico en el uso de BIM y la programación visual asegura una ejecución precisa y eficiente del proyecto, subrayando la importancia de la tecnología en la modernización de las prácticas de construcción y en la mejora continua de los procesos de diseño estructural.

B) Estructuras

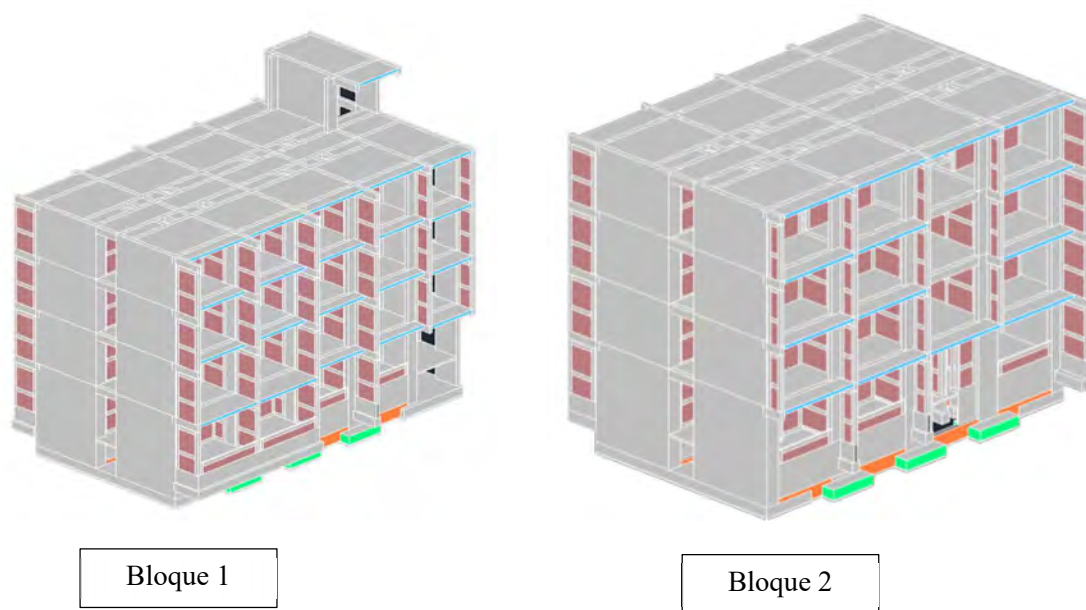
En el contexto del proyecto de la Residencia Estudiantil, la especialidad estructural se ha concebido con una planificación altamente técnica y adaptada a las necesidades arquitectónicas específicas, utilizando un enfoque avanzado en BIM para garantizar la regularidad y cumplimiento de las normativas aplicables a edificaciones de esta naturaleza. La estructura se divide en diez bloques distintos, cada uno diseñado con características particulares para optimizar su funcionalidad y resistencia.

⇒ **Bloque 01 a Bloque 04**

Cada uno de estos bloques está construido con concreto armado de resistencia $f'c=280$ kgf/cm². El diseño incluye un sistema robusto de muros estructurales orientados en ambos sentidos, complementado con vigas peraltadas y losas aligeradas de 25 cm. Estas configuraciones contribuyen a la formación de diafragmas rígidos que incrementan la estabilidad sísmica de cada nivel. Los Bloques 01 y 03 incorporan además cajas de escaleras que facilitan la comunicación vertical entre los cuatro niveles establecidos.

Figura 26

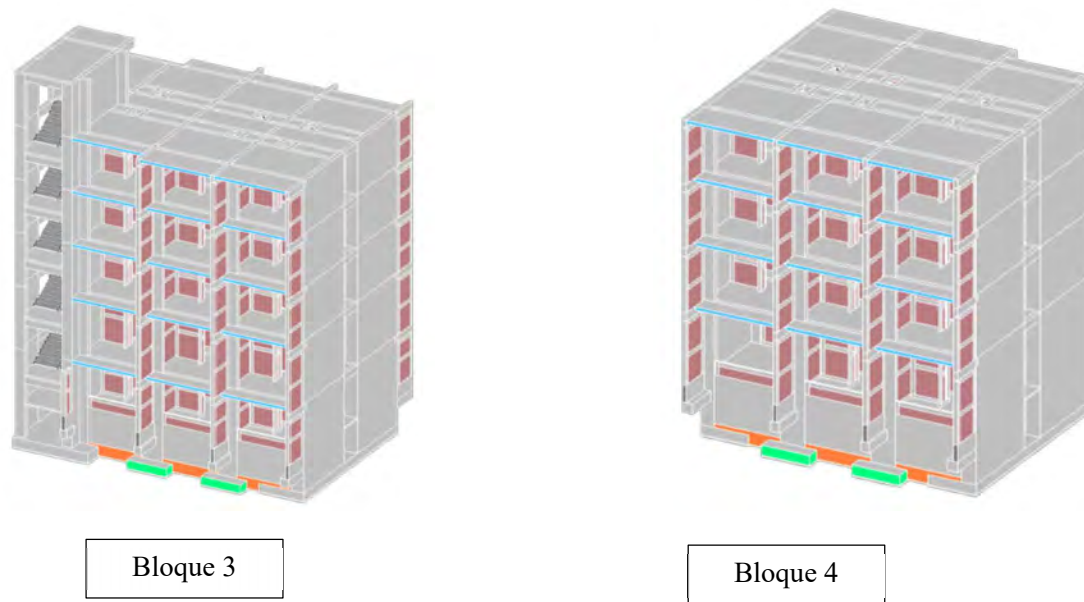
Modelo Estructural Bloques 01 y 02, desarrollado en BIM-REVIT



Nota. La figura muestra el modelo estructural BIM 3D de los bloques 01 y 02. Fuente: Elaboración propia (Unidad de Ejecución de Inversiones UNIQ (2024)).

Figura 27

Modelo Estructural Bloques 03 y 04, desarrollado en BIM-REVIT



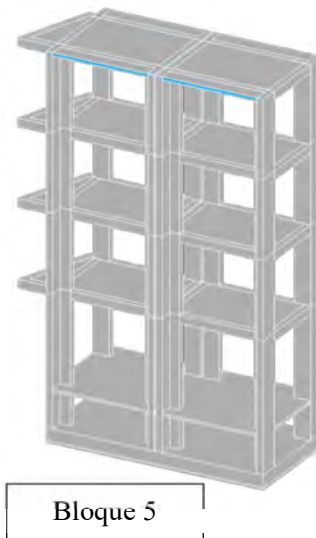
Nota. La figura muestra el modelo estructural BIM 3D de los bloques 03 y 04. Fuente: Elaboración propia (Unidad de Ejecución de Inversiones UNIQ (2024)).

⇒ **Bloque 05**

Similar en material y resistencia a los bloques anteriores, el Bloque 05 difiere al incorporar losas llenas de 15 cm en lugar de losas aligeradas, lo que proporciona una respuesta diferenciada a las cargas y una rigidez adicional donde se requiere por condiciones de uso o configuración espacial.

Figura 28

Modelo Estructural Bloque 05, desarrollado en BIM-REVIT



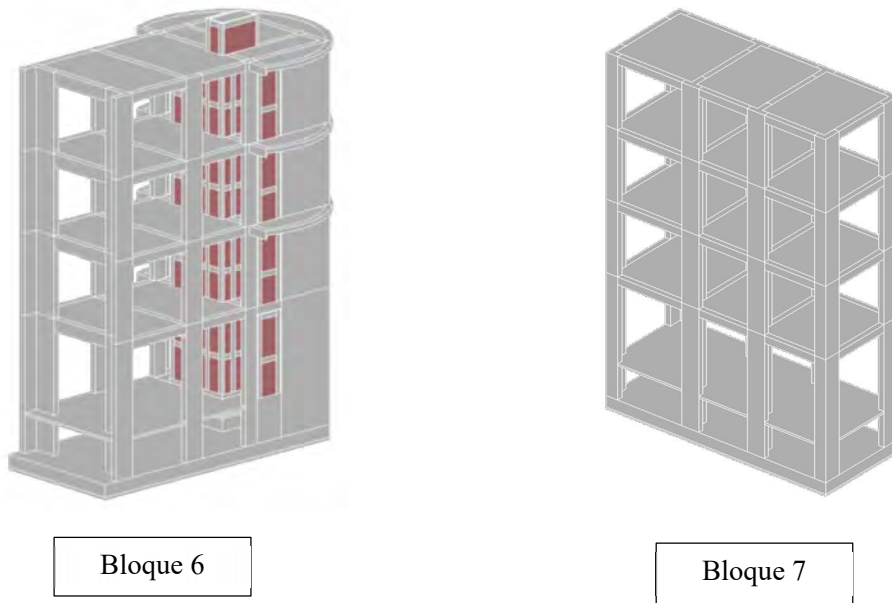
Nota. La figura muestra el modelo estructural BIM 3D del bloque 05. Fuente: Elaboración propia (Unidad de Ejecución de Inversiones UNIQ (2024)).

⇒ **Bloque 06 y Bloque 07**

Estos bloques mantienen la misma estrategia estructural que los primeros, con la variación en el espesor de las losas aligeradas a 20 cm, optimizando la distribución de cargas y la eficiencia del material en áreas específicas del proyecto. Ambos bloques sostienen la continuidad de cuatro niveles y sistemas de escaleras adecuados para la funcionalidad del edificio.

Figura 29

Modelo Estructural Bloques 06 y 07, desarrollado en BIM-REVIT



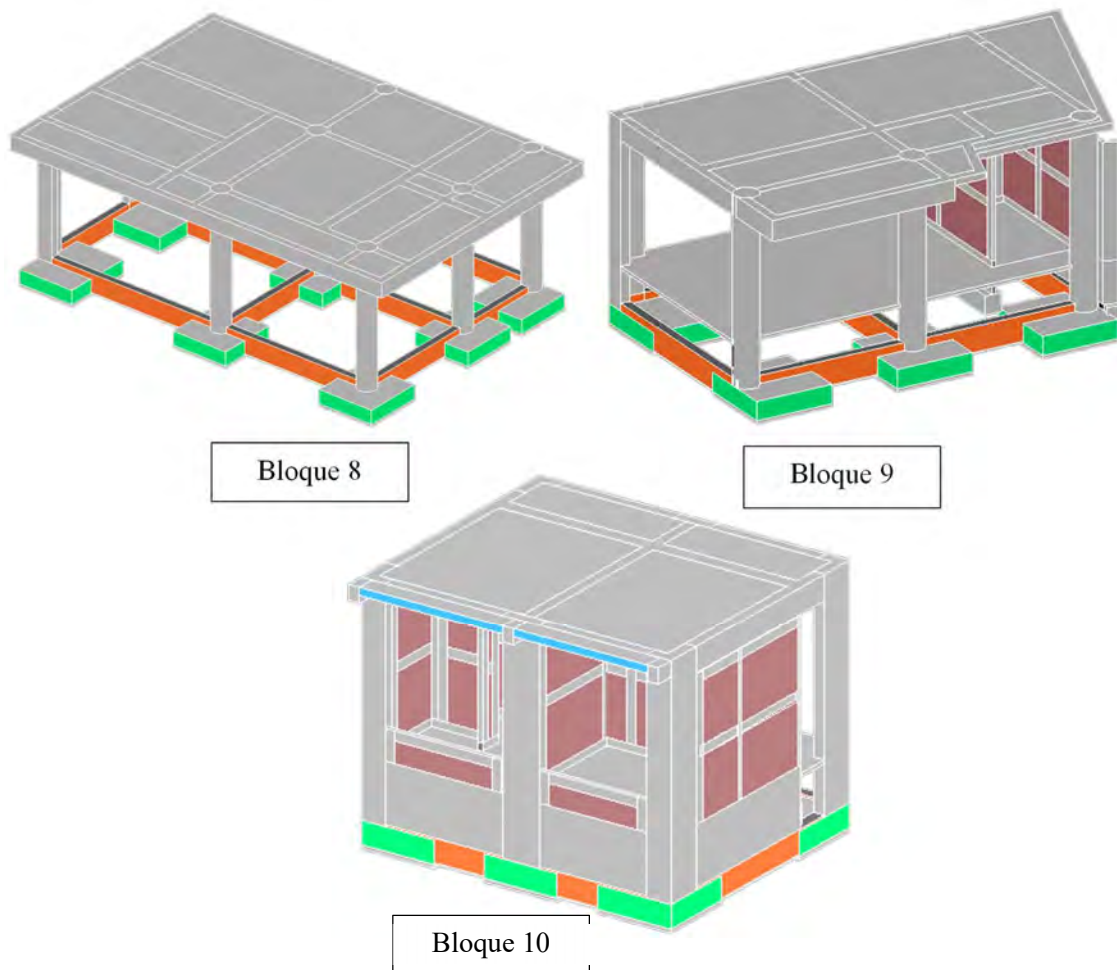
Nota. La figura muestra el modelo estructural BIM 3D de los bloques 06 y 07. Fuente: Elaboración propia (Unidad de Ejecución de Inversiones UNIQ (2024)).

⇒ **Bloque 08 a Bloque 10**

Estos bloques representan adaptaciones específicas al diseño estructural general, introduciendo columnas circulares y una combinación de losas aligeradas y llenas para adaptarse a requerimientos únicos de cada área. El Bloque 08, por ejemplo, se expande sobre un solo nivel, pero integra una complejidad estructural mayor para soportar instalaciones o usos específicos. Los Bloques 09 y 10, aunque limitados a un nivel, refuerzan la integración de muros estructurales y vigas peraltadas para asegurar la integridad estructural ante cargas concentradas o condiciones de uso intensivo.

Figura 30

Modelo Estructural Bloques 08, 09 y 10, desarrollado en BIM-REVIT



Nota. La figura muestra el modelo estructural BIM 3D de los bloques 08, 09 y 10. Fuente: Elaboración propia (Unidad de Ejecución de Inversiones UNIQ (2024)).

C) Implementación en BIM

La utilización de tecnología BIM para el desarrollo estructural de este proyecto no solo facilitó una visualización detallada y una coordinación efectiva entre las diferentes especialidades, sino que también permitió simulaciones de comportamiento estructural bajo

diversas condiciones de carga y escenarios sísmicos. El modelado avanzado y la programación visual con herramientas como Revit y Dynamo permitieron iteraciones rápidas y precisas en el diseño, garantizando que todas las especificaciones técnicas y funcionales se ajustaran perfectamente a los estándares de seguridad y desempeño requeridos.

Este enfoque integrado y detallado refleja el compromiso del proyecto con la excelencia en ingeniería estructural, aprovechando al máximo las capacidades del diseño asistido por computadora y la modelación de información de construcción para lograr un equilibrio óptimo entre estética, funcionalidad y seguridad estructural.

4.3. Resultado de modelado BIM

El caso de estudio involucrado en la Residencia Estudiantil emplea una metodología avanzada de ingeniería estructural enmarcada en el contexto del Building Information Modeling (BIM), optimizando el proceso desde el diseño inicial hasta la coordinación final de las especialidades. Este proceso se caracteriza por su alta tecnicidad y precisión, fundamentales para el éxito en la implementación de las soluciones estructurales avanzadas.

Figura 31

Vista del Proyecto en TRIMBLE CONNECT



Nota. La figura muestra el archivo IFC en TRIMBLE CONNECT para el trabajo colaborativo. Fuente: Elaboración Propia (archivo IFC utilizado en la plataforma TRIMBLE CONNECT para la coordinación con las demás especialidades)

4.3.1. Modelamiento Paramétrico

El modelamiento Paramétrico hacer referencia a la creación de elementos dentro del software para en este caso REVIT, los cuales son controlados por parámetros, que no son más que reglas y atributos que definen las propiedades y comportamiento de estos elementos. En REVIT se cuentan en general con cuatro tipos de parámetros los cuales ayudan durante en modelamiento.

Tabla 15

Tipos de Parámetros usados en REVIT

Tipo de Parámetro	Descripción	Ejemplos
PROJECT PARAMETERS	Son parámetros específicos para el proyecto en desarrollo, son añadidos a los elementos, no pueden ser compartidos con otros proyectos.	Un parámetro para categorizar vistas en el proyecto.
FAMILY PARAMETERS	Son parámetros que controlan propiedades de las familias, como sus dimensiones y materiales, son específicas para cada familia, son utilizados para controlar las propiedades de las familias.	Un parámetro que defina el diámetro de una columna de concreta circular.
SHARED PARAMETERS	Son parámetros que pueden ser utilizados en múltiples familias o proyectos, tiene la ventaja de poder compartirse.	Un parámetro específico como el tipo de elemento estructural que se asigna a un modelo, que puede ser compartido con otro archivo.
GLOBAL PARAMETERS	Son parámetros específicos en un solo proyecto pero que no se les puede asignar categorías, pueden ser valores simples que deriven de ecuaciones.	Un parámetro para controlar la distancia entre ejes de columnas. Un cambio de este parámetro modificará la distancia automáticamente.

Nota. La tabla muestra los tipos de parámetros utilizados en REVIT: Fuente: Autodesk Revit 2024. La tabla muestra los parámetros que existen dentro de REVIT, clave para el correcto modelamiento BIM.

A) Configuración de PROJECT PARAMETERS en BIM

En el marco de la implementación de Building Information Modeling (BIM) para el análisis estructural, la configuración adecuada de los **PROJECT PARAMETERS** es esencial antes de iniciar cualquier fase de modelado o importación de planos CAD de

referencia. Esta configuración inicial es crucial para garantizar la integridad y utilidad de los datos a lo largo de todas las fases del proyecto.

Estos parámetros deben ser definidos meticulosamente para reflejar las propiedades físicas y funcionales del edificio, incluyendo, pero no limitado a, resistencias de materiales, dimensiones de elementos estructurales, y condiciones de carga. Los parámetros correctamente configurados son fundamentales para simular de manera precisa el comportamiento estructural bajo diversas condiciones operativas y ambientales.

Figura 32

Ubicación de PROJECT PARAMETES en Revit - BIM.



Nota. La figura muestra la ubicación de los parámetros de proyecto dentro de REVIT. Fuente:

Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

En nuestro caso utilizaremos los siguientes parámetros asignados a los elementos estructurales modelados de forma paramétrica para la posterior extracción de datos con los scripts de DYNAMO.

Tabla 16

Parámetros para elementos de concreto simple y armado en REVIT (2024)

Parámetros Elementos Concreto Simple y Armado	Descripción	Ejemplos
Nivel (texto)	Indica el Nivel altimétrico al que pertenece el elemento.	Para las columnas del segundo nivel se asigna: 2do Nivel
Ambiente (texto)	Utilizado para elementos área como losas, para su mejor ubicación.	Para un falso piso se asigna el nombre del ambiente: Sala de Recepción.
Código Elemento (texto)	Es el parámetro más importante, sirve para poder filtrar los elementos de forma específica.	Un elemento STRUCTURAL FLOOR para una losa aligerada de 25cm, se le asigna un Código Elemento: LOSA ALIGERADA.
Ejes (texto)	Ayudan a encontrar la ubicación exacta de elementos modelados.	Una columna de concreto armado, se le asigna Ejes: Eje A & B.
Pabellón (texto)	En caso se tenga un modelo sectorizado en varios bloques como en nuestro caso es necesario separar el modelo en bloques,	Por ejemplo, para todos los elementos modelados en el bloque 01 se le debe de asignar el Pabellón: Bloque 01
Perímetro Encofrado (longitud)	En elementos estructurales como vigas, columnas y muros estructurales es necesario definir el perímetro de encofrado en cada uno.	Para una columna circular el Perímetro encofrado es el diámetro exterior.

Nota. La tabla muestra los parámetros para elementos de contero simple y armado. Fuente: elaboración propia

Importancia de la Precisión de los Parámetros: La precisión en la configuración de los PROJECT PARAMETERS es vital, ya que errores en esta etapa pueden resultar en la generación de modelos con datos faltantes o superfluos. Esto puede afectar adversamente la eficacia del análisis estructural y la fiabilidad de los informes de simulación y documentación técnica producidos posteriormente.

Utilización de Dynamo para la Extracción de Datos: Utilizar Dynamo para automatizar la extracción de datos del modelo BIM ofrece eficiencias significativas. No obstante, la efectividad de este proceso depende intrínsecamente de la exactitud de los PROJECT PARAMETERS establecidos. Dynamo permite la creación de scripts personalizados que facilitan la manipulación de datos y la generación de geometrías complejas, pero estos scripts solo son tan precisos como los datos de los parámetros que los alimentan.

Estrategias para la Gestión Efectiva de PROJECT PARAMETERS

- **Revisión Colaborativa y Multidisciplinaria:** Integrar a todos los stakeholders en el proceso de definición de parámetros asegura una comprensión holística de las necesidades del proyecto. Esto incluye a arquitectos, ingenieros estructurales, y consultores MEP, quienes deben colaborar para alinear los parámetros con las necesidades interdisciplinarias del proyecto.
- **Validación Continua:** Implementar revisiones técnicas periódicas y validaciones de los parámetros mediante simulaciones preliminares y análisis de sensibilidad. Estas prácticas ayudan a identificar y corregir potenciales errores o desviaciones en una fase temprana, optimizando el diseño estructural antes de su implementación.
- **Capacitación y Actualización Continua:** Mantener a todo el equipo de proyecto actualizado con las últimas capacidades del software BIM y las mejores prácticas en la definición de parámetros es clave para la eficacia del proceso de modelado.

La gestión meticulosa de PROJECT PARAMETERS en la fase inicial del modelado BIM no solo optimiza el proceso de diseño y construcción, sino que también maximiza la precisión y la eficiencia en la gestión de proyectos de ingeniería estructural, subrayando la importancia

de una configuración cuidadosa y considerada en la implementación de tecnologías BIM avanzadas.

Entonces, antes de comenzar con el modelamiento y con la importación de planos CAD de referencia es necesario definir de forma adecuada los PROJECT PARAMETERS que se utilizarán, ya que más adelante cuando se extraiga la información con DYNAMO estos serán claves para tener todos los datos necesarios del modelo, si no se definen de forma correcta los PROJECT PARAMETERS se tendrá información faltante o innecesaria.

Tabla 17

Parámetros para acero de refuerzo “STRUCTURAL REBAR” en REVIT

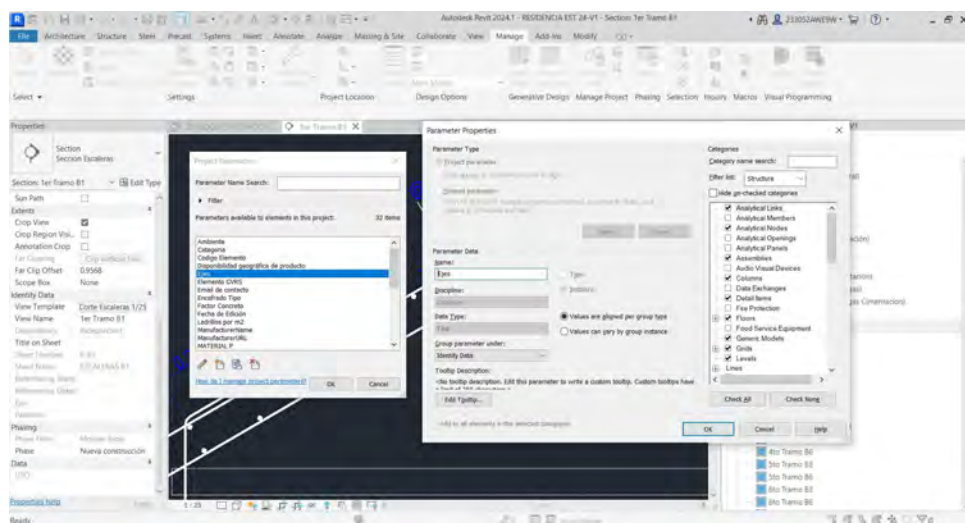
Parámetros Acero de Refuerzo “STRUCTURAL REBAR”	Descripción	Ejemplos
Nivel (texto)	Indica el Nivel altimétrico al que pertenece el elemento.	Para los estribos de una columna se le asigna el nivel al que corresponde: 2do Nivel
Tipo de Acero (texto)	Utilizado asignar el tipo de acero es particular que se utilizara, puede ser acero transversal, longitudinal, estribos, etc.	Para el acero de refuerzo de una viga se asigna en Tipo de Acero: Estribos y longitudinal.
Código Elemento (texto)	Es el parámetro más importante, sirve para poder filtrar los elementos de forma específica.	Se asigna el nombre del elemento al que pertenece el acero de refuerzo por ejemplo el acero de parrillas en zapatas, Código Elemento: ZAPATAS
Ejes (texto)	Ayudan a encontrar la ubicación exacta de elementos modelados.	Para el acero vertical de una columna, se le asigna Ejes: Eje A & B.
Pabellón (texto)	En caso se tenga un modelo sectorizado en varios bloques como en nuestro caso es necesario separar el modelo en bloques,	Por ejemplo, para todo el acero modelado en el bloque 01 se le debe de asignar el Pabellón: Bloque 01

Nota. La tabla muestra los parámetros utilizados para el acero de refuerzo “STRUCTURAL REBAR”. Fuente: elaboración propia.

Es importante cuando se crea un parámetro de proyecto, elegir si este será de tipo o de instancia. Si es de “TYPE” afectara a la familia, si es de “INSTANCE” afectara al elemento modelado es decir que un elemento modelado con la misma familia puede tener un parámetro de instancia diferente, en nuestro caso el más usado es el parámetro de instancia, según Figura 32.

Figura 33

Definición de parámetros de tipo o instancia en Revit - BIM



Nota. La figura la asignación de parámetros de instancia o de tipo. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

B) Familias utilizadas

En el contexto de la implementación de Building Information Modeling (BIM) para estructuras, es esencial contar con una biblioteca de familias parametrizadas adecuadamente

para el modelado eficiente y preciso de los componentes estructurales. A continuación, se detallan los procedimientos adoptados para el modelado de distintos elementos estructurales utilizando familias específicas en Revit:

Procedimientos de Modelado en BIM

- **Modelado de Zapatas:** Utilizamos la familia **STRUCTURAL FOUNDATION: ISOLATED** para modelar zapatas rectangulares. Esta familia permite la parametrización del ancho, largo y peralte de cada zapata, facilitando ajustes precisos acorde a las especificaciones del diseño estructural (ver Figura 33).
- **Modelado de Plateas de Cimentación:** Para las plateas de cimentación, se emplea la familia **STRUCTURAL FOUNDATION: SLAB**. Aunque esta familia no permite parametrización y cada platea requiere modelado individual, su boceto permite adaptar la geometría a las necesidades específicas del proyecto (ver Figura 34).
- **Modelado de Columnas y Muros Estructurales:** Las columnas y muros estructurales se modelan utilizando la familia **STRUCTURAL COLUMN**, que ofrece la capacidad de parametrizar dimensiones, asegurando que estos elementos cumplan con los requisitos de carga y resistencia estructural (ver Figura 35).
- **Modelado de Vigas de Piso y Vigas de Cimentación:** Tanto las vigas de piso como las de cimentación se modelan con la familia **STRUCTURAL FRAMING**. Esta familia permite la parametrización de dimensiones, lo que es crucial para el diseño de sistemas de vigas que soportan diversas cargas estructurales (ver Figura 36).
- **Modelado de Losas Llenas y Aligeradas:** Las losas llenas y aligeradas se modelan utilizando la familia **STRUCTURAL FLOOR**. Aunque esta familia no permite la

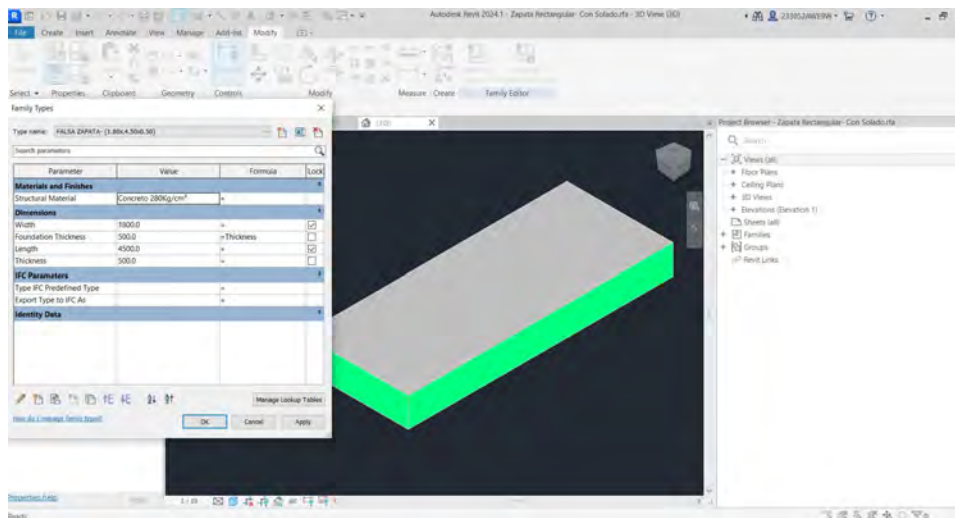
parametrización directa y cada losa requiere un modelado individual, su boceto facilita la adecuación geométrica a las condiciones de diseño (ver Figura 37).

- **Modelado de Sobrecimientos y Muros en General:** Los sobrecimientos y los muros en general se modelan con la familia **STRUCTURAL WALL**. Similar a las losas, cada elemento debe modelarse de forma individual debido a la falta de parametrización directa, utilizando un boceto para ajustar la geometría según las necesidades (ver Figura 38).

El uso de estas familias en Revit no solo optimiza el proceso de modelado, sino que también asegura que los elementos estructurales estén perfectamente alineados con los requerimientos de diseño y análisis estructural. Es fundamental revisar y actualizar regularmente las bibliotecas de familias para reflejar los cambios en las normativas y avances tecnológicos en BIM, garantizando así la precisión y eficiencia en todos los proyectos de construcción.

Figura 34

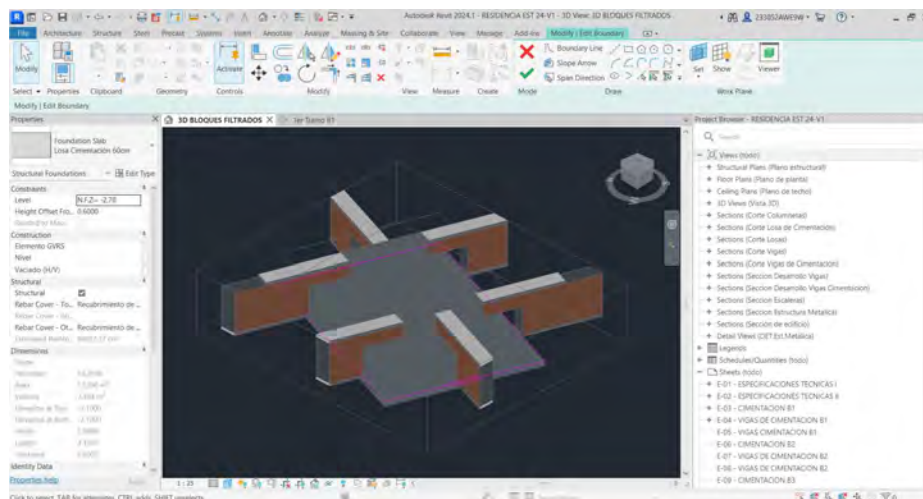
Familia paramétrica para zapata rectangular en Revit - BIM



Nota. La figura muestra una familia paramétrica para zapata rectangular. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

Figura 35

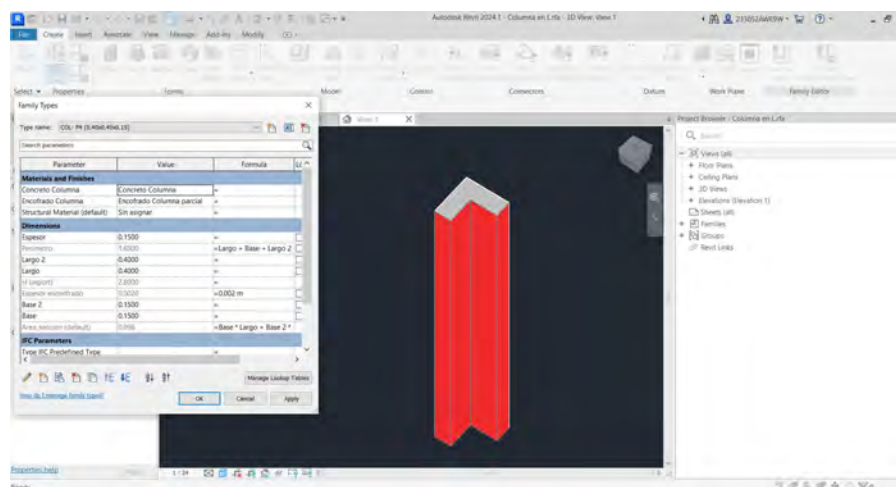
Modelamiento de plateas de cimentación en Revit - BIM



Nota. La figura muestra el modelamiento de plateas de cimentación. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

Figura 36

Familia paramétrica para Muro y columnas Estructural en L en Revit - BIM

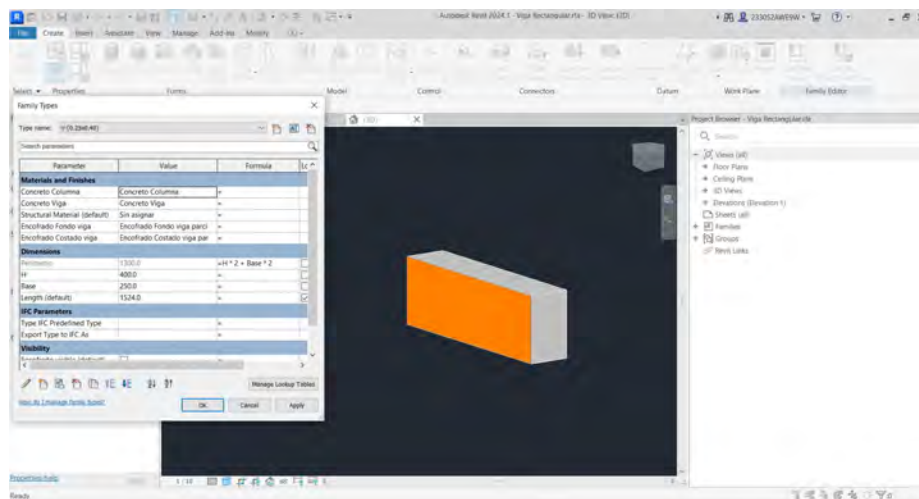


Nota. La figura muestra una familia paramétrica para columnas y muros estructurales en “L”.

Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

Figura 37

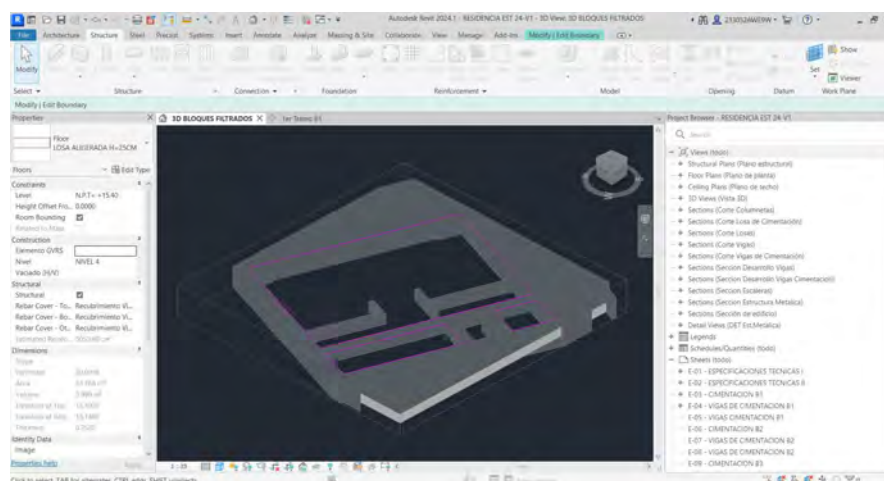
Familia paramétrica para Vigas Estructural en Revit - BIM



Nota. La figura muestra una familia paramétrica para vigas estructurales, Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

Figura 38

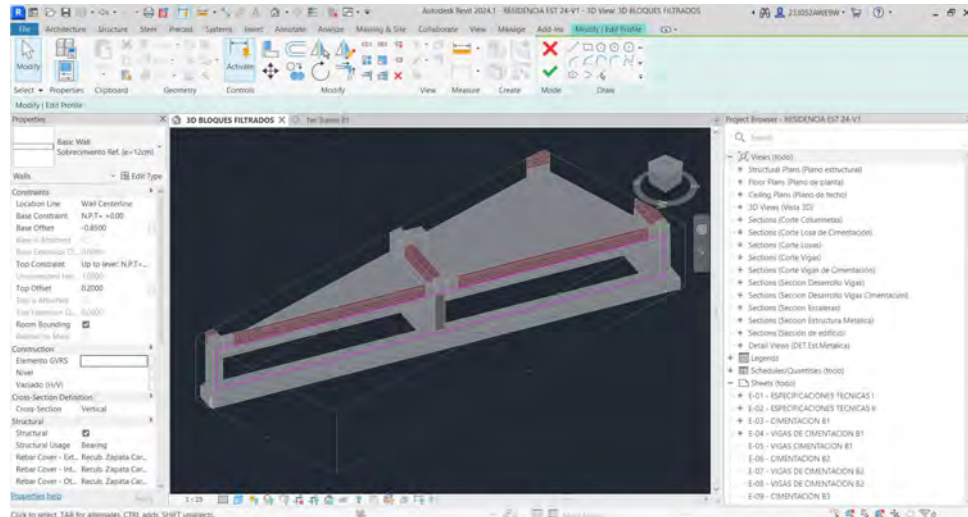
Modelamiento de Losas Aligeradas y Llenas en Revit - BIM



Nota. La figura muestra el modelamiento de losas llenas y aligeradas. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

Figura 39

Modelamiento de Sobrecimientos y Muros en General en Revit - BIM



Nota. La figura muestra el modelamiento de sobrecimientos y muros en general. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

C) Procedimiento de Modelamiento

En el ámbito de la ingeniería estructural aplicada al Building Information Modeling (BIM), el proceso de modelado en Revit requiere una metodología precisa para garantizar la integridad y la exactitud de los modelos estructurales. A continuación, se presenta un procedimiento detallado de modelado BIM para proyectos de construcción, asegurando la coherencia y precisión técnica a lo largo de todo el proceso:

Procedimiento de Modelado Estructural en Revit

- **Configuración de Unidades y Preferencias de Trabajo:** Es crucial definir las unidades y las preferencias de trabajo en Revit desde el inicio. Establecer

correctamente estas preferencias es fundamental ya que, durante la extracción de información con Dynamo, los datos se obtienen de forma numérica y las unidades no se incluyen automáticamente.

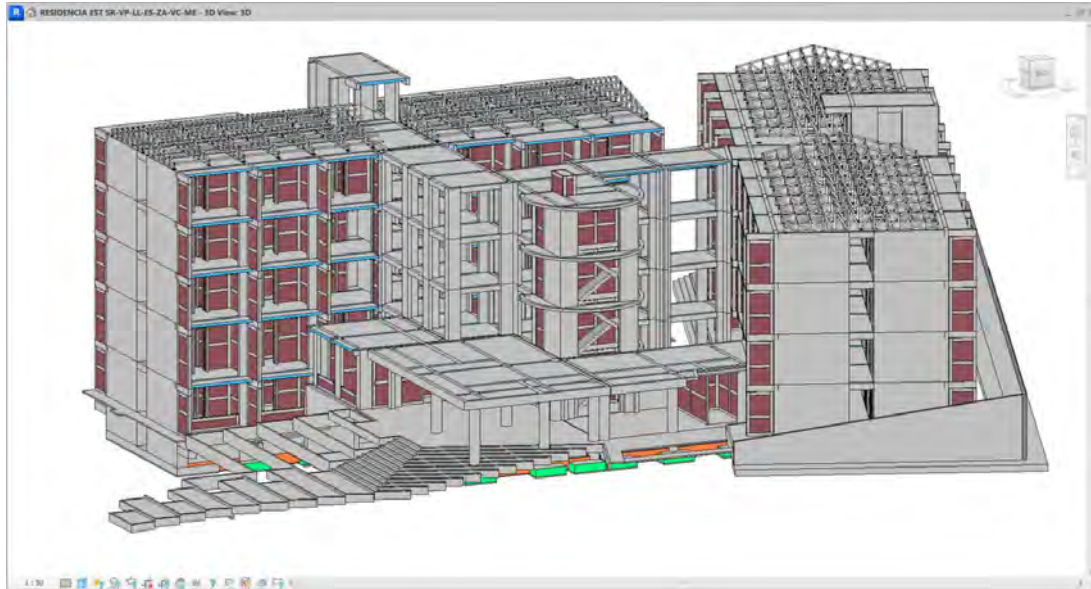
- **Importación de Archivos CAD:** Los archivos CAD que sirven de base para el modelado deben ser optimizados para ser lo menos pesados posible. Esto facilita una integración más eficiente y reduce la carga computacional. Se deben importar todas las plantas del proyecto, asegurando su correcta alineación y escala.
- **Definición de Ejes y Niveles de Trabajo:** Utilizar la información arquitectónica para definir ejes y niveles. Es imprescindible que estos coincidan exactamente con los planos arquitectónicos para evitar discrepancias en las dimensiones y la localización de elementos estructurales.
- **Modelado del Sistema de Fundaciones:** Modelar las zapatas, plateas de cimentación y vigas de cimentación, teniendo en cuenta las variaciones en las cotas de fundación entre diferentes bloques. Es necesario asignar y verificar los parámetros estructurales correspondientes para cada elemento.
- **Modelado de Columnas, Muros y Losas:** Proceder con el modelado de columnas, muros estructurales y losas (tanto aligeradas como llenas) en el primer nivel. En caso de similitudes con otros niveles, utilizar técnicas de replicación ajustando los parámetros específicos para cada nivel, lo cual optimiza el proceso y evita redundancias.

- **Modelado de Escaleras:** Para escaleras con geometrías irregulares, se puede emplear la función MODEL IN PLACE, que permite adaptar el diseño a las necesidades específicas del proyecto.
- **Modelado de Sobrecimientos y Cimientos Corridos:** Continuar con el modelado de sobrecimientos y cimientos corridos en el primer nivel para todos los bloques, asegurando la consistencia en las conexiones estructurales.
- **Modelado de Muros de Albañilería:** Incluir muros de albañilería con columnetas y viguetas en cada uno de los niveles, garantizando la integridad estructural y el cumplimiento de los requerimientos de diseño.
- **Modelado de Acero de Refuerzo:** Modelar detalladamente el acero de refuerzo para los elementos estructurales críticos, como zapatas, plateas de cimentación, vigas de conexión, muros estructurales, columnas, vigas, losas llenas y escaleras, para asegurar el cumplimiento de los estándares de seguridad y diseño.
- **Modelado de Estructuras Metálicas y Obras Exteriores:** Si el proyecto incluye estructuras metálicas o elementos arquitectónicos externos, estos deben ser modelados detalladamente, incorporando todos los detalles necesarios para su correcta fabricación y montaje.

Este procedimiento detallado asegura que el modelado BIM no solo cumpla con las especificaciones técnicas del proyecto, sino que también facilite la coordinación interdisciplinaria y optimice el proceso constructivo.

Figura 40

Modelamiento BIM de Estructuras Global en Revit - BIM



Nota. La figura muestra el modelo estructural BIM 3D global “todos los bloques y obras exteriores”. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

4.3.2. Filtros de Visualización en REVIT

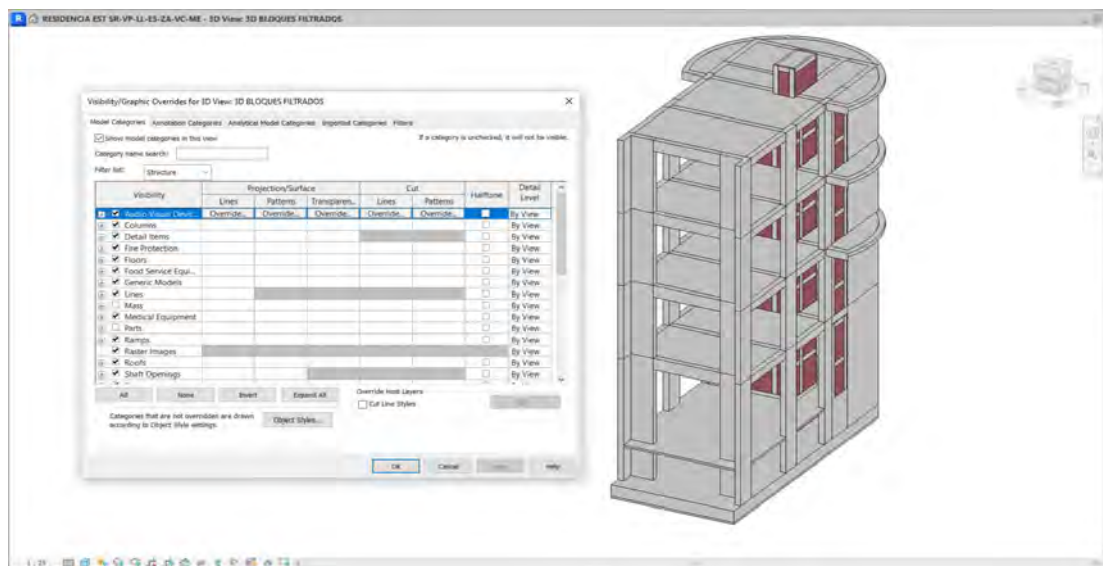
En el contexto de la implementación de Building Information Modeling (BIM) usando Revit, los filtros de visualización representan una herramienta crucial para optimizar la gestión y visualización de los modelos estructurales complejos. Estos filtros permiten personalizar la visualización de elementos específicos, facilitando tanto la revisión como la presentación de diferentes componentes estructurales. A continuación, se describen dos aplicaciones clave de los filtros de visualización en Revit orientadas a la eficiencia estructural:

A) Filtros para Sectorización por Bloques

En el proyecto, se implementó un PROJECT PARAMETER denominado “Pabellón” que facilita la sectorización del modelo por bloques. Este enfoque no solo aligera el modelado, sino que también optimiza el rendimiento al trabajar con el modelo en Revit. Mediante este filtro, se configura para ocultar automáticamente todo el acero de refuerzo (STRUCTURAL REBAR), permitiendo que solo se visualicen los elementos de concreto simple y armado. Esta selección reduce la carga visual y computacional, permitiendo un enfoque más enfocado en los elementos estructurales críticos durante las revisiones de diseño y las simulaciones de integridad estructural.

Figura 41

Filtro de Sectorización por Bloques



Nota. La figura muestra el filtro de visualización por bloques. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

B) Filtros para Visualización de Acero de Refuerzo por Elemento Estructural

Para mejorar la gestión y la identificación de los elementos estructurales específicos dentro del modelo, se creó otro PROJECT PARAMETER llamado “Código Elemento”. Este parámetro permite etiquetar y filtrar los elementos estructurales, como columnas, muros estructurales, vigas, losas llenas y escaleras, asignándoles un código único que facilita su identificación y gestión. Los filtros configurados bajo este parámetro están diseñados para mostrar únicamente el acero de refuerzo correspondiente a cada bloque, aplicando además un esquema de color diferenciado. Esto no solo mejora la visualización, sino que también simplifica la tarea de verificación y ajuste del acero de refuerzo durante el proceso de modelado, asegurando que cada componente cumpla con los requisitos de diseño y normativa aplicable.

Figura 42

Leyenda de colores para filtro de acero de refuerzo

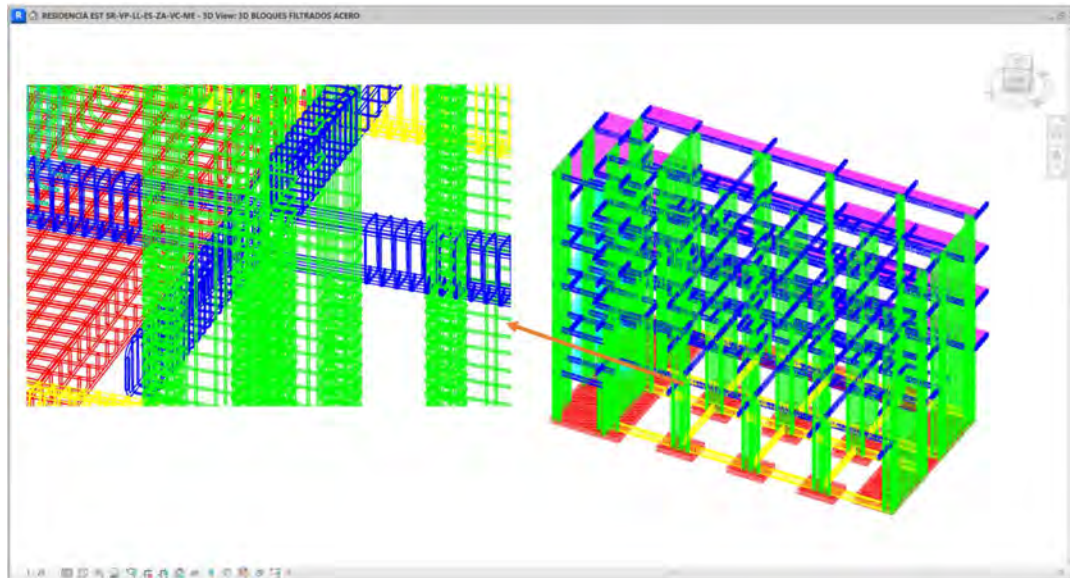
TIPO DE ACERO	COLOR
Acero Vigas de Piso	Azul
Acero Muros Estructurales Y Columnas	Verde
Acero Zapatas y Plateas de Cimentación	Rojo
Acero Vigas de Cimentación	Amarillo
Acero Losas Llenas	Púrpura
Acero Escaleras	Cian

Nota. La figura muestra los colores utilizados para distinguir los tipos de acero utilizados.

Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

Figura 43

Filtro de visualización de acero de refuerzo Bloque 01

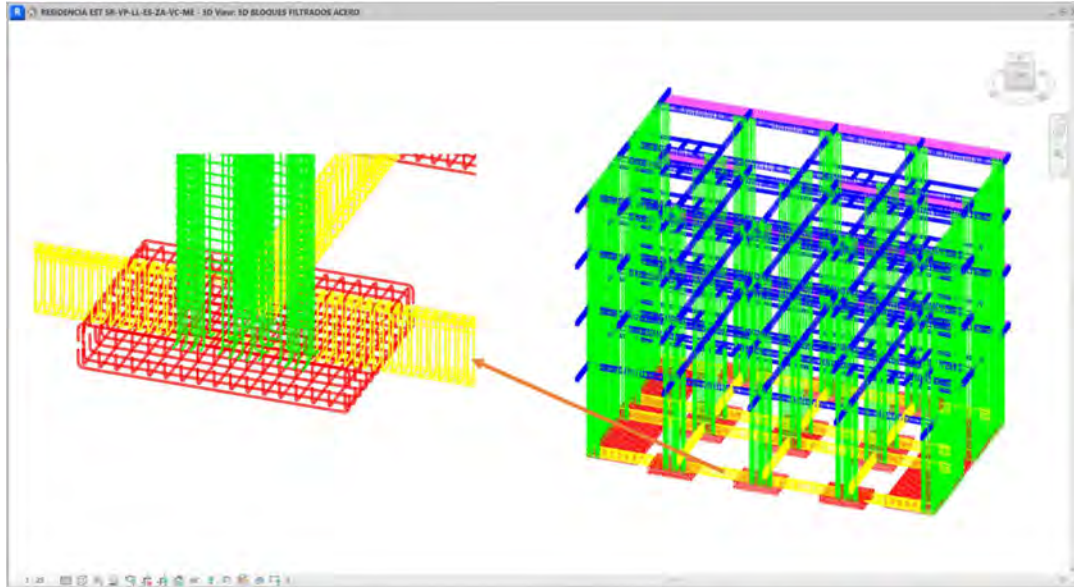


Nota. La figura muestra el modelo estructural BIM 3D con el acero de refuerzo filtrado del Bloque 01. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

Estos filtros de visualización en Revit son fundamentales para manejar eficazmente los complejos modelos estructurales en proyectos de gran envergadura, facilitando una gestión más eficiente y una validación más rápida de los componentes estructurales críticos, lo que resulta en un proceso de diseño y construcción más coordinado y libre de errores.

Figura 44

Filtro de visualización de acero de refuerzo Bloque 02



Nota. La figura muestra el modelo estructural BIM 3D con el acero de refuerzo filtrado del Bloque 02: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

4.3.3. Obtención de Planos de Detalles

Para la obtención de planos de detalles se crearon filtros de visualización que mejoren su comprensión.

Implementación de Plantillas de Vista (VIEW TEMPLATES) para el Detallamiento Estructural

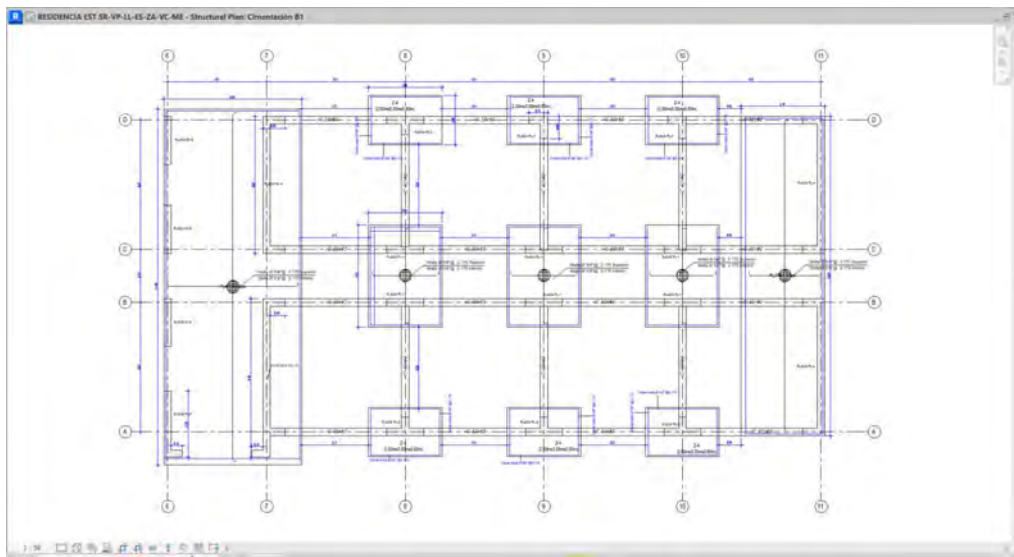
a) VIEW TEMPLATE Cimentación:

Se diseñó específicamente para visualizar detalles de la cimentación, filtrando componentes como zapatas, plateas de cimentación, vigas de cimentación, columnas y muros estructurales. Se enfoca en mostrar el acero de refuerzo de las zapatas y

plateas, destacando las cotas de ubicación del acero, ya sea superior, inferior o en ambos sentidos.

Figura 45

View Template para cimentaciones en Revit



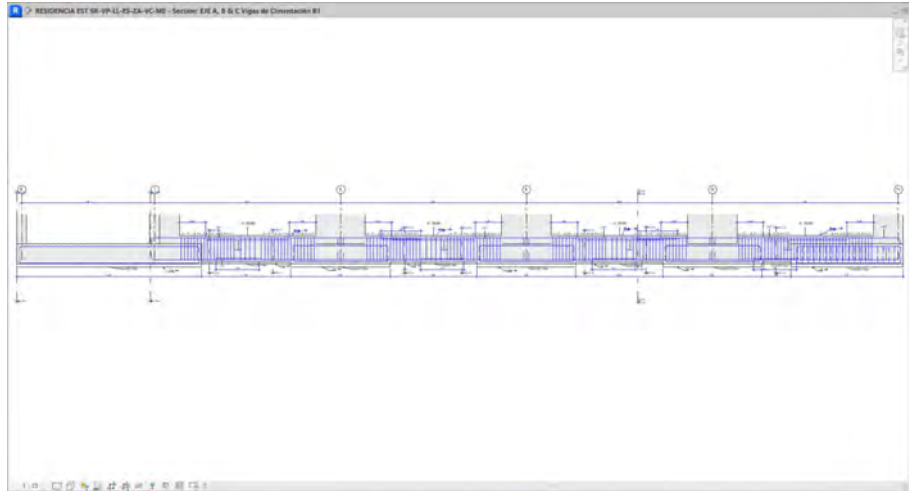
Nota. La figura muestra una plantilla de vista para las cimentaciones. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

b) VIEW TEMPLATE Vigas de Cimentación:

Esta plantilla visualiza detalles específicos de las vigas de cimentación, incluyendo el acero de refuerzo, que se resalta en color azul para mejorar la visibilidad. Incluye cotas detalladas de las longitudes de traslape, diámetros de las varillas y la cantidad de acero de confinamiento transversal.

Figura 46

View Template para desarrollo de vigas de cimentación en Revit



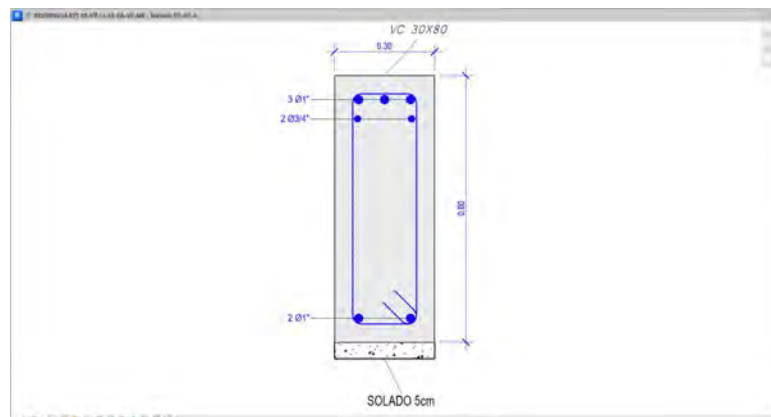
Nota. La figura muestra una plantilla de vista para las vigas de cimentación. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

c) VIEW TEMPLATE Secciones de Vigas de Cimentación:

Muestra la sección transversal de las vigas de cimentación, destacando la disposición del acero longitudinal, el confinamiento y el espesor del solado, con el acero coloreado en azul para facilitar su identificación.

Figura 47

View Template para corte de vigas de cimentación en Revit



Nota. La figura muestra una plantilla de vista para las secciones de vigas de cimentación.

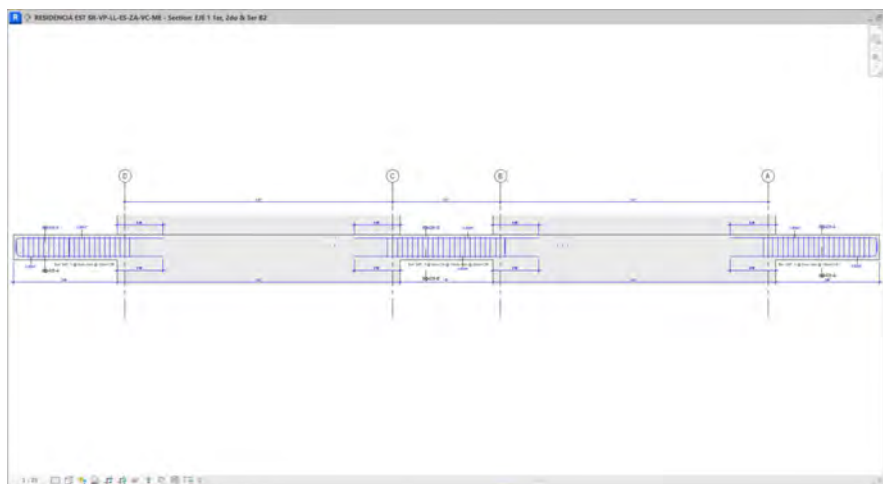
Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

d) VIEW TEMPLATE Vigas de Piso:

Filtra elementos como vigas de piso, columnas y muros estructurales, mostrando el acero de refuerzo de las vigas de piso, también resaltado en azul. Se detallan las longitudes de traslape del acero longitudinal.

Figura 48

View Template para desarrollo de vigas de piso en Revit



Nota. La figura muestra una plantilla de vista para el desarrollo de vigas de piso. Fuente:

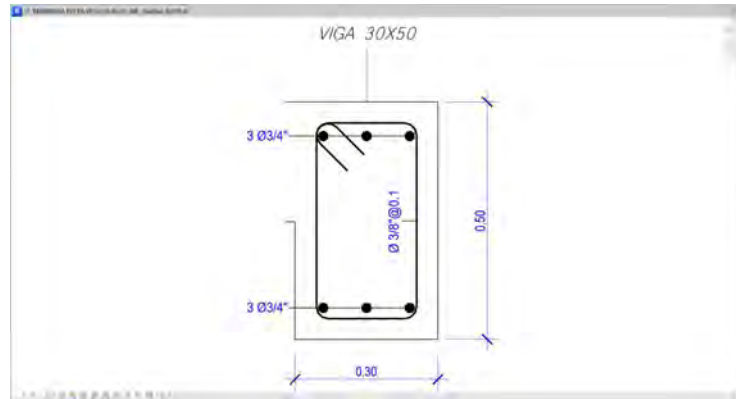
Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

e) VIEW TEMPLATE Secciones de Vigas de Piso:

Presenta la sección transversal de las vigas de piso, enfocándose en la disposición del acero longitudinal y el confinamiento, utilizando un resalte en azul para el acero de refuerzo.

Figura 49

View Template para corte de vigas de piso en Revit



Nota, La figura muestra una plantilla de vista para el corte de secciones de vigas de piso.

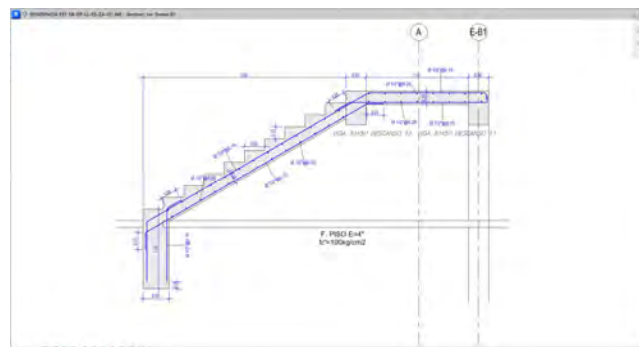
Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

f) VIEW TEMPLATE Escaleras:

Destinado a visualizar la sección transversal de las escaleras, mostrando la disposición del acero longitudinal y transversal, tanto superior como inferior, con el acero coloreado en azul para destacar su disposición y asegurar su correcta visualización.

Figura 50

View Template para escaleras en Revit



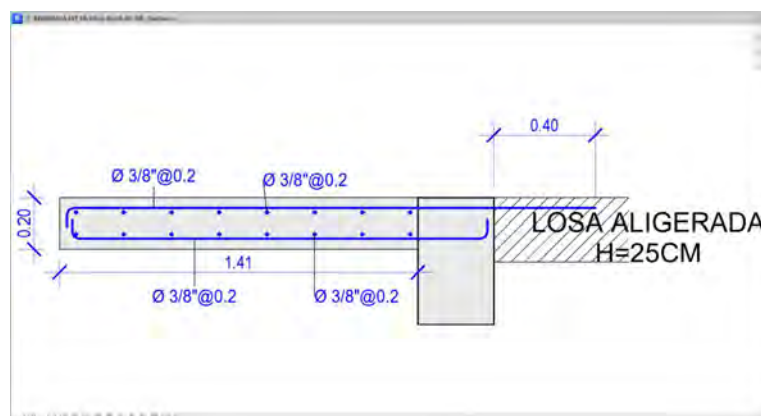
Nota. La figura muestra una plantilla de vista para el detalle de escaleras. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

g) **VIEW TEMPLATE Losas Llenas:**

Diseñado para mostrar la sección transversal de las losas llenas, detallando la disposición del acero longitudinal y transversal, tanto superior como inferior, con el acero refuerzo destacado en azul para una identificación clara.

Figura 51

View Template para losas llenas en Revit



Nota, La figura muestra una plantilla de vista para losa llena. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

Cada uno de estos VIEW TEMPLATES es fundamental para asegurar una comunicación clara y precisa del diseño estructural en el contexto de BIM, facilitando no solo el proceso de revisión y validación de los detalles estructurales, sino también optimizando la implementación y ejecución en el sitio de construcción.

4.3.4. Creación de Scripts en Dynamo

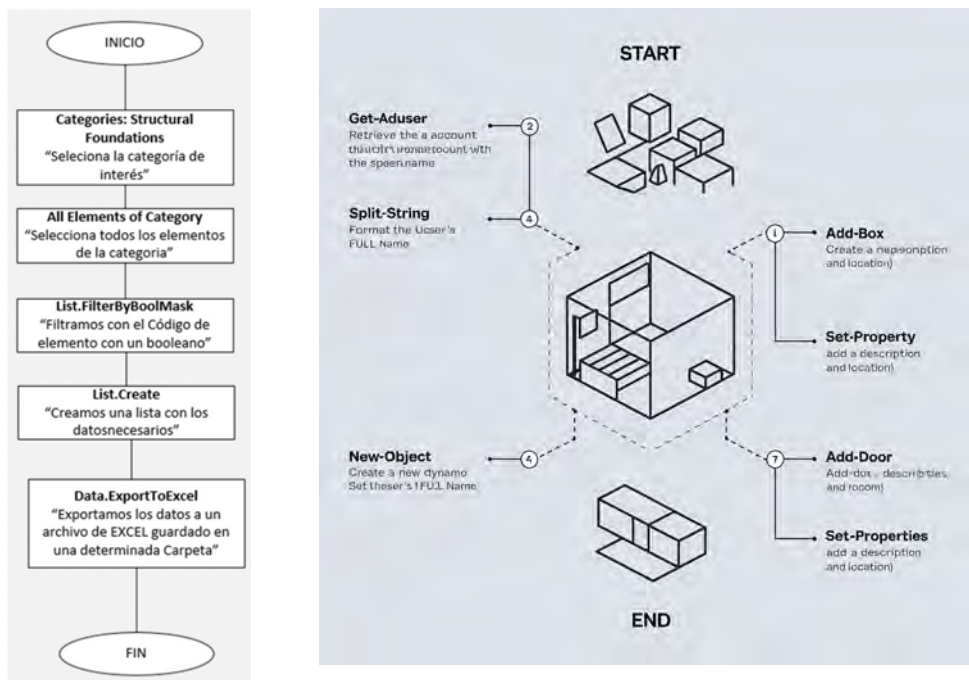
Los scripts en Dynamo facilitarán la manipulación y gestión de datos en Revit, permitiendo extracciones en tiempo real y operaciones de datos que posteriormente se exportan para su análisis y uso, como en hojas de cálculo Excel, mejorando así la precisión y eficiencia en la documentación y ejecución del proyecto.

Proceso de Creación y Aplicación de Scripts en Dynamo

Flujo de Trabajo General en Dynamo: Se establece un flujo de trabajo en Dynamo, representado en un diagrama de flujo (Flowchart), que guía la creación de scripts para la automatización de tareas en Revit, desde la extracción de datos hasta su aplicación práctica en el modelado de elementos estructurales y la exportación de la información necesaria.

Figura 52

Flowchart General para Scripts en Dynamo



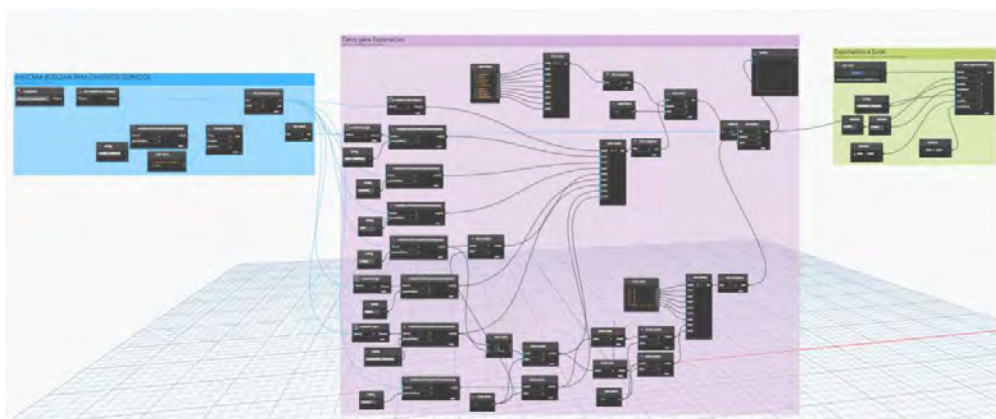
Nota. La figura muestra un flowchat del funcionamiento de un script de Dynamo. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

Aplicaciones Prácticas de los Scripts en Dynamo:

- a) **Cimientos Corridos:** Los scripts diseñados para cimientos corridos permiten calcular automáticamente el volumen de concreto (m^3) y el área de encofrado (m^2), optimizando la precisión en la cuantificación y reduciendo errores en el cálculo manual. La figura 53 muestra un script en Dynamo para la extracción de concreto y encofrado de cimientos corridos en Revit.

Figura 53

Script para cimientos corridos

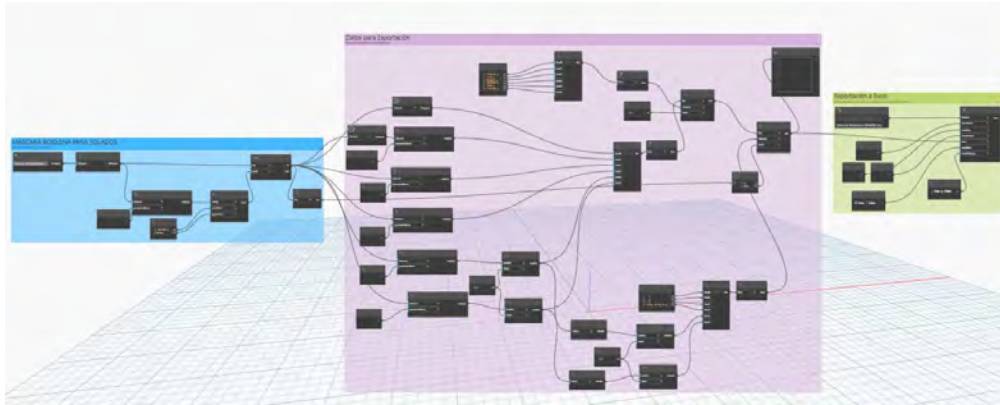


Nota. La figura muestra un script de Dynamo para la obtención de concreto en cimientos corridos. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

- b) **Solados:** Para los solados, se utilizan scripts que determinan el área y el espesor necesarios, proporcionando una medición precisa que puede variar en m^2 o m^3 según el proyecto. La figura 54, muestra un script en Dynamo para la extracción de concreto para solados en Revit.

Figura 54

Script para solado

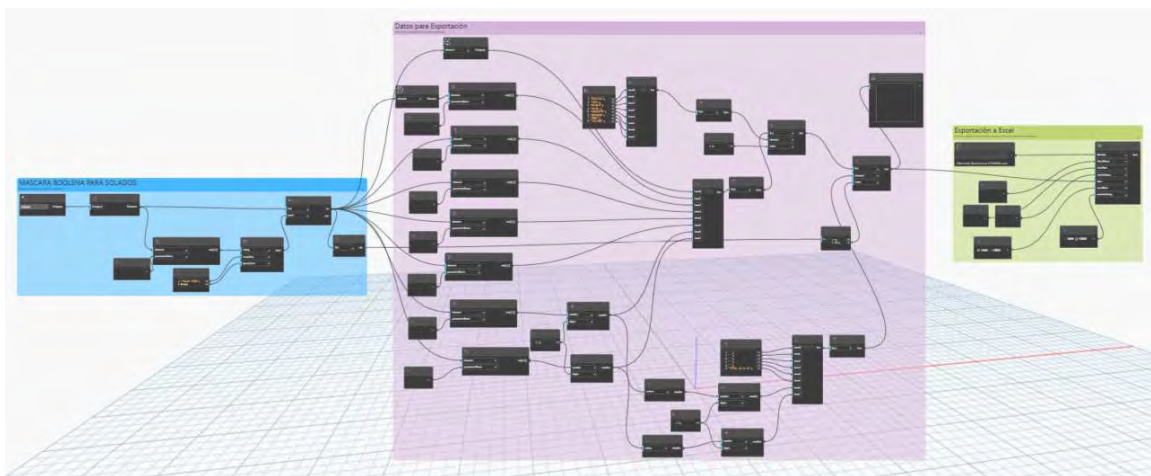


Nota. La figura muestra un script en Dynamo para la obtención de concreto por área en solados. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

- c) **Falso Piso:** Los scripts para falso piso automatizan la cuantificación del área (m^2), facilitando la gestión y planificación de los materiales necesarios sobre terrenos compactados. La figura 55, muestra un script en Dynamo para la extracción de concreto para falso piso en Revit.

Figura 55

Script para falso piso

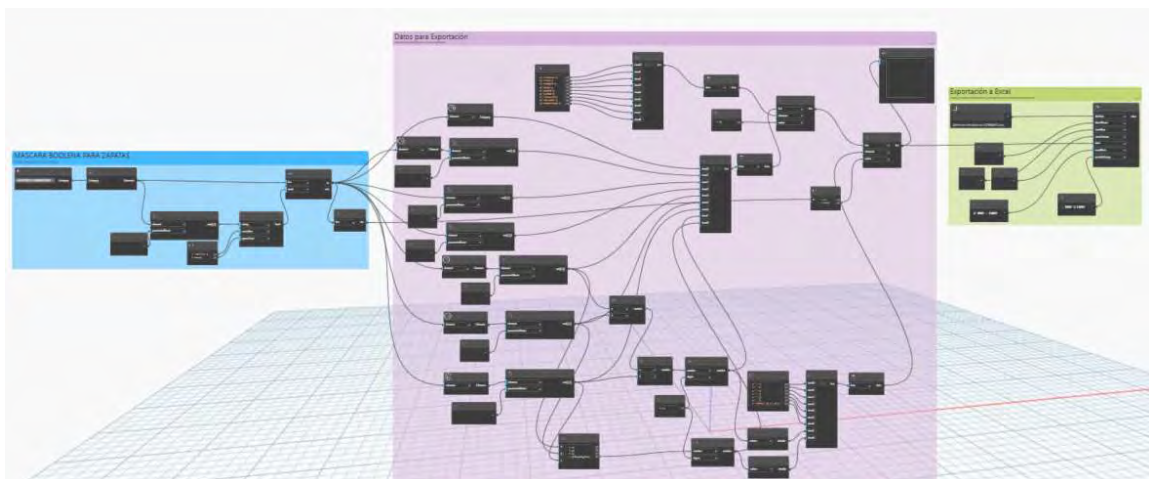


Nota. La figura muestra un script de Dynamo para concreto de falso piso. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

- d) **Zapatas:** Los scripts parametrizan zapatas rectangulares usando la familia "Structural Foundation: Isolated" en Revit, permitiendo ajustes específicos de ancho, base y altura y calculando el concreto y encofrados necesarios. La figura 56, muestra un script en Dynamo para la extracción de volumen de concreto y encofrado de zapatas en Revit.

Figura 56

Script para Zapatas

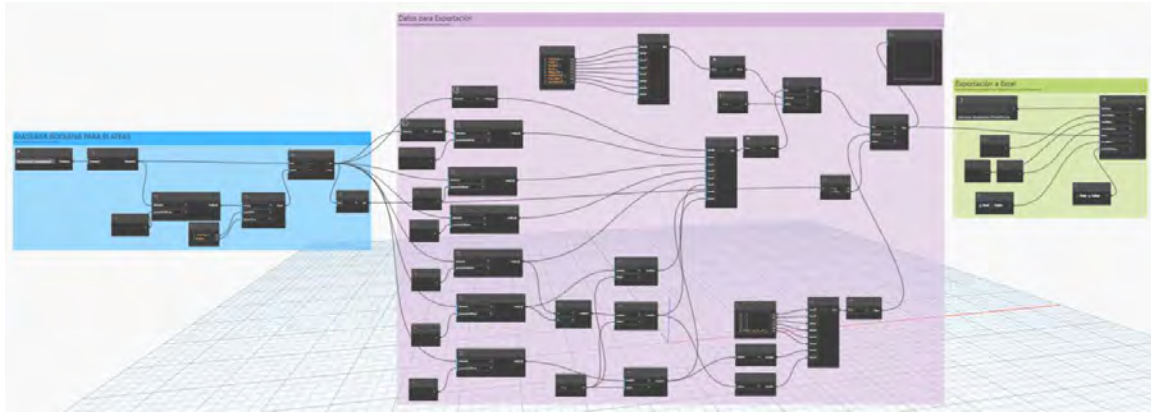


Nota. La figura muestra un script en Dynamo para obtener el concreto y encofrado de zapatas. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

- e) **Plateas de Cimentación:** Similar a las zapatas, las plateas de cimentación se modelan con precisión, utilizando scripts que permiten una definición detallada de las geometrías y los requerimientos de material. La figura 57, muestra un script en Dynamo para la extracción de volumen de concreto y encofrado de plateas de cimentación en Revit.

Figura 57

Script para plateas de cimentación

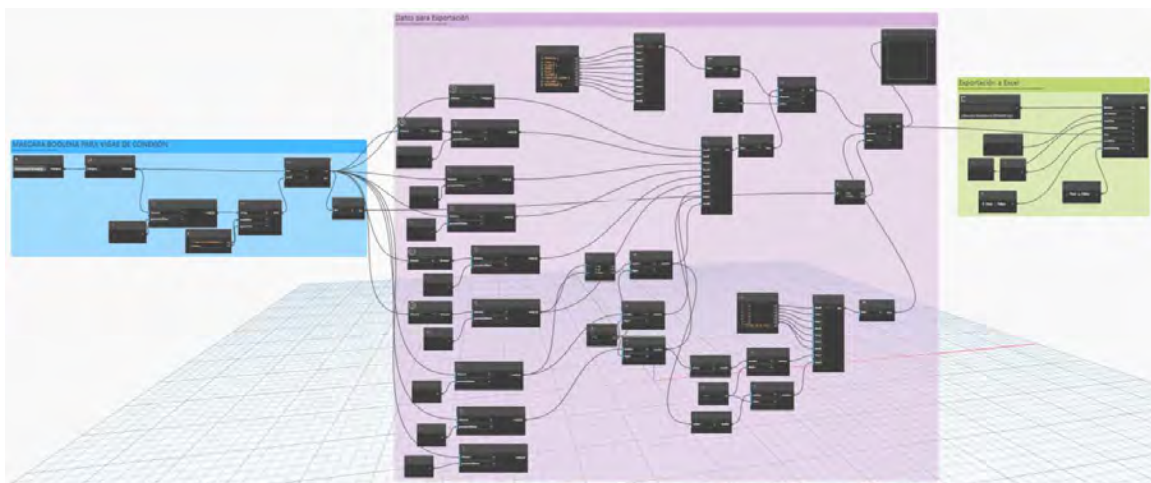


Nota. La figura muestra un script de Dynamo para obtener el concreto y encofrado en plateas de cimentación. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

- f) **Vigas de Cimentación y de Piso:** Se generan scripts específicos para modelar vigas de cimentación y de piso, extrayendo dimensiones críticas y cuantificando los materiales requeridos para su construcción.

Figura 58

Script para vigas de cimentación

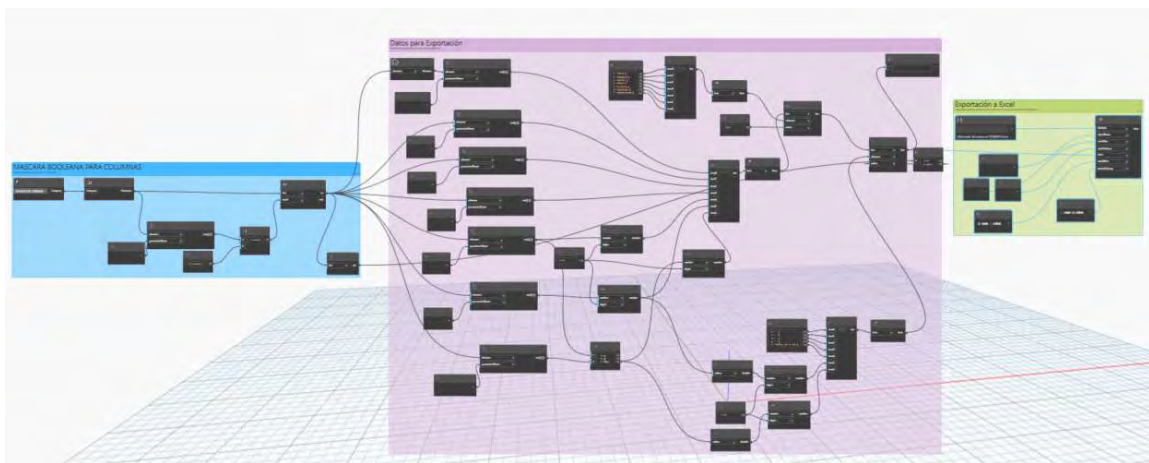


Nota. La figura muestra un script de Dynamo para la obtención de concreto y encofrado de vigas de cimentación. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

g) **Muros Estructurales y Sobrecimientos Reforzados:** Los scripts para muros estructurales y sobrecimientos reforzados proporcionan una medición exacta del concreto y del encofrado, utilizando familias específicas en Revit para garantizar la precisión en el modelado. La figura 58, muestra un script en Dynamo para la extracción de volumen de concreto y encofrado de sobrecimientos reforzados en Revit.

Figura 59

Script para sobrecimiento reforzado



Nota. La figura muestra un script en Dynamo para la obtención de concreto y encofrado de cimientos reforzados. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

- h) **Losas Llenas y Aligeradas:** Para las losas, se desarrollan scripts que facilitan la visualización y cuantificación de los componentes estructurales, mejorando la gestión del proceso de diseño y construcción.
- i) **Columnas y Vigas de Piso:** Los scripts también se aplican en el modelado de columnas y vigas de piso, donde se define claramente cada elemento estructural y se optimiza la utilización de recursos.
- j) **Acero de Refuerzo:** Finalmente, los scripts de Dynamo permiten una extracción precisa y eficiente de las cantidades de acero de refuerzo necesarias, parametrizando cada detalle para cumplir con los estándares de construcción y normativas vigentes.

Cada script está meticulosamente diseñado para interactuar con la infraestructura de datos de Revit, asegurando que toda la información extraída y manipulada sea exacta y esté alineada con las necesidades específicas del proyecto, lo que refleja un nivel avanzado de integración entre Dynamo y las prácticas de modelado BIM.

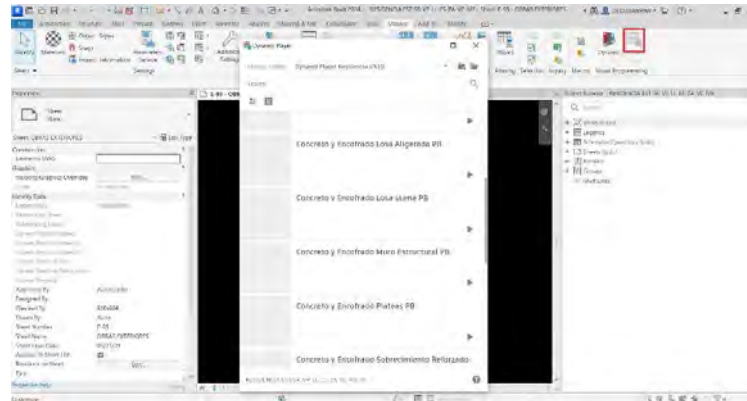
4.3.5. Visualización 5D Power BI

Dynamo Player:

Una vez definidos los scripts de Dynamo, se procede con su ejecución, para mejorar esta operación los scripts son cargados dentro de Dynamo Player, donde las rutinas son almacenadas y pueden ejecutarse de forma inmediata sin necesidad de abrir Dynamo, esto ayudara bastante ya que los usuarios pueden ejecutar los scripts sin necesidad de conocer su funcionamiento, especialmente útil para los usuarios que no estén familiarizados con la programación textual o visual.

Figura 60

Ubicación de Dynamo Player en Revit



Nota. La figura muestra la ubicación de Dynamo Player en Revit. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

- 1) Inputs para Dynamo Player: Como se mencionó líneas arriba, cuando se trabaja con DYNAMO Player no es necesario abrir DYNAMO directamente, las rutinas requerirán inputs específicos de acuerdo a la rutina que pertenezcan, por ejemplo, si la rutina es para acero de refuerzo estructural esta nos pedirá el tipo de acero que queremos extraer y el costo por kg del mismo.

Figura 61

Inputs para Dynamo Player

A screenshot of the 'Dynamo Player' window. The title bar says 'Dynamo Player'. The main content area is titled 'Metrados Acero PB'. Below the title, there is an 'Inputs' section with three input fields: 'Código de Elemento' with the value 'ACERO VIGAS', 'Nombre de Hoja' with the value 'Acero Vigas', and 'PU Acero de Refuerzo' with the value '6.34'. At the bottom, there is an 'Outputs' section which is currently empty.

Nota. La figura muestra los inputs necesarios por Dynamo Player para ejecutar un script, en este caso para acero de refuerzo. Fuente: Elaboración propia (Autodesk Revit 2024)

- 2) Outputs de Dynamo Player: Una vez ejecutados los scripts mediante Dynamo Player, gracias al nodo “Data.ExportToExcel” los datos del modelo con guardados en un archivo de EXCEL, en una dirección definida por la preferencia del usuario, estos datos serán el nexo entre Power BI y Dynamo.

Figura 62

Archivo de Excel que une Dynamo con Power BI

TIPO	ELEMENTO	BLOQUE	NIVEL	UBICACIÓN	DIAMETRO (m)	LONGITUD (m)	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL (m)	PESO (KG)	COSTO (SOLES)
1/2"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Transversal ME	NIVEL 1	EJE B & R	0.5	1.59	22	34.92	34.57	219.17
1/2"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Transversal ME	BLOQUE 1	NIVEL 1	EJE B & R	0.5	1.59	22	34.92	34.57
3/8"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Confinamiento EB	BLOQUE 1	NIVEL 1	EJE B & R	0.37	1.04	57	59.55	33.35
5/8"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Vertical EB	BLOQUE 1	NIVEL 1	EJE B & R	0.63	7.92	3	23.76	36.83
3/8"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Confinamiento EB	BLOQUE 1	NIVEL 1	EJE B & R	0.37	1.04	57	59.55	33.35
5/8"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Vertical EB	BLOQUE 1	NIVEL 1	EJE B & R	0.63	8.96	3	26.88	41.66
5/8"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Vertical EB	BLOQUE 1	NIVEL 1	EJE B & R	0.63	7.92	3	23.76	36.83
5/8"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Vertical EB	BLOQUE 1	NIVEL 1	EJE B & R	0.63	8.96	3	26.88	41.66
5/8"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Vertical EB	BLOQUE 1	NIVEL 1	EJE B & R	0.63	7.92	2	15.84	24.55
5/8"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Vertical EB	BLOQUE 1	NIVEL 1	EJE B & R	0.63	8.96	2	17.92	27.78
1/2"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Vertical ME	BLOQUE 1	NIVEL 1	EJE B & R	0.5	7.89	4	31.54	31.22
1/2"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Vertical ME	BLOQUE 1	NIVEL 1	EJE B & R	0.5	7.89	4	31.54	31.22
3/8"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Vertical ME	BLOQUE 1	NIVEL 1	EJE B & R	0.37	8.84	4	35.35	19.8
3/8"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Vertical ME	BLOQUE 1	NIVEL 1	EJE B & R	0.37	8.84	4	35.35	19.8
1/2"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Vertical ME	BLOQUE 1	NIVEL 1	EJE B & R	0.5	8.94	2	17.87	17.69
1/2"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Vertical ME	BLOQUE 1	NIVEL 1	EJE B & R	0.5	8.92	2	17.85	17.67
1/2"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Vertical ME	BLOQUE 1	NIVEL 1	EJE B & R	0.5	8.94	2	17.87	17.69
1/2"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Vertical ME	BLOQUE 1	NIVEL 1	EJE B & R	0.5	8.92	2	17.85	17.67
3/8"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Grapas Transversales	BLOQUE 1	NIVEL 3	EJE B & R	0.37	0.37	14	5.18	2.9
1/2"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Transversal ME	BLOQUE 1	NIVEL 2	EJE B & R	0.5	1.59	14	22.22	22
1/2"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Transversal ME	BLOQUE 1	NIVEL 2	EJE B & R	0.5	1.59	14	22.22	22
1/2"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Transversal ME	BLOQUE 1	NIVEL 3	EJE B & R	0.5	1.59	14	22.22	22
1/2"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Transversal ME	BLOQUE 1	NIVEL 3	EJE B & R	0.5	1.59	14	22.22	22
1/2"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Transversal ME	BLOQUE 1	NIVEL 3	EJE B & R	0.5	1.59	14	22.22	22
3/8"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Grapas Transversales	BLOQUE 1	NIVEL 3	EJE B & R	0.37	0.37	14	5.18	2.9
3/8"	Acero Fy=4200kgf/cm2	Grapas Transversales	BLOQUE 1	NIVEL 3	EJE B & R	0.37	0.37	14	5.18	2.9

Nota. La figura muestra el archivo de Excel en el que los datos del modelo serán almacenados. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel 2024)

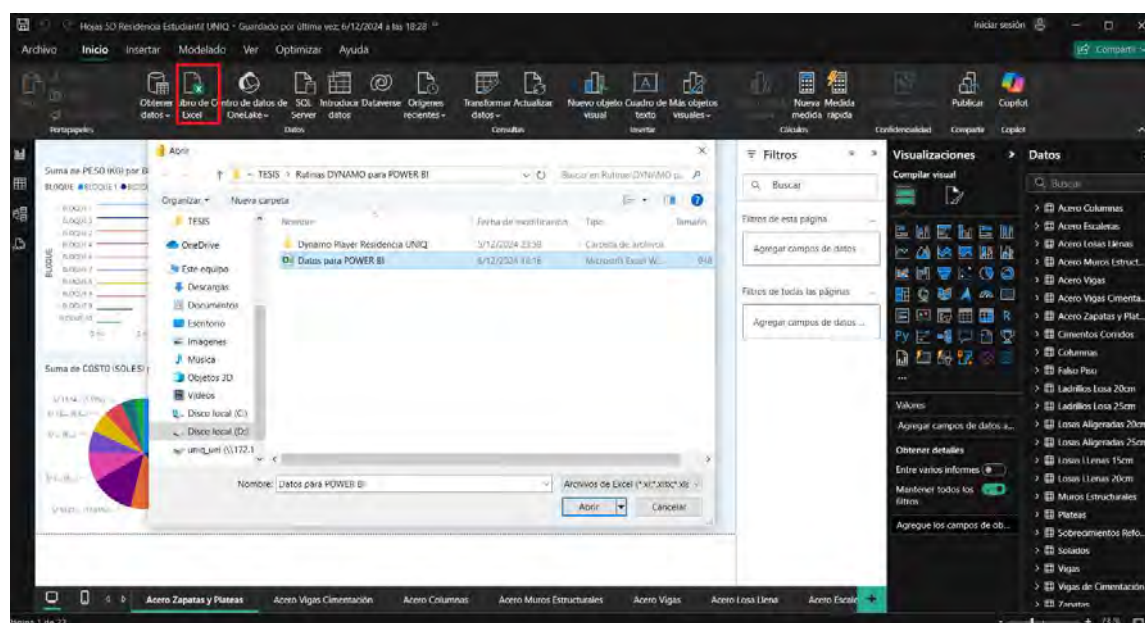
Power BI y Dynamo:

Power BI tiene la gran capacidad de trabajar con un número elevado de datos con relativa facilidad, Power BI necesita un origen de datos, estos pueden ser SQL Server, libros de Excel,

etc. En nuestro caso como la salida de nuestros scripts están en Excel, resulta mucho más conveniente.

Figura 63

Vincular los datos en Excel con Power BI

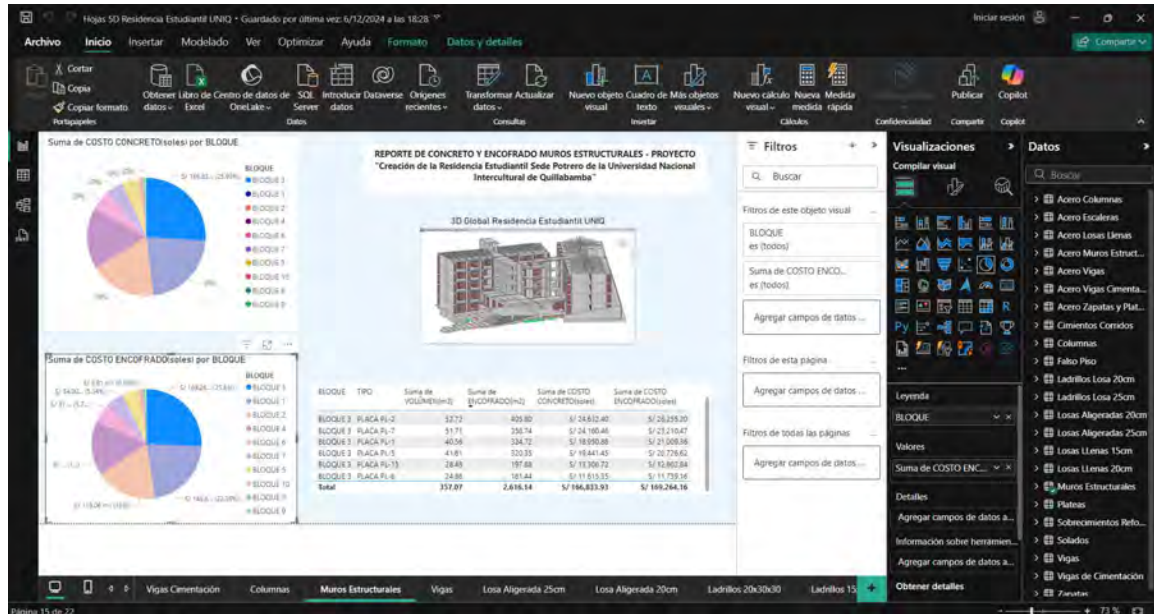


Nota. La figura muestra como abrir en Power BI el archivo generado en Excel con los scripts de Dynamo. Fuente: Elaboración propia (Power BI Desktop 2024)

Cuando los datos son cargados en Power BI tenemos la libertad de hacer las representaciones graficas que se vean por convenientes, para nuestro caso usaremos graficas circulares donde se aprecien el porcentaje y costo que representa cada bloque dentro del total en una determinada partida como columnas, vigas, losas llenas, etc. También nuestras hojas contarán con cuadros de recuento del total del metrado por bloques, estos gráficos son interactivos y fáciles de entender por cualquier usuario.

Figura 64

Graficas interactivas en Power BI



Nota. La figura muestra la visualización interactiva de los datos de proyecto en tiempo real, e parecía por ejemplo es costo del concreto en muros estructurales en un determinado bloque, así como su porcentaje del global de esta partida. Fuente: Elaboración propia (Power BI Desktop 2024)

4.4. Análisis de los resultados

En el contexto de la investigación se ha realizado un exhaustivo análisis comparativo entre los métodos tradicionales de metrado y los avanzados métodos que emplean la programación visual en BIM, específicamente a través del uso de Dynamo para la automatización de tareas en Revit. Este estudio busca determinar la precisión, eficiencia y las potenciales economías que la adopción de programación visual en BIM puede ofrecer sobre las prácticas convencionales en el sector de la construcción.

A lo largo de este análisis, se evalúan diversas partidas estructurales dentro de un proyecto de construcción, comparando las cuantificaciones realizadas mediante métodos tradicionales y aquellas obtenidas a través de Dynamo. El objetivo principal es identificar discrepancias significativas en el metrado y valorar cómo estas diferencias pueden impactar en la gestión de costos y recursos del proyecto. Al evaluar los metrados de concreto, acero, y otros materiales estructurales, este estudio proporciona una visión detallada sobre la efectividad de la programación visual en BIM y su influencia en la precisión y la optimización de los procesos de construcción.

La tabla 15, muestra las partidas desarrolladas en la investigación, asimismo, se detalla los metrados y comparaciones entre las metodologías tradicional y programación visual (usando Dynamo) para diversas partidas estructurales en un proyecto de construcción gestionado por la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba. A continuación, se realiza un análisis detallado de cada partida mostrando diferencias clave y posibles implicaciones:

Análisis por Partida

- *Cimientos Corridos: Metrado Tradicional vs. Metrado Dynamo:* Hay una disminución del (20,68%) en el metrado Dynamo, lo cual podría reflejar una mayor precisión y menor desperdicio de recursos con programación visual en BIM.
- *Solado: Metrado Tradicional vs. Metrado Dynamo:* Dynamo presenta un metrado ligeramente menor (95,87%), indicando una posible eficiencia en la identificación de necesidades reales.

- *Falso Piso: Metrado Tradicional vs. Metrado Dynamo:* Muy poca diferencia en los metrados, lo que sugiere una similar precisión en la cuantificación entre ambas metodologías.
- *Zapatas: Metrado Tradicional vs. Metrado Dynamo:* Dynamo muestra un ligero incremento en metrado (101,14%), lo que podría reflejar una mejor captura de las necesidades estructurales específicas.
- *Vigas de Cimentación: Metrado Tradicional vs. Metrado Dynamo:* El metrado es consistentemente superior con Dynamo, lo que indica que puede estar capturando aspectos que el método tradicional omite.
- *Sobrecimientos Reforzados: Metrado Tradicional vs. Metrado Dynamo:* Una disminución considerable (89,18%) con Dynamo, lo que podría indicar una sobreestimación del metrado tradicional.
- *Muros Estructurales: Metrado Tradicional vs. Metrado Dynamo:* Ligeramente superior con Dynamo (103,88%), sugiriendo una detección más exhaustiva de elementos necesarios.
- *Losas Aligeradas y Losas Macizas: Metrado Tradicional vs. Metrado Dynamo:* Ambos métodos muestran cifras muy similares, indicando que ambos son efectivos para este tipo de elementos estructurales.
- *Escaleras: Metrado Tradicional vs. Metrado Dynamo:* El metrado con Dynamo es ligeramente inferior (94,77%), lo que podría implicar una optimización en el uso de materiales.

La programación visual en BIM, específicamente utilizando Dynamo, parece ofrecer una aproximación más precisa y eficiente en varios casos, como en cimientos corridos y vigas de cimentación, donde la disminución o incremento del metrado sugiere un mejor ajuste a las necesidades reales del proyecto. Sin embargo, en partidas como losas y escaleras, los resultados son mixtos, mostrando tanto mejoras como reducciones en eficiencia. Esto podría indicar áreas donde la implementación de programación visual en BIM todavía puede ser optimizada o adaptada para diferentes tipos de estructuras dentro del proyecto.

Este análisis no solo destaca la utilidad de la programación visual en BIM para mejorar la precisión y la eficiencia en la planificación y ejecución de proyectos de diseño, sino también su potencial para reducir el desperdicio de recursos y ajustar los costos más efectivamente en comparación con los métodos tradicionales.

Tabla 18*Análisis de metrados y costos convencionales y con Dynamo*

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO TRADICIONAL	METRADO DYNAMO	RATIO	APU (S/)	Costo Expediente Técnico (S/)	Costo Dynamo (BIM) (S/)
02.02.01.01	CIMIENTOS CORRIDOS C - H 1:10 + 30% PG ø 6" máx.	m ³	106,77	84.69	126%	260,95	27 861,16	22 099,86
02.02.02.01	SOLADO C - H 1:12	m ²	1 107,94	1 062,18	104%	46,89	51 951,29	49 805,62
02.02.04.01	FALSO PISO - CONCRETO f'c=140kgf/cm ²	m ²	1 369,66	1 354,03	101%	47,62	65 223,21	64 478,91
02.03.01.01	ZAPATAS - CONCRETO f'c=280kgf/cm ²	m ³	593,96	600,71	99%	470,04	279 183,91	282 357,73
02.03.01.02	ZAPATAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m ²	552,65	557,26	99%	51,29	28 345,32	28 581,87
02.03.01.03	ZAPATAS - ACERO f'y=4200kgf/cm ²	kgf	38 484,87	37 225,61	103%	6,34	243 994,06	236 010,37
02.03.02.01	VIGAS DE CIMENTACION - CONCRETO f'c=280kgf/cm ²	m ³	59,80	72,99	82%	496,54	29 691,11	36 242,45
02.03.02.02	VIGAS DE CIMENTACION - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m ²	387,92	362,16	107%	60,74	23 562,26	21 997,60
02.03.02.03	VIGAS DE CIMENTACION - ACERO f'y=4200kgf/cm ²	kgf	19 223,10	17 405,58	110%	6,34	121 874,47	110 351,38
02.03.03.01	SOBRECIMENTOS REFORZADOS - CONCRETO f'c=210kgf/cm ²	m ³	196,90	176,84	111%	431,39	84 939,15	76 287,01
02.03.03.02	SOBRECIMENTOS REFORZADOS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m ²	2 155,45	2 008,43	107%	60,74	130 921,73	121 992,04
02.03.04.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=280kgf/cm ² - MUROS ESTRUCTURALES	m ³	1 324,64	1 376,01	96%	467,23	618 911,73	642 913,15
02.03.04.02	MUROS ESTRUCTURALES - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m ²	9 964,33	10 221,63	97%	64,47	642 400,36	658 988,49
02.03.04.03	MUROS ESTRUCTURALES - ACERO f'y=4200kgf/cm ²	kgf	112 771,54	111 222,74	101%	6,34	714 971,56	705 152,17
02.03.05.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=280kgf/cm ² - COLUMNAS	m ³	34,34	34,40	100%	492,86	16 922,35	16 954,38
02.03.05.02	COLUMNAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m ²	206,41	206,41	100%	73,79	15 231,03	15 230,99
02.03.06.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=280kgf/cm ² - VIGAS	m ³	449,03	453,25	99%	423,26	190 056,31	191 842,60
02.03.06.05	VIGAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m ²	2 873,69	2 773,85	104%	83,78	240 757,50	232 393,15
02.03.06.06	VIGAS - ACERO f'y=4200kgf/cm ²	kgf	88 551,82	86 221,50	103%	6,34	561 418,51	546 644,31
02.03.07.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=280kgf/cm ² - LOSA ALIGERADA	m ³	402,99	382,89	105%	407,39	164 172,26	155 985,56
02.03.07.02	LOSAS ALIGERADAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m ²	4 046,23	4 068,19	99%	52,83	213 762,12	214 922,48
02.03.07.03	LOSA ALIGERADAS - LADR. HUECO 20X30X30	und	30 192, 22	30 378,02	99%	38,58	1 164 815,78	1 171 984,01
02.03.07.04	LOSA ALIGERADAS - LADR. HUECO 15X30X30	und	3 512,84	3 512,76	100%	30,08	105 666,36	105 663,82
02.03.08.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=280kgf/cm ² - LOSAS MACIZAS	m ³	218,69	230,11	95%	415,93	90 960,15	95 709,65
02.03.08.05	LOSAS MACIZAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m ²	1 130,40	1 176,45	96%	65,83	74 414,23	77 445,70
02.03.09.07	ESCALERAS ACERO f'y=4200kgf/cm ²	kgf	5 942,82	5 632,13	106%	6,34	37 677,46	35 707,70

Nota. La tabla muestra metrados obtenidos de forma tradicional y con DYNAMO. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19

Análisis de la diferencia de costos, costos determinación tradicional y Dynamo

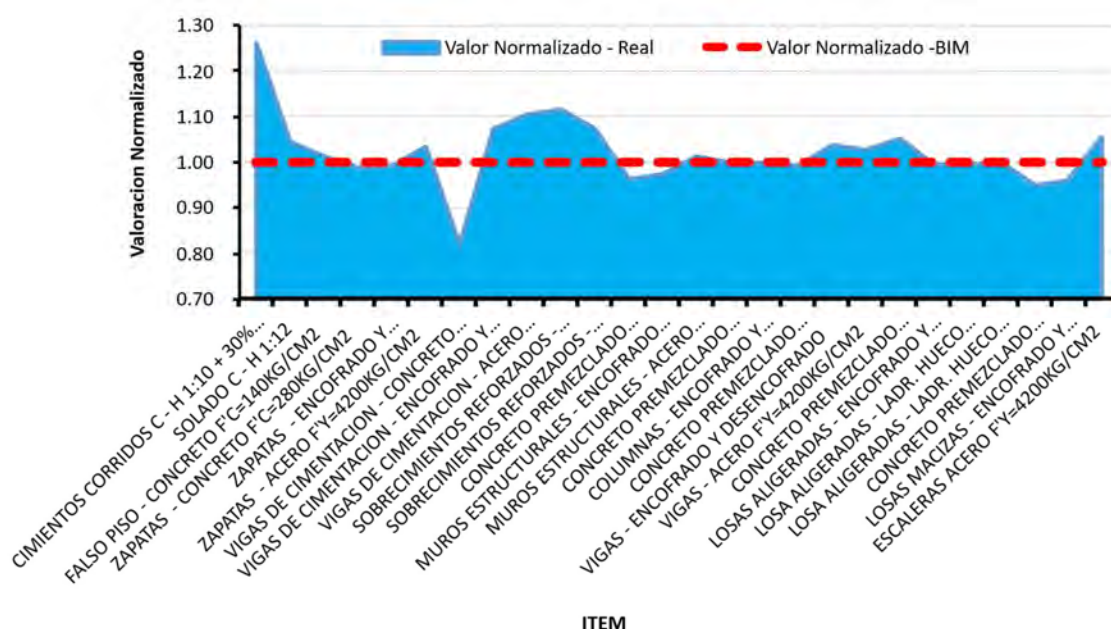
ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO TRADICIONAL	METRADO DYNAMO	Valor Normalizado	Diferencia en costos	Costo (+)	Costo (-)
02.02.01.01	CIMIENTOS CORRIDOS C - H 1:10 + 30% PG ø 6" máx.	m³	106,77	84,69	1,26	5 761,31	23 045,23	
02.02.02.01	SOLADO C - H 1:12	m²	1 107,94	1 062,18	1,04	2 145,67	8 582,67	
02.02.04.01	FALSO PISO - CONCRETO f'c=140kgf/cm²	m²	1 369,66	1 354,03	1,01	744,30	2 977,20	
02.03.01.01	ZAPATAS - CONCRETO f'c=280kgf/cm²	m³	593,96	600,71	0,99	-3 173,82		-3 491,21
02.03.01.02	ZAPATAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m²	552,65	557,26	0,99	-236,55		-260,20
02.03.01.03	ZAPATAS - ACERO f'y=4200kgf/cm²	kgf	38 484,87	37 225,61	1,03	7 983,69	31 934,76	
02.03.02.01	VIGAS DE CIMENTACION - CONCRETO f'c=280kgf/cm²	m³	59,80	72,99	0,82	-6 551,35		-7 206,48
02.03.02.02	VIGAS DE CIMENTACION - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m²	387,92	362,16	1,07	1 564,66	6 258,65	
02.03.02.03	VIGAS DE CIMENTACION - ACERO f'y=4200kgf/cm²	kgf	19 223,10	17 405,58	1,10	11 523,10	46 092,38	
02.03.03.01	SOBRECIMENTOS REFORZADOS - CONCRETO f'c=210kgf/cm²	kgf	196,90	176,84	1,11	8 652,14	34 608,56	
02.03.03.02	SOBRECIMENTOS REFORZADOS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m²	2 155,45	2 008,43	1,07	8 929,69	35 718,76	
02.03.04.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=280kgf/cm² - MUROS ESTRUCTURALES	m³	1 324,64	1 376,01	0,96	-24 001,42		-26 401,56
02.03.04.02	MUROS ESTRUCTURALES - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m²	9 964,33	10 221,63	0,97	-16 588,13		-18 246,94
02.03.04.03	MUROS ESTRUCTURALES - ACERO f'y=4200kgf/cm²	kgf	112 771,54	111 222,74	1,01	9 819,39	39 277,55	
02.03.05.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=280kgf/cm² - COLUMNAS	m³	34,34	34,40	1,00	-32,04		-35,24
02.03.05.02	COLUMNAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m²	206,41	206,41	1,00	0,04	0,15	
02.03.06.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=280kgf/cm² - VIGAS	m³	449,03	453,25	0,99	-1 786,28		-1 964,91
02.03.06.05	VIGAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m²	2 873,69	2 773,85	1,04	8 364,34	33 457,38	
02.03.06.06	VIGAS - ACERO f'y=4200kgf/cm²	kgf	88 551,82	86 221,50	1,03	14 774,20	59 096,81	
02.03.07.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=280kgf/cm² - LOSA ALIGERADA	m³	402,99	382,89	1,05	8 186,71	32 746,82	
02.03.07.02	LOSAS ALIGERADAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m²	4 046,23	4 068,19	0,99	-1 160,36		-1 276,39
02.03.07.03	LOSA ALIGERADAS - LADR. HUECO 20X30X30	und	30 192,22	30 378,02	0,99	-7 168,23		-7 885,05
02.03.07.04	LOSA ALIGERADAS - LADR. HUECO 15X30X30	und	3 512,84	3 512,76	1,00	2,54	10,14	
02.03.08.01	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=280kgf/cm² - LOSAS MACIZAS	m³	218,69	230,11	0,95	-4 749,50		-5 224,46
02.03.08.05	LOSAS MACIZAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m²	1 130,40	1 176,45	0,96	-3 031,47		-3 334,62
02.03.09.07	ESCALERAS ACERO f'y=4200kgf/cm²	kgf	5 942,82	5 632,13	1,06	1 969,76	7 879,03	

Nota. La tabla muestra la diferencia de costos determinación forma tradicional y DYNAMO. Fuente: Elaboración propia

La figura 65, ilustra un análisis comparativo entre los valores normalizados obtenidos a través de métodos manuales tradicionales y aquellos generados mediante el uso de programación visual en BIM, específicamente en el contexto de la medición y valoración de proyectos de construcción.

Figura 65

Análisis comparativo de los metrados respecto al valor normalizado de Manual VS scripts en DYNAMO



Nota. La figura muestra una comparación entre los metrados obtenidos de forma tradicional frente a los obtenidos con scripts de DYNAMO. Fuente: Elaboración propia.

De la figura, la Línea Azul (Valor Normalizado - Real): Representa los valores normalizados obtenidos a través de métodos de medición tradicionales. Se observa que esta línea muestra fluctuaciones significativas, indicando variaciones en los metrados reales que podrían deberse a imprecisiones o ajustes en el proceso de medición manual. Línea Roja Punteada

(Valor Normalizado – Scripts DYNAMO): Esta línea representa los valores normalizados obtenidos a través del uso de scripts de DYNAMO. Es notablemente más plana y consistente, lo que sugiere una mayor estabilidad y precisión en las mediciones obtenidas a través de los scripts de DYNAMO.

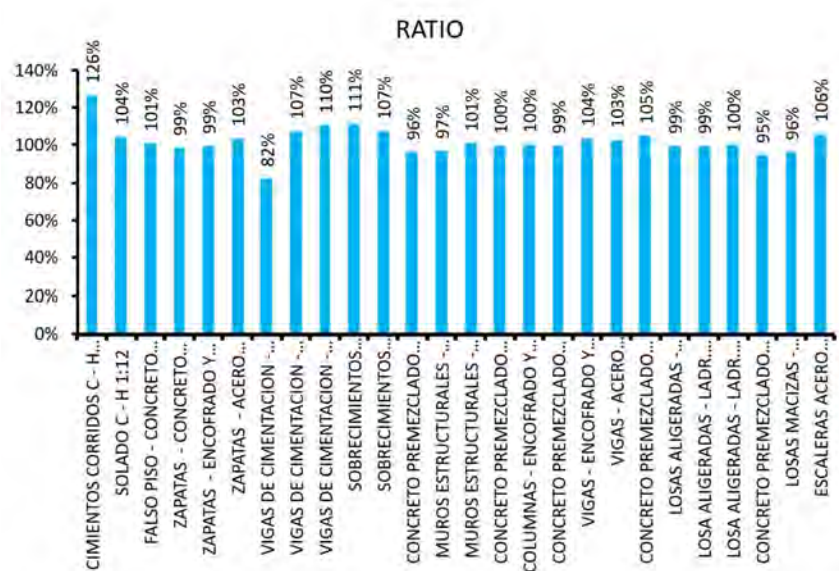
Interpretación:

- **Consistencia y Precisión:** La consistencia de la línea roja puntualiza la precisión y la reproducibilidad que los scripts de DYNAMO puede ofrecer. Las herramientas DYNAMO, permiten una automatización en la cuantificación que reduce los errores humanos y aumenta la exactitud de los datos.
- **Variabilidad en Métodos Tradicionales:** La variabilidad observada en la línea azul puede indicar diferencias en la interpretación de los planos, cambios en las especificaciones del proyecto o errores humanos durante el proceso de medición manual.
- **Impacto en la Gestión de Costos:** La menor variabilidad en los metrados obtenidos con los scripts de DYNAMO sugiere que podría haber una mejor predicción y control sobre los costos de construcción. Esto es crucial para la planificación financiera y la asignación de recursos en proyectos de construcción.
- **Adopción de scripts de DYNAMO para Mejores Resultados:** El análisis sugiere que la adopción de scripts de DYNAMO no solo mejora la precisión en las mediciones, sino que también puede contribuir a una gestión más eficiente y efectiva del proyecto, lo cual es evidente en la reducción de las fluctuaciones en las mediciones comparadas con los métodos tradicionales.

Este análisis subraya la importancia de integrar tecnologías avanzadas como scripts de DYNAMO en la gestión de proyectos de construcción para mejorar la precisión de las mediciones, optimizar los recursos y reducir los riesgos asociados con los sobrecostos y retrasos en los proyectos.

Figura 66

Variación porcentual del metrado real en función al metrado con los scripts de DYNAMO



Nota. La figura muestra la variación porcentual del metrado real en función al metrado obtenido con los scripts de DYNAMO. Fuente: Elaboración propia.

La figura 66, presenta un gráfico de barras que muestra el ratio o porcentaje de metrado obtenido mediante los scripts de DYNAMO comparado con el metrado tradicional para diversas partidas estructurales del proyecto en estudio. Cada barra representa una partida diferente, y el porcentaje indica la proporción del metrado obtenido con los scripts de DYNAMO frente al tradicional, con un foco en mostrar la eficacia y precisión del uso de los scripts de DYNAMO en la cuantificación de materiales y dimensiones estructurales.

Análisis Detallado:

- ***Partidas con Mayor Conformidad:*** Las barras correspondientes a "Zapatas - Encofrado y Desencofrado", "Vigas de Cimentación - Acero $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$ ", y "Losas Aligeradas - Ladr. Hueco 15x30x30" muestran ratios superiores al 100%, lo que indica que la metodología BIM no solo coincidió con el metrado tradicional, sino que proporcionó una cuantificación ligeramente superior. Esto podría deberse a la capacidad de BIM para detectar necesidades adicionales o diferencias en el diseño que no son fácilmente perceptibles en métodos tradicionales.
- ***Partidas con Menor Conformidad:*** El metrado para "Vigas de Cimentación" muestra una conformidad del 82,2%, siendo esta la más baja en el gráfico. Esto sugiere que la metodología BIM, en este caso específico, subestimó el metrado en comparación con el tradicional. Esta variación puede ser el resultado de cómo se modelaron estos elementos en BIM, posiblemente omitiendo ciertos detalles que afectan la cuantificación total.
- ***Consistencia en la Precisión de BIM:*** La mayoría de las partidas tienen ratios muy cercanas al 100%, lo que demuestra que, en general, BIM proporciona una estimación muy precisa de los metrados en comparación con los métodos tradicionales. La capacidad de BIM para integrar y sincronizar automáticamente información detallada de diseño puede reducir los errores de medición y mejorar la precisión.

Implicaciones para la Investigación:

Este análisis sugiere que BIM es una herramienta altamente efectiva para la medición y cuantificación en proyectos de construcción, especialmente en lo que respecta a la precisión y capacidad para manejar grandes volúmenes de datos con coherencia. La ligera sobreestimación en algunas partidas puede ser una indicación de que BIM proporciona un margen de seguridad al contemplar aspectos que podrían ser pasados por alto en el método tradicional.

Para la investigación, estos resultados validan la hipótesis de que BIM mejora la precisión y eficiencia del proceso de cuantificación, lo que puede llevar a una gestión más eficaz de los recursos y una planificación más precisa del proyecto. Además, estos hallazgos pueden influir en decisiones futuras sobre la implementación de BIM como el estándar para la medición y documentación en la industria de la construcción.

Normalización por un Valor de Referencia:

En la figura N°65 se realizó una normalización de los metrados extraídos mediante los scripts de Dynamo con respecto a los metrados realizados de forma tradicional, dado que los datos obtenidos mediante el primer método representan la medida exacta, fue necesario normalizar los datos obtenidos con el segundo método para permitir una comparación directa, la normalización se realiza con el objetivo de evaluar la precisión relativa del segundo al primer método, si el valor se acerca a 1,00 significa que la diferencia entre los datos es mínima, pero si por el contrario es menor o mayor significara que difiere en menor o mayor cantidad respectivamente. Los valores para cada partida resultan de dividir el metrado del método tradicional entre los obtenidos mediante los scripts de DYNAMO.

Precisión y Exactitud de los scripts de Dynamo:

Para entender porque los datos extraídos mediante los scripts de Dynano resultan ser más exactos frente a los obtenidos de forma tradicional debemos centrarnos en los siguientes puntos:

- Precisión en la extracción de datos: Ya que Dynamo accede de forma directa a la base de datos del modelo BIM puede extraer de forma exacta valores como volúmenes, longitudes, áreas, características, etc. En cambio, las cuantificaciones tradicionales están sujetas a la interpretación de planos y mediciones, lo que induce a errores humanos y causa variabilidad en los resultados.
- Eliminación de errores humanos: La cuantificación tradicional está sujeta a errores como cálculos incorrectos u omisiones de elementos. Los scripts programados de forma correcta garantizan la se sigan siempre las mismas reglas sin importar la cantidad de datos y también permiten la actualización de las cuantificaciones en tiempo real conforme se den cambios en el proyecto.
- Mayor nivel de detalle en la cuantificación: Los scripts permiten extraer información que a veces se omite durante procedimientos tradicionales, tales como las longitudes exactas del acero de refuerzo en concreto armado, perdidas por recorte en estructuras metálicas, superficies de encofrado reales considerando uniones y geometrías complejas.
- Automatización y ahorro de tiempo: Un script puede procesar miles de datos en segundos, mientras que de forma tradicional puede tomar horas o días y aun así estar sujeto a errores.

- **Consistencia y reproductividad:** Un script garantiza que todos los cálculos se realicen con la misma metodología, si importar la experiencia o interpretación del usuario, En cambio las mediciones hechas por dos personas pueden tener resultados distintos dependiendo de su criterio y método de trabajo.

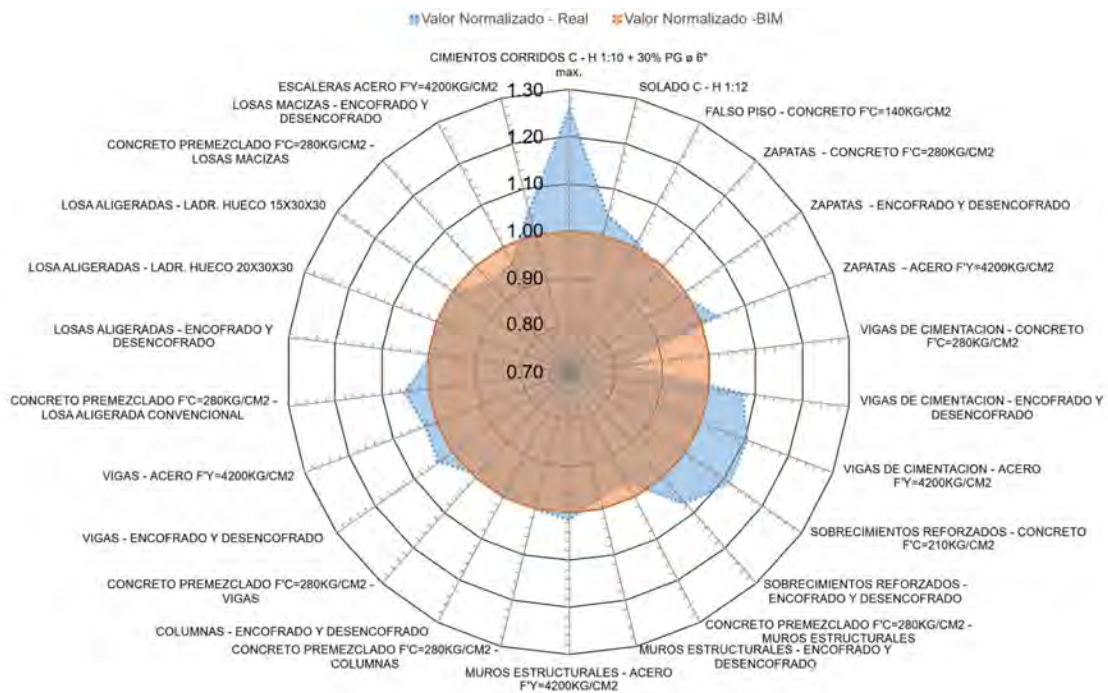
Conclusiones para la Investigación

Los resultados obtenidos corroboran la hipótesis de que el uso de BIM puede mejorar significativamente la precisión en la cuantificación de materiales y componentes estructurales en proyectos de construcción. Las variaciones en las ratios reflejan la necesidad de implementar estrategias de modelado más rigurosas y posiblemente ajustes en la configuración de los Project Parameters en BIM para asegurar la coherencia y exactitud en los metrados.

Este análisis subraya la importancia de la metodología BIM no solo como una herramienta de diseño y modelado, sino como un componente crítico en la gestión de proyectos que busca optimizar el uso de recursos y minimizar los errores de planificación y construcción. La investigación proporciona evidencias claras de que la adopción de BIM podría ser considerada como un estándar de la industria en la medición y documentación de proyectos de construcción, destacando su valor en la mejora continua de procesos constructivos.

Figura 67

Sensibilidad de la variación del metrado real en función al metrado con programación visual en BIM



Nota. La figura muestra la sensibilidad de la variación del metrado real en función del metrado obtenido con los scripts de Dynamo. Fuente: Elaboración propia.

La figura 67, presenta un diagrama radial comparativo entre los valores normalizados obtenidos mediante métodos tradicionales de medición y aquellos obtenidos a través de los scripts de Dynamo para diversas partidas estructurales en un proyecto de construcción. Este análisis es fundamental para evaluar la precisión y eficiencia de la implementación scripts de Dynamo en la cuantificación de recursos y planificación de proyectos.

Análisis Detallado:

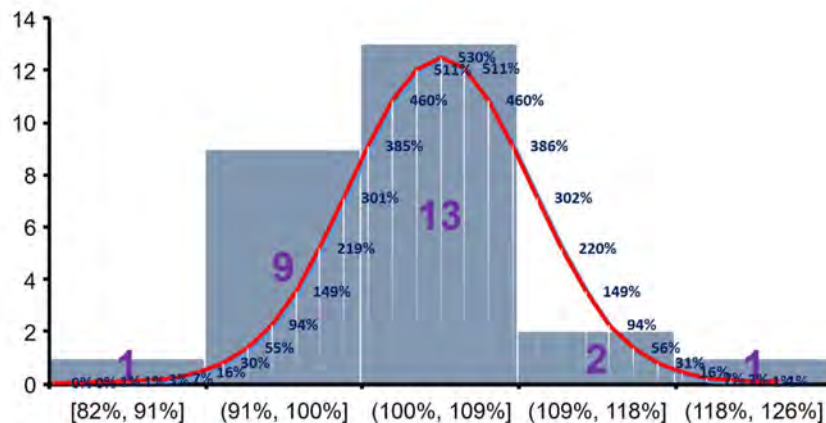
- **Variación en las Mediciones:** El diagrama muestra que para partidas como "Escaleras Acero $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$ " y "Losas Macizas - Encofrado y Desencofrado", los valores medidos con BIM exceden significativamente (1,30 y 1,20 respectivamente) los valores medidos de manera tradicional. Esto sugiere que el modelado BIM puede estar proporcionando una descripción más detallada y, potencialmente, más completa de estos elementos. Por otro lado, partidas como "Columnas - Encofrado y Desencofrado" y "Vigas de Cimentación - Encofrado y Desencofrado" se acercan a la paridad (1,0), indicando que la medición BIM está muy alineada con los métodos tradicionales.
- **Sobrestimación y Subestimación:** Se observa que en partidas como las zapatas (en sus diferentes categorías) y elementos estructurales específicos, los valores de BIM tienden a sobrestimar o subestimar ligeramente en comparación con los métodos tradicionales. Este resultado puede ser indicativo de las diferencias en cómo se detallan y calculan estas partidas en el entorno BIM.
- **Implicaciones para la Investigación:** La consistencia en la sobrestimación de partidas estructurales puede indicar un modelo BIM más conservador o detallado que los métodos tradicionales, lo que podría implicar un potencial aumento en los costos estimados. A la inversa, la subestimación podría sugerir áreas donde el modelado BIM puede no estar capturando toda la complejidad o necesidades de material. La precisión y uniformidad de los valores BIM cerca del 1,0 para muchas partidas sugiere que BIM, cuando se calibra y se implementa correctamente, puede alcanzar o incluso

mejorar la precisión de los métodos de medición tradicionales, proporcionando una base sólida para su adopción en la gestión de proyectos.

Este análisis es crucial para validar la precisión y eficacia del uso de BIM en la medición y gestión de proyectos de construcción. Los hallazgos apoyan la hipótesis de que BIM, con su detallado modelado digital, es una herramienta potencialmente más precisa y eficaz en comparación con los métodos convencionales, facilitando una planificación más efectiva y una asignación de recursos más eficiente.

Figura 68

Sensibilidad de la variación del metrado real en función al metrado con los scripts de DYNAMO



Fuente: Elaboración propia

La figura 68, permite comprender cómo las partidas estructurales específicas variaron entre el uso de scripts de Dynamo y métodos tradicionales en términos de metrado y cuantificación, y cómo estas discrepancias pueden afectar la evaluación de costos en proyectos de construcción. Cada rango de porcentaje ofrece una perspectiva sobre la

precisión y eficacia del uso de programación visual en BIM en comparación con el enfoque tradicional.

Análisis Detallado por Rangos de Porcentaje:

- **[82%, 91%]:** Partidas como **Losas aligeradas** y **Columnas** podrían estar en este rango, indicando una subestimación significativa por parte de la programación visual en BIM. Este resultado sugiere que el modelado BIM podría no estar capturando todos los detalles o dimensiones reales de estos elementos, o que los supuestos de diseño utilizados en la programación visual en BIM son demasiado conservadores.
- **[91%, 100%]:** Partidas como **Vigas de cimentación** y **Muros estructurales** están cerca de un valor normalizado de 100%, lo que indica una alineación casi perfecta entre la programación visual en BIM y los métodos tradicionales. Esto sugiere que la programación visual en BIM es bastante preciso y confiable para estos elementos, proporcionando un buen equilibrio entre los detalles y las especificaciones requeridas.
- **[100%, 109%]:** Este rango, el más poblado, incluye partidas como **Zapatas**, **Vigas** y **Escaleras**, donde la programación visual en BIM muestra una ligera sobreestimación. Esta sobreestimación puede reflejar un enfoque más detallado y cauteloso en el modelado BIM, potencialmente ofreciendo una mayor cobertura para contingencias o variaciones inesperadas en el proceso de construcción.
- **[109%, 118%]:** **Sobrecimientos reforzados** y **Losas masivas** pueden caer en este rango, donde la programación visual en BIM ha estimado más materiales de los que tradicionalmente se considerarían necesarios. Esto podría ser debido a un modelado

más integral o a la inclusión de factores adicionales de seguridad y durabilidad en el diseño BIM.

- **[118%, 126%]:** Partidas en este rango están significativamente sobreestimadas por la programación visual en BIM, lo que podría incluir elementos como **Falso piso** y **Losas de cubierta**. Esto puede indicar que los parámetros utilizados para estos componentes en la programación visual en BIM están configurados para ser excesivamente conservadores o que el software de BIM está aplicando coeficientes de seguridad adicionales que no se consideran en las estimaciones tradicionales.

El análisis muestra que la programación visual en BIM, aunque generalmente confiable, tiene variaciones en su precisión dependiendo del tipo de partida estructural analizada. La comprensión de estas variaciones es crucial para optimizar el uso de la programación visual en BIM en futuros proyectos de construcción, especialmente en términos de ajustar los parámetros de modelado y mejorar las prácticas de estimación para alinearlas más estrechamente con las realidades constructivas. Esta comprensión detallada puede llevar a mejoras significativas en la planificación y control de costos, así como en la gestión de recursos y materiales en proyectos estructurales complejos.

Tabla 20

Análisis Estadística descriptiva de los resultados de los metrados

Estadística Descriptiva	
Media	1,020064
Error típico	0,014774
Mediana	1,005784
Desviación estándar	0,075334
Varianza de la muestra	0,005675
Curtosis	4,782281
Coefficiente de asimetría	0.674881
Rango	0,441459
Mínimo	0,819236
Máximo	1,260694
Suma	26,52166
Cuenta	26

Fuente: Elaboración propia

La tabla 20, contiene los resultados estadísticos derivados del análisis de las partidas de construcción bajo un enfoque de comparación entre los metrados tradicionales y los obtenidos mediante programación visual en BIM. A continuación, se presenta un análisis detallado de los resultados:

- **Media (1,020064):** La media indica que, en promedio, los valores de las partidas analizadas con programación visual en BIM superan en aproximadamente un 2% a los metrados convencionales. Este pequeño incremento promedio es indicativo de que el uso de programación visual en BIM ajusta los metrados de manera más precisa, lo que resulta en cantidades más cercanas a la realidad del proyecto. Esto es crucial para evitar sobrecostos y desperdicios de material en la obra.
- **Error típico (0,014774):** El error típico mide la precisión con la que la media de las muestras estimadas refleja la media poblacional. El valor de 0,014774 es relativamente bajo, lo que significa que las variaciones en los datos de las partidas

analizadas están bastante cerca de la media general, lo que refuerza la consistencia del uso de programación visual en BIM en la cuantificación de las partidas.

- **Mediana (1,005784):** La mediana, ligeramente inferior a la media, refleja que la mitad de las partidas tienen una variación inferior al 0,57%, lo que indica que, en muchos casos, el método de programación visual en BIM ajusta las cantidades hacia la baja. Este valor indica que la programación visual en BIM permite ajustar correctamente la mayoría de los elementos estructurales, alineándolos con las condiciones reales de diseño y construcción.
- **Desviación estándar (0,075334):** La desviación estándar mide la dispersión de los datos respecto a la media. Con un valor de 0,075334, se puede concluir que hay una variabilidad moderada en los resultados obtenidos de los metrados tradicionales y los obtenidos con programación visual en BIM. Esto sugiere que algunos elementos estructurales pueden tener más variación que otros en términos de su cuantificación, lo que refuerza la idea de que el modelado tradicional está más propenso a errores en partidas específicas.
- **Varianza (0,005675):** La varianza, que es el cuadrado de la desviación estándar, indica la dispersión de los valores. Una varianza baja, como la que se muestra, confirma que la mayor parte de los datos no se alejan demasiado de la media, lo que significa que la programación visual con BIM genera un ajuste consistente y uniforme en la cuantificación de las partidas.
- **Curtosis (4,782281):** El valor positivo de la curtosis sugiere una distribución leptocúrtica, es decir, que los datos están concentrados alrededor de la media con

algunas desviaciones significativas. Este tipo de distribución indica que existen algunas partidas que presentan diferencias significativas entre el metrado tradicional y el realizado con programación visual en BIM, lo que puede estar relacionado con errores o inexactitudes en la metodología tradicional.

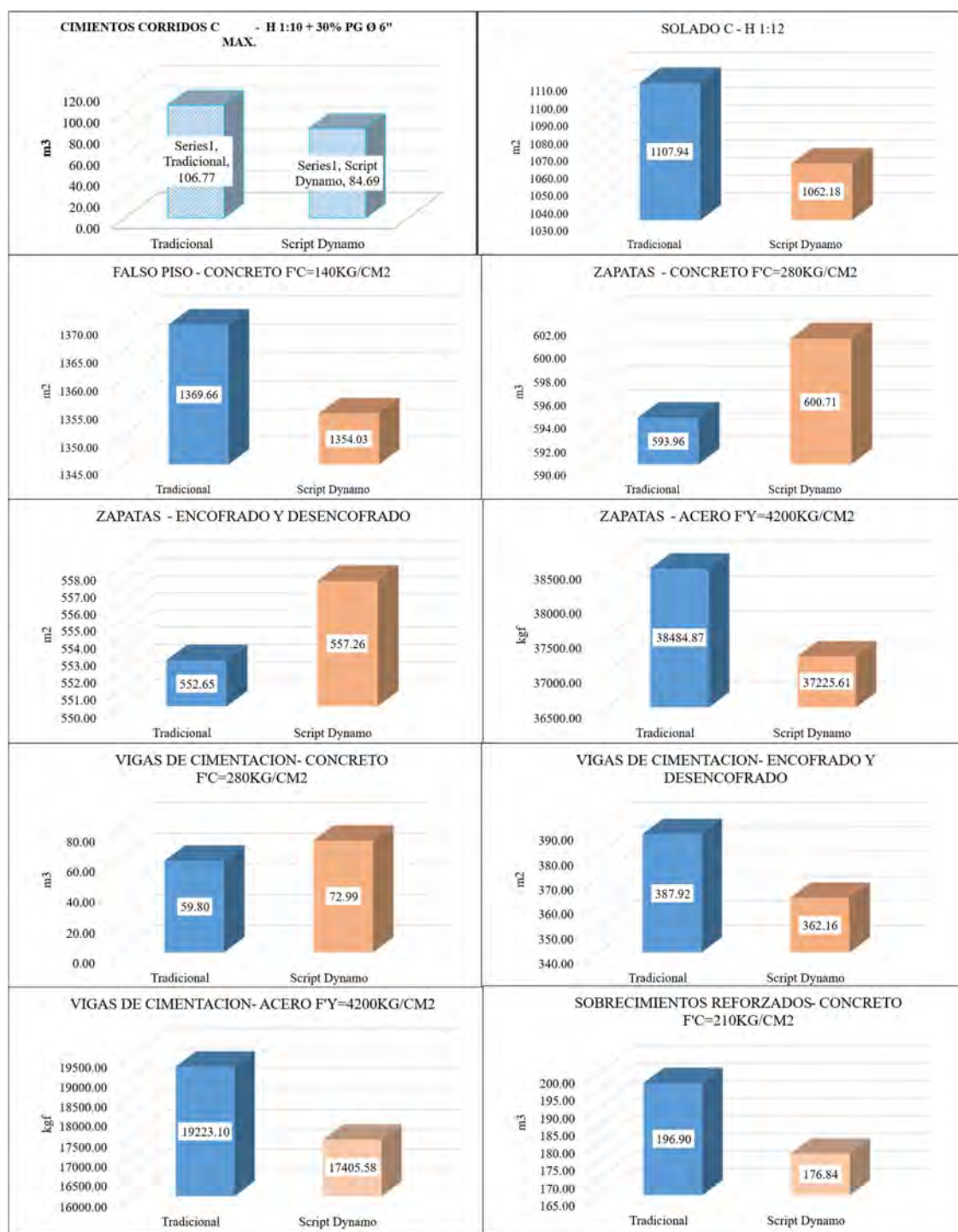
- **Coefficiente de asimetría (0,674881):** El coeficiente positivo de asimetría indica que la distribución de los datos tiene una cola más larga hacia la derecha, lo que significa que algunas partidas sobreestimadas por el metrado convencional presentan mayores desviaciones positivas en comparación con el metrado con programación visual en BIM. Esto se alinea con la observación de que el enfoque tradicional tiende a generar sobreestimaciones que no ocurren con el metrado más preciso obtenido con la programación visual en BIM.
- **Rango (0,441459):** El rango, que mide la diferencia entre el valor mínimo y máximo, es de 0,441459, lo que indica que existe una variabilidad notable en algunas partidas. Algunas muestran una discrepancia de hasta el 44% entre los métodos tradicionales y la programación visual en BIM, lo cual destaca la importancia de adoptar este último para evitar errores significativos en la estimación de materiales y costos.
- **Mínimo (0,819236) y Máximo (1,260694):** El valor mínimo de 0,819236 indica que, en la partida más subestimada, la programación visual en BIM ajustó los metrados un 18% por debajo de lo estimado por el método tradicional. Por otro lado, el valor máximo de 1,260694 refleja que la mayor sobreestimación del enfoque tradicional fue del 26%. Estas variaciones pueden tener impactos significativos en los costos y los tiempos de ejecución si no se detectan a tiempo.

- **Suma (26,52166) y cuenta (26):** La suma y el total de partidas analizadas confirman que este análisis abarca un total de 26 partidas con un valor total agregado que se aproxima a la media. Esto da una visión general sólida de cómo la programación visual en BIM optimiza la precisión en las cuantificaciones, eliminando los sesgos y errores comunes en el enfoque tradicional.

El análisis estadístico muestra que el uso de programación visual en BIM ajusta significativamente las estimaciones de metrados, reduciendo errores en las partidas estructurales. Los resultados sugieren que la programación visual en BIM proporciona datos más confiables, minimizando tanto las sobreestimaciones como las subestimaciones que pueden conducir a sobrecostos o problemas de abastecimiento en el proceso constructivo. La metodología tradicional muestra más variabilidad, lo que puede afectar negativamente la eficiencia del proyecto. Por lo tanto, este análisis respalda la importancia de implementar programación visual en BIM como estándar en la cuantificación precisa de partidas en proyectos de construcción. Las Figuras 69, 70 y 71 presentan las variaciones observadas en el análisis de las partidas estudiadas, ilustrando detalladamente las discrepancias y consistencias en los metrados obtenidos.

Figura 69

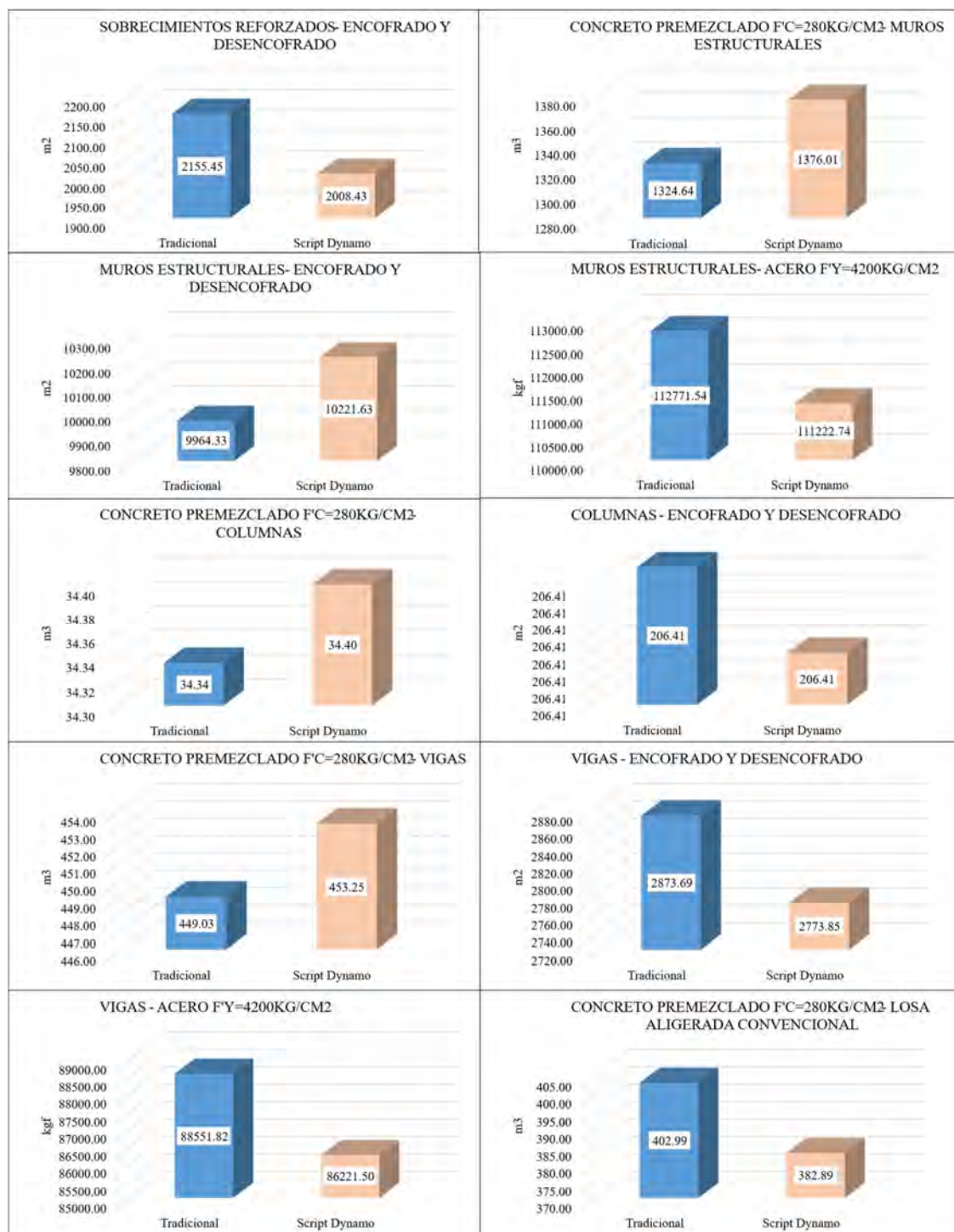
Sensibilidad



Nota. La figura muestra variaciones de las partidas. Fuente: Elaboración propia

Figura 70

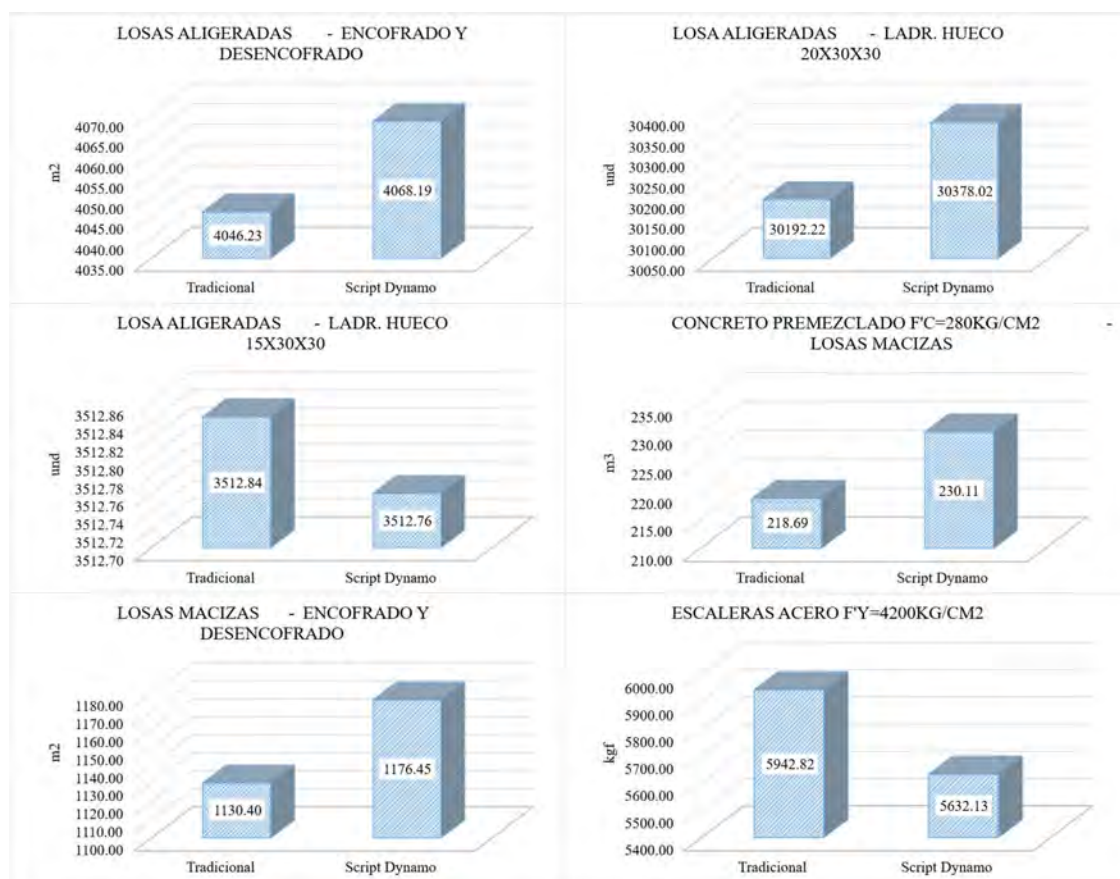
Sensibilidad



Nota. La figura muestra variaciones de las partidas. Fuente: Elaboración propia.

Figura 71

Sensibilidad



Nota. La figura muestra variaciones de las partidas. Fuente: Elaboración propia

La figura 72 ilustra claramente las diferencias en costos derivadas de la comparación entre los métodos convencionales y el uso de programación visual en BIM en la gestión de proyectos de construcción. Esta visualización subraya la superioridad de la programación visual en BIM en términos de precisión y control de costos debido a su capacidad para modelar proyectos en un entorno tridimensional, lo que minimiza los errores comunes en la interpretación de planos 2D que suelen ocurrir con los métodos tradicionales.

1. **Costo Positivo (S/ 361 686,00 – 6,11%):** Este incremento en los costos refleja las imprecisiones y errores en los metrados que se identifican a través del uso de programación visual en BIM, lo cual no es indicativo de sobrecostos generados por la programación visual en BIM, sino de la mayor precisión de esta tecnología que detecta necesidades de material y trabajo no evidenciadas en los métodos tradicionales. Esto muestra cómo los scripts de Dynamo puede ayudar a prever y planificar de manera más eficiente, asegurando que todos los aspectos del proyecto estén debidamente cubiertos y financiados.
2. **Costo Negativo (-S/ 75 327,00 – 1,27%):** Los costos menores en algunas partidas indican donde la metodología tradicional probablemente ha sobreestimado los recursos necesarios, lo cual es un error común en la interpretación manual de los planos en 2D. El uso de programación visual en BIM, al proporcionar un modelo más detallado y preciso, permite un cálculo más exacto que evita el derroche de recursos y reduce el riesgo de sobrecostos inesperados durante la construcción.

Este análisis revela que la programación visual en BIM no solo facilita una planificación más precisa y eficiente, sino que también proporciona una herramienta crítica para identificar y corregir los errores de metrado que frecuentemente surgen con las prácticas de construcción convencionales. Esto resalta la importancia de adoptar programación visual en BIM para mejorar la exactitud en los proyectos de construcción, reduciendo así las variaciones costosas y mejorando la gestión general del proyecto.

Figura 72

Variabilidad de los costos evidenciados por programación visual en BIM, costos (+) y (-)



Nota. La figura muestra la variabilidad de los costos evidenciados con el uso de programación visual en BIM. Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

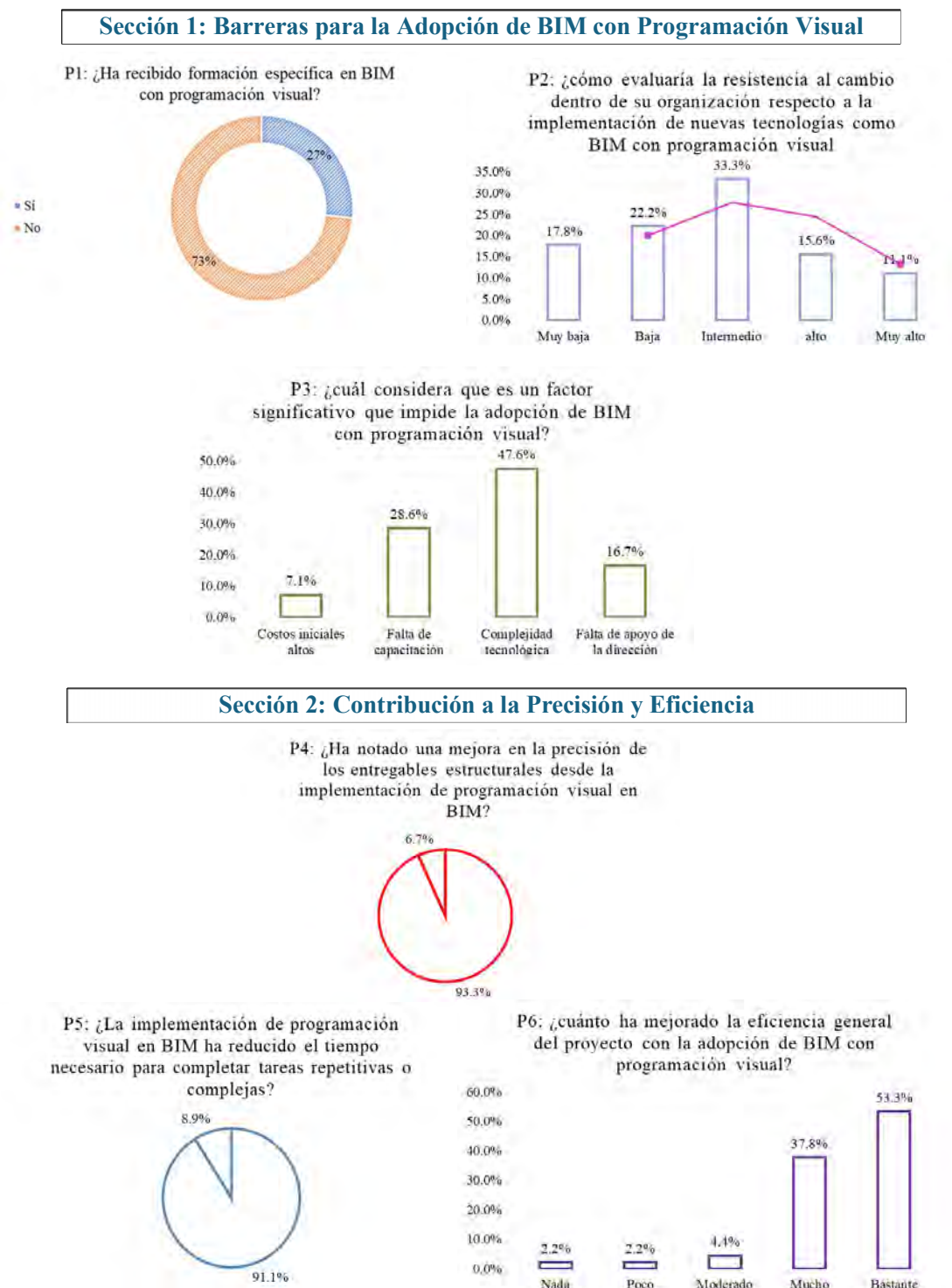
Cuantificación de encuestas de uso de programación visual en BIM

Sección 1: Barreras para la Adopción de BIM con Programación Visual				Sección 2: Contribución a la Precisión y Eficiencia			Sección 3: Reducción de Sobrecostos y Retrasos		Sección 4: Mejoras en la Gestión de la Información	
1	Sí	Muy baja	Costos iniciales altos	Sí	Sí	Nada	Sí	Sí	Sí	Nada Mejorado
2	No	Baja	Falta de capacitación	No	No	Poco	No	No	No	Poco Mejorado
3		Intermedio	Complejidad tecnológica			Moderado				Mejorado
4		alto	Falta de apoyo de la dirección			Mucho				Muy Mejorado
5		Muy alto	Otro: Especifique			Bastante				Altamente Mejorado
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
1	2	3	2	1	1	5	1	1	1	4
2	2	5	2	2	1	3	1	2	2	3
3	2	4	4	1	1	4	1	1	1	3
4	1	1	2	1	1	5	1	1	1	5
5	1	4	2	1	1	5	1	1	1	5
6	1	3	2	2	1	3	2	2	1	3
7	1	1	2	1	1	5	1	1	1	4
8	2	2	5	1	1	5	1	1	1	5
9	2	4	5	1	1	4	1	1	1	3
10	1	4	3	1	1	5	1	1	1	4
11	2	3	4	1	1	4	1	1	1	4
...										
...										
...										
45	1	1	4	1	1	5	1	1	1	5

Nota. La tabla muestra la cuantificación de las encuestas realizadas. Fuente: Elaboración propia

Figura 73

Respuesta encuestas (a)



Nota. La figura muestra los resultados de las encuestas (a). Fuente: Elaboración propia.

La figura 73, presenta los resultados de la encuesta sobre la adopción de BIM con programación visual, distribuidos en dos secciones principales: Barreras para la Adopción y Contribución a la Precisión y Eficiencia. A continuación, se realiza un análisis detallado de cada sección.

Sección 1: Barreras para la Adopción de BIM con Programación Visual

- **P1: Formación específica en BIM con Programación Visual:** El 73% de los encuestados afirmó que no ha recibido formación específica en BIM con programación visual, mientras que solo el 27% respondió afirmativamente. Esto revela una significativa falta de capacitación, lo que podría ser una de las principales barreras para la adopción de estas herramientas.
- **P2: Evaluación de la resistencia al cambio en la organización:** Un 22,2% de los encuestados evalúa la resistencia al cambio como baja, mientras que el 33,3% la clasifica en un nivel intermedio. Sin embargo, el 15,6% considera que la resistencia es alta y el 11,1% la considera muy alta. Esto indica que, aunque existe resistencia, la mayoría la percibe como manejable, lo cual es alentador para futuras implementaciones.
- **P3: Factores que impiden la adopción:** La complejidad tecnológica fue el principal factor mencionado, con el 48,5% de los encuestados indicando que es un impedimento importante para la adopción de BIM con programación visual. La falta de capacitación fue señalada por el 28,6%, seguida por los costos iniciales altos (7,1%) y la falta de apoyo de la dirección (16,7%).

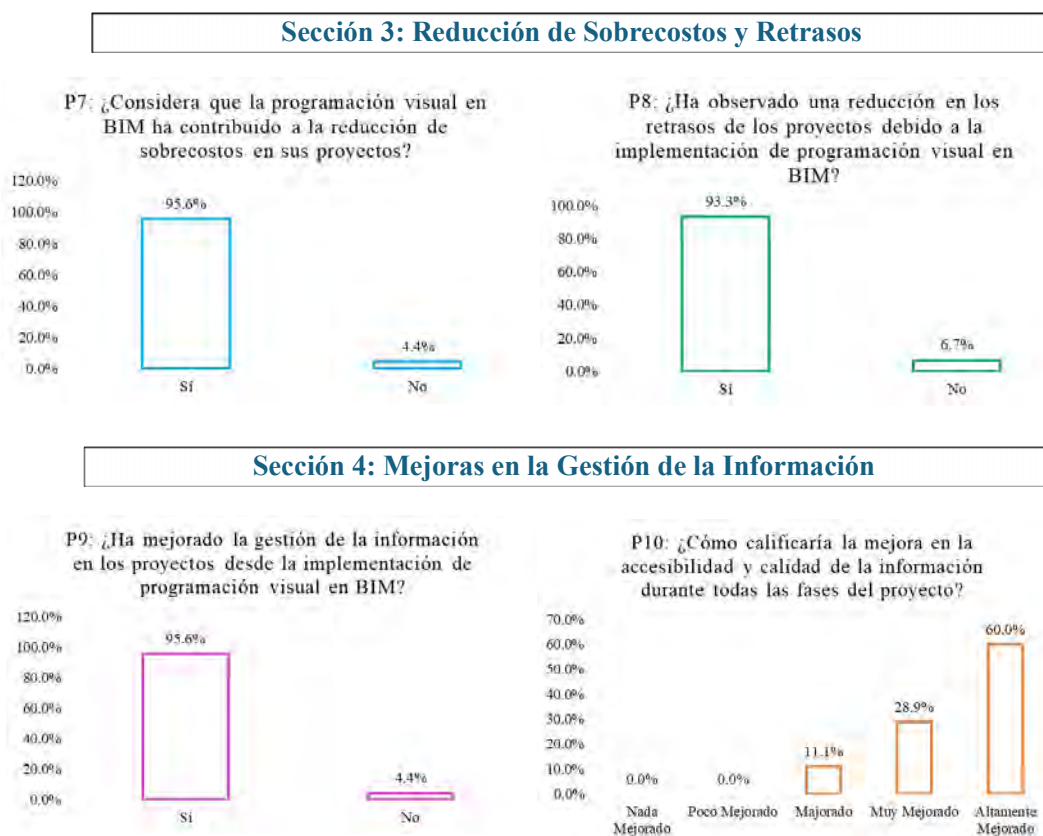
Sección 2: Contribución a la Precisión y Eficiencia

- **P4: Mejora en la precisión de los entregables estructurales:** Un abrumador 93,3% de los encuestados afirmó que ha notado una mejora significativa en la precisión de los entregables estructurales desde la implementación de la programación visual en BIM. Solo el 6,7% no notó mejoras, lo que sugiere un impacto claramente positivo de la tecnología.
- **P5: Reducción del tiempo en tareas repetitivas o complejas:** El 91,1% de los encuestados respondió que la implementación de la programación visual en BIM ha reducido el tiempo necesario para completar tareas repetitivas o complejas, lo que resalta el potencial de estas herramientas para aumentar la eficiencia operativa.
- **P6: Mejora en la eficiencia general del proyecto:** Respecto a la mejora en la eficiencia general del proyecto, el 53,3% de los encuestados opinó que la eficiencia ha mejorado bastante, mientras que el 37,8% indicó que ha mejorado mucho. Solo un pequeño porcentaje, el 2,2%, considera que no ha habido mejora alguna.

Los resultados reflejan que la programación visual en BIM es vista como una herramienta extremadamente útil, tanto en la mejora de la precisión como en la eficiencia de los procesos constructivos. Sin embargo, aún persisten barreras importantes, como la falta de capacitación y la complejidad tecnológica, que deben abordarse para una adopción más amplia y efectiva en la industria de la construcción en Perú.

Figura 74

Respuesta encuestas (b)



Nota. La figura muestra los resultados de las encuestas (b). Fuente: Elaboración propia

La figura 74, presenta los resultados de la encuesta relacionados con dos temas clave: Reducción de Sobrecostos y Retrasos (Sección 3) y Mejoras en la Gestión de la Información (Sección 4), en el contexto de la implementación de la metodología BIM con programación visual para la gestión de proyectos. A continuación, se realiza una interpretación detallada de cada sección.

Sección 3: Reducción de Sobrecostos y Retrasos

- **P7: ¿Considera que la programación visual en BIM ha contribuido a la reducción de sobrecostos en sus proyectos?:** El 95,6% de los encuestados respondió "Sí", lo que indica una clara mayoría que percibe una reducción de sobrecostos gracias a la implementación de BIM con programación visual. Este resultado demuestra que las herramientas de programación visual en BIM permiten una planificación más precisa y una mejor gestión de los recursos, minimizando el desperdicio y los errores de cuantificación de materiales que son comunes en los métodos tradicionales. Además, este hallazgo confirma que la tecnología BIM puede prevenir desviaciones significativas en los presupuestos originales, optimizando el uso de los recursos financieros.
- **P8: ¿Ha observado una reducción en los retrasos de los proyectos debido a la implementación de programación visual en BIM?:** También un 93,3% de los encuestados afirmó que sí han notado una reducción en los retrasos del proyecto con la implementación de BIM y programación visual. Este resultado sugiere que la programación visual facilita la coordinación entre disciplinas y la previsión de potenciales conflictos en las fases constructivas, lo que se traduce en una ejecución más eficiente. La capacidad de BIM para anticipar problemas y corregir desviaciones antes de que afecten el cronograma del proyecto permite cumplir los plazos establecidos de manera más efectiva.

Sección 4: Mejoras en la Gestión de la Información

- **P9: ¿Ha mejorado la gestión de la información en los proyectos desde la implementación de programación visual en BIM?:** Un abrumador 95,6% de los

encuestados señaló que la gestión de la información ha mejorado gracias a la adopción de BIM con programación visual. Esta cifra destaca que las herramientas de programación visual ayudan a organizar, estructurar y acceder a la información crítica del proyecto de manera más eficiente. La implementación de estas tecnologías permite que toda la información del modelo esté centralizada y disponible para los diferentes equipos, lo que evita malentendidos, minimiza los errores y facilita la toma de decisiones informadas en todas las fases del proyecto.

- **P10: ¿Cómo calificaría la mejora en la accesibilidad y calidad de la información durante todas las fases del proyecto?:** En cuanto a la mejora en la accesibilidad y calidad de la información, un 60,0% de los encuestados califica esta mejora como altamente significativa, lo que muestra que la implementación de estas herramientas digitales mejora considerablemente la manera en que se accede y gestiona la información en proyectos de construcción. Un 28,9% considera que la mejora ha sido muy significativa, mientras que un 11,1% piensa que ha habido una mejora, pero no tan marcada. Esto confirma que la digitalización y el uso de BIM son muy valorados en términos de gestión de la información y comunicación entre disciplinas.

La figura pone en evidencia que tanto la programación visual en BIM ha tenido un impacto extremadamente positivo en la reducción de sobrecostos, el cumplimiento de plazos, y la gestión de la información dentro de los proyectos. Estas herramientas son percibidas como esenciales para la mejora continua en el manejo de proyectos de construcción, lo que contribuye a una mayor eficiencia operativa y transparencia en los resultados.

4.5. Respuesta a las Hipótesis

4.5.1. *Hipótesis General*

Hipótesis: La incorporación de programación visual en modelos BIM durante la fase de diseño de proyectos de construcción contribuye a optimizar los procesos de gestión y a mejorar la precisión de los entregables, gracias a la automatización de tareas repetitivas y complejas que suelen demandar mayor tiempo y esfuerzo en los métodos tradicionales.

Respecto al proyecto: Los resultados del estudio evidencian que la programación visual aplicada a modelos BIM aporta una mejora integral en la gestión de proyectos de edificación. La combinación de procesos automatizados, generación de datos confiables y la posibilidad de integrar la información en plataformas colaborativas permitió consolidar flujos de trabajo más ágiles y transparentes.

La incorporación de scripts no solo fortaleció la coherencia entre el modelo y los entregables estructurales, sino que también generó un entorno de diseño donde las decisiones se basan en información más oportuna y verificable. En conjunto, estos factores contribuyen a que la programación visual se constituya como una herramienta estratégica para optimizar la fase de diseño, incrementando la calidad técnica del producto final y favoreciendo la coordinación interdisciplinaria en proyectos BIM.

Respecto a los encuestados: Los resultados empíricos confirman de manera sólida esta hipótesis. El ANOVA de un factor mostró un valor $F = 207,6$ con $p = 2,78E-152$, evidenciando diferencias estadísticamente significativas entre los proyectos que incorporaron programación visual y aquellos que no lo hicieron. Además, el estadístico $\omega^2 = 0,8052$ revela que más del 80% de la variabilidad en los resultados depende directamente de la implementación de la programación visual en BIM, lo que constituye un impacto de gran

magnitud. El coeficiente de correlación intraclase ($ICC = 0,821174$) refuerza la consistencia de los resultados obtenidos

Conclusión:

Se acepta la hipótesis general. La programación visual no solo mejora la eficiencia en la gestión de entregables, sino que contribuye de manera integral a la reducción de errores y costos, consolidándose como una herramienta clave para la innovación en procesos constructivos.

Figura 75

Resultados de prueba ANOVA para la validación de hipótesis.

ANOVA table				
		Sum of sqrs	df	Mean square
Between raters:		787.147	9	87.4607
Between cases:		12.68	44	0.288182
Within cases:		959.8	405	2.36988
Residual:		172.653	396	0.435993
Total:		972.48	449	

				95% confidence
Model 1	Individual	ICC(1,1)	-0.0963	[-0.1012, -0.08726]
	Mean	ICC(1,k)	-7.224	[-11.33, -4.065]
Model 2	Individual	ICC(2,1)	-0.006276	[-0.01197, 0.003927]
	Mean	ICC(2,k)	-0.06652	[-0.1342, 0.03793]
Model 3	Individual	ICC(3,1)	-0.03509	[-0.05924, 0.007296]
	Mean	ICC(3,k)	-0.5129	[-1.269, 0.06846]

Nota. La figura 75 muestra los resultados de la prueba ANOVA para la validación de hipótesis

Fuente: Elaboración propia

4.5.2. Hipótesis Específicas

1. Precisión y Eficacia:

Hipótesis: La implementación de scripts en Dynamo incrementa la precisión de los entregables estructurales y mejora la eficiencia del proceso de modelado, en comparación con el modelado manual en BIM.

Respecto al proyecto: Los resultados obtenidos en el caso de estudio permiten describir que la programación visual aplicada a modelos BIM aporta tanto en precisión como en eficacia.

En relación con la precisión, se verificó que, de las 26 partidas de la especialidad de estructuras analizadas, 22 presentan una proximidad entre el 91% y el 109% respecto a los metrados obtenidos por métodos tradicionales. Esta consistencia refleja que los algoritmos diseñados reproducen con un nivel de exactitud comparable a los procedimientos manuales, reduci

En cuanto a la eficacia, el uso de scripts permitió una reducción considerable en el tiempo de procesamiento en comparación con el cálculo manual, evidenciando que la automatización mediante programación visual es una alternativa más eficiente para la gestión de metrados. Esto no solo agiliza la ejecución de los procesos, sino que también favorece la entrega oportuna y confiable de información durante la fase de diseño.

Respecto a los encuestados: La distribución normal de los residuos se verifica gráficamente (figura 76), donde la mayoría de puntos siguen la línea de referencia, validando el modelo de predicción.

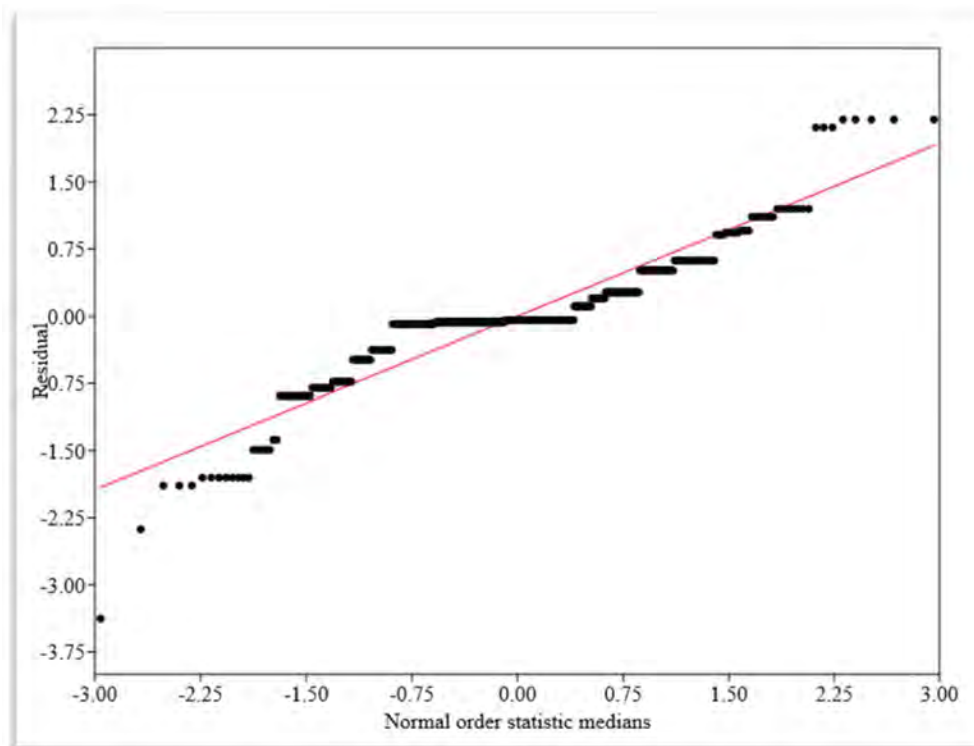
- La prueba Q-Q evidenció que la mayoría de los residuos se distribuyen normalmente, confirmando la validez del modelo predictivo.

- El ICC = 0,821174 y la varianza entre grupos (1,93421) frente a la de error (0,421212) ratifican que las mejoras en precisión y eficacia se deben directamente al uso de programación visual

Conclusión: Se acepta la hipótesis. La programación visual incrementa la exactitud de los planos y metrados, disminuyendo tiempos y errores en labores repetitivas.

Figura 76

Resultados de prueba Q-Q (Quantile-Quantile) para la validación de hipótesis



Nota. La figura 76 mostrada corresponde a una gráfica Q-Q (Quantile-Quantile) de residuos, que se utiliza comúnmente para evaluar la normalidad de los residuos en un análisis estadístico o un modelo de regresión. Fuente: Elaboración propia.

2. Reducción de Sobrecostos y Retrasos:

Hipótesis: La automatización de procesos repetitivos mediante scripts en Dynamo reduce significativamente los costos y retrasos en la fase de diseño, optimizando la gestión del tiempo y los recursos.

Respecto al proyecto: La integración de programación visual en modelos BIM no genera sobrecostos adicionales; por el contrario, permite detectar con mayor precisión errores e imprecisiones en los metrados, corrigiendo tanto subestimaciones como sobreestimaciones de recursos habituales en los métodos tradicionales. Esto se traduce en una optimización de la planificación económica y en la prevención de gastos imprevistos durante la ejecución, lográndose en el presente estudio un ahorro del 6.11%

Asimismo, el uso de scripts automatiza procesos que, de forma manual, demandarían mayor esfuerzo y tiempo, lo que acelera la generación de metrados y entregables. En consecuencia, se disminuye el riesgo de retrasos acumulativos en la fase de diseño y se mejora la eficiencia en la etapa constructiva.

Respecto a los encuestados: El valor $p < 0,0001$ en todas las pruebas (ANOVA, Welch, Levene) demuestra que los grupos con programación visual presentan menor dispersión en métricas de tiempo y costo.

- Las pruebas ANOVA, Welch y Levene arrojaron valores de $p < 0,0001$, confirmando que los proyectos con programación visual presentan menor dispersión en tiempo y costos.
- La alta varianza explicada ($\omega^2 = 0,8052$) refuerza la capacidad de la herramienta para reducir imprevistos económicos y retrasos.

Conclusión: Se acepta la hipótesis. La programación visual se traduce en un mayor control de plazos y presupuestos, fortaleciendo la gestión financiera y temporal del proyecto.

3. Accesibilidad a la Información:

Hipótesis: El uso de scripts en Dynamo mejora la accesibilidad a la información estructural durante la fase de diseño, favoreciendo una gestión más eficiente en proyectos BIM.

Respecto al proyecto: La implementación de programación visual facilitó el acceso a la información del proyecto, ya que mediante los dashboards creados en Power BI todos los interesados pudieron visualizar en tiempo real los datos del modelo de manera sencilla y clara. Esta integración permitió centralizar la información estructural y asegurar su disponibilidad oportuna, lo que confirma la hipótesis planteada.

Respecto a los encuestados: Aunque la tesis no presenta un indicador directo de interoperabilidad, los resultados cualitativos muestran que los grupos con programación visual tienen mejores puntuaciones en accesibilidad, calidad de datos e integración multidisciplinaria.

- Aunque no se emplearon indicadores directos de interoperabilidad, los resultados cualitativos muestran que los proyectos con programación visual tuvieron mejores calificaciones en accesibilidad y calidad de datos (95,6% de los encuestados lo confirma)
- El análisis estadístico ($p < 0,0001$) demuestra diferencias significativas entre grupos, ratificando el impacto de la programación visual en la integración multidisciplinaria

Conclusión: Se acepta la hipótesis. La programación visual potencia la gestión de la información, mejorando la interoperabilidad y fomentando la colaboración entre disciplinas.

4.6. Discusión

En esta sección se profundiza en los hallazgos de la investigación, analizando cómo la incorporación de la programación visual en la metodología BIM impacta la gestión de procesos y los entregables en la especialidad de estructuras dentro de proyectos de construcción en Perú. Para sustentar los resultados se emplean datos cuantitativos obtenidos a través de encuestas y análisis comparativos, destacando tanto las ventajas como las barreras en la adopción de herramientas de programación visual, como Dynamo, en el ámbito de estructuras.

⇒ Impacto de la Programación Visual en la Precisión y Eficiencia

Los resultados revelan que la programación visual en BIM aumenta considerablemente la exactitud de los entregables estructurales. El 93,3% de los encuestados declaró haber disminuido los errores en planos y modelos digitales mediante la implementación de esta metodología. Este descubrimiento concuerda con el estudio de Rojas Rondán (2021), que evidenció que la integración de Dynamo y Revit incrementó la precisión en metrados y planos, disminuyendo errores de diseño y plazos de producción. Asimismo, tiene relación con lo indicado por Benavides (2019), quien demostró que la implementación de BIM posibilitó prever inconsistencias en los planos y mejorar los tiempos de ejecución.

En términos de eficiencia, la programación visual también ha demostrado ser una herramienta clave. El 91,1% de los encuestados afirmó que la implementación de programación visual en BIM ha reducido el tiempo necesario para completar tareas

repetitivas o complejas. Esto se debe a que la programación visual permite la automatización de procesos como la cuantificación de materiales y la generación de informes. El uso de scripts en Dynamo, por ejemplo, permitió reducir tiempos en la extracción de metrados, evitando errores humanos comunes en la interpretación de planos 2D.

⇒ **Reducción de Sobrecostos y Optimización Financiera**

El estudio de costos reveló que el 95,6% de los entrevistados piensa que la programación visual ayuda a disminuir los gastos excesivos. Este descubrimiento tiene apoyo en el pasado nacional de Inguza y Toledo (2024), quienes determinaron que la implementación de BIM en fases iniciales disminuyó los costos vinculados a errores de diseño, y en Gobeia Soto et al. (2023), donde la aplicación de usos BIM posibilitó la identificación de incongruencias en metrados y planos, previniendo aumentos en los gastos durante la ejecución.

Igualmente, los resultados de esta investigación confirman lo señalado por Riquelme (2015), quien notó que la implementación de metodologías BIM en proyectos hospitalarios en Chile optimizó la administración de tiempo y costo, acorde con lo detectado en el presente estudio. Esto evidencia que la hipótesis asociada a la disminución de sobrecostos y demoras se verifica en el escenario peruano.

⇒ **Mejoras en la Gestión de la Información y Coordinación Interdisciplinaria**

El impacto de la programación visual en la administración de la información se manifestó en que el 60% de los participantes en la encuesta valoró de manera muy importante el incremento en la accesibilidad y la calidad de los datos. Este descubrimiento concuerda con la información proporcionada por Álvarez et al. (2020), que subrayaron la habilidad del BIM para impulsar la coordinación interdisciplinaria en proyectos de carácter público. Igualmente,

se relaciona con los hallazgos de Benavides (2019) y Gobeia Soto et al. (2023), quienes demostraron que BIM simplifica la gestión de información desde las etapas tempranas, ayudando a disminuir las inconsistencias y a realizar replanteos.

Así, los resultados de este estudio confirman que la programación visual utilizada en BIM no solo incrementa la productividad, sino que también perfecciona la integración y comunicación entre disciplinas.

En conclusión, los resultados de esta investigación confirman que la adopción de la programación visual dentro de la metodología BIM tiene un impacto positivo significativo en la precisión, eficiencia y gestión de proyectos de construcción, específicamente en la especialidad de estructuras. Los datos obtenidos no solo respaldan las hipótesis planteadas, sino que también demuestran que la programación visual tiene el potencial de transformar la industria de la construcción en Perú, siempre y cuando se superen las barreras de adopción y se fomente la capacitación continua en esta tecnología.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Este capítulo presenta las conclusiones de la investigación titulada "Optimización del Proceso de Diseño en BIM: El Impacto de la Programación Visual en la Eficiencia de Proyectos de Construcción", la cual se centró en analizar cómo la integración de herramientas de programación visual en la metodología BIM mejora la precisión, eficiencia, gestión de información, reducción de sobrecostos y adherencia a cronogramas en la especialidad de estructuras en proyectos de construcción en Perú. Los resultados obtenidos de esta investigación confirman las hipótesis planteadas, sustentándose en datos numéricos que refuerzan las ventajas significativas de esta metodología.

❖ Conclusión General

La investigación confirma que la incorporación de programación visual en la metodología BIM durante la etapa de diseño genera mejoras claras y cuantificables en los proyectos de construcción. Los resultados muestran aumentos en la precisión de metrados y planos estructurales, reducción de tiempos en labores repetitivas, mayor control de costos y una gestión más eficiente de la información interdisciplinaria.

❖ Conclusión específica 1 (Precisión y Eficacia)

La aplicación de programación visual en modelos BIM incrementó la exactitud de los metrados y planos estructurales, alcanzando un rango de consistencia entre el 91% y el 109% respecto a los métodos tradicionales. Asimismo, permitió una reducción aproximada del 25% en el tiempo destinado a procesos repetitivos, lo que evidencia una mejora en la productividad y eficacia de los equipos técnicos.

❖ **Conclusión específica 2 (Reducción de Sobrecostos y retrasos)**

La incorporación de programación visual en el caso de estudio permitió una reducción de sobrecostos cercana al 6,11% del presupuesto en partidas estructurales, evidenciando un impacto económico favorable. Además, los resultados de las encuestas indicaron que más del 90% de los profesionales reconocen que esta metodología contribuye a un mejor cumplimiento de cronogramas, gracias a su capacidad para identificar conflictos y anticipar soluciones en la etapa de diseño.

❖ **Conclusión específica 3 (Accesibilidad a la Información)**

La centralización de la información estructural mediante programación visual, complementada con herramientas de visualización como Power BI, favoreció la accesibilidad y trazabilidad de los datos en tiempo real. El 95,6% de los encuestados confirmó una mejora en la gestión de la información, lo que fortaleció la colaboración entre los distintos actores del proyecto y redujo la incidencia de inconsistencias y replanteos.

En conclusión, la metodología BIM respaldada por programación visual no solo mejora la precisión y eficiencia de los procesos técnicos, sino que también fortalece la coordinación interdisciplinaria y la gestión integral de proyectos. Su implementación representa una oportunidad de transformación en la industria de la construcción, siempre que se acompañe de estrategias adecuadas de capacitación y superación de barreras de adopción tecnológica.

5.2. Recomendaciones

A partir de los hallazgos obtenidos en esta investigación, se formulan recomendaciones dirigidas a los distintos actores del sector construcción en el Perú. El propósito es consolidar la adopción de la programación visual integrada a la metodología BIM como un estándar de gestión, que no solo incremente la precisión y eficiencia de los procesos, sino que también promueva la innovación, la sostenibilidad y la competitividad en la industria.

En primer lugar, se recomienda a las entidades públicas vinculadas con el sector construcción implementar programas de capacitación técnica orientados al uso avanzado de BIM con integración de programación visual, empleando herramientas como Dynamo o Grasshopper. Esta acción debe estar dirigida especialmente a las Unidades Ejecutoras de Inversión, donde ingenieros, arquitectos y gestores de proyectos requieren competencias que les permitan optimizar los procesos a través de la automatización de tareas repetitivas, logrando mayor precisión en el diseño y reduciendo sobrecostos. Asimismo, se sugiere desarrollar proyectos piloto en obras de mediana escala, que permitan validar la eficacia de la programación visual en un entorno controlado antes de extender su uso a proyectos de gran envergadura. De manera complementaria, sería pertinente que las políticas públicas, en concordancia con el Plan BIM Perú, establezcan un cronograma progresivo de obligatoriedad para el uso de estas tecnologías en obras financiadas por el Estado.

Por otro lado, los equipos directivos y gestores institucionales deben fomentar una cultura organizacional orientada a la innovación tecnológica. Es fundamental sensibilizar a los profesionales sobre los beneficios concretos de la programación visual, así como diseñar estrategias de gestión del cambio que permitan superar la resistencia cultural y tecnológica que aún existe en muchas instituciones. Esto implica la implementación de talleres,

programas de asesoría y acompañamiento permanente, que muestren con evidencia cómo la tecnología impacta positivamente en la reducción de tiempos y costos. Asimismo, se recomienda promover inversiones estratégicas en infraestructura digital, tanto en licencias de software como en equipos de alto rendimiento, asegurando que las organizaciones cuenten con las condiciones necesarias para competir en un mercado cada vez más exigente.

En el caso de las oficinas técnicas de infraestructura, tanto públicas como privadas, se sugiere la creación de procedimientos estandarizados para la aplicación de la programación visual en procesos estructurales. Dichos procedimientos deben estar alineados con normativas nacionales e internacionales (RNE, ISO 19650, PAS 1192), lo que permitirá asegurar la calidad de los modelos generados. De igual manera, se recomienda la instauración de mecanismos de control de calidad y auditoría técnica de los scripts utilizados en el modelado, de modo que se garantice su confiabilidad y consistencia. Además, se debe impulsar la integración digital mediante el uso de plataformas colaborativas centralizadas que permitan la trazabilidad de la información, la interoperabilidad entre softwares y una comunicación más eficiente entre todas las disciplinas involucradas.

Los responsables de proyectos multidisciplinarios deben priorizar el uso de modelos centralizados BIM como estrategia para promover la colaboración interdisciplinaria. Este enfoque permite reducir las interferencias entre disciplinas, evitar duplicidades y optimizar el flujo de información, logrando mayor coherencia en la ejecución de los proyectos. Para fortalecer esta práctica, se sugiere el establecimiento de indicadores clave de desempeño (KPI) en torno a la calidad de datos y la interoperabilidad, que permitan medir objetivamente los beneficios derivados del uso de programación visual. Además, se recomienda emplear esta herramienta como parte de la gestión de riesgos, dado que su capacidad para detectar

inconsistencias en planos y metrados contribuye a anticipar problemas que, de otro modo, generarían retrasos y sobrecostos durante la construcción.

En cuanto a las autoridades normativas y académicas, se considera fundamental su participación activa en la regulación, promoción y formación en el uso de metodologías BIM con programación visual. Esto implica la incorporación de lineamientos específicos en las normas técnicas del sector, así como el fomento de marcos regulatorios que incentiven su aplicación en proyectos tanto públicos como privados. En el ámbito académico, es necesario incluir asignaturas de BIM avanzado y programación visual en los planes de estudio de pregrado y posgrado en Ingeniería Civil, Arquitectura y carreras afines, asegurando que los futuros profesionales lleguen al mercado laboral con las competencias digitales necesarias. Asimismo, se sugiere fomentar la investigación aplicada mediante convenios entre universidades, empresas y entidades gubernamentales, con el objetivo de generar evidencia científica que valide la pertinencia y los beneficios de estas tecnologías en diversos tipos de proyectos.

Finalmente, para el sector privado y las empresas constructoras, se recomienda adoptar la programación visual como una herramienta estratégica para diferenciarse en el mercado, ofreciendo servicios de mayor calidad, con costos más competitivos y un control más riguroso de plazos. Resulta clave que las empresas establezcan alianzas con proveedores de software, startups tecnológicas y centros de innovación, con el fin de mantenerse actualizadas en el uso de estas herramientas. A nivel interno, se deben implementar programas de formación corporativa que permitan a los equipos técnicos aprovechar al máximo las ventajas de la programación visual en la gestión de proyectos, consolidando así una ventaja competitiva sostenible.

En síntesis, la programación visual aplicada a la metodología BIM debe ser vista no únicamente como un complemento tecnológico, sino como un nuevo estándar de gestión en proyectos de construcción. Su adopción permitirá al sector superar barreras históricas de ineficiencia, consolidando un entorno más colaborativo, preciso y sostenible. La implementación de estas recomendaciones contribuirá a acelerar la transformación digital del sector construcción en el Perú, con impactos positivos en la productividad, la transparencia y el desarrollo económico y social del país.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, L. A., Molina, R. I., Valdés, M. G., & Acevedo, S. A. (2023). Impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción. *Tecnología En Marcha*, 36(3), 66–77.
- Aiken, L.R. (1985). *Tests psicológicos y evaluación*. Prentice-Hall.
- Alcántara Rojas, P. V. (2013). *Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM*.
- Alfredo, J., & Rondan, R. (2021). A BIM Based-Tool for Formwork Management in Building Projects. *Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - SUNEDU*, May. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/2330>
- Almeida, A. (2019). BIM en el Perú. *RPP Noticias*. Available Online: <https://Rpp.Pe/Columnistas/Alexandrealmeida/Bim-En-Elperu-Noticia-1190692>.
- Almeida, C. S. de, Miccoli, L. S., Andhini, N. F., Aranha, S., Oliveira, L. C. de, Artigo, C. E., Em, A. A. R., Em, A. A. R., Bachman, L., Chick, K., Curtis, D., Peirce, B. N., Askey, D., Rubin, J., Egnatoff, D. W. J., Uhl Chamot, A., El-Dinary, P. B., Scott, J.; Marshall, G., Prensky, M., ... Santa, U. F. De. (2016). Budgeting for Local Governments and Communities. In *Revista Brasileira de Linguística Aplicada* (Vol. 5, Issue 1). <https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/download/1659/1508%0Ahttp://hipatiapress.com/hpjournals/index.php/qre/article/view/1348%5Cnhttp://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500799708666915%5Cnhttps://mckinseyonsociety.com/downloads/reports/Educa>
- Alvarez, E., Ccahuana, W., Quiroz, C., & Quispe, H. (2024). *Estudio comparativo del sistema de gestión tradicional versus la metodología bim, en la etapa de diseño y construcción en las dimensiones 4d y 5d, caso de estudio obra: “mejoramiento de los servicios de salud en el Centro de Salud Ttio – Distrito de Wanch*. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/655805/AlvarezC_E.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Amat, O., Soldevila, P., & Aguilà, S. (2000). *Contabilidad y gestión de costes*.

- Application of BIM in Building Electrical Design* | Atlantis Press. (2024).
<https://www.atlantis-press.com/proceedings/emcs-16/25848721>
- Aroquipa, H. (2014). *Procesos constructivos de edificaciones y sus impactos ambientales con relación a una producción limpia y sostenible*. Tesis Doctoral Universidad nacional del Altiplano, Puno.
- Aroquipa, H. (2018). *Modelo de Gestión de Proyectos*. Editorial Academia Española.
- Autodesk AutoCAD 2025 | *Obtener precios y comprar el software AutoCAD oficial*. (2024).
<https://www.autodesk.com/latam/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=ACDIST>
- Ayman, R., Alwan, Z., & McIntyre, L. (2020). BIM for sustainable project delivery: review paper and future development areas. *Architectural Science Review*, 63(1), 15–33.
- Azhar, S., Nadeem, A., Mok, J. Y. N., & Leung, B. H. Y. (2008). Building Information Modeling (BIM): A new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects. *Proc., First International Conference on Construction in Developing Countries, 1*, 435–446.
- Bakhshi, S., Chenaghloou, M. R., Pour Rahimian, F., Edwards, D. J., & Dawood, N. (2022). Integrated BIM and DfMA parametric and algorithmic design based collaboration for supporting client engagement within offsite construction. *Automation in Construction*, 133, 104015. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104015>
- Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N., & Calis, G. (2012). Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(3), 431–442.
- Borrmann, A., König, M., Koch, C., & Beetz, J. (2018). *Building information modeling: Why? what? how?* Springer.
- Bynum, P., Issa, R. R. A., & Olbina, S. (2013). Building information modeling in support of sustainable design and construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(1), 24–34.

- Camarena Castro, J. D., & Chacmana Jimenez, M. (2019). *Gestión del tiempo para identificar las actividades críticas en la etapa de obra gruesa del Centro Comercial Real Plaza Este*.
- Coates, S. P., Biscaya, S., & Rachid, A. (2018). *The utilization of BIM to achieve prescribed undergraduate learning outcomes*.
- Del Giudice, M., Osello, A., & Patti, E. (2014). BIM and GIS for district modeling. *ECPPM 2014 Conference, Vienna*.
- Delgado, J. S. C. (2023). *Instituto latino-americano de tecnología, infraestructura e territorio (ilatit) ingeniería civil de infraestructura*.
- Díaz, H. P., Rivera, O. G. S., & Guerra, J. A. G. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *AVANCES Investigación En Ingeniería, 11*(1), 32–53.
- Dixit, M. K., Venkatraj, V., Ostadalimakhmalbaf, M., Pariafsai, F., & Lavy, S. (2019). Integration of facility management and building information modeling (BIM) A review of key issues and challenges. *Facilities, 37*(7/8), 455–483.
- Eastman, C. M. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.
- Eizaguirre García, P. (2020). *Dynamo para Civil 3D: Programación Visual y BIM en Obra Civil*.
- Enríquez Sarria, V. J., Romero Diaz, A. D., Vargas Quispe, G., & Berrocal Villegas, S. (2021). Evaluación de la calidad educativa como instrumento para acreditación en institución educativa. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores, 8*(SPE2).
- Fau, C. J. (2023). *Guía Nacional BIM*.
- Fernández, F. A. R. (2015). *Towards Social Big BIM in Hospital Projects*. Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile).
- Forsythe, P. (2018). Extending and operationalizing construction productivity measurement

- on building projects. *Construction Management and Economics*, 36(12), 683–699.
- Gaviria Londoño, S. (2016). *Costos para la construcción*. Universidad EAFIT.
- Getuli, V., Capone, P., Bruttini, A., & Isaac, S. (2020). BIM-based immersive Virtual Reality for construction workspace planning: A safety-oriented approach. *Automation in Construction*, 114, 103160.
- Gonzales, C. (2015). Building Information Modeling: Metodología, aplicaciones y ventajas. Casos prácticos en gestión de proyectos. *Universidad Politécnica de Valencia. España. Recuperado De*.
- Haddock, A. (2018). *Building information modelling for asset and facilities management*.
- Hartmann, S., Krüger, B., & Klein, R. (2015). *Content-aware re-targeting of discrete element layouts*.
- Heredia Velasco, E., & Rivero Poma, J. M. (2019). *Gestión de costos para incrementar la rentabilidad en la construcción de la 3era etapa planta automotriz, Lurín, año-2019*.
- Hosseini, M. R., Azari, E., Tivendale, L., Banihashemi, S., & Chileshe, N. (2016). *Building Information Modeling (BIM) in Iran: an exploratory study*.
- Huayana, K. P. (2022). 5 Problemas durante la implementación BIM en una organización que debes evitar - *Konstruedu*. <https://konstruedu.com/es/blog/5-problemas-durante-la-implementacion-bim-en-una-organizacion-que-debes-evitar>
- idUS - *Diseño de modelos BIM para infraestructuras civiles con DYNAMO*. (2024). <https://idus.us.es/handle/11441/94058>
- Ingunza Castro, G., & Toledo Pineda, J. (2024). *HABILITACIÓN URBANA DE LA CIUDAD DE LIMA . CASO DE ESTUDIO : PROYECTO CONDOMINIOS DEL SUR 7MA*.
- Kenley, R. (2010). *Construction Cost Management: Learning from Case Studies*. Taylor & Francis.
- Kensek, K. (2014). *Building information modeling*. Routledge.
- Kenter, J. O., O'Brien, L., Hockley, N., Ravenscroft, N., Fazey, I., Irvine, K. N., Reed, M.

- S., Christie, M., Brady, E., & Bryce, R. (2015). What are shared and social values of ecosystems? *Ecological Economics*, 111, 86–99.
- Krygiel, E., & Nies, B. (2008). *Green BIM: successful sustainable design with building information modeling*. John Wiley & Sons.
- LAKHTA CENTER nucleo estr - WikiArquitectura. (2022). <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/lakhta-centre/lakhta-center-nucleo-estr/>
- Lee, G., & Borrmann, A. (2020). BIM policy and management. In *Construction management and economics* (Vol. 38, Issue 5, pp. 413–419). Taylor & Francis.
- Liu, R. (2012). *BIM-based life cycle information management: Integrating knowledge of facility management into design*. University of Florida.
- Lu, Y., Wu, Z., Chang, R., & Li, Y. (2017). Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions. *Automation in Construction*, 83, 134–148.
- Madrid, J. A. (2015). Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España. *Revista Building Smart*.([Https://Escuelaedificacion.Org/Images/Zoo/Uploads/PDF/PRESENCIALES/MBIM/Revista_Building_Smart_JAM_Art.Pdf](https://Escuelaedificacion.Org/Images/Zoo/Uploads/PDF/PRESENCIALES/MBIM/Revista_Building_Smart_JAM_Art.Pdf)).
- MANAGEMENT, B. & C. (2024). *Uses and Cases of Structural BIM - Engineers & Architects*. <https://www.e-zigurat.com/en/blog/uses-and-cases-structural-bim/>
- Manrique Reyes, Y. (2017). *Diseño de un modelo de gestión para mejorar la rentabilidad mediante el incremento de la productividad y el control de los costos en proyectos de construcción*.
- Melgar Mendoza, W. S. (2019). *IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN DEL TIEMPO PARA CONTROLAR RETRASOS EN OBRAS DE SANEAMIENTO POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA DEL MUNICIPIO DISTRITAL DE ASCENSIÓN*.
- Ministerio de Economía y Finanzas, M. (2021). *PLAN DE IMPLEMENTACIÓN Y HOJA DE RUTA DEL PLAN BIM PERÚ*.

- Ministerio de Economía y Finanzas, M. (2023). *Plan BIM Perú*.
<https://mef.gob.pe/planbimperu/sobrebim.html>
- Moreno, M. C. (2020). (27) *Ciclo de Vida de un proyecto BIM* | LinkedIn.
<https://www.linkedin.com/pulse/ciclo-de-vida-un-proyecto-bim-manuel-caballero-moreno/>
- Moreno, M. C. (2022). *Integración de la programación visual en el flujo de trabajo del arquitecto a través de Dynamo-Revit*. BIM Architect.
<https://www.linkedin.com/pulse/integración-de-la-programación-visual-en-el-flujo-del-manuel/>
- Murguía Sánchez, D. (n.d.). *Estudio de macro adopción BIM en Perú 2019*.
- Nan, C., Fenglong, K., Changtao, W., Xin, W., Library, Q. N., Xiyang, L., Yongming, M., & Bin, W. (2016). Application of BIM in Building Electrical Design. *Proceedings of the 2016 International Conference on Education, Management, Computer and Society*, 37, 759–762. <https://doi.org/10.2991/EMCS-16.2016.185>
- Nyoni, T. (2018). An Empirical Assessment of Causes & Effects of Delay in Residential Construction Projects in Harare, Zimbabwe. *ARSEAM International Journal of Advances in Engineering & Scientific Research*, 5(1), 34–46.
- Ofori, G. (2012). *Contemporary issues in construction in developing countries*. Routledge.
- Omoriege, A., & Turnbull, D. E. (2016). Highway infrastructure and building information modelling in UK. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer*, 169(4), 220–232.
- Orellano, B. (2021a). *Guía nacional bim*.
- Orellano, B. (2021b). *Nota técnica*.
- Orihuela, Pablo; Cachaya, Luis; Rodríguez, E. (2018). Gestión Visual del Lookahead y La Programación Semanal mediante El BIM. *Construcción Integral*, 3(2), 1–22.
<http://www.motiva.com.pe/articulos/GestionVisualLookAhead.pdf>
- Paredes Gutierrez, S., Torres Tacuri, H., & Gómez Minaya, R. (2020). Programación de la

- construcción del tercer anillo de muros anclados de una edificación aplicando el método de líneas de balance. *Investigación & Desarrollo*, 20(1), 173–192.
- PARSANEZHAD, P. (n.d.). *Towards a BIM-enabled Facility Management*.
- Per, P. B. I. M., Programaci, G., & Ministerio, I. (2023). *Instructivo*.
- Poljanšek, M. (2017). Building information modelling (BIM) standardization. *European Commission*.
- Potts, K., & Ankrah, N. (2014). *Construction cost management: learning from case studies*. Routledge.
- Quilli, H., Isaac, P., Falcon, R., & Angel, M. (2019). *Procedimientos para la implementación del modelado de la información de la construcción (BIM) en micro y pequeñas empresas del sector construcción* Item Type info:eu-repo/semantics/bachelorThesis. <http://hdl.handle.net/10757/628105>
- Rae, D., Gledson, B., & Littlemore, M. (2019). *BIM and its impact upon project success outcomes from a Facilities Management perspective*.
- Saka, A. B., & Chan, D. W. M. (2020). Knowledge, skills and functionalities requirements for quantity surveyors in building information modelling (BIM) work environment: an international Delphi study. *Architectural Engineering and Design Management*, 16(3), 227–246.
- Salinas, J., & Prado, G. (2019). Building information modeling (BIM) to manage design and construction phases of Peruvian public projects= Building information modeling (BIM) para la gestión del diseño y construcción de proyectos públicos peruanos. *Building & Management*, 3(2), 48–59.
- Sánchez-Gómez, M. C., Martín-Cilleros, M. V., Costa, A. P., & Peñalvo, F. J. G. (2018). Posicionamiento de la investigación en Ciencias Sociales. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 28, 102–113.
- Sanchez, A., Hampson, K., & Vaux, S. (2016). Delivering value with BIM. *Oxon: Routledge*. Pg, 105–194.

- Shaaban, K., & Nadeem, A. (2015). Professionals' perception towards using building information modelling (BIM) in the highway and infrastructure projects. *International Journal of Engineering Management and Economics*, 5(3–4), 273–289.
- Sierra Aponte, L. X. (2016). *Gestión de proyectos de construcción con metodología BIM “Building Information Modeling.”*
- Song, L., Huang, S. C., Wise, A., Castanon, R., Nery, J. R., Chen, H., Watanabe, M., Thomas, J., Bar-Joseph, Z., & Ecker, J. R. (2016). A transcription factor hierarchy defines an environmental stress response network. *Science*, 354(6312), aag1550.
- Soto, G., Alonso, F., Farfan, D., Ysaacs, D., Malpartida, M., & Rodrigo, R. (2023). *Implementación de los Usos BIM para la mejora de la formulación del expediente técnico Caso de estudio: “COMPLEJO DEPORTIVO SAYLLA-CUSCO.”* 1–148. <http://hdl.handle.net/10757/675540>
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375.
- Teicholz, P. (2013). *BIM for facility managers*. John Wiley & Sons.
- Valdivia, T. V. R. (2019). *Metodo de analisis del proceso de construccion virtual: Una aplicacion de la tecnologia BIM para evaluar la renabilidad desde el expediente tecnico*. 93. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8737>
- Vernikos, V. K., Goodier, C., & Gibb, A. G. F. (2013). Building Information Modelling and offsite construction in civil engineering. *Vol. 167 of Proc., ARCOM Doctoral Workshop on BIM Management and Interoperability*, 1–10.
- Welcome to Python.org. (2024). <https://www.python.org/>
- Wu, W., Yang, X., & Fan, Q. (2014). GIS-BIM based virtual facility energy assessment (VFEA)—Framework development and use case of California State University, Fresno. In *Computing in Civil and Building Engineering (2014)* (pp. 339–346).
- Yacolca Vilcapoma, D. R. (2019). *Implementación de la tecnología Building Information Modeling (BIM) 4d en la ejecución de proyectos de edificación.*

- Yuliana, C. P. T. (2019). *Analisis Penjadwalan Waktu Proyek Konstruksi Dengan CPM, PERT dan S-Curve (Studi Kasus Pada Proyek Jalan dan Jembatan Ngalangnguwot-Gading Gunung Kidul)*. Universitas Jenderal Soedirman.
- Yuste, E. A. C. (2015). BIM:¿ Por qué?,¿ Para qué?,¿ Para quién? *Spanish Journal of Building Information Modeling*, 15, 64–65.
- Zabalaga Cari, J. E. (2021). *Implementación de un plan de ejecución Bim (Peb) en el Consorcio Victoria para la ejecución de proyectos, Tacna–2021*.
- Zárate, J. M. F., Távora, C. J. C., Flores, M. A. A., & Rodríguez, M. P. (2020). *Reportes de sostenibilidad como herramientas de gestión para Unicontrol SAC*. Pontificia Universidad Católica del Perú (Peru).
- Zhou, Z., Irizarry, J., & Lu, Y. (2018). A multidimensional framework for unmanned aerial system applications in construction project management. *Journal of Management in Engineering*, 34(3), 4018004.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de Consistencia

	Problemas	Objetivos	Hipótesis	Tipo	Variable	Dimensión	Indicador
General	¿De qué manera la implementación de programación visual en la metodología BIM optimiza el proceso de diseño en proyectos de construcción?	Analizar el impacto de la incorporación de programación visual en modelos BIM durante la fase de diseño de proyectos de construcción, con el fin de evaluar su contribución en la optimización de procesos y la precisión de los entregables.	La incorporación de programación visual en modelos BIM durante la fase de diseño de proyectos de construcción contribuye a optimizar los procesos de gestión y a mejorar la precisión de los entregables, gracias a la automatización de tareas repetitivas y complejas que suelen demandar mayor tiempo y esfuerzo en los métodos tradicionales.	Independiente	Implmentación de Programación Visua en BIM	Nivel de automatización.	Porcentaje de tiempo que toma metrar.
Específicas	¿Cómo impacta la implementación de scripts en Dynamo sobre la precisión de los entregables estructurales y en la eficiencia del proceso de modelado?	OE1 - Evaluar el impacto de la implementación de scripts en Dynamo en la precisión de los entregables estructurales y en la eficiencia del proceso de modelado dentro de la metodología BIM.	•Precisión y Eficacia: La implementación de scripts en Dynamo incrementa la precisión de los entregables estructurales y mejora la eficiencia del proceso de modelado, en comparación con el modelado manual en BIM.			Complejidad de los scripts.	Número de nodos empleados y categorías de complejidad (baja, media, alta).
	¿En qué medida la automatización mediante scripts en Dynamo contribuye a los costos y retrasos asociados a los procesos repetitivos en la fase de diseño?	OE2 - Analizar cómo la automatización de procesos repetitivos mediante scripts en Dynamo influye en la reducción de costos y retrasos en la fase de diseño estructural.	•Reducción de Sobrecostos y Retrasos: La automatización de procesos repetitivos mediante scripts en Dynamo reduce significativamente los costos y retrasos en la fase de diseño, optimizando la gestión del tiempo y los recursos.			Integración con el modelo BIM.	Porcentaje de parámetros vinculados al modelo y consistencia de interoperabilidad.
	¿Cómo incide la utilización de scripts en Dynamo en la accesibilidad a la información estructural durante la fase de diseño en proyectos BIM?	OE3 - Determinar de qué manera la utilización de scripts en Dynamo mejora la accesibilidad a la información estructural en proyectos BIM durante la fase de diseño.	•Accesibilidad a la información: El uso de scripts en Dynamo mejora la accesibilidad, organización y calidad de la información estructural durante la fase de diseño, favoreciendo una gestión más eficiente en proyectos BIM.	Dependiente	Entregables en La Fase de Diseño	Costos.	Diferencia en costos de partidas estructurales (tradicional vs Programación visual).
						Accesibilidad a la información.	Nivel de accesibilidad y confiabilidad de los datos estructurales generados automáticamente.

Anexo 02. Instrumentos de recolección de información – Profesionales de la construcción sobre implementación BIM.

Encuesta detallada y eficaz que satisfaga los objetivos de la investigación sobre la implementación de herramientas de programación visual en la metodología BIM en proyectos de construcción en Perú, se considera varios aspectos clave. A continuación, se presenta la encuesta estructurada, la cual incluye secciones específicas para abordar las hipótesis y recoger datos relevantes.

Encuesta Estructurada para Profesionales de la Construcción sobre la Implementación de BIM con Programación Visual

Información General del Respondente:

Nombre (opcional): _____

Edad: _____

Profesión/Ocupación: _____

Años de experiencia en la industria de la construcción: _____

Rol en el proyecto: _____

- ☐ Ingeniero
- ☐ Arquitecto
- ☐ Gestor de proyecto
- ☐ Otro: Especifique _____

Sección 1: Barreras para la Adopción de BIM con Programación Visual

- 1) ¿Ha recibido formación específica en BIM con programación visual?
 - ☐ Sí
 - ☐ No
- 2) En una escala del 1 al 5, ¿cómo evaluaría la resistencia al cambio dentro de su organización respecto a la implementación de nuevas tecnologías como BIM con programación visual? (1 = Muy baja, 5 = Muy alta)
 - ☐ 1
 - ☐ 2
 - ☐ 3
 - ☐ 4
 - ☐ 5
- 3) Desde su perspectiva, ¿cuál considera que es un factor significativo que impide la adopción de BIM con programación visual?
 - ☐ Costos iniciales altos
 - ☐ Falta de capacitación
 - ☐ Complejidad tecnológica
 - ☐ Falta de apoyo de la dirección
 - ☐ Otro: Especifique _____

Sección 2: Contribución a la Precisión y Eficiencia

- 4) ¿Ha notado una mejora en la precisión de los entregables estructurales desde la implementación de programación visual en BIM?
 - ☐ Sí
 - ☐ No

- 5) ¿La implementación de programación visual en BIM ha reducido el tiempo necesario para completar tareas repetitivas o complejas?
 - Sí
 - No
- 6) En una escala del 1 al 5, ¿cuánto ha mejorado la eficiencia general del proyecto con la adopción de BIM con programación visual? (1 = Nada, 5 = Mucho)
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5

Sección 3: Reducción de Sobre costos y Retrasos

- 7) ¿Considera que la programación visual en BIM ha contribuido a la reducción de sobre costos en sus proyectos?
 - Sí
 - No
- 8) ¿Ha observado una reducción en los retrasos de los proyectos debido a la implementación de programación visual en BIM?
 - Sí
 - No

Sección 4: Mejoras en la Gestión de la Información

- 9) ¿Ha mejorado la gestión de la información en los proyectos desde la implementación de programación visual en BIM?
 - Sí
 - No
- 10) ¿Cómo calificaría la mejora en la accesibilidad y calidad de la información durante todas las fases del proyecto? (1 = Nada mejorado, 5 = Altamente mejorado)
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5

Comentarios Adicionales: 16.

- 11) ¿Tiene algún comentario o sugerencia sobre cómo mejorar la adopción y eficacia de BIM con programación visual en la industria de la construcción?
 - (Espacio para comentarios)
- 12) Consentimiento para Uso de Datos: 17. ¿Acepta que la información proporcionada en esta encuesta sea utilizada para fines de investigación? (Nota: Todas las respuestas serán tratadas con la máxima confidencialidad y solo se utilizarán para fines de este estudio.)
 - Sí
 - No

Esta encuesta está diseñada para ser administrada electrónicamente, lo que facilita la compilación y análisis de datos. Asegura abordar cada una de las hipótesis específicas y proporciona información crucial sobre cómo la programación visual en BIM está impactando en diferentes aspectos de la gestión de proyectos de construcción. Además, la información recopilada ayudará a identificar áreas clave para mejoras futuras y para desarrollar el modelo matemático propuesto en la investigación.

Anexo 03. Instrumentos de recolección de información – Profesionales de la construcción

Para diseñar una encuesta que efectivamente relacione cada pregunta con los objetivos específicos de la investigación sobre la implementación de herramientas de programación visual en la metodología BIM, es crucial estructurar las preguntas de manera que directamente aborden los aspectos clave de los objetivos y permitan el análisis detallado necesario para probar las hipótesis. A continuación, se presenta la encuesta, organizada por objetivos específicos, y enlazando cada pregunta a los instrumentos de recolección de información mencionados anteriormente:

Encuesta Detallada para Profesionales de la Construcción por objetivo de estudio

Instrucciones Iniciales: Por favor, complete esta encuesta que busca entender la implementación y los efectos de la programación visual en BIM en proyectos de construcción en Perú. Su participación es voluntaria y toda la información será tratada de manera confidencial.

Información General del Respondiente:

Nombre (opcional):

Edad:

Profesión/Ocupación:

Años de experiencia en la industria de la construcción:

Rol en el proyecto: (Dropdown: Ingeniero, Arquitecto, Gestor de proyecto, Otro (especificar))

Objetivo 1: Identificar barreras para la adopción de BIM con programación visual

- P1. ¿Ha recibido formación específica en BIM con programación visual? (Sí/No)
 - Instrumento: Encuesta directa para identificar barreras educativas.
- P2. ¿Cómo calificaría la resistencia al cambio dentro de su organización respecto a nuevas tecnologías como BIM con programación visual? (Escala de 1 a 5)
 - Instrumento: Escala Likert en encuesta, análisis descriptivo y correlacional para medir resistencia al cambio.
- P3. ¿Considera que los costos iniciales son una barrera para la adopción de BIM con programación visual? (Sí/No, y si sí, por favor explique)
 - Instrumento: Pregunta directa en encuesta para identificar percepciones de costos.

Objetivo 2: Evaluar la contribución de la programación visual en BIM a la precisión y eficiencia de los proyectos

- P4. ¿Ha notado una mejora en la precisión de los entregables estructurales desde la implementación de BIM con programación visual? (Sí/No)
 - Instrumento: Encuesta y revisión documental de errores registrados en proyectos.
- P5. ¿Ha reducido la programación visual en BIM el tiempo necesario para completar tareas repetitivas o complejas? (Sí/No)
 - Instrumento: Encuesta y revisión documental de tiempos de ejecución.

Objetivo 3: Determinar el impacto de la programación visual en BIM en la reducción de costos y retrasos en los proyectos

- P6. ¿Ha contribuido la programación visual en BIM a la reducción de sobrecostos en sus proyectos? (Sí/No)
 - Instrumento: Revisión documental comparativa de presupuestos y costos finales.

- P7. ¿Ha observado una disminución en los retrasos de los proyectos gracias al uso de programación visual en BIM? (Sí/No)
 - Instrumento: Revisión documental comparativa de cronogramas de proyectos.

Objetivo 4: Investigar mejoras en la gestión de la información debido a la programación visual en BIM

- P8. ¿Ha mejorado la gestión de la información en los proyectos con la implementación de BIM con programación visual? (Sí/No)
 - Instrumento: Encuestas y entrevistas para recoger percepciones sobre la gestión de la información.
- P9. ¿Cómo calificaría la accesibilidad y calidad de la información durante todas las fases del proyecto con programación visual en BIM? (Escala de 1 a 5)
 - Instrumento: Encuesta y análisis descriptivo y correlacional para evaluar la calidad de la información.

Consentimiento para Uso de Datos:

- ¿Acepta que la información proporcionada en esta encuesta sea utilizada para fines de investigación? (Sí/No)

Esta encuesta, al estar directamente alineada con los objetivos específicos de la investigación, permitirá recopilar datos pertinentes y significativos que apoyarán el análisis requerido para validar o refutar las hipótesis planteadas. Además, la estructura detallada facilitará la correlación directa entre las respuestas obtenidas y los análisis propuestos, garantizando que cada aspecto de la implementación de programación visual en BIM sea examinado de manera exhaustiva.

Anexo 04. Instrumentos de recolección de datos para su implementación.

Para ejecutar satisfactoriamente la tesis sobre la implementación de herramientas de programación visual dentro de la metodología BIM en proyectos de construcción en Perú, es esencial desarrollar una serie de instrumentos bien definidos que permitan la recolección, análisis e interpretación de datos de manera eficaz y coherente. A continuación, se presenta una lista detallada de los instrumentos necesarios para cada etapa de la investigación:

Instrumentos de Recolección de Datos

1. Encuestas Detalladas

- **Objetivo:** Recopilar información cuantitativa sobre la percepción y experiencia de los profesionales con respecto a BIM y programación visual.
- **Formato:** Encuestas digitales diseñadas con plataformas como Google Forms o SurveyMonkey para facilitar la distribución y recolección de datos.
- **Contenido:** Preguntas cerradas con opciones múltiples, escalas Likert para medir actitudes y percepciones, y secciones de respuesta abierta para comentarios detallados.

2. Revisión Documental

- **Objetivo:** Analizar documentos y registros de proyectos para obtener medidas objetivas sobre la precisión, costos y tiempos.
- **Instrumento:** Checklists de revisión para identificar y evaluar documentos relevantes, como planos, presupuestos y cronogramas de proyectos.

3. Modelo Matemático en BIM

- **Objetivo:** Simular y analizar los impactos de la programación visual en la eficiencia y precisión de los proyectos.
- **Desarrollo:** Creación de un modelo matemático integrado en software BIM que permita ejecutar análisis predictivos y de optimización.

Instrumentos de Análisis de Datos

1. Software Estadístico

- Uso: Para análisis descriptivos, correlacionales, de regresión y ANOVA.
- Herramientas Sugeridas: SPSS, Stata, R, o Python para análisis cuantitativos detallados y manejo de grandes volúmenes de datos.

Instrumentos de Documentación y Presentación

1. Base de Datos de Referencia

- Objetivo: Mantener un registro organizado de toda la literatura revisada, datos recolectados y análisis realizados.
- Herramienta: Uso de software de gestión de referencias como Zotero o EndNote.

2. Herramientas de Presentación de Datos

- Uso: Para la visualización de datos y presentación de resultados.

Estos instrumentos, meticulosamente seleccionados y desarrollados, proporcionarán el soporte necesario para realizar una investigación rigurosa y comprensiva, permitiendo no solo validar las hipótesis planteadas sino también generar recomendaciones sólidas y prácticas basadas en datos robustos y análisis detallados.

Anexo 05. guía para el encuestador

Para garantizar que las encuestas sean efectivamente administradas y que los datos recopilados sean de alta calidad y relevantes para la investigación sobre la implementación de herramientas de programación visual en la metodología BIM, es esencial proporcionar una guía detallada para el encuestador. Aquí te presento algunas recomendaciones clave para ayudar al encuestador a realizar su tarea de manera eficiente y efectiva:

Preparación y Conocimiento

- **Conozca la Encuesta:** Antes de administrar la encuesta, familiarícese completamente con el contenido, propósito y contexto de cada pregunta.
- **Entienda los Objetivos de la Investigación:** Comprenda cómo cada parte de la encuesta contribuye a los objetivos generales de la investigación para poder explicarlo claramente a los encuestados si tienen preguntas.

Comunicación Clara

- **Instrucciones Claras:** Asegúrese de proporcionar instrucciones claras y concisas al inicio de la encuesta para informar a los participantes sobre cómo responder.
- **Explicar el Propósito:** Informe a los encuestados sobre el propósito de la investigación y cómo sus respuestas contribuirán a mejorar la implementación de BIM con programación visual.

Ética y Consentimiento

- **Confidencialidad:** Asegure a los encuestados que su información es confidencial y que solo se utilizará para fines de investigación.
- **Consentimiento Informado:** Obtenga el consentimiento informado de cada participante, explicando claramente qué datos se recogerán y cómo se utilizarán.

Manejo de Datos

- **Precisión en la Captura de Datos:** Asegúrese de que todas las respuestas sean registradas de manera precisa. Si la encuesta es en papel, revise cada una al recibirla para verificar que todas las secciones estén completas.

- Seguridad de los Datos: Mantenga la seguridad de los datos recopilados, utilizando medios electrónicos seguros para almacenar la información y asegurándose de que solo las personas autorizadas tengan acceso.

Interacción con los Encuestados

- Ser Profesional y Respetuoso: Mantenga un comportamiento profesional y respetuoso en todo momento. Sea paciente y cortés, especialmente si un encuestado necesita tiempo adicional para comprender o responder las preguntas.
- Manejo de Preguntas: Esté preparado para responder preguntas sobre la encuesta y su propósito sin dar información que pueda influir en las respuestas del encuestado.

Seguimiento

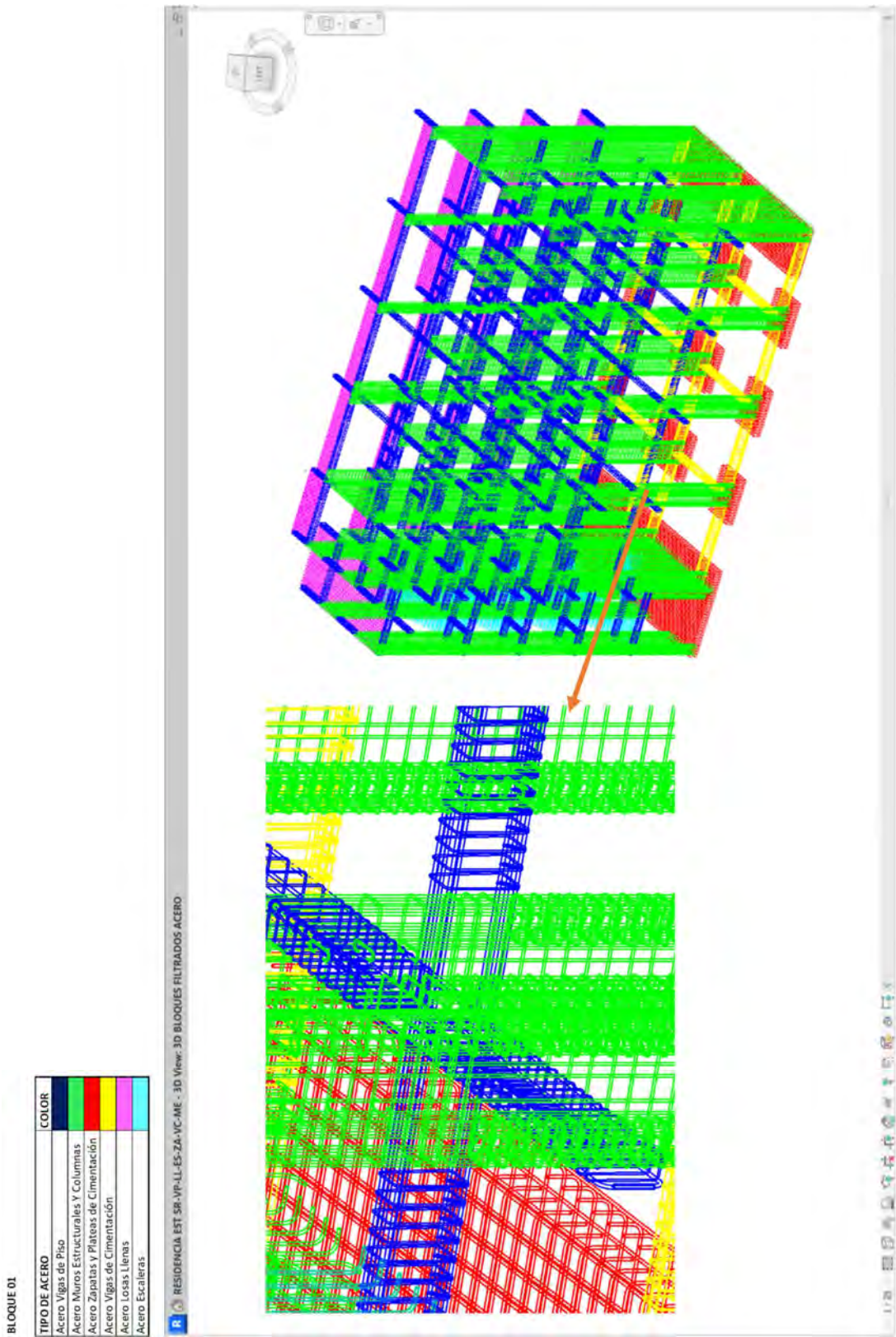
- Agradecimientos: Agradezca a cada participante por su tiempo y contribución a la investigación.
- Disponibilidad para Seguimiento: Proporcione a los encuestados información de contacto en caso de que tengan preguntas posteriores sobre la investigación o deseen obtener información sobre los resultados de la encuesta.

Capacitación Continua

- Entrenamiento sobre Herramientas de Programación Visual en BIM: Si es posible, ofrezca formación sobre BIM y programación visual para que los encuestadores comprendan mejor las tecnologías sobre las que están recopilando datos.

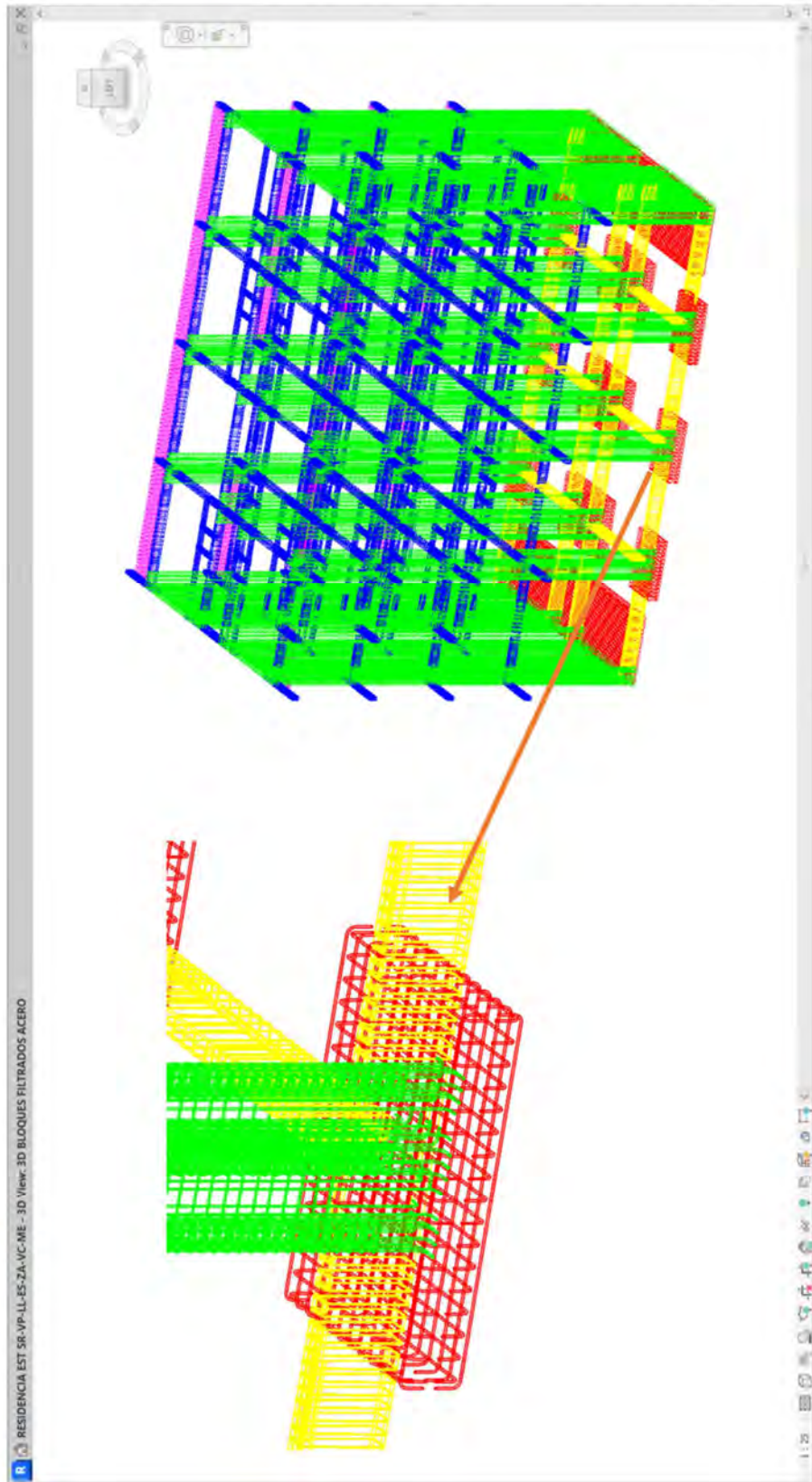
Implementando estas recomendaciones, los encuestadores estarán mejor equipados para realizar su trabajo de manera efectiva, lo que a su vez garantizará la recolección de datos de alta calidad y relevancia para la investigación.

Anexo 06. Filtros de visualización de acero de refuerzo



BLOQUE 02

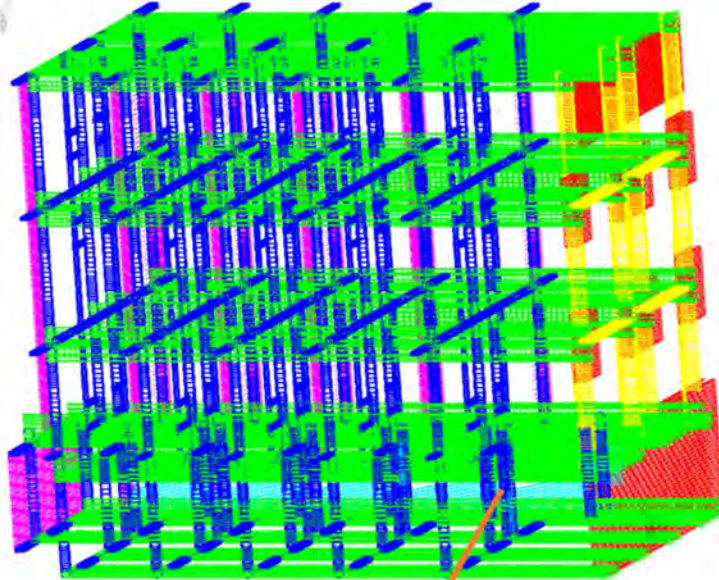
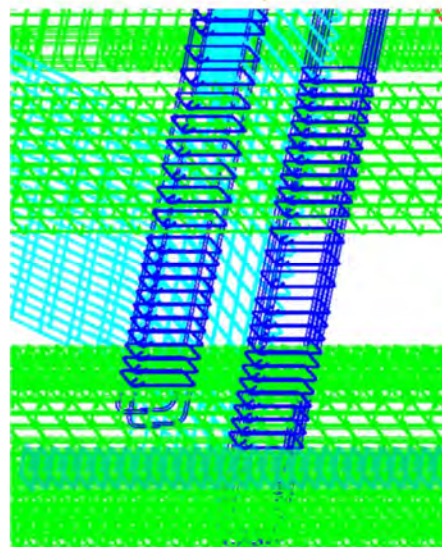
TIPO DE ACERO	COLOR
Acero Vigas de Piso	Verde
Acero Muros Estructurales Y Columnas	Azul
Acero Zapatas y Placas de Cimentación	Rojo
Acero Vigas de Cimentación	Amarillo
Acero Losas Llenas	Naranja
Acero Escaleras	Púrpura



BLOQUE 03

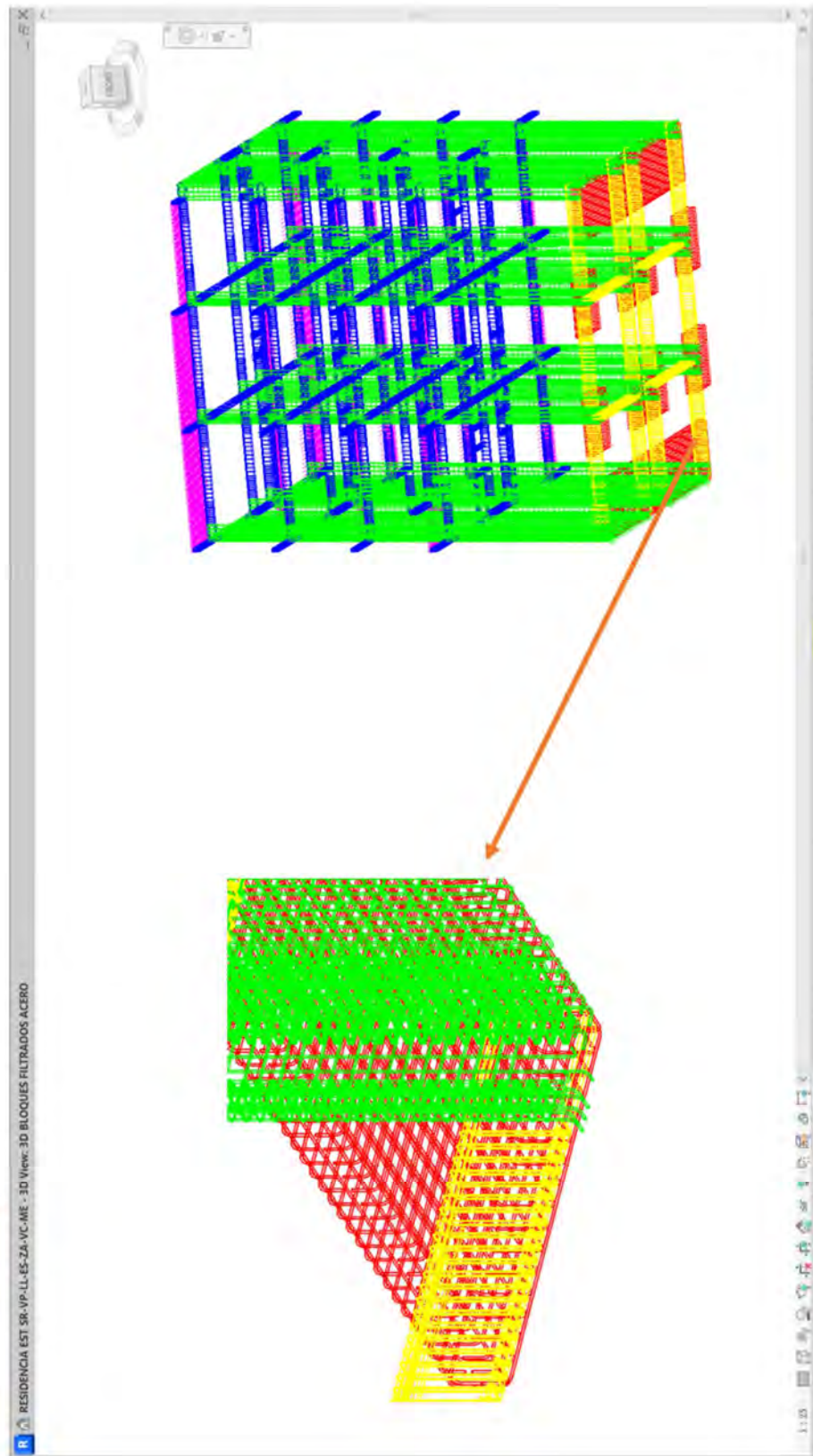
TIPO DE ACERO	COLOR
Acero Vigas de Piso	Verde
Acero Muros Estructurales Y Columnas	Azul
Acero Zapatas y Plateas de Cimentación	Rojo
Acero Vigas de Cimentación	Amarillo
Acero Losas Llenas	Púrpura
Acero Escaleras	Cian

RESIDENCIA EST SR-VP-LL-ES-ZA-VC-ME - 3D View: 3D BLOQUES FILTRADOS ACERO



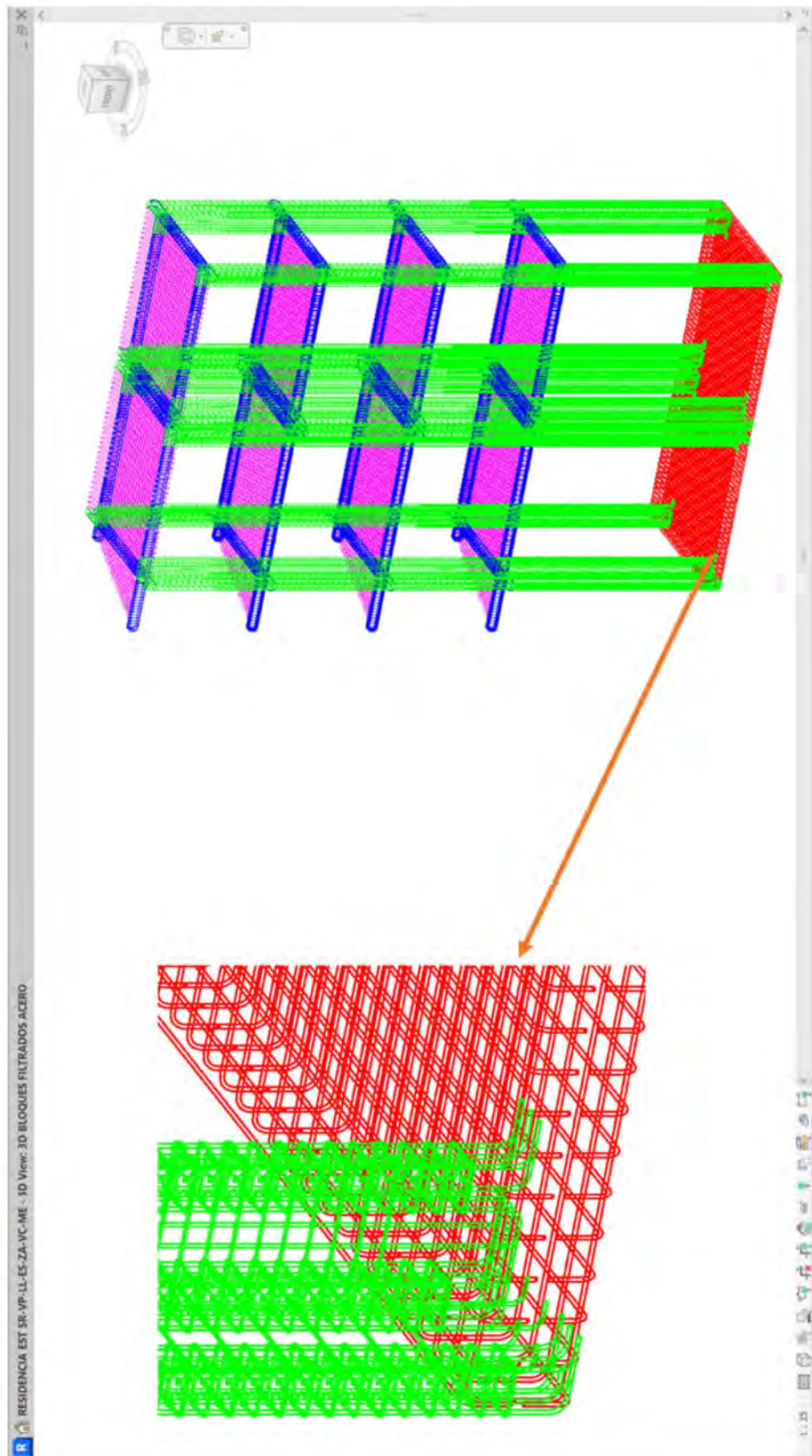
BLOQUE 04

TIPO DE ACERO	COLOR
Acero Vigas de Piso	Verde
Acero Muros Estructurales Y Columnas	Azul
Acero Zapatas y Placas de Cimentación	Rojo
Acero Vigas de Cimentación	Amarillo
Acero Losas Llenas	Púrpura
Acero Escaleras	Cian



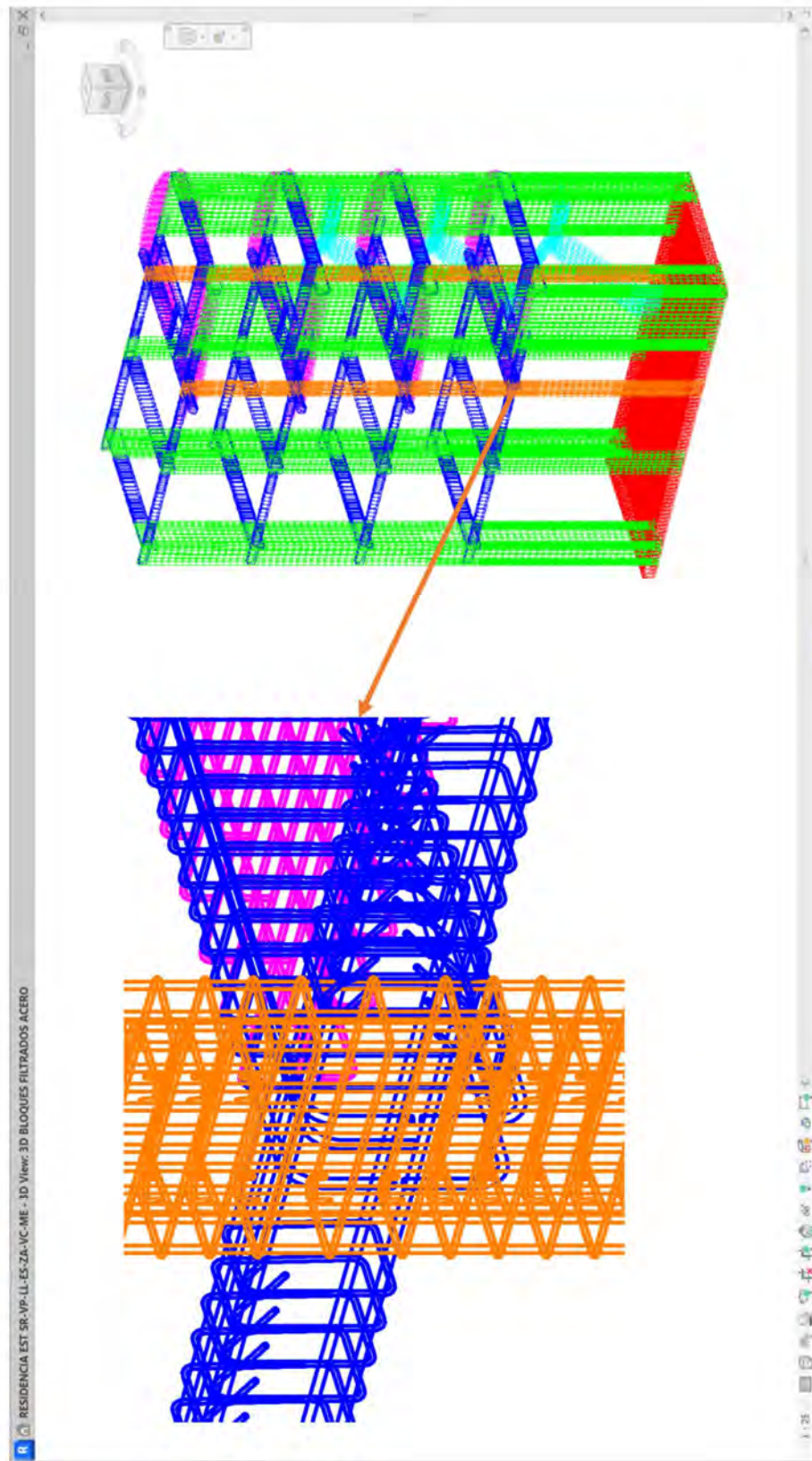
BLOQUE 05

TIPO DE ACERO	COLOR
Acero Vigas de Piso	
Acero Muros Estructurales Y Columnas	
Acero Zapatas y Placas de Cimentación	
Acero Vigas de Cimentación	
Acero Losas Llenas	
Acero Escaleras	



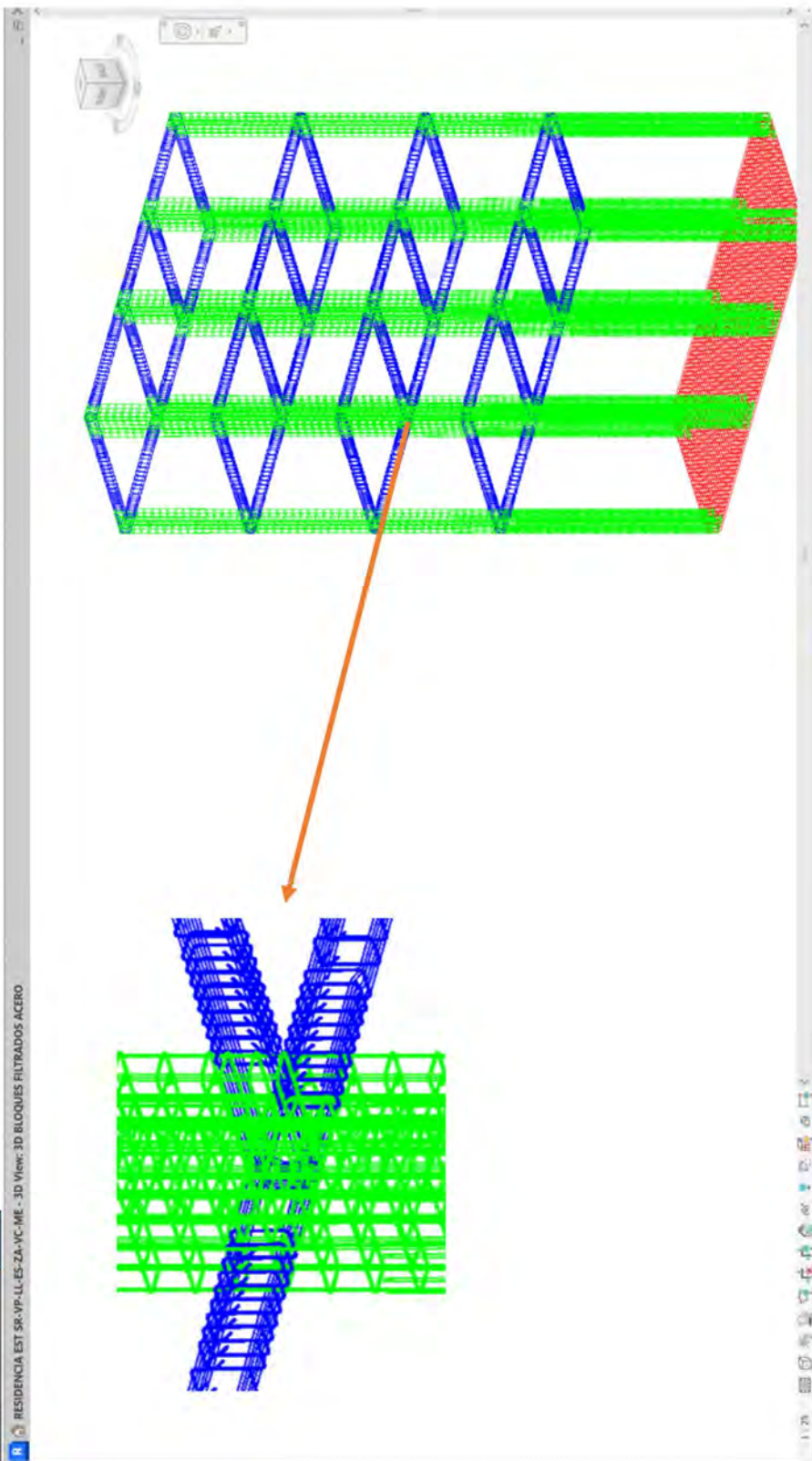
BLOQUE 06

TIPO DE ACERO	COLOR
Acero Vigas de Piso	Verde
Acero Muros Estructurales Y Columnas	Azul
Acero Zapatas y Placas de Cimentación	Naranja
Acero Vigas de Cimentación	Pink
Acero Losas Llenas	Cyan
Acero Escaleras	Red



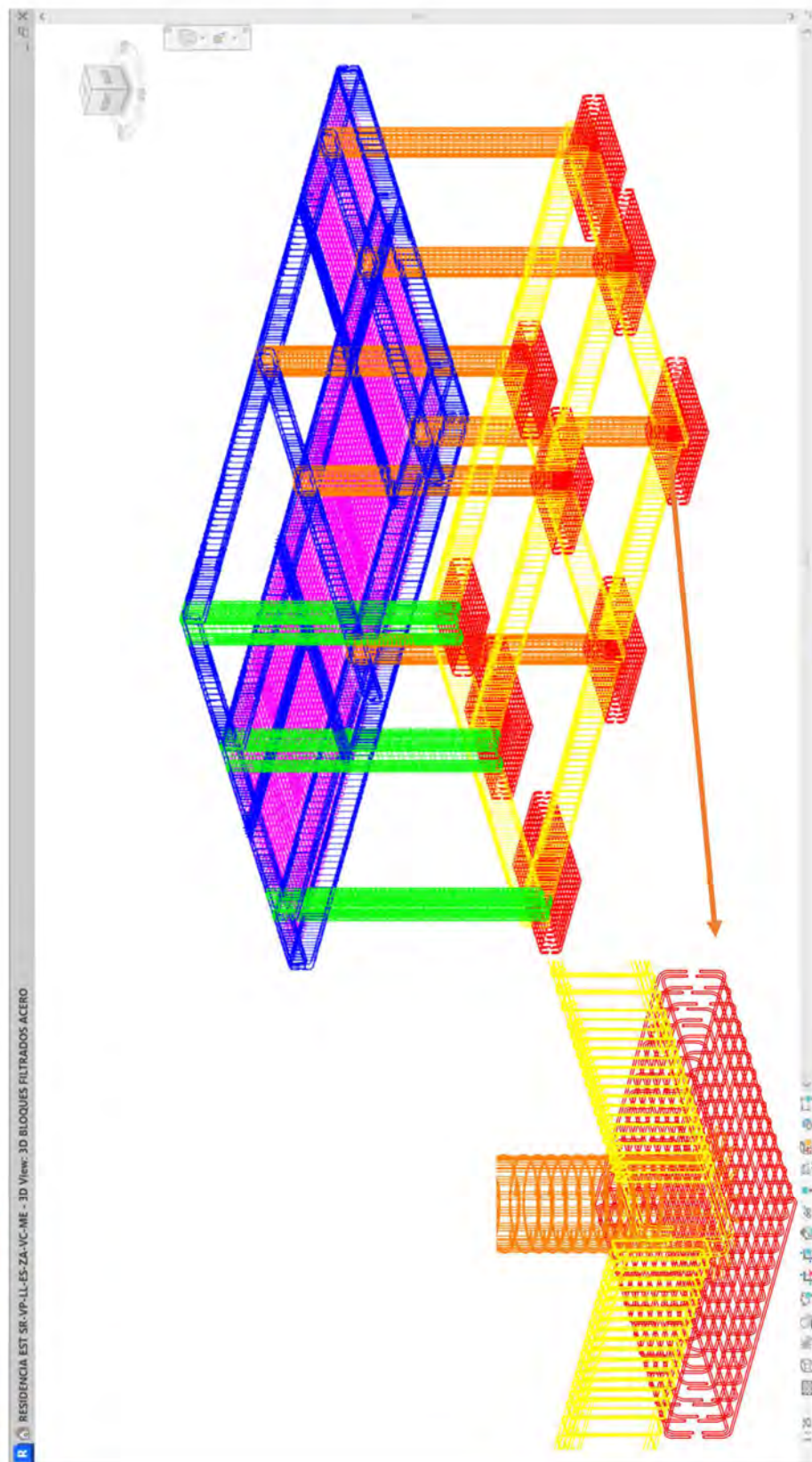
BLOQUE 07

TIPO DE ACERO	COLOR
Acero Vigas de Piso	
Acero Muros Estructurales Y Columnas	
Acero Zapatas y Platos de Cimentación	
Acero Vigas de Cimentación	
Acero Losas Llenas	
Acero Escaleras	



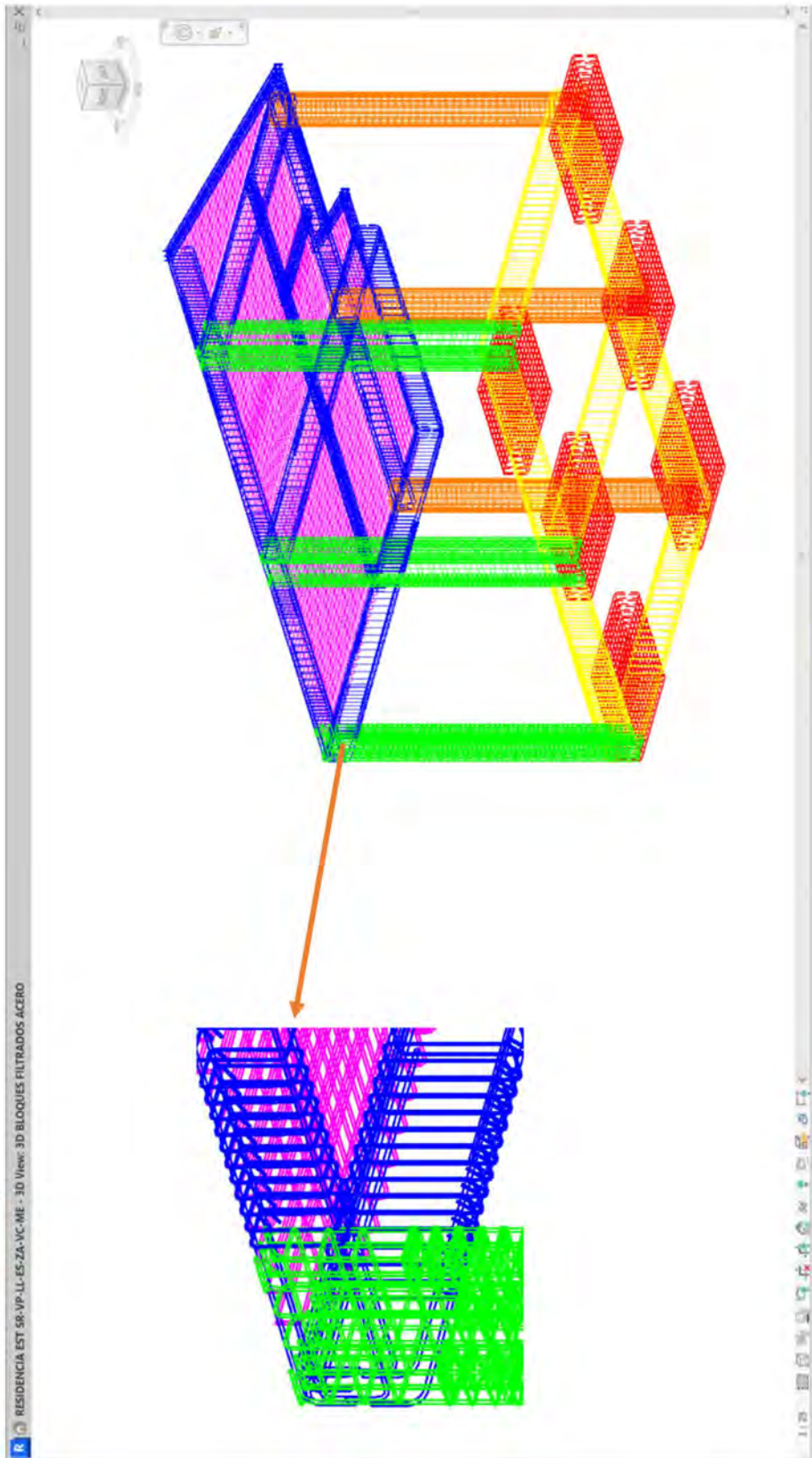
BLOQUE 08

TIPO DE ACERO	COLOR
Acero Vigas de Piso	Verde
Acero Muros Estructurales Y Columnas	Azul
Acero Zapatas y Placas de Cimentación	Naranja
Acero Vigas de Cimentación	Rojo
Acero Losas Llenas	Amarillo
Acero Escaleras	Púrpura



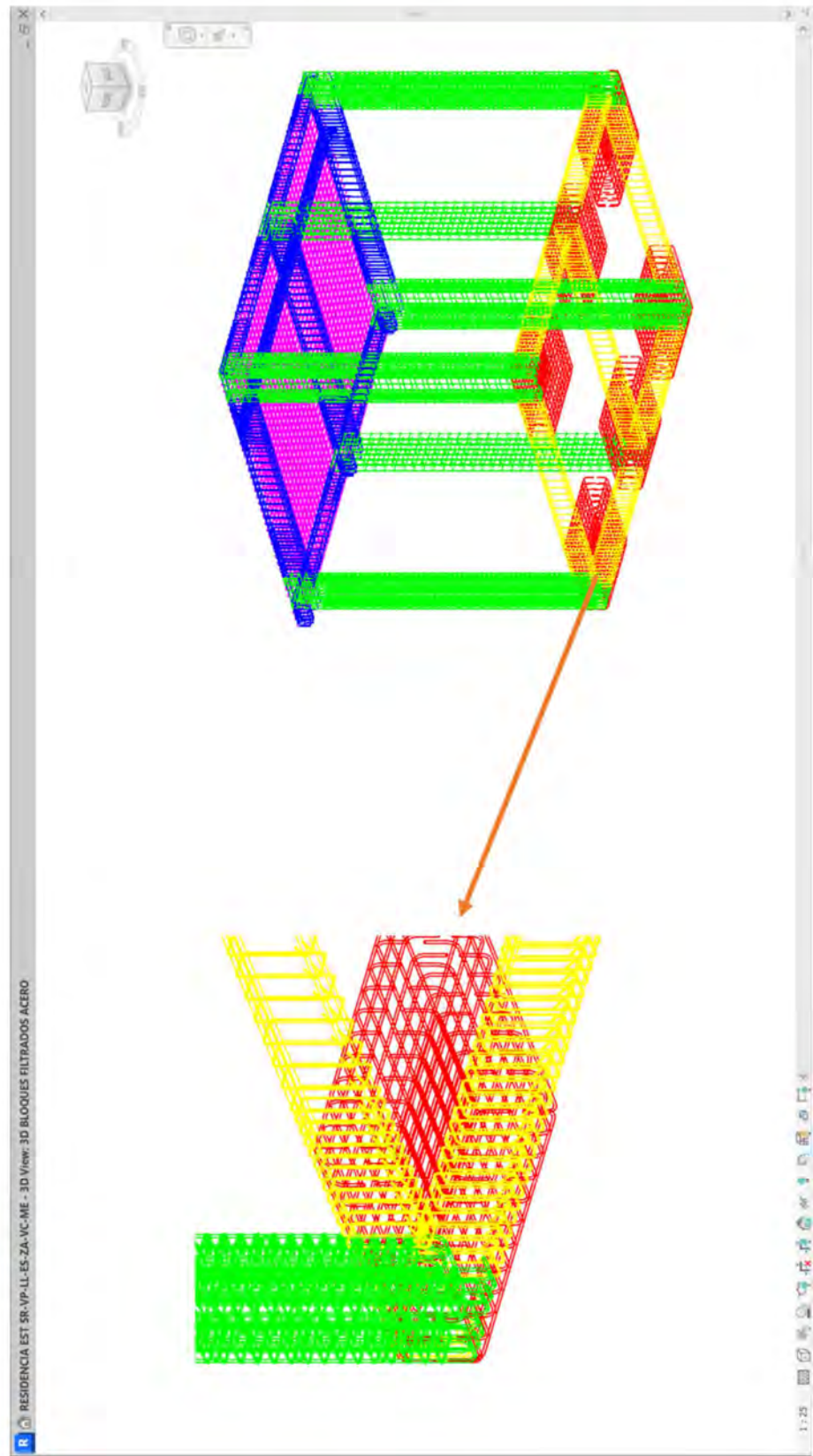
BLOQUE 09

TIPO DE ACERO	COLOR
Acero Vigas de Piso	Verde
Acero Muros Estructurales Y Columnas	Azul
Acero Zapatas y Plateas de Cimentación	Rojo
Acero Vigas de Cimentación	Amarillo
Acero Losas Llenas	Púrpura
Acero Escaleras	Cian

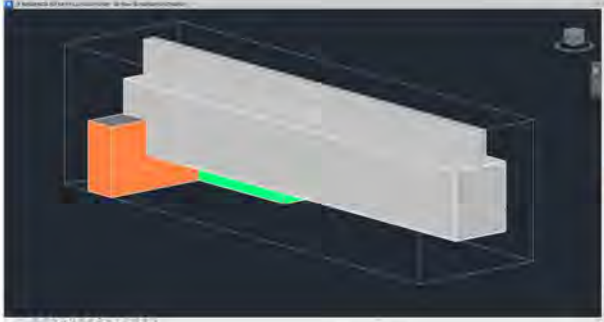
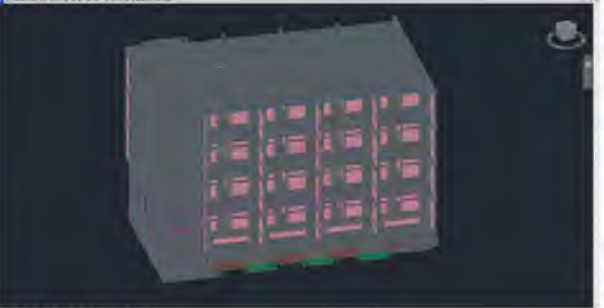


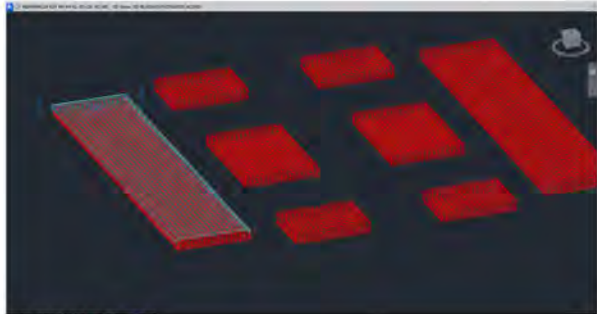
BLOQUE 10

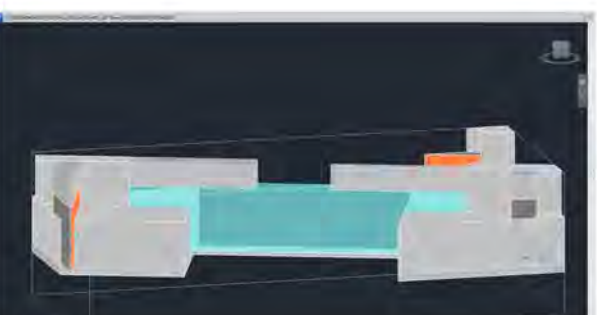
TIPO DE ACERO	COLOR
Acero Vigas de Piso	Verde
Acero Muros Estructurales Y Columnas	Azul
Acero Zapatas y Placas de Cimentación	Rojo
Acero Vigas de Cimentación	Amarillo
Acero Losas Llenas	Púrpura
Acero Escaleras	Cian

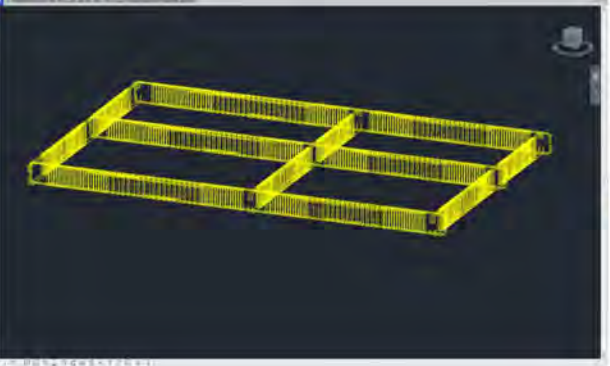
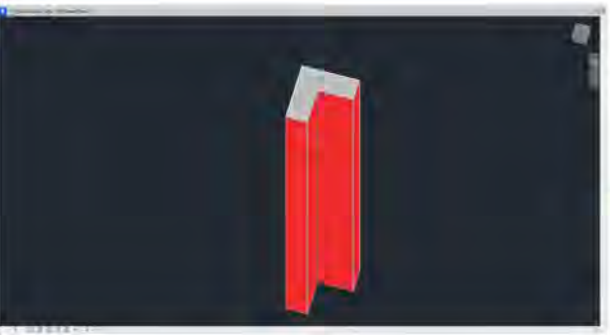


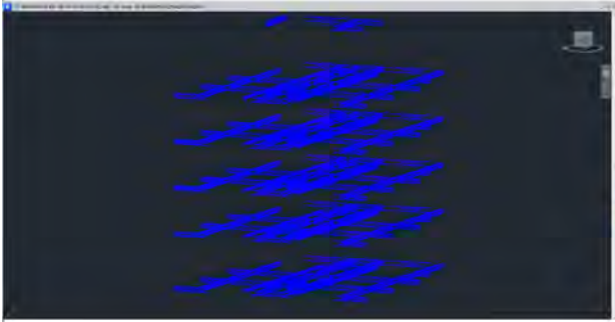
Anexo 07. Análisis de divergencias de resultados

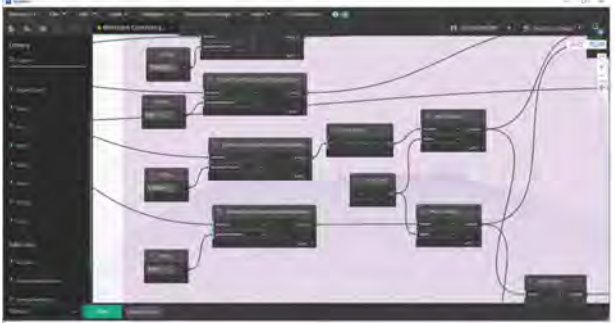
PARTIDA CIMENTOS CORRIDOS UBICACIÓN PRIMER NIVEL BLOQUE 09	OBSERVACIÓN
	En la imagen se aprecia una interferencia entre una viga de cimentación "color naranja" con un cimiento corrido "color plomo" en la cimentación del bloque 09. Cuando se hace el metrado de forma tradicional estos detalles son completamente imperceptibles, mientras que cuando se utiliza el Script en DYNAMO se extrae únicamente el volumen de concreto real (volumen de cimiento corrido menos el de la viga de cimentación). RECOMENDACIONES Se recomienda hacer el modelamiento de forma exacta, sobre todo considerando el nivel de fundación de cada uno de los elementos, en este caso el de la viga de cimentación y del cimiento corrido, así como asignar los parámetros de forma pertinente para evitar confusiones.
PARTIDA FALSO PISOS UBICACIÓN FALSO PISO - CORREDOR PRIMER NIVEL - BLOQUE 01	OBSERVACIÓN
	Los falso pisos generalmente poseen geometrías complejas, debido a que tienen que adaptarse a las secciones de elementos estructurales verticales, como columnas, muros estructurales, sobrecimientos, etc. Cuando se hace el metrado de forma tradicional muchas veces se omiten estas características, con el uso del script de DYNAMO es posible extraer el área y si es necesario el volumen de forma exacta. RECOMENDACIONES Se recomienda que cuando se realice el modelamiento de falso pisos, asignar parámetros de identificación como el nombre de ambiente para así cuando se extraiga la información se tengan los datos suficientes para ubicar a estos elementos.

PARTIDA	ACERO EN REFUERZO DE ZAPATAS	OBSERVACIÓN
UBICACIÓN	CIMENTACIÓN - BLOQUE 04	
		Se debe de tener particular cuidado cuando se modelan elementos de grandes dimensiones que contengan acero de refuerzo, especialmente considerar los ganchos y longitudes de desarrollo en traslapes.
		RECOMENDACIONES
		Es recomendable modelar los traslapes, así como se hace en los elementos horizontales y verticales. También es posible modificar el script de DYNAMO para que reconozca las varillas con longitudes mayores a 9.00m,

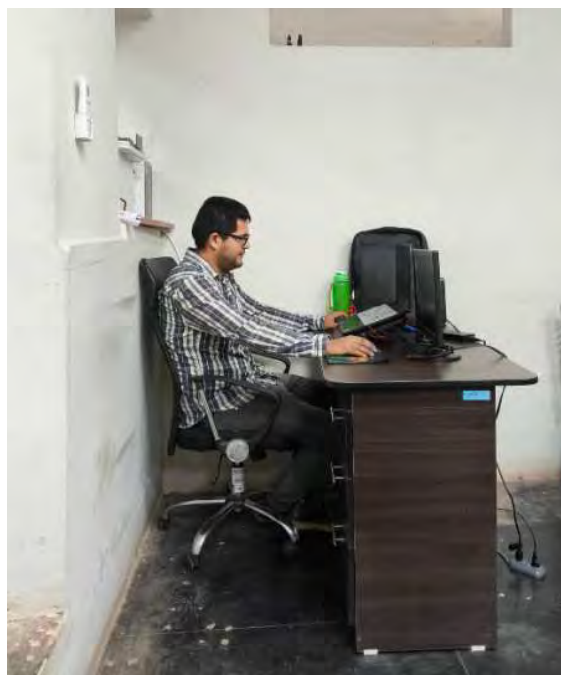
PARTIDA	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACIÓN	OBSERVACIÓN
UBICACIÓN	CIMENTACIÓN - BLOQUE 02	
		Una gran ventaja al momento utilizar el script de DYNAMO para el concreto de vigas de cimentación, es poder extraer el volumen neto a utilizarse. De forma tradicional se tendría sumar los volúmenes de la parte libre y las porciones que queden libres en las intersecciones, lo cual demandaría un mayor trabajo y tiempo.
		RECOMENDACIONES
		Es recomendable que cuando se haga el modelamiento se utilicen colores superficiales en los elementos para poder visualizar sus posibles interferencias.

PARTIDA ACERO VIGAS DE CIMENTACIÓN UBICACIÓN CIMENTACIÓN - BLOQUE 08	OBSERVACIÓN
	Es necesario modelar los traslapes en las vigas de cimentación, estos deben estar de acuerdo a las longitudes de desarrollo demandadas por la norma, cuando se hace el metrado de forma tradicional muchas veces estos ganchos y traslapes no son considerados. Con el uso del script de DYNAMO es posibles extraer con exactitud las dimensiones de estos elementos, así como el resto de sus propiedades. RECOMENDACIONES Se recomienda realizar el modelamiento del acero de refuerzo tal como se utilizara en obra, considerando todos sus dobleces y traslapes necesarios.
PARTIDA CONCRETO MUROS ESTRUCTURALES UBICACIÓN CIMENTACIÓN - BLOQUE 08	OBSERVACIÓN
	El script de DYNAMO para muros estructurales extrae el volumen de cada elemento modelado, este parámetro VOLUME es numéricamente exacto, por lo que el resultado final será exacto, muchas en proyectos de regular y gran envergadura es posible tener algún error metrande de forma tradicional. RECOMENDACIONES El volumen extraído con el script de DYNAMO, puede ser utilizado como referencia para verificar los metrados de expedientes realizados de forma tradicional.

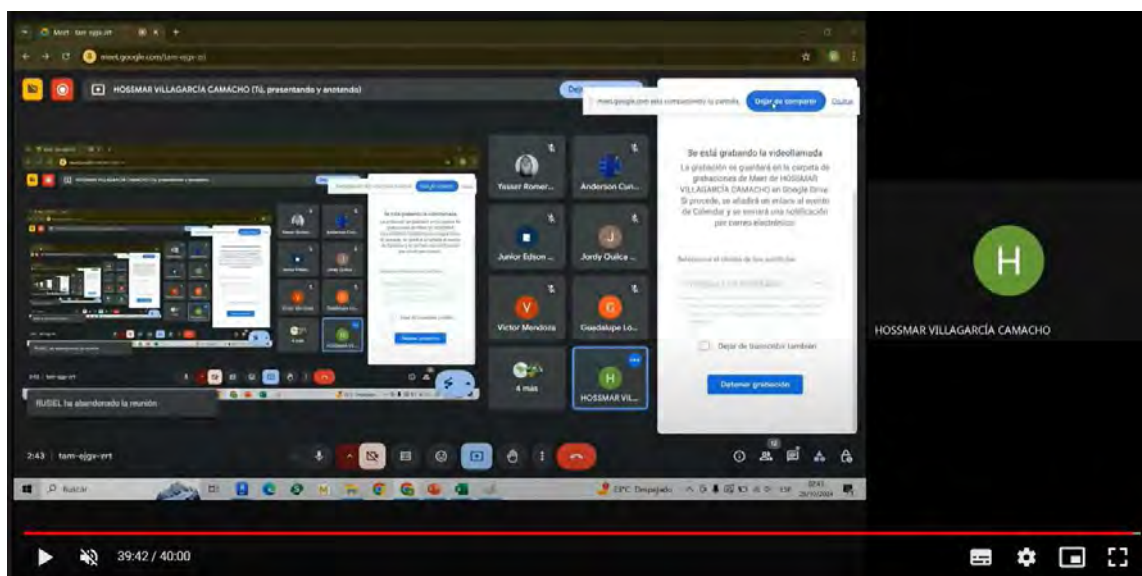
PARTIDA	ACERO DE REFUERZO VIGAS	OBSERVACIÓN
UBICACIÓN	BLOQUE 03	
		En el caso del acero de refuerzo en vigas, muchas veces cuando se hace el metrado de forma tradicional se omiten los traslapes y ganchos de acuerdo a las longitudes de desarrollo. Con el script de DYNAMO se extrae de forma exacta las dimensiones de estos elementos evitando cualquier error.
		RECOMENDACIONES
		Para los traslapes considerar la normativa vigente en cuanto a las longitudes de desarrollo, se debe asignar los parámetros de ubicación como Nivel y Ejes.

PARTIDA	CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS	OBSERVACIÓN
UBICACIÓN	BLOQUE 03	
		Es ampliamente sabido que las losas aligeradas están compuestas por viguetas y una losa de peralte reducido en la parte superior, la forma generalmente usada para metrar el concreto es contar las viguetas y hallar el área de la losa superior. Sin embargo, en el script de DYNAMO para losas aligeradas se ha creado un algoritmo que a partir de las dimensiones de la losa y el tipo de ladrillo que se use se calcule de forma inmediata el volumen de concreto y encofrado.
		RECOMENDACIONES
		Se recomienda diferenciar las losas aligeradas según su peralte, el algoritmo creado trabaja de forma diferente para las losas de 20cm que para las de 30cm.

Anexo 08. Fotografías y Capturas de pantalla



Desarrollo del Modelamiento BIM y Creación de Scripts en la UEI UNIQ



Captura de Pantalla durante presentación del proyecto a profesionales UEI

Anexo 09. Constancia de trabajo en el UEI UNIQ del tesista



CONSTANCIA

Quillabamba, 23 de octubre 2024

A quien corresponda,

Por medio de la presente, la Unidad Ejecutora de inversiones hace constar que el **ING. HOSSMAR VILLAGARCIA CAMACHO**, con DNI 72429495 y CIP 207327 se encuentra trabajando en nuestra oficina, **UNIDAD EJECUTORA DE INVERSIONES**, desde 12/02/2024 en el cargo de **Formulador de Expedientes Técnicos 2 (LCEP-2) – Especialidad de Estructuras**. Durante su tiempo en nuestra organización, ha demostrado un alto nivel de competencia técnica y profesionalismo en los proyectos asignados, siendo responsable de la planificación, diseño y análisis estructural de diversos proyectos de infraestructura.

Adicionalmente, el **ING. HOSSMAR VILLAGARCIA CAMACHO** está desarrollando una investigación correspondiente a su Tesis de Maestría, la cual se enfoca en la aplicación de programación visual y Building Information Modeling (BIM) para mejorar los procesos de cuantificación en la especialidad de estructuras. Su investigación tiene como objetivo optimizar la obtención de métricas y cantidades relacionadas con los elementos estructurales en proyectos constructivos, utilizando herramientas de programación visual como Dynamo y Revit.

Cabe destacar que el caso de estudio de dicha investigación se basa en uno de los proyectos actuales que está llevando a cabo nuestra oficina, lo que permite aplicar en un entorno real las mejoras planteadas en su investigación.

Agradecemos la dedicación y el esfuerzo que el **ING. HOSSMAR VILLAGARCIA CAMACHO** ha invertido tanto en su trabajo en la oficina como en su desarrollo académico, y confiamos en que su proyecto aportará valiosos avances a la optimización en el desarrollo de la especialidad de estructuras para expedientes técnicos de edificaciones.

Quedamos a su disposición para cualquier consulta adicional.

Atentamente,

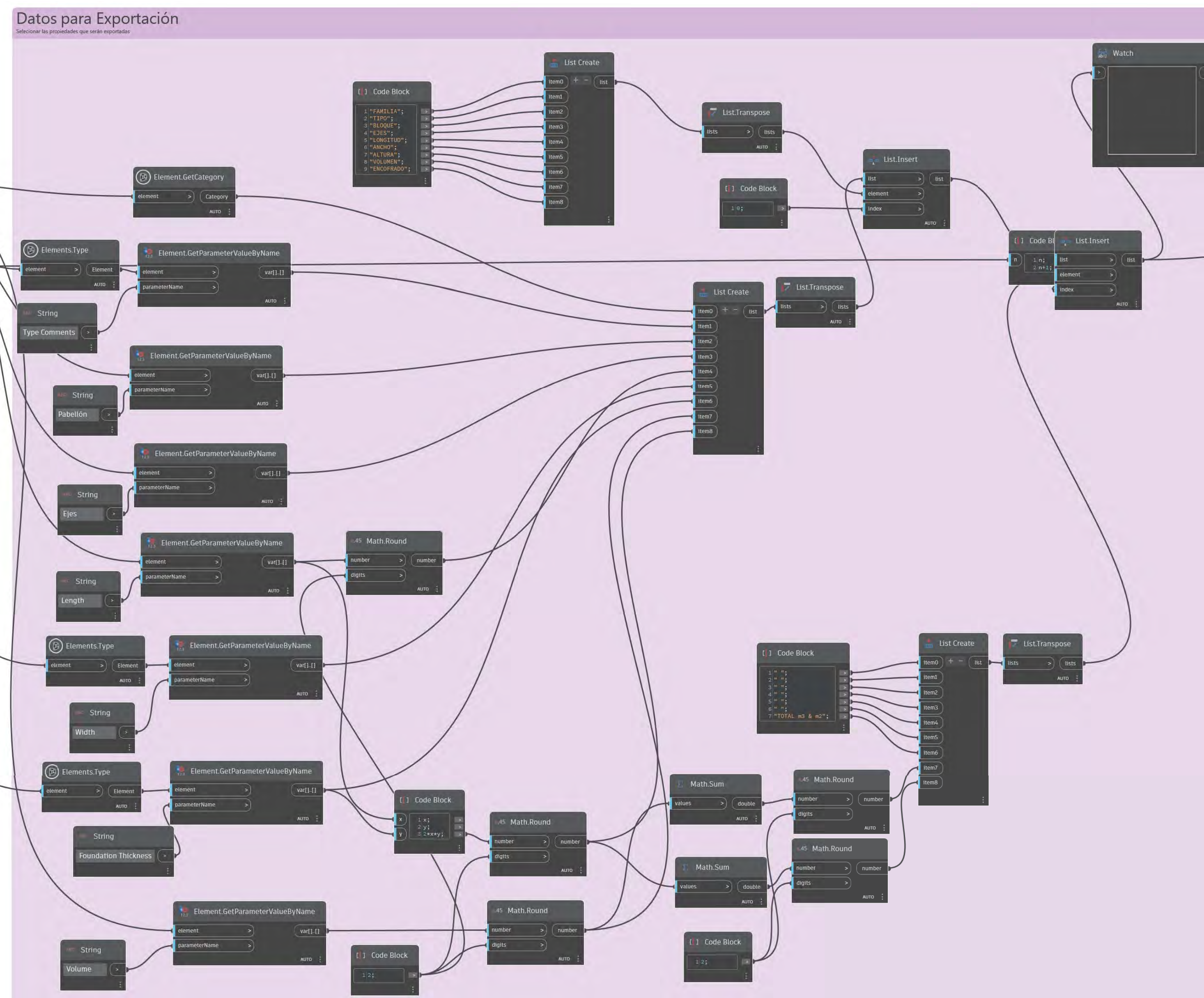
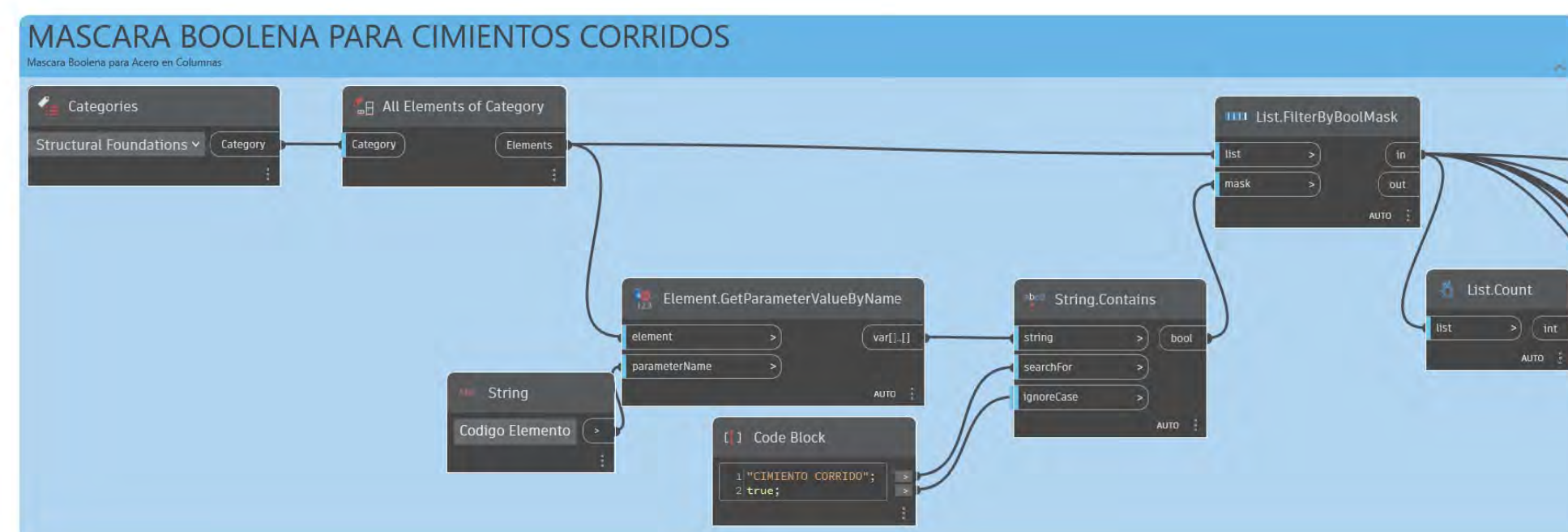
UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE QUILLABAMBA
DIRECCION GENERAL DE ADMINISTRACION



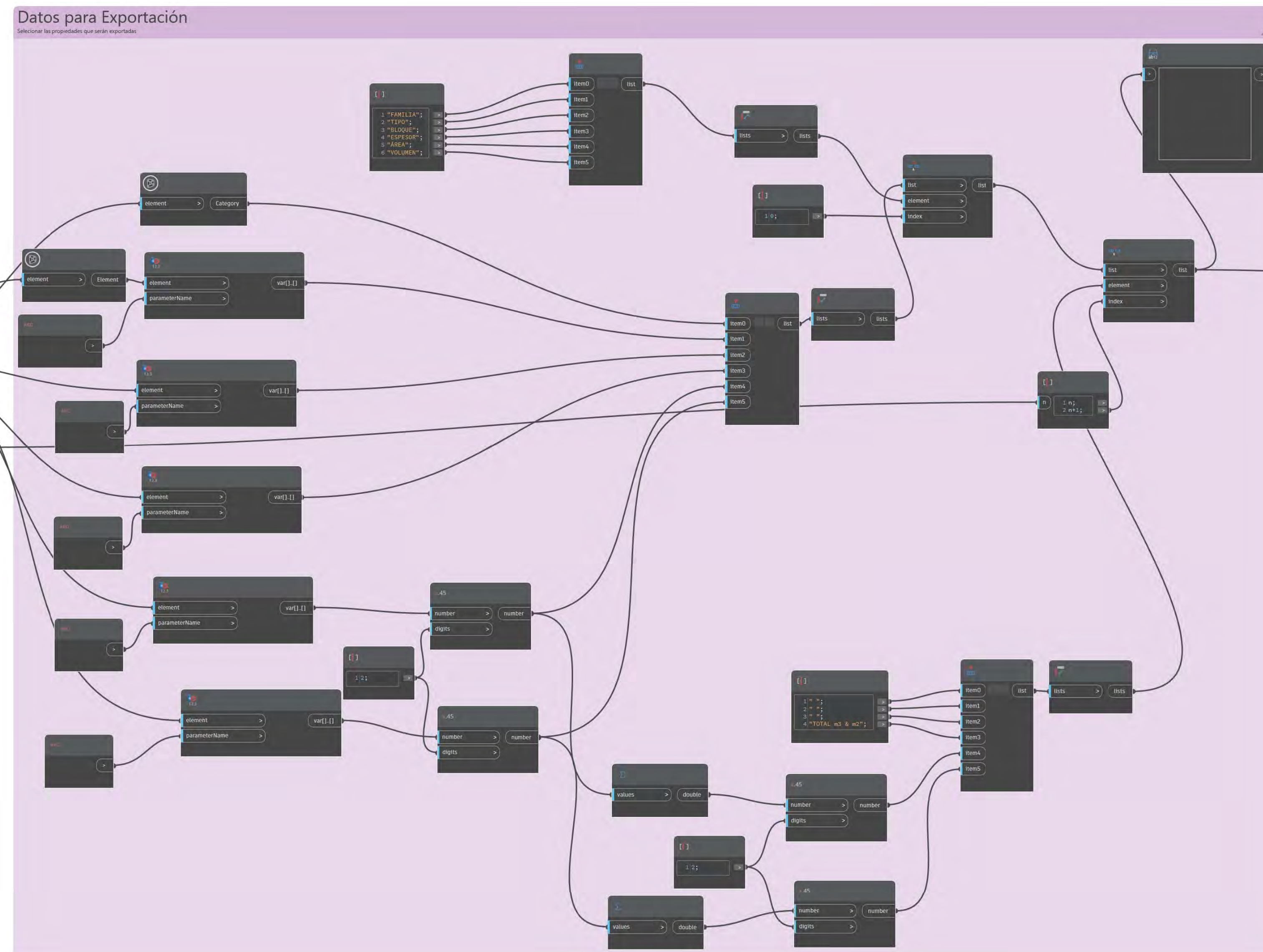
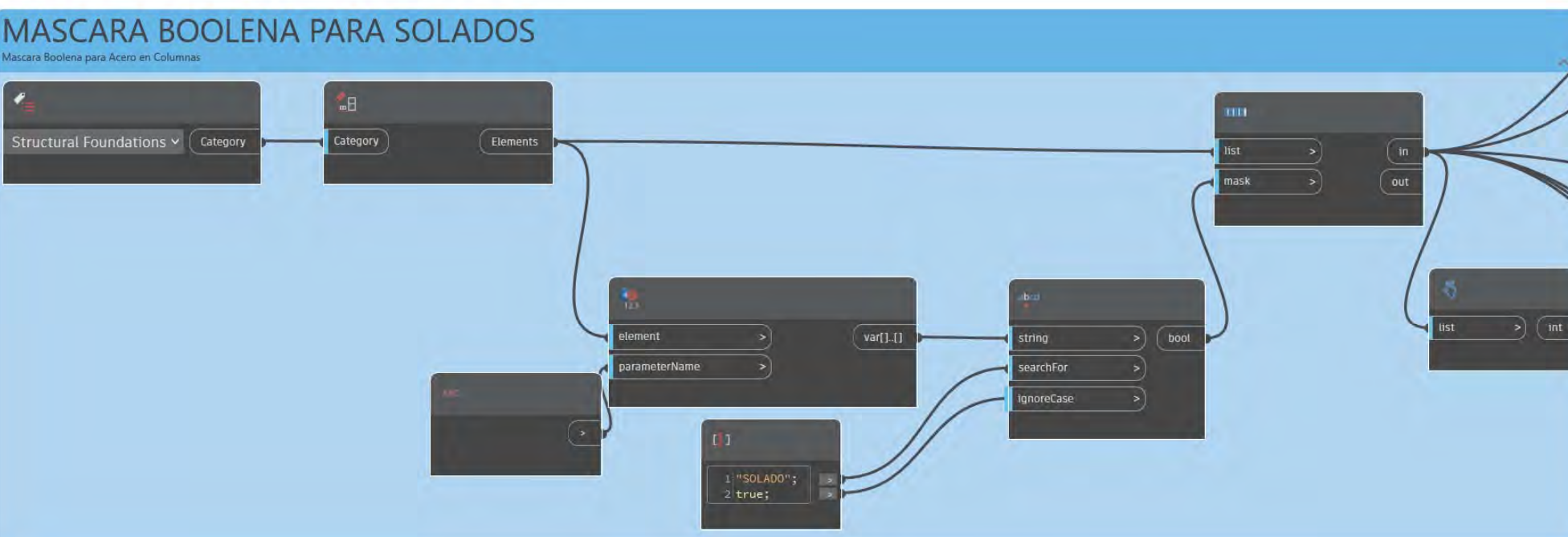
ING. CARLOS ENRIQUE BENDEZU UGARTE
UNIDAD EJECUTORA DE INVERSIONES
CIP: 99678

Anexo 10. Scripts de Dynamo desarrollados

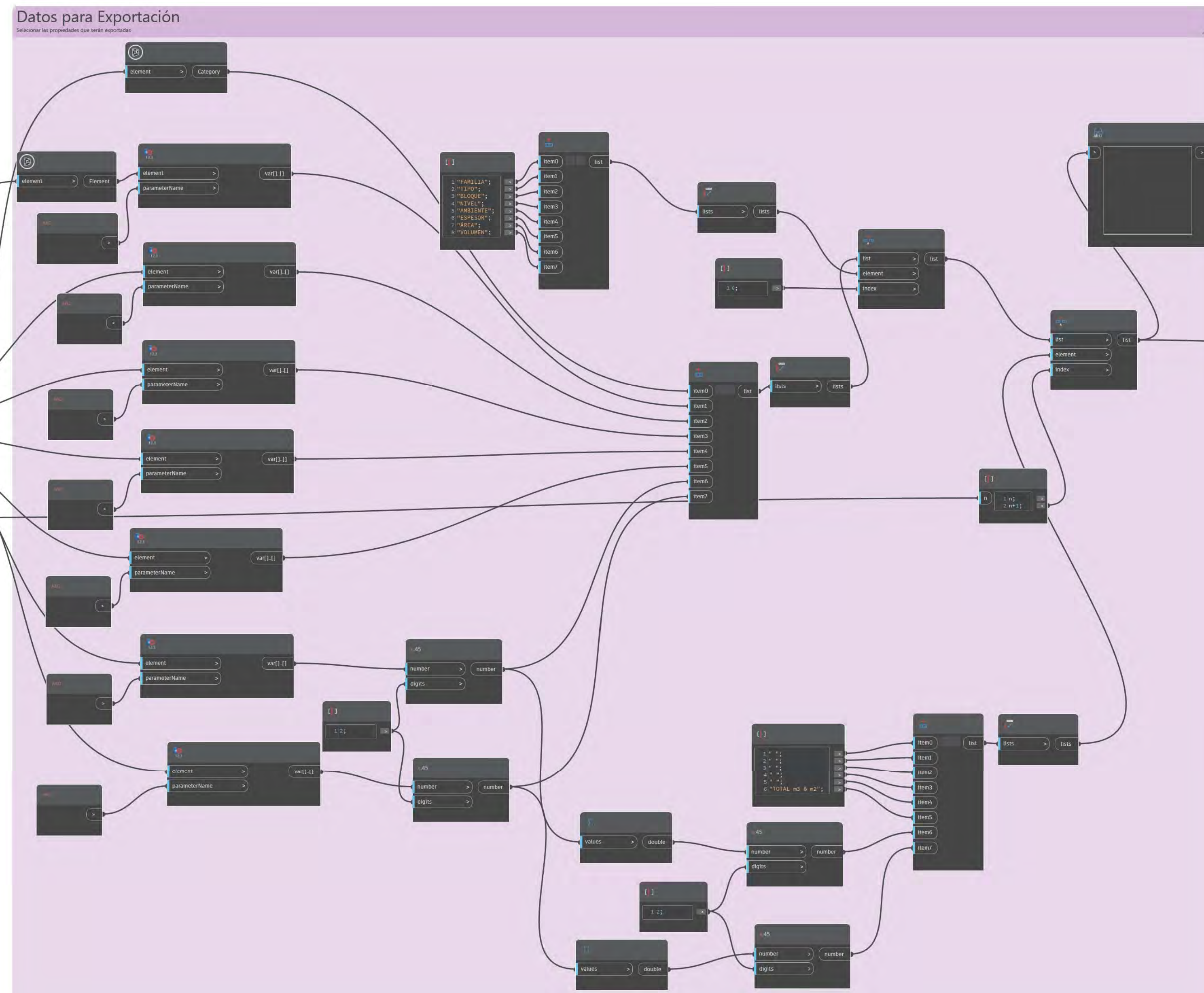
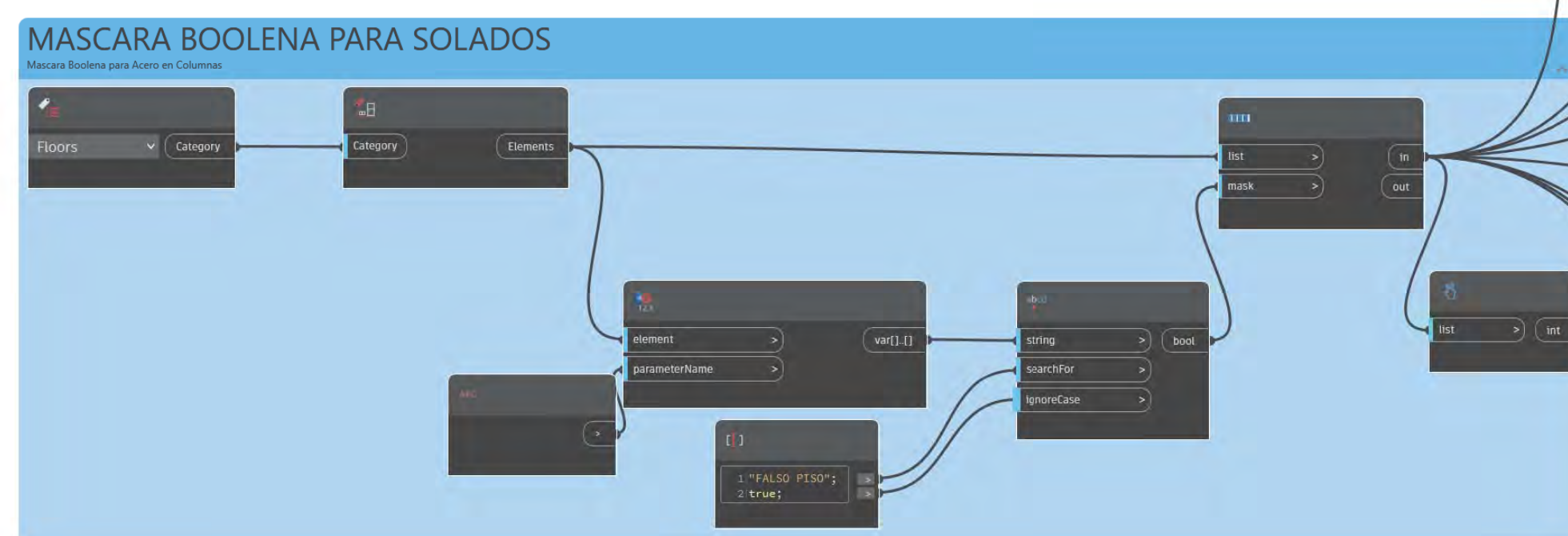
SCRIPT PARA CONCRETO Y ENCOFRADO DE CIMIENTOS CORRIDOS



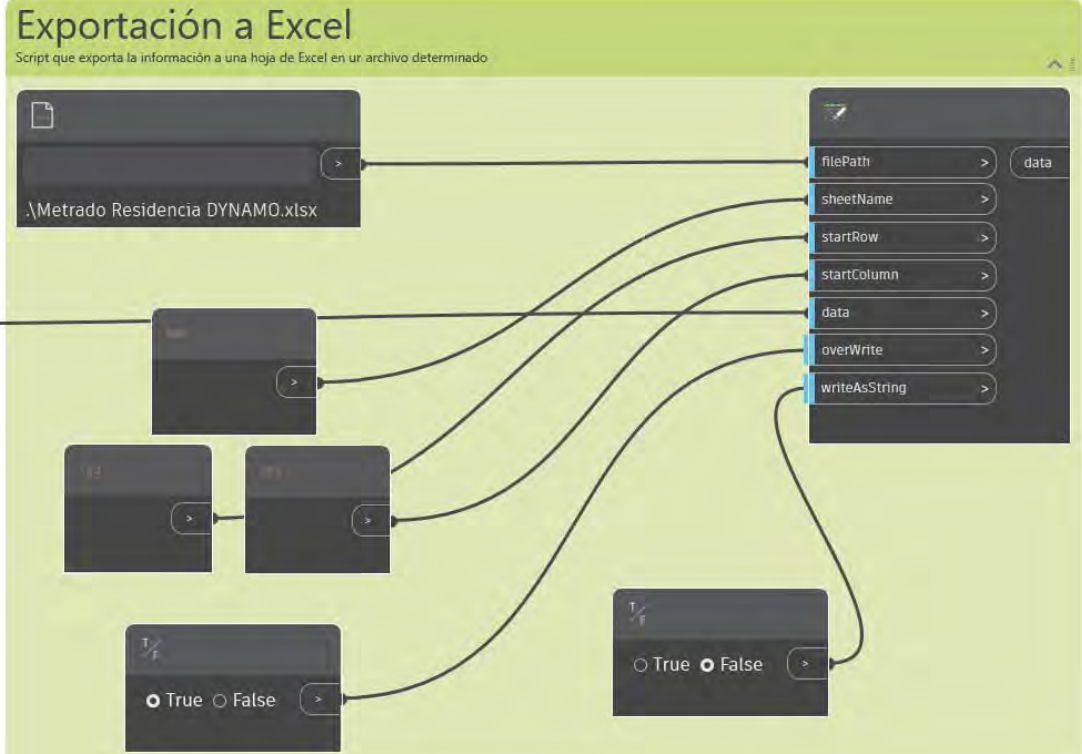
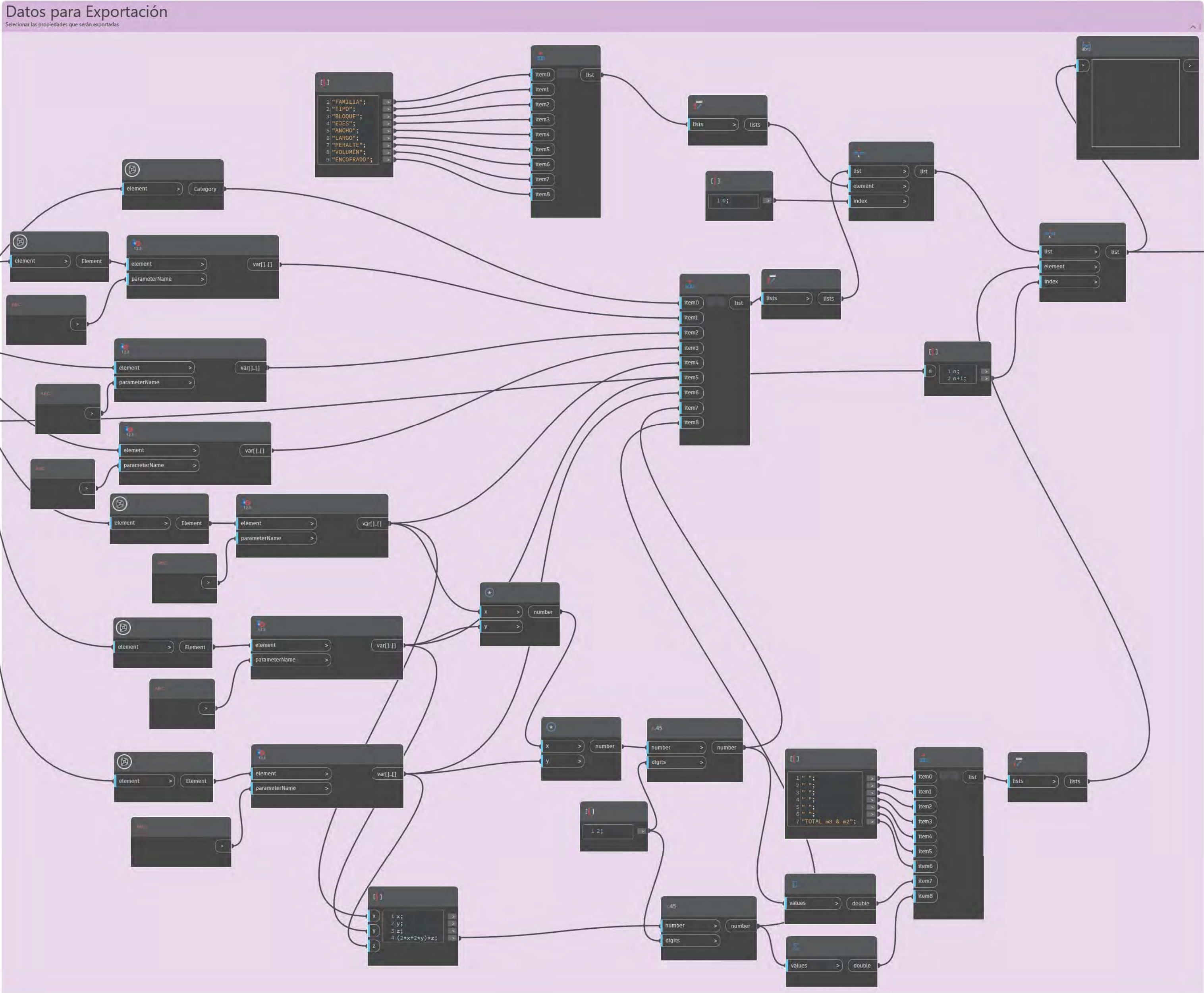
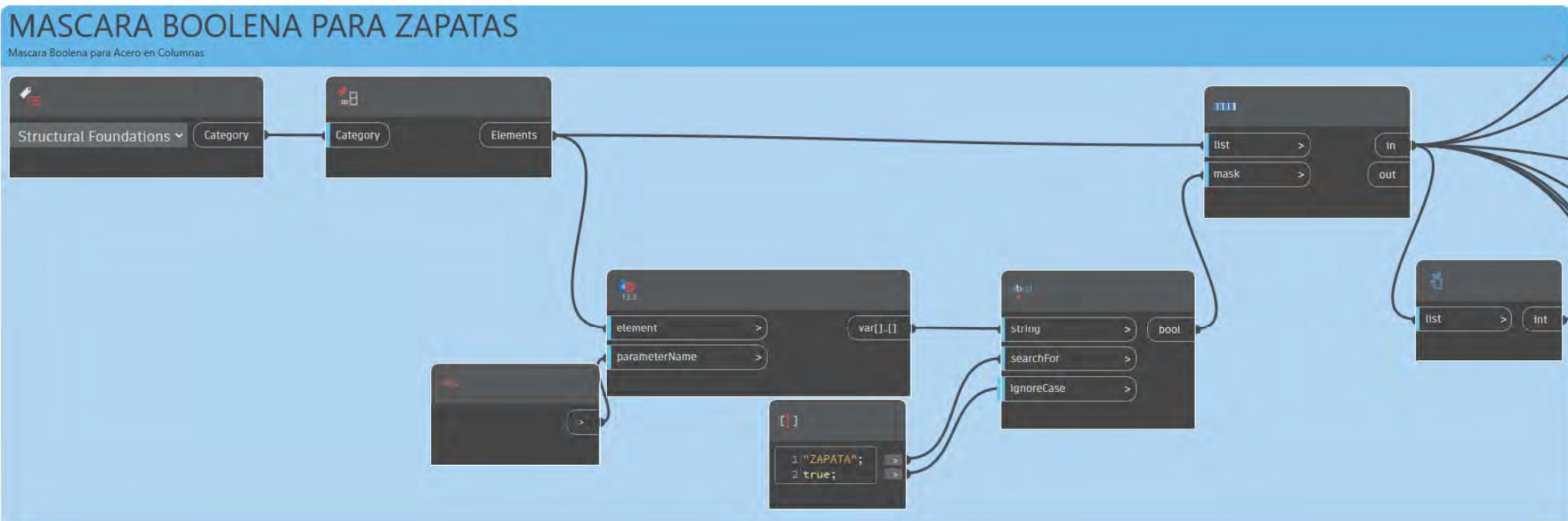
SCRIPT PARA CONCRETO EN SOLADOS



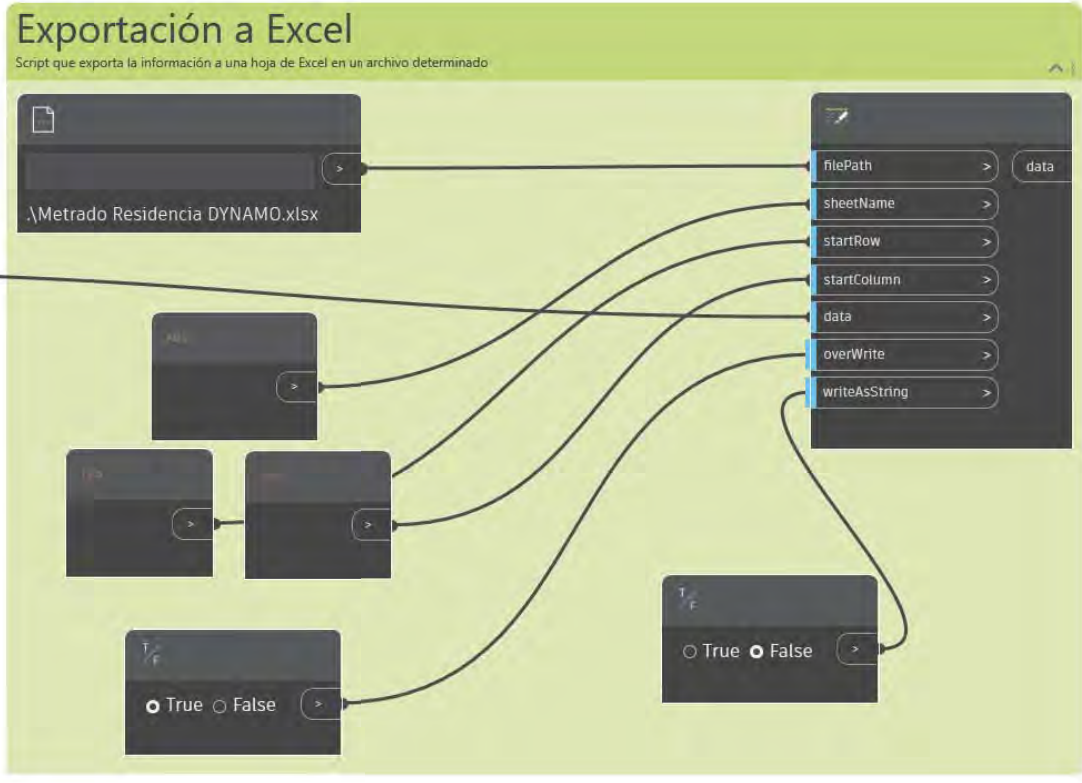
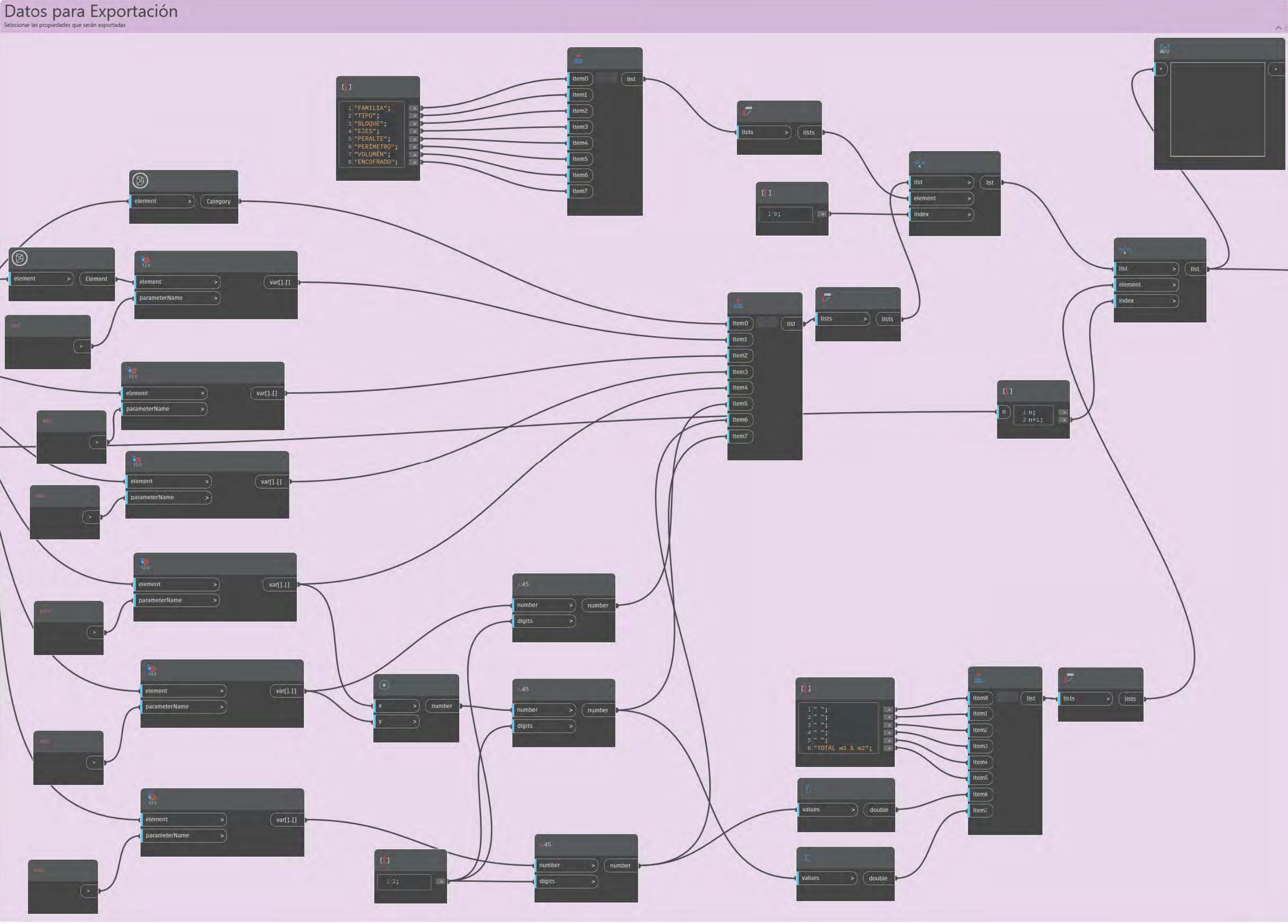
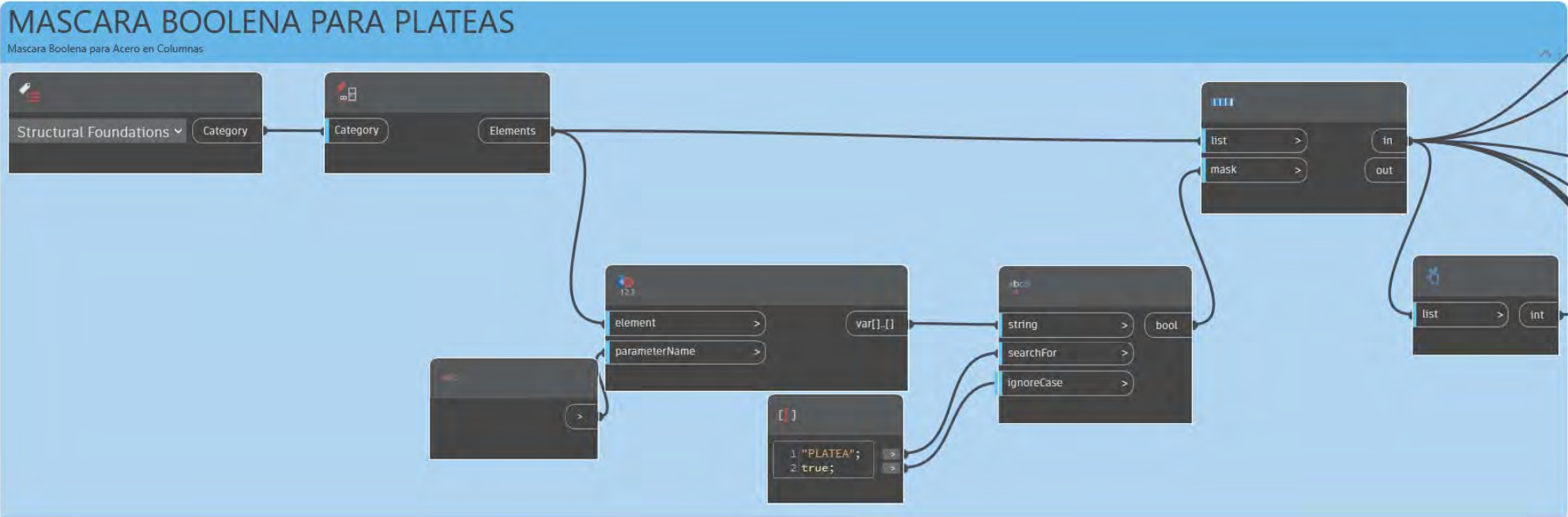
SCRIPT PARA CONCRETO EN FALSO PISO



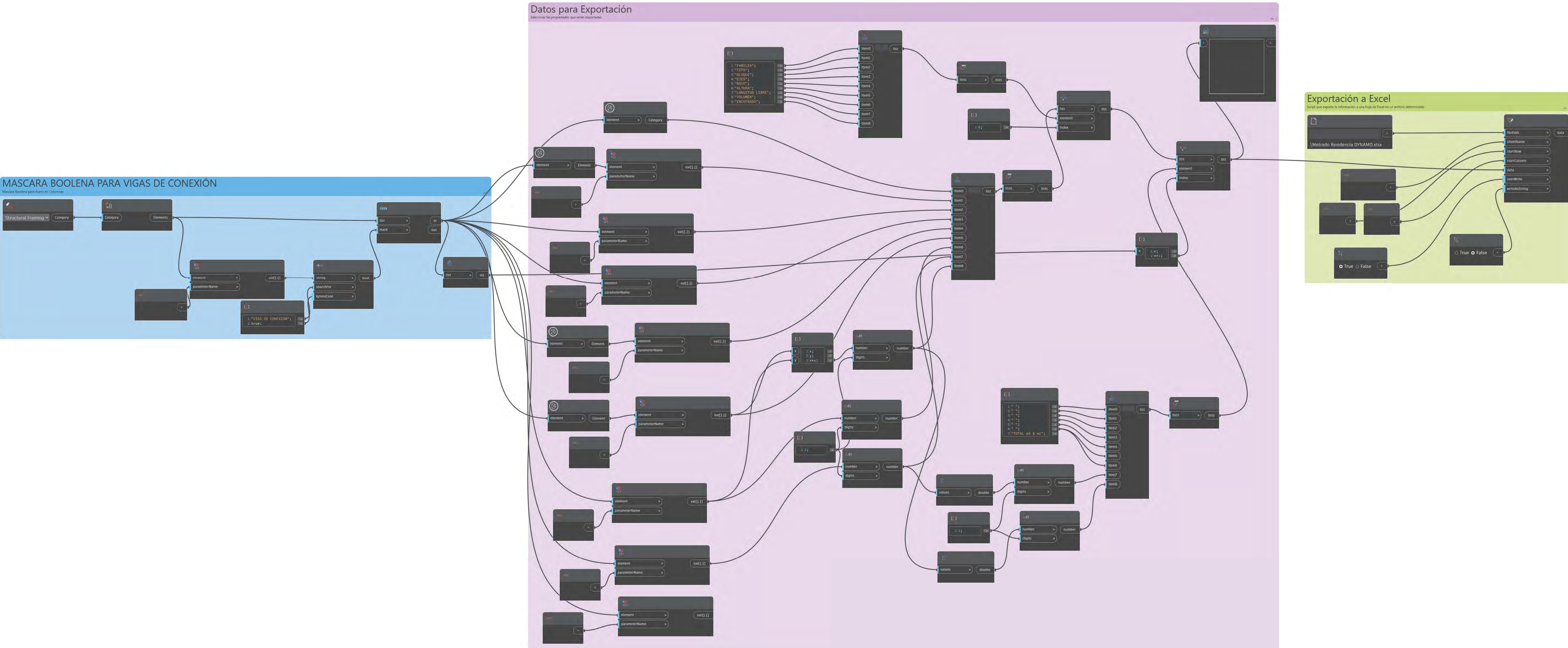
SCRIPT PARA CONCRETO Y ENCOFRADO DE ZAPATAS



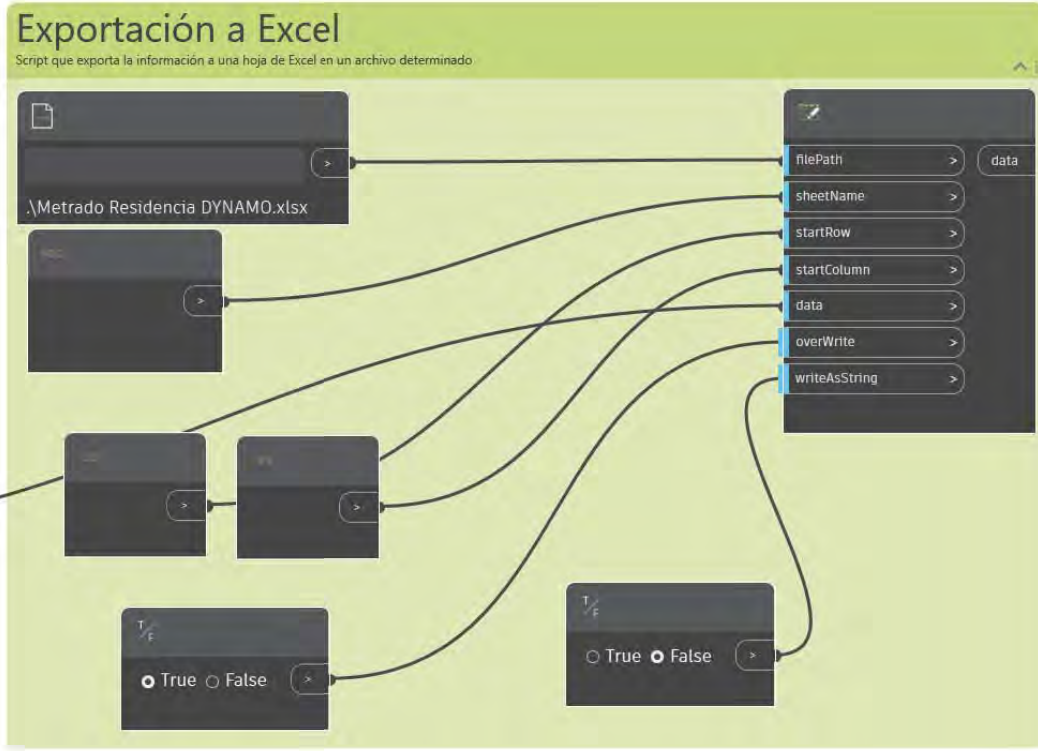
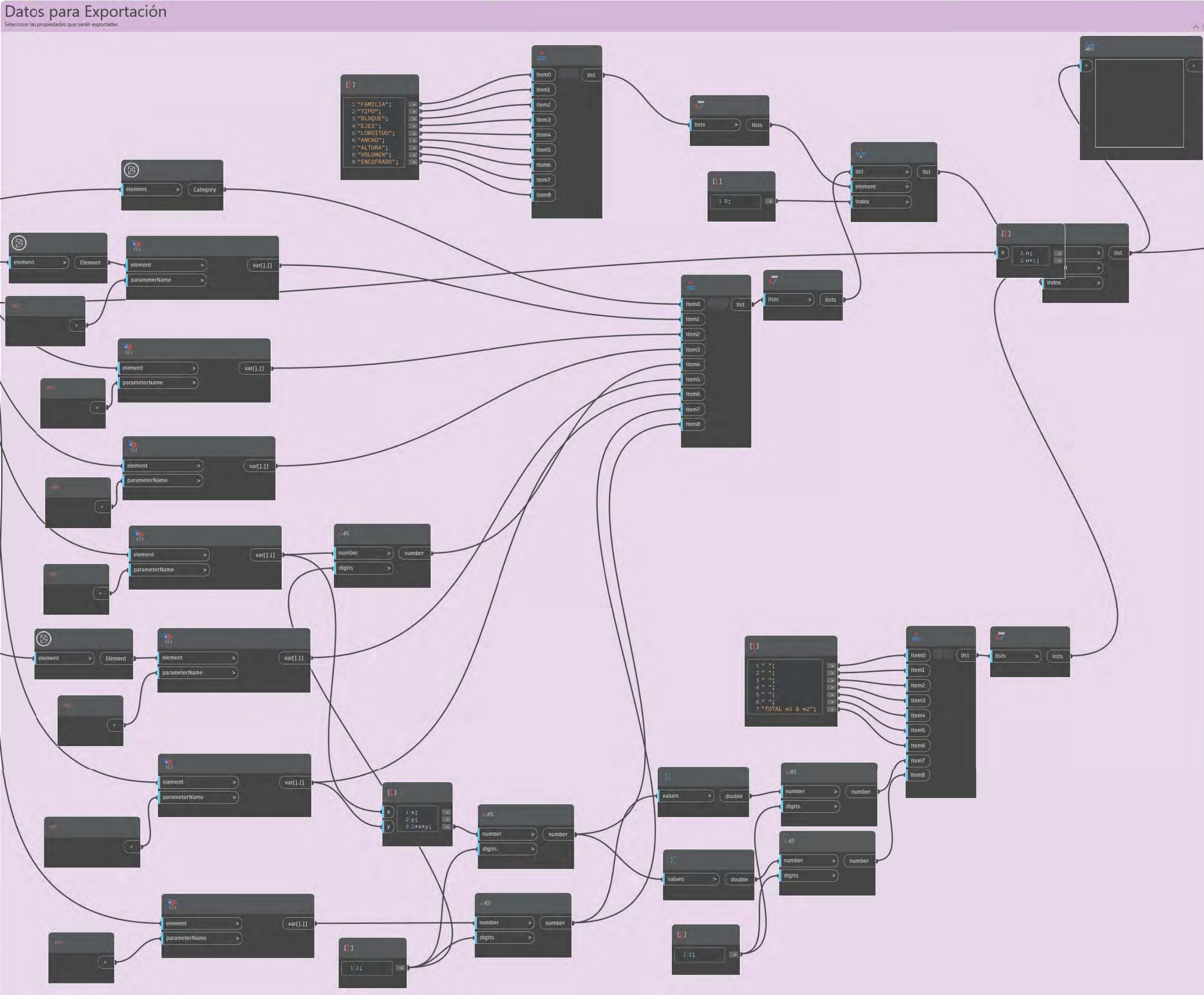
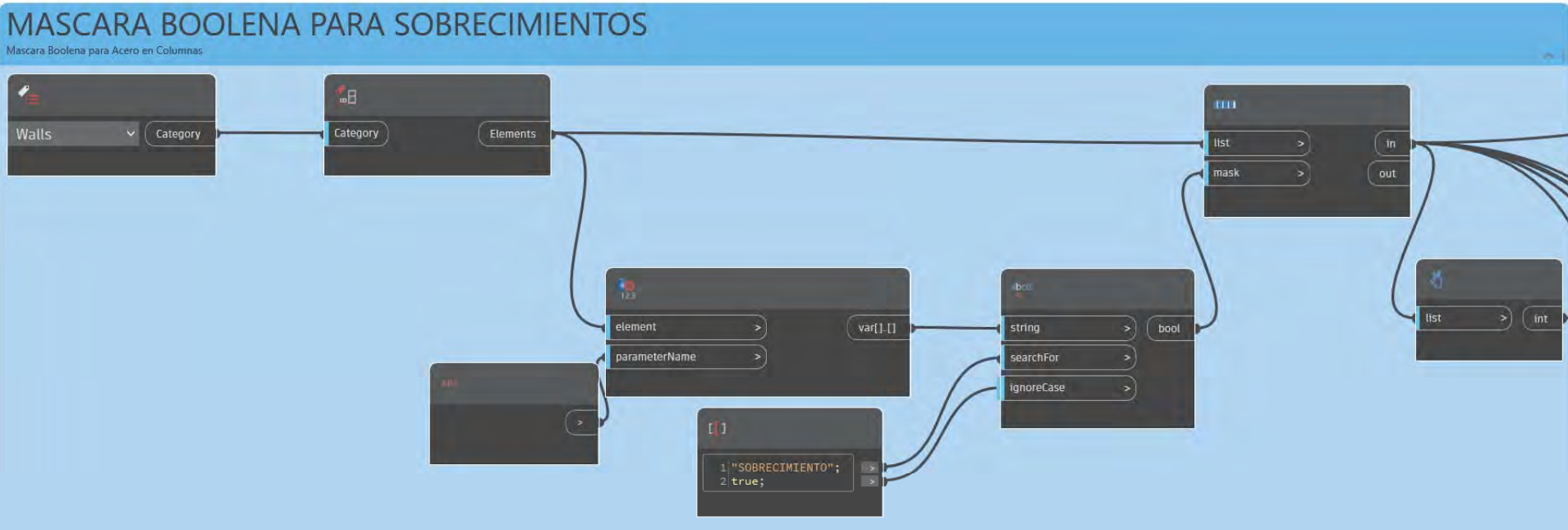
SCRIPT PARA CONCRETO Y ENCOFRADO DE PLATEAS DE CIMENTACIÓN



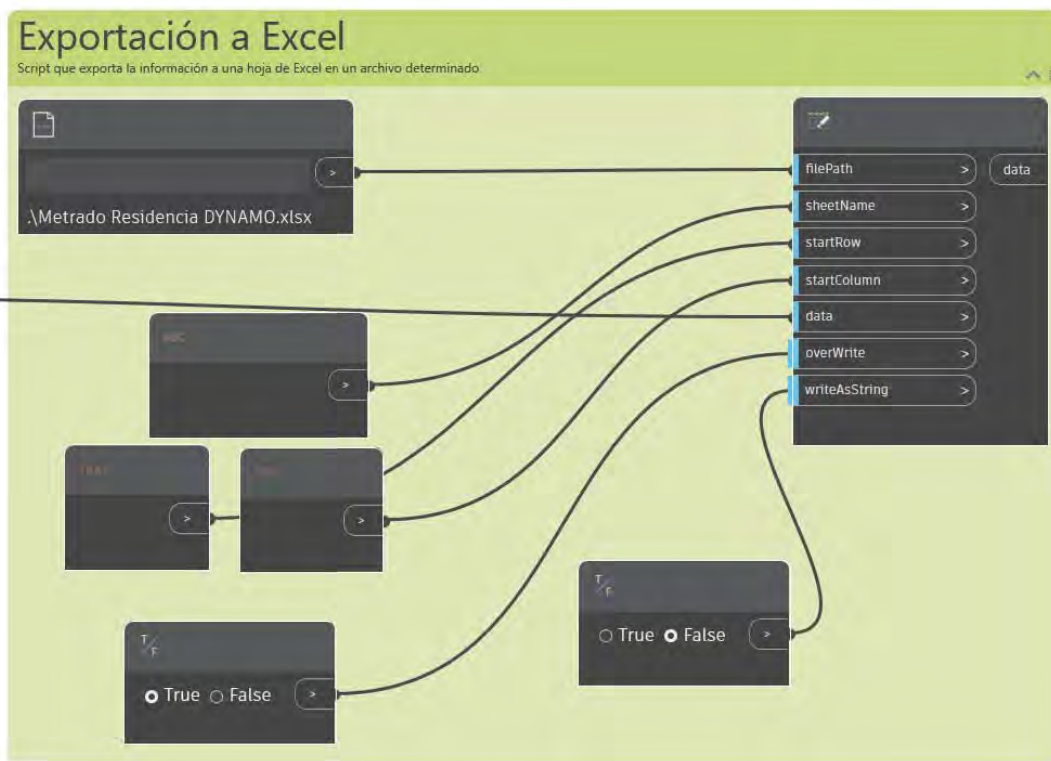
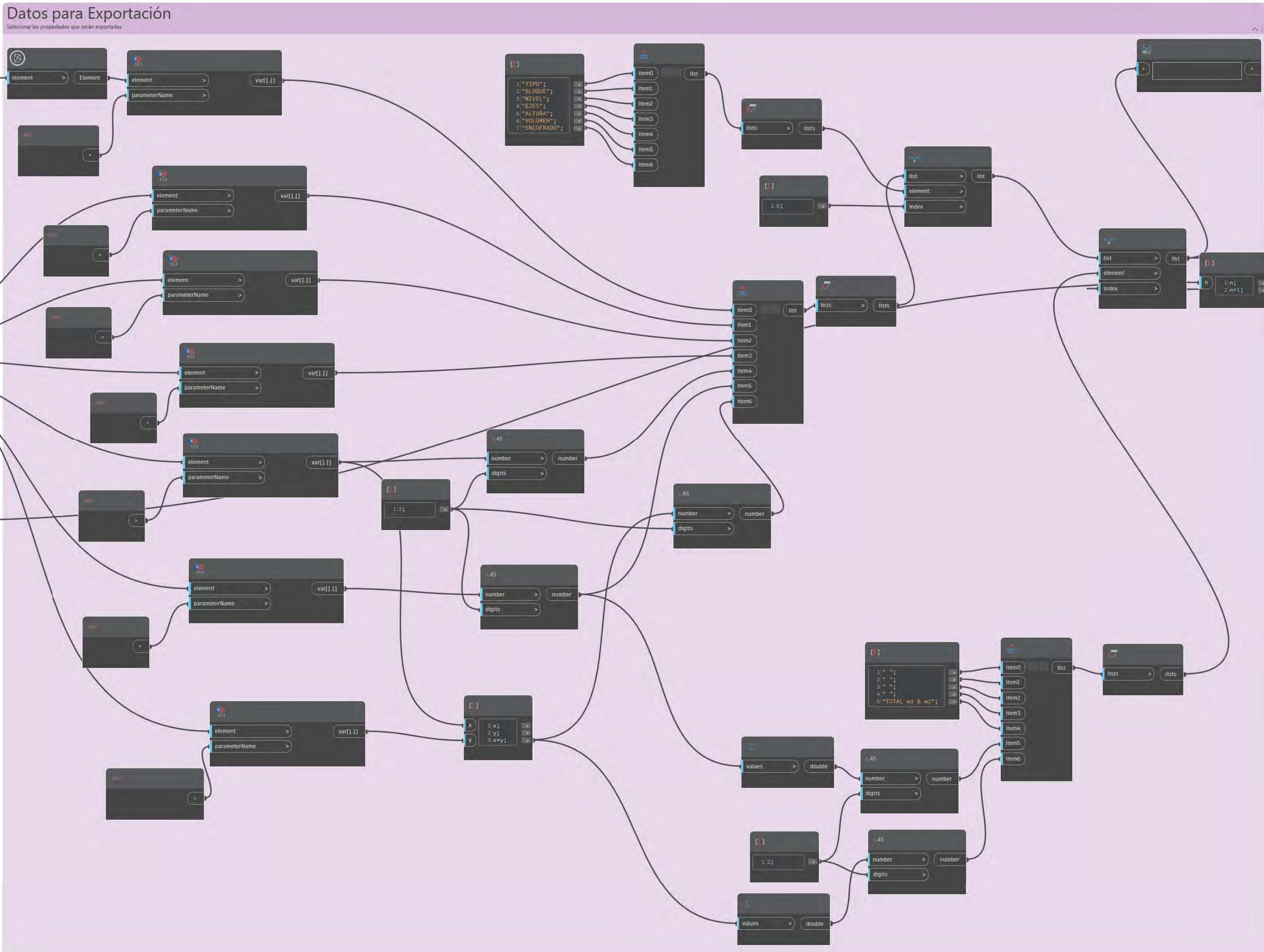
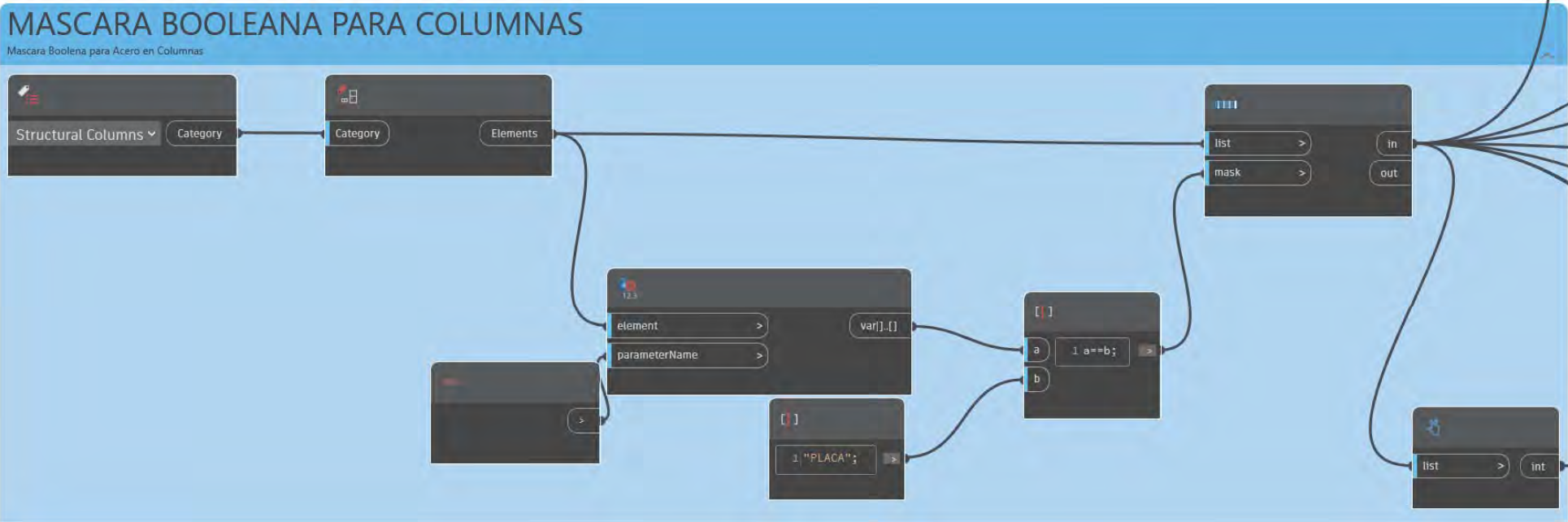
SCRIPT PARA CONCRETO Y ENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN



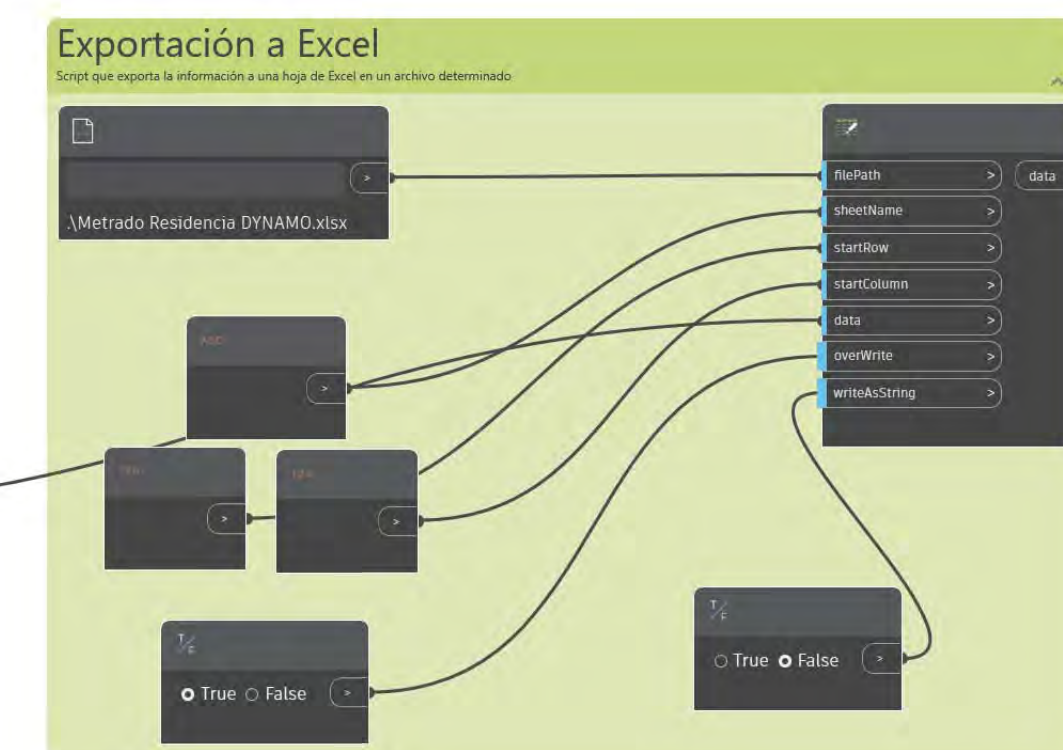
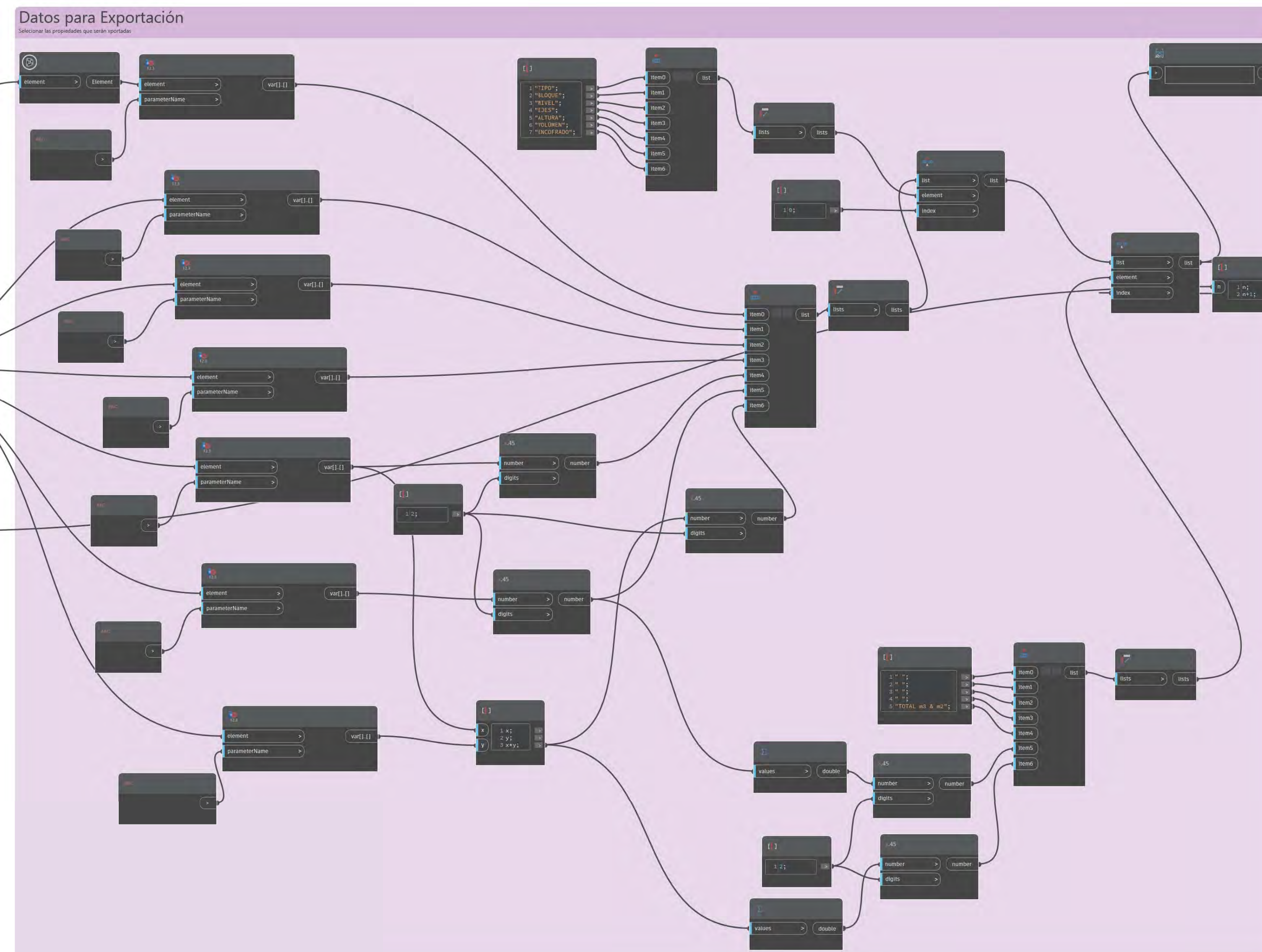
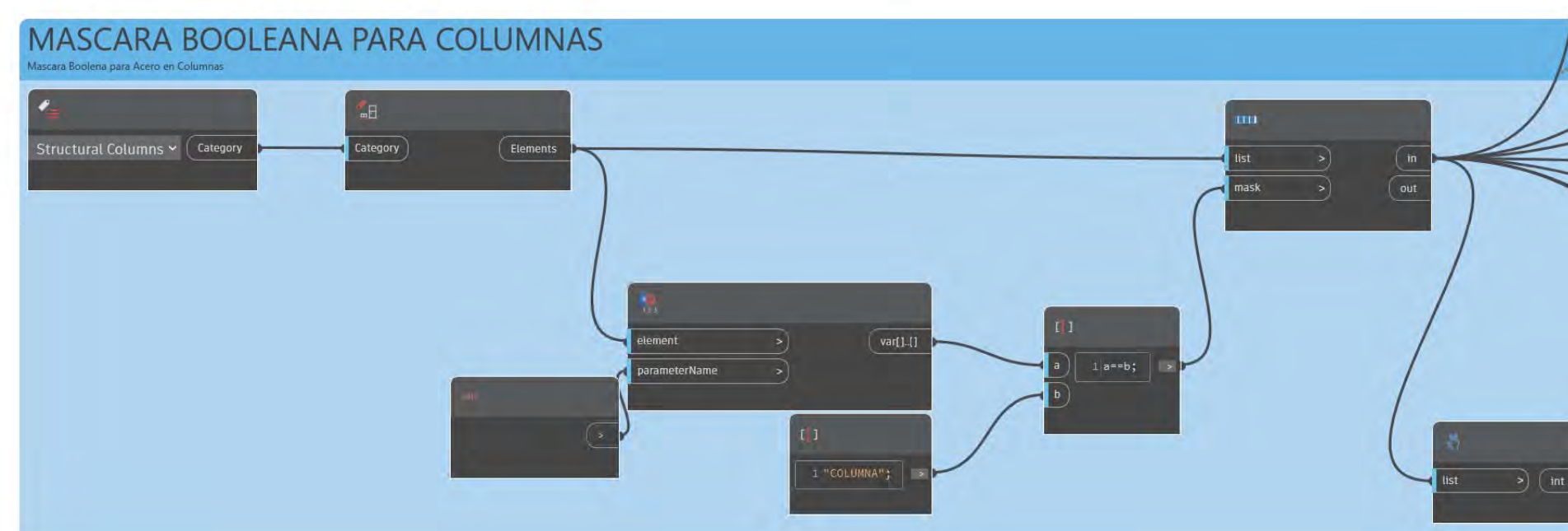
SCRIPT PARA CONCRETO Y ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO REFORZADO



SCRIPT PARA CONCRETO Y ENCOFRADO DE MUROS ESTRUCTURALES



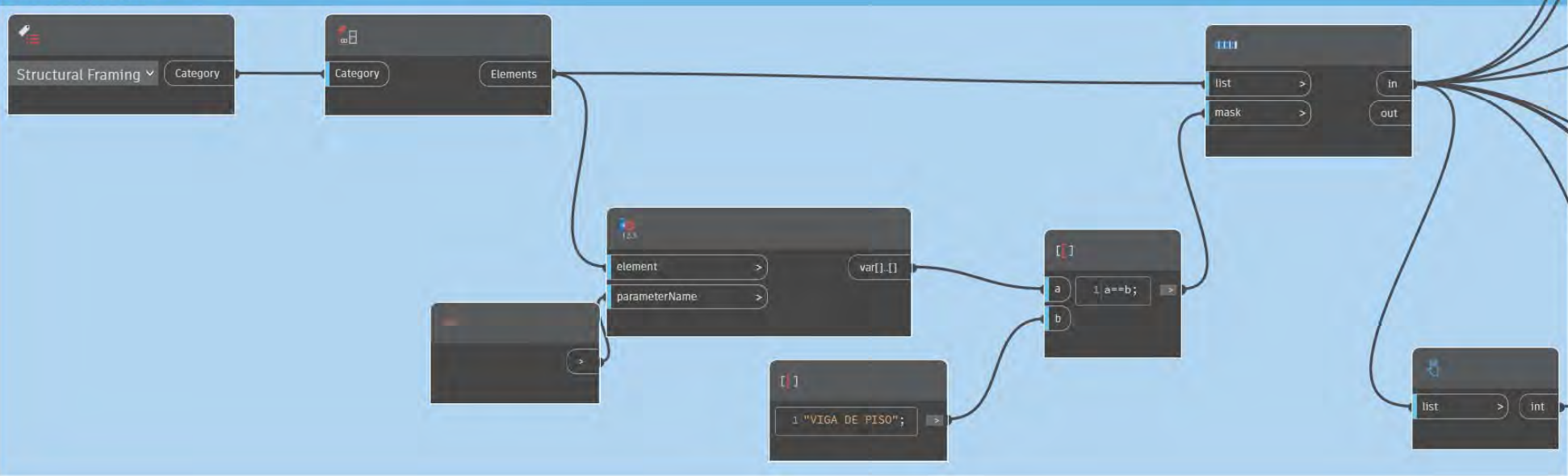
SCRIPT PARA CONCRETO Y ENCOFRADO DE COLUMNAS



SCRIPT PARA CONCRETO Y ENCOFRADO DE VIGAS

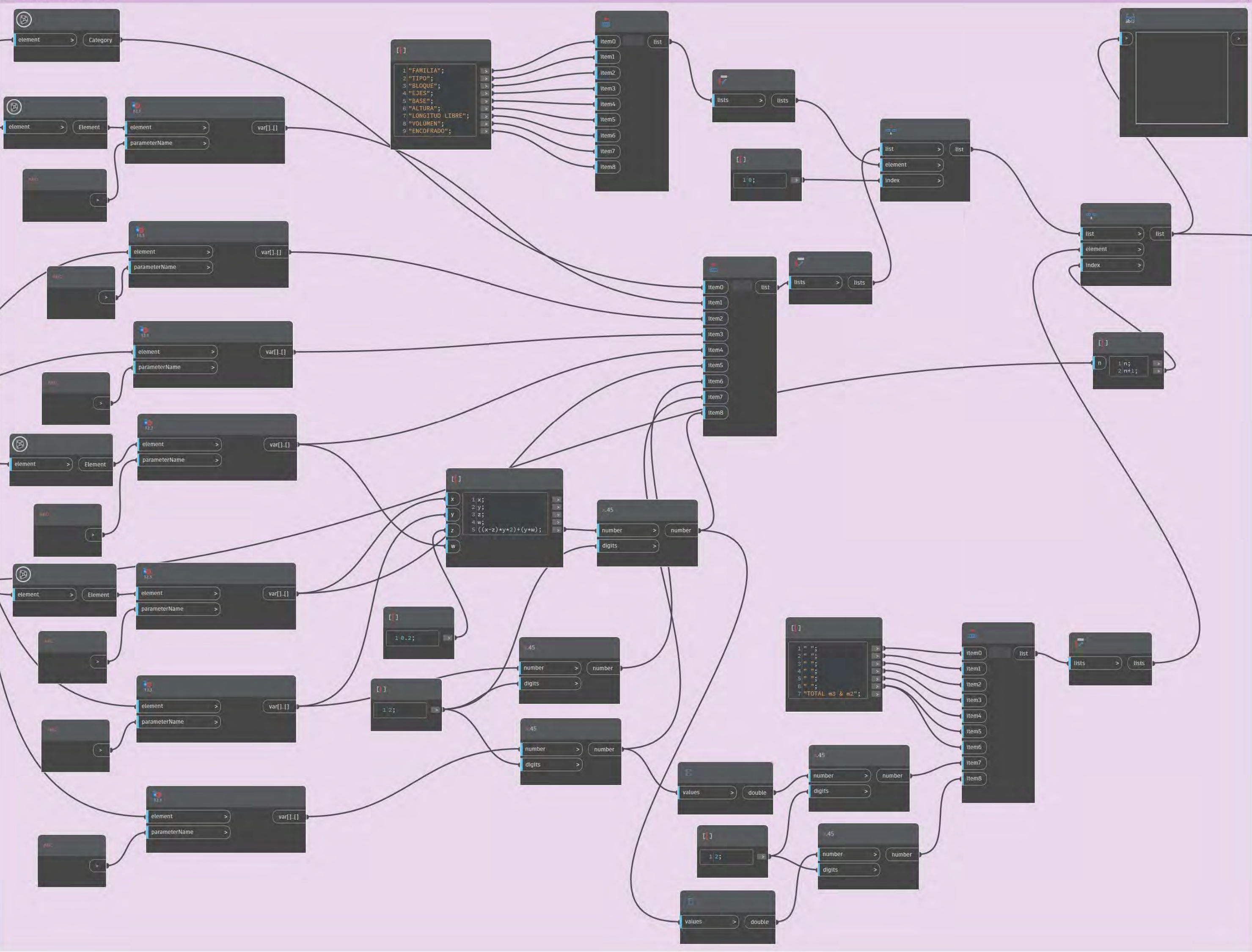
MASCARA BOOLEANA PARA VIGAS

Mascara Booleana para Arco en Columnas



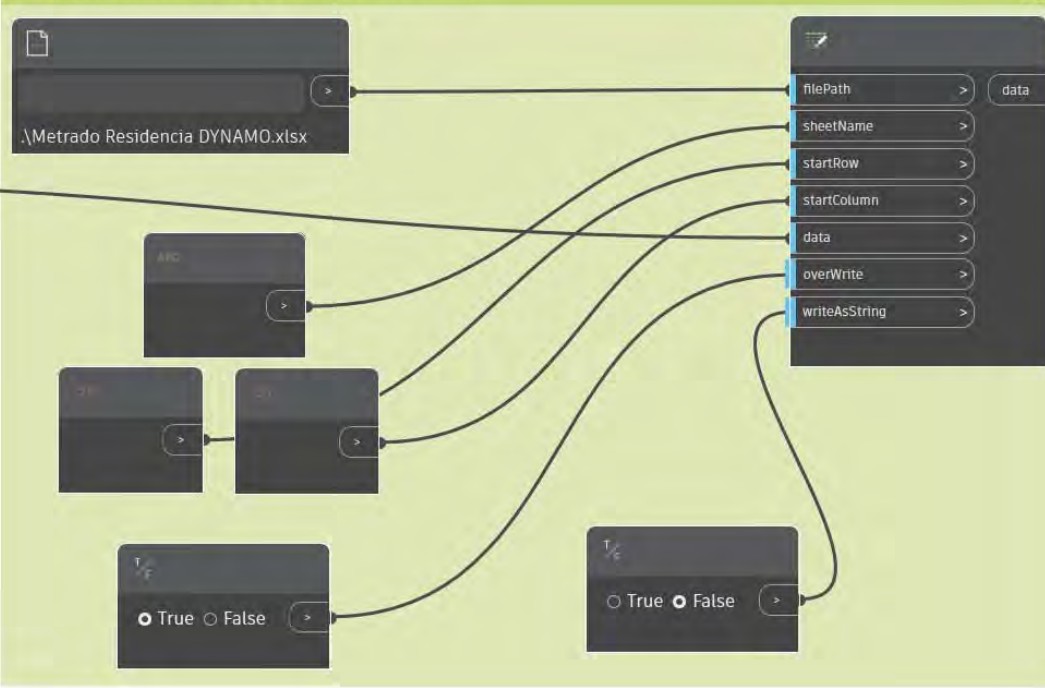
Datos para Exportación

Seleccionar las propiedades que serán exportadas

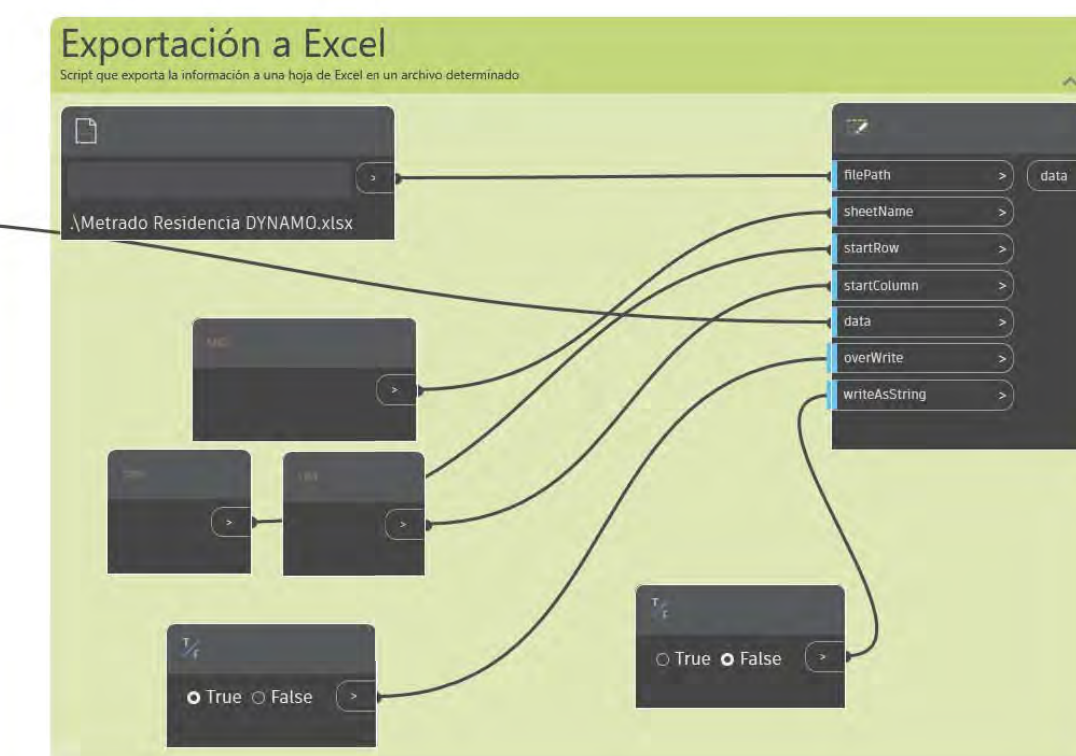
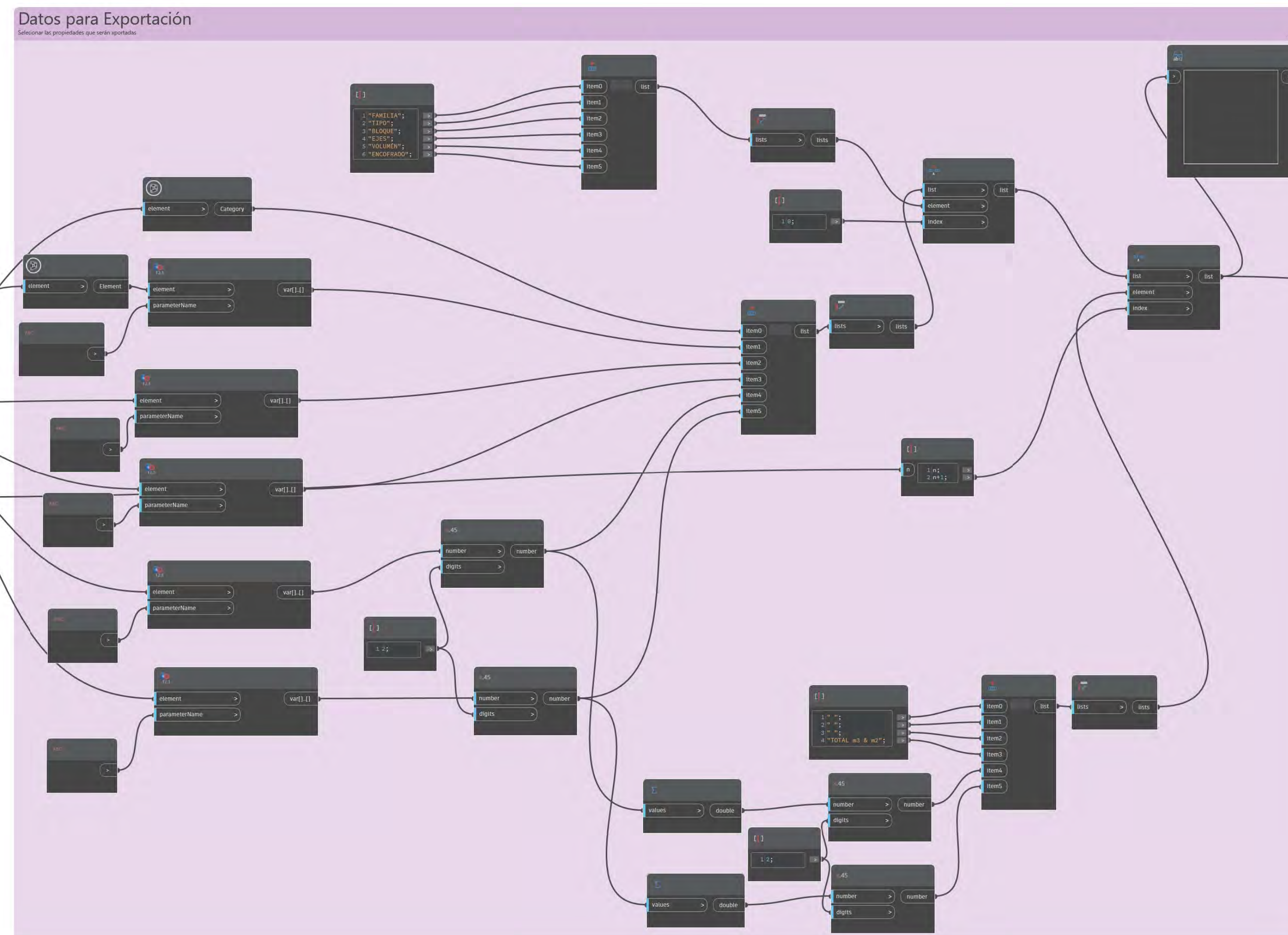
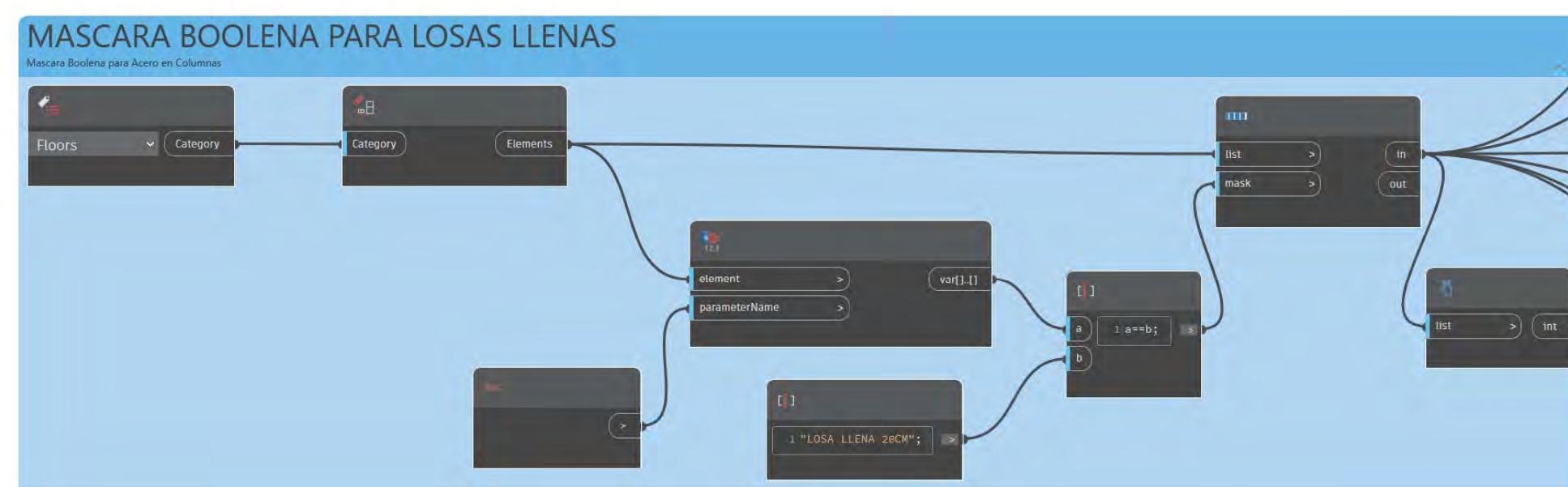


Exportación a Excel

Script que exporta la información a una hoja de Excel en un archivo determinado

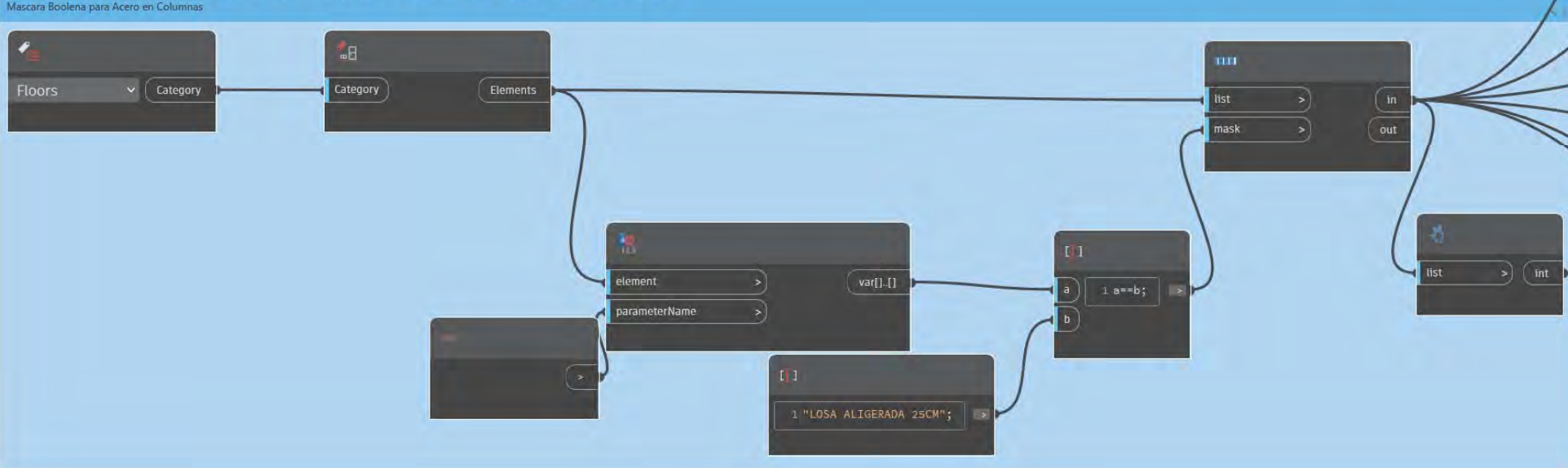


SCRIPT PARA CONCRETO Y ENCOFRADO DE LOSA LLENA



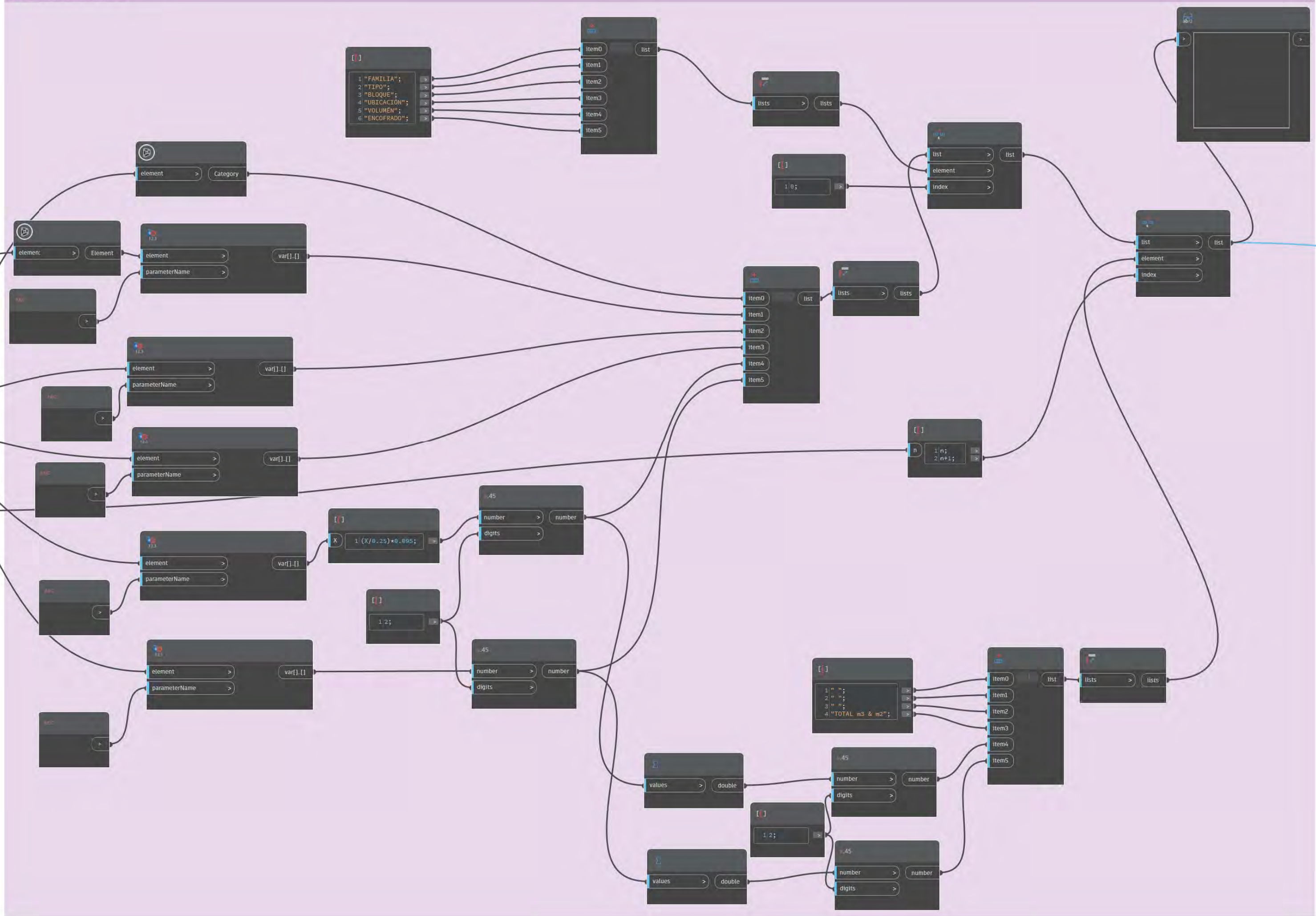
SCRIPT PARA CONCRETO Y ENCOFRADO DE LOSA ALIGERADA

MASCARA BOOLEANA PARA LOSAS ALIGERADAS



Datos para Exportación

Seleccionar las propiedades que serán exportadas.

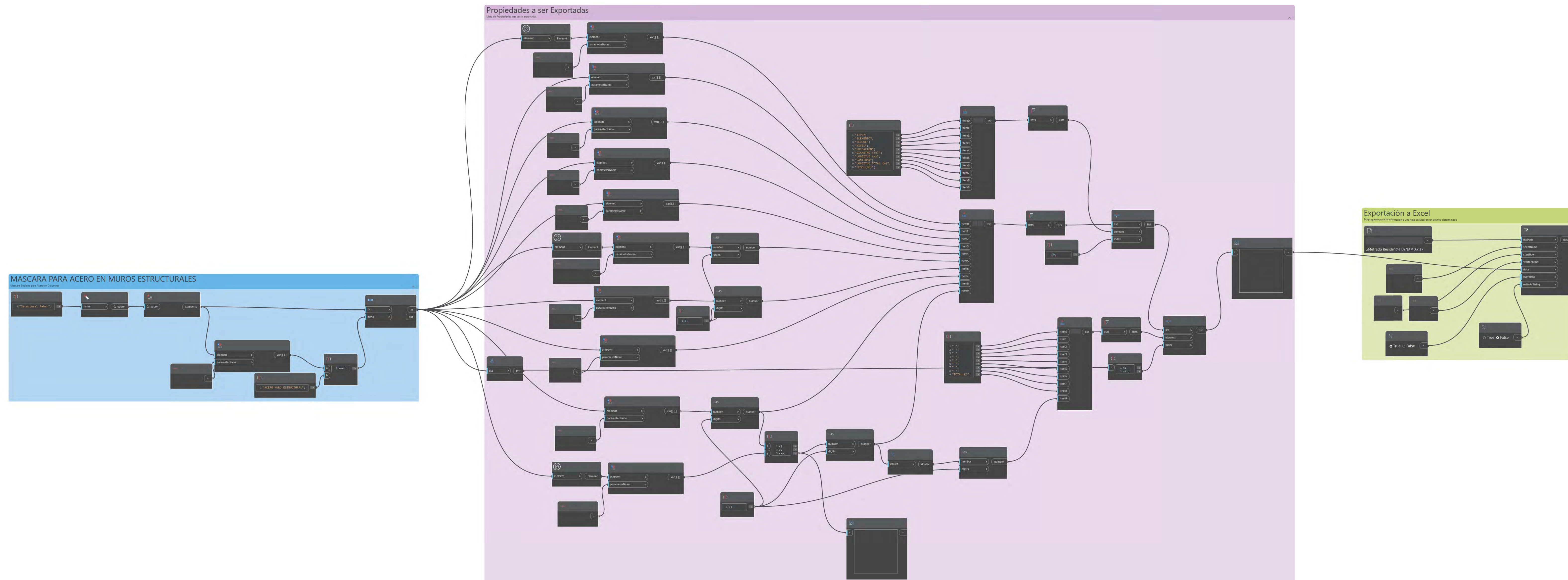


Exportación a Excel

Script que exporta la información a una hoja de Excel en un archivo determinado.



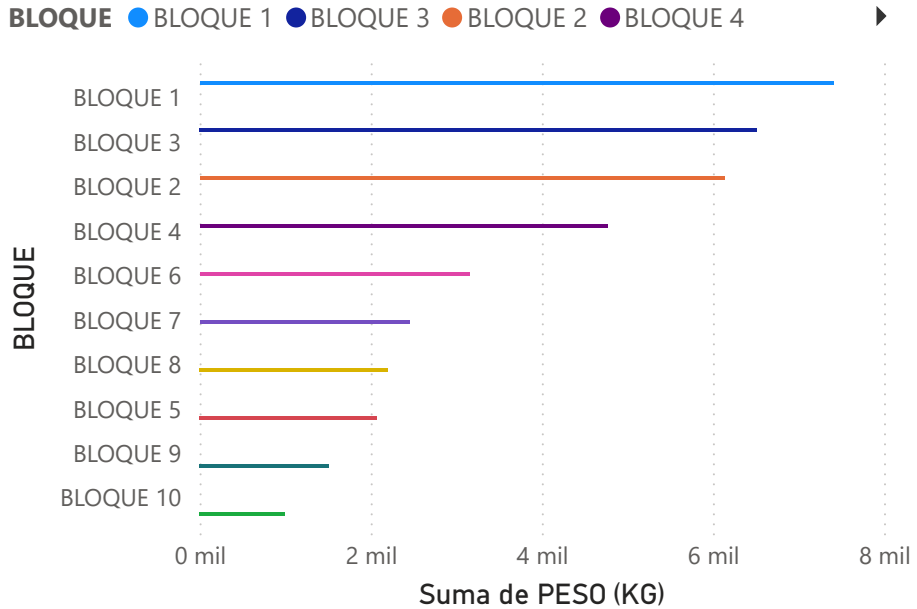
SCRIPT PARA ACERO DE REFUERZO



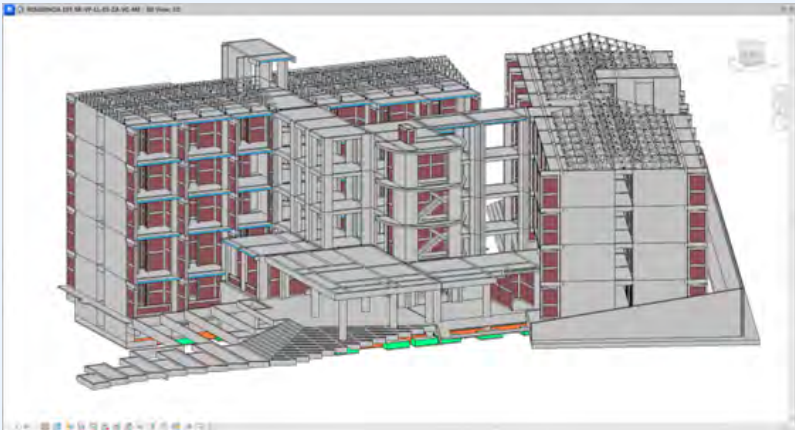
Anexo 11. Hojas de POWER BI desarrolladas

REPORTE DE ACERO DE REFUERZO EN ZAPATAS Y PLATEAS - PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

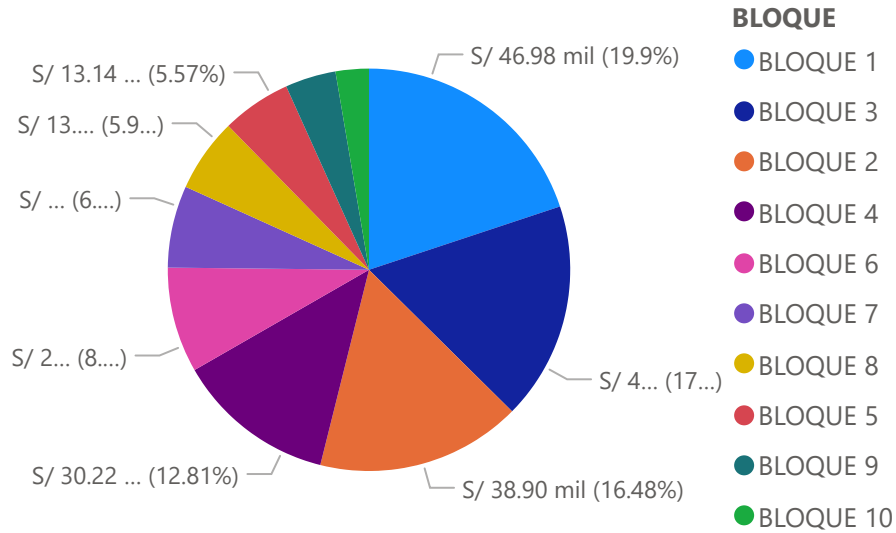
Suma de PESO (KG) por BLOQUE y BLOQUE



3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

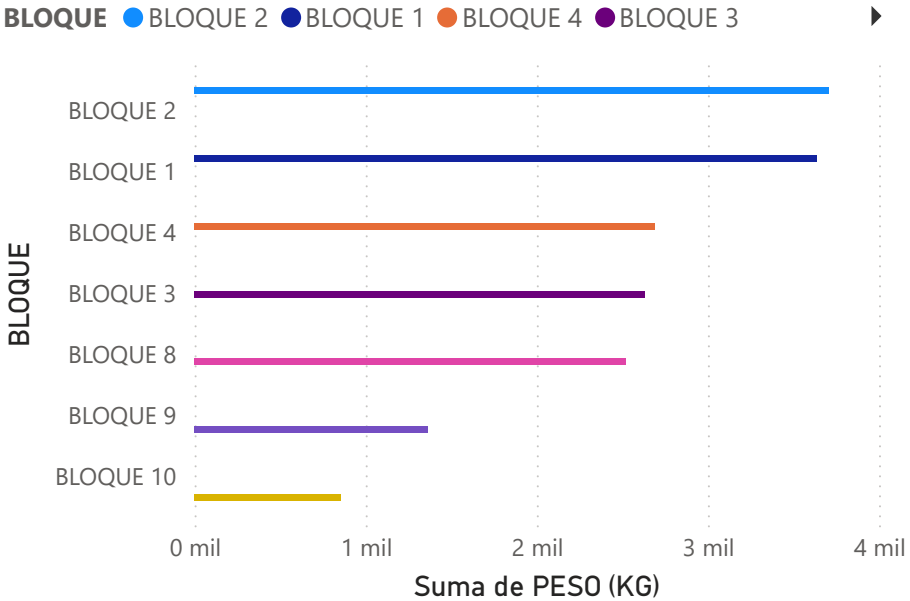


Suma de COSTO (SOLES) por BLOQUE



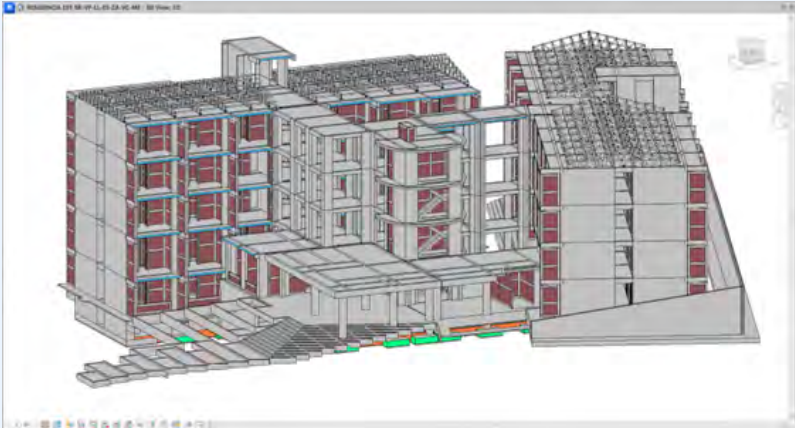
BLOQUE	TIPO	ELEMENTO	Suma de PESO (KG)	Suma de COSTO (SOLES)
BLOQUE 1	5/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Parrilla Zapata	7,409.66	S/ 46,977.14
BLOQUE 10	5/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Parrilla Zapata	994.72	S/ 6,306.54
BLOQUE 2	5/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Parrilla Zapata	6,134.88	S/ 38,895.04
BLOQUE 3	5/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Parrilla Zapata	6,517.82	S/ 41,322.92
BLOQUE 4	5/8" Acero Fy=4200kgf/cm2		453.04	S/ 2,872.28
BLOQUE 4	5/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Parrilla Zapata	4,314.17	S/ 27,351.79
BLOQUE 5	5/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Parrilla Zapata	2,072.44	S/ 13,139.26
BLOQUE 6	5/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Parrilla Zapata	3,154.50	S/ 19,999.52
BLOQUE 7	5/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Parrilla Zapata	2,452.94	S/ 15,551.64
BLOQUE 8	5/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Parrilla Zapata	2,204.40	S/ 13,975.88
BLOQUE 9	5/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Parrilla Zapata	1,517.04	S/ 9,618.00
Total			37,225.61	S/ 236,010.01

Suma de PESO (KG) por BLOQUE y BLOQUE

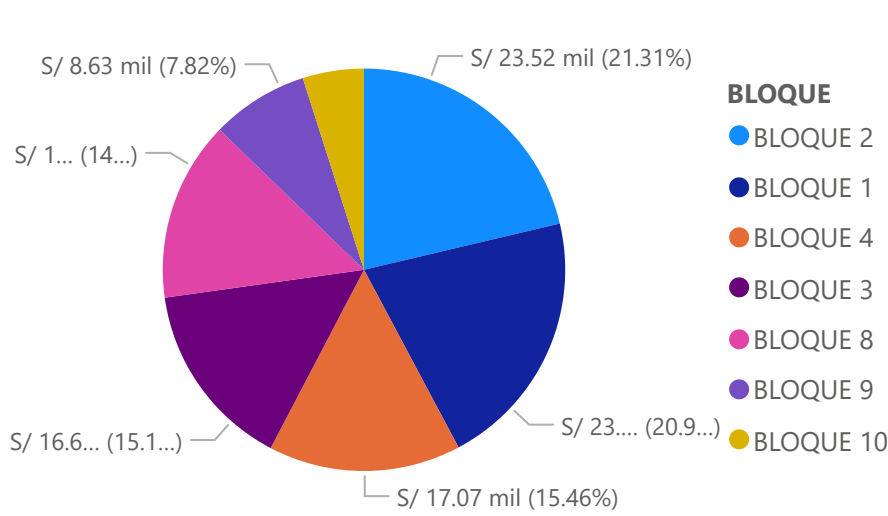


REPORTE DE ACERO DE REFUERZO EN VIGAS DE CIMENTACIÓN - PROYECTO
"Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional
Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ



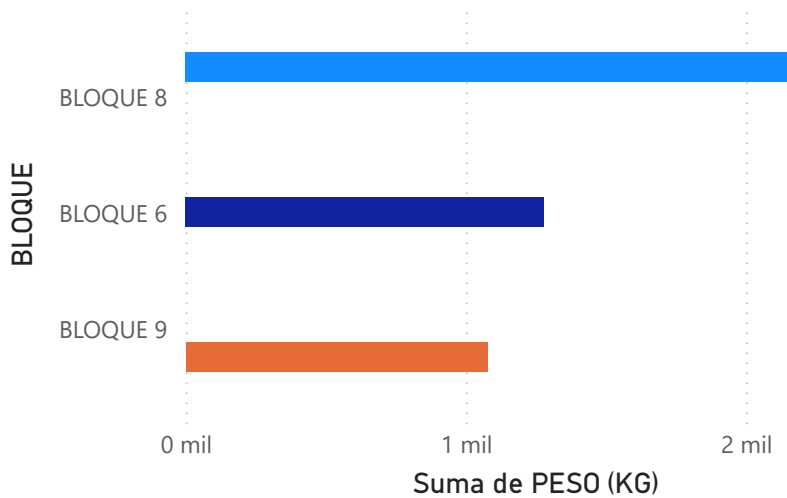
Suma de COSTO (SOLES) por BLOQUE



BLOQUE	TIPO	ELEMENTO	Suma de PESO (KG)	Suma de COSTO (SOLES)
BLOQUE 1	1" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Longitudinal Vigas Cimentación	2,108.20	S/ 13,366.03
BLOQUE 1	3/4" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Longitudinal Vigas Cimentación	188.47	S/ 1,194.86
BLOQUE 1	3/4" Acero Fy=4200kgf/cm2	Parrilla Zapata	389.46	S/ 2,469.18
BLOQUE 1	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Estribos Vigas Cimentación	953.46	S/ 6,044.86
BLOQUE 10	1" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Longitudinal Vigas Cimentación	443.16	S/ 2,809.62
BLOQUE 10	3/4" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Longitudinal Vigas Cimentación	196.01	S/ 1,242.71
BLOQUE 10	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Estribos Vigas Cimentación	217.50	S/ 1,378.92
BLOQUE 2	1" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Longitudinal Vigas Cimentación	2,172.40	S/ 13,773.02
BLOQUE 2	3/4" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Longitudinal Vigas Cimentación	181.76	S/ 1,152.32
BLOQUE 2	3/4" Acero Fy=4200kgf/cm2	Parrilla Zapata	389.46	S/ 2,469.18
BLOQUE 2	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Estribos Vigas Cimentación	966.05	S/ 6,124.70
BLOQUE 2	1" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Longitudinal Vigas Cimentación	1,583.16	S/ 10,020.02
Total			17,409.33	S/ 110,374.77

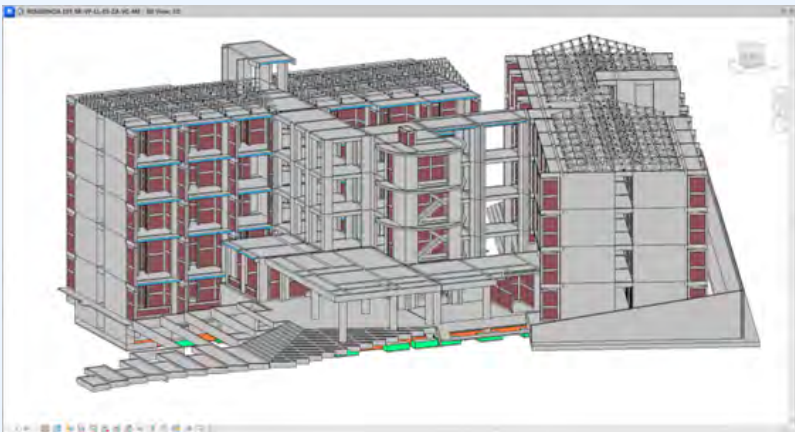
Suma de PESO (KG) por BLOQUE y BLOQUE

BLOQUE ● BLOQUE 8 ● BLOQUE 6 ● BLOQUE 9

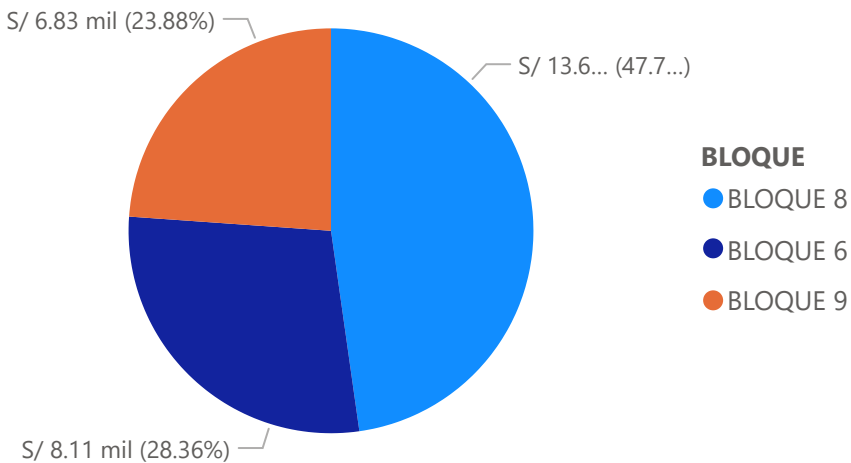


REPORTE DE ACERO DE REFUERZO EN COLUMNAS - PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

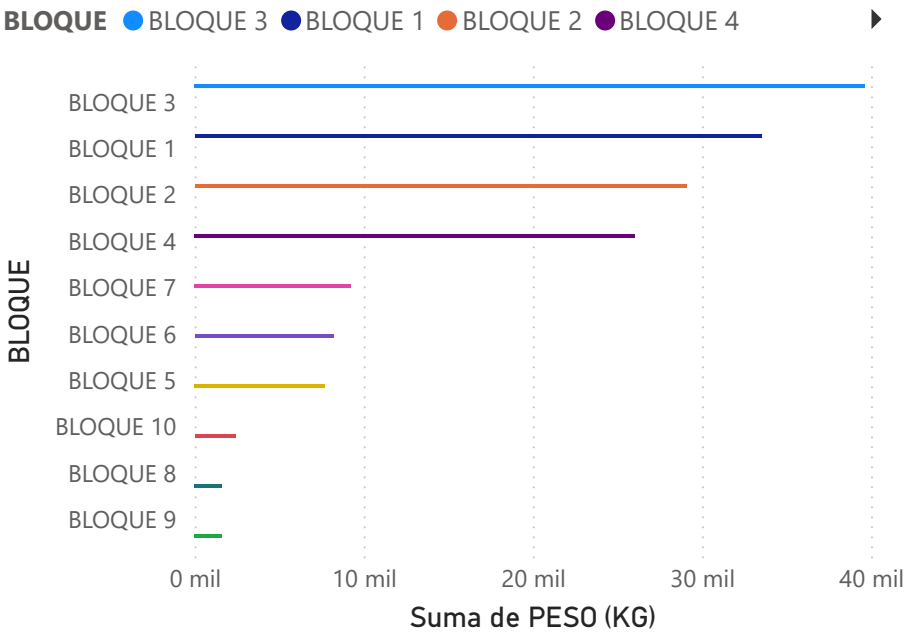


Suma de COSTO (SOLES) por BLOQUE



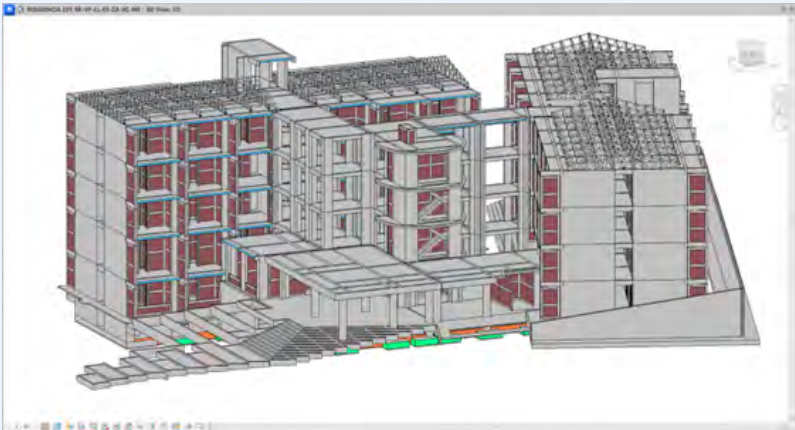
BLOQUE	TIPO	ELEMENTO	Suma de PESO (KG)	Suma de COSTO (SOLES)
BLOQUE 6	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Estribos Columnas	412.92	S/ 2,617.88
BLOQUE 6	5/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Vertical Columna	866.38	S/ 5,492.88
BLOQUE 8	3/4" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Vertical Columna	1,628.64	S/ 10,325.58
BLOQUE 8	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Estribos Columnas	525.96	S/ 3,334.56
BLOQUE 9	3/4" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Vertical Columna	814.32	S/ 5,162.79
BLOQUE 9	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Estribos Columnas	262.98	S/ 1,667.28
Total			4,511.20	S/ 28,600.97

Suma de PESO (KG) por BLOQUE y BLOQUE

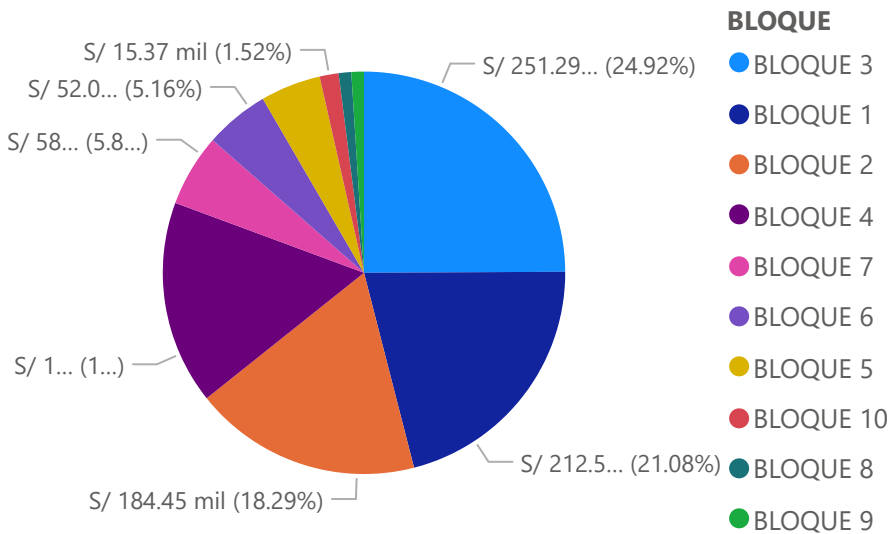


REPORTE DE ACERO DE REFUERZO EN MUROS ESTRUCTURALES - PROYECTO
"Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional
Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

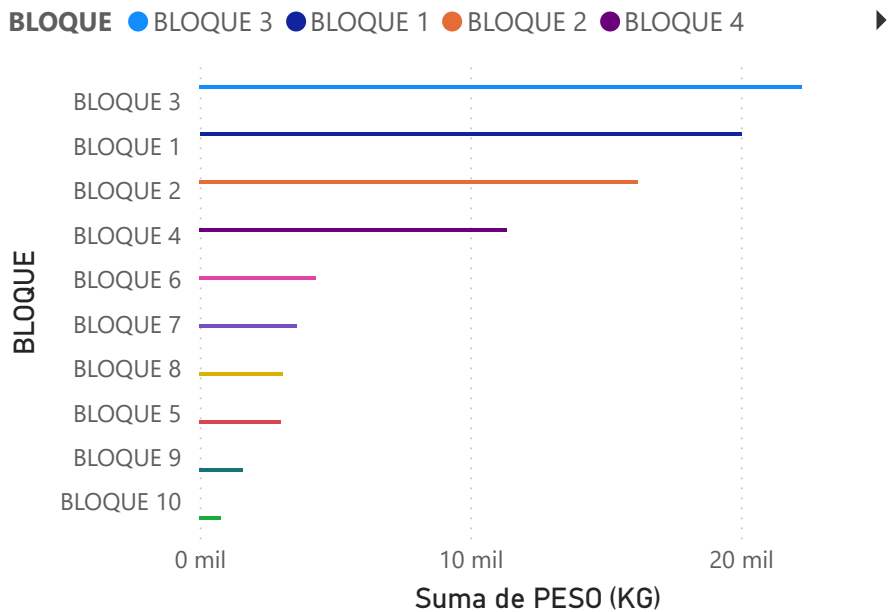


Suma de COSTO (SOLES) por BLOQUE



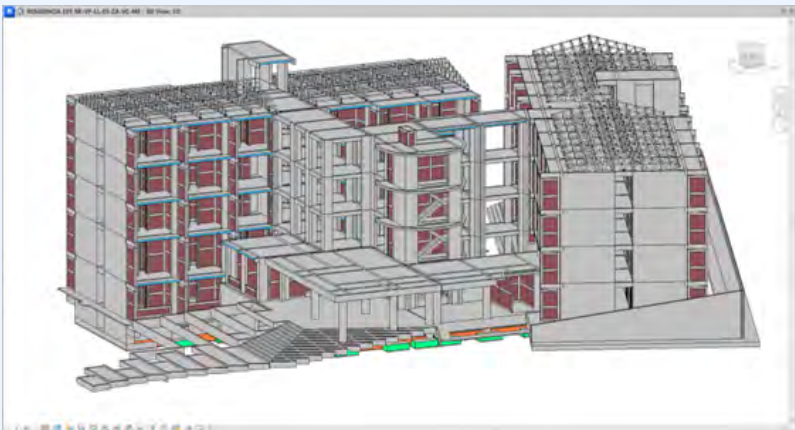
BLOQUE	TIPO	ELEMENTO	Suma de PESO (KG)	Suma de COSTO (SOLES)
BLOQUE 1	1/2" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Transversal Superior	376.80	S/ 2,388.80
BLOQUE 1	1/2" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Tranversal ME	7,429.37	S/ 47,102.23
BLOQUE 1	1/2" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Vertical ME	4,246.30	S/ 26,921.40
BLOQUE 1	1/2" Acero Fy=4200kgf/cm2	Vertical EB	1,688.87	S/ 10,707.37
BLOQUE 1	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Tranversal ME	1,484.10	S/ 9,409.16
BLOQUE 1	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Vertical ME	2,126.98	S/ 13,485.20
BLOQUE 1	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Confinamiento EB	6,337.01	S/ 40,176.66
BLOQUE 1	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Grapas Transversales	1,634.68	S/ 10,364.71
BLOQUE 1	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Vertical EB	76.60	S/ 485.64
BLOQUE 1	5/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Vertical ME	32.48	S/ 205.92
BLOQUE 1	5/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Vertical EB	8,096.50	S/ 51,331.74
BLOQUE 10	1/2" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Tranversal ME	361.38	S/ 2,300.48
Total			159,066.53	S/ 1,008,483.90

Suma de PESO (KG) por BLOQUE y BLOQUE

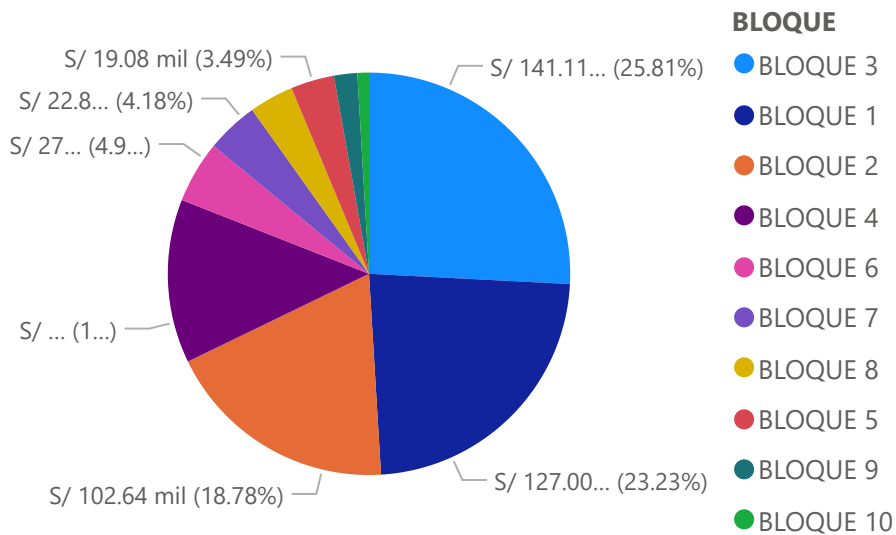


REPORTE DE ACERO DE REFUERZO EN VIGAS - PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

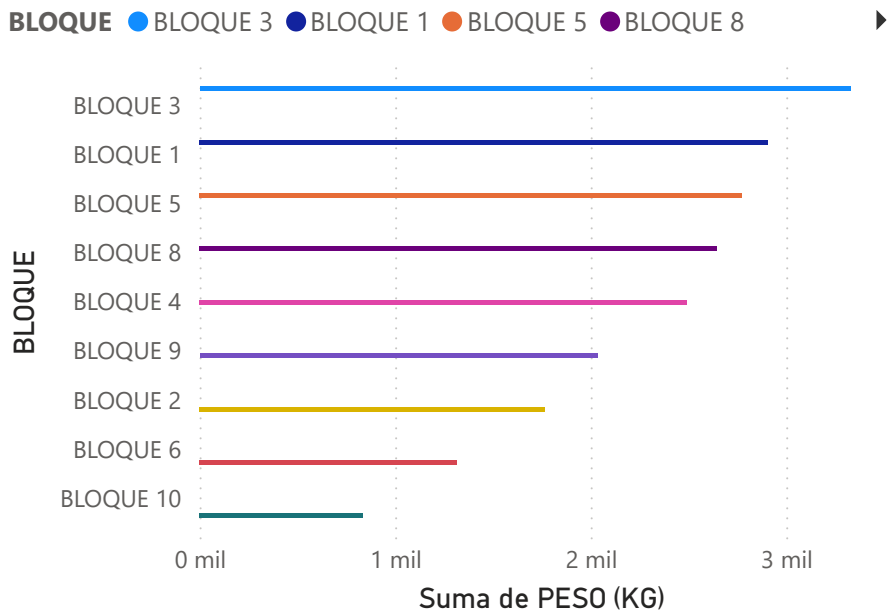


Suma de COSTO (SOLES) por BLOQUE



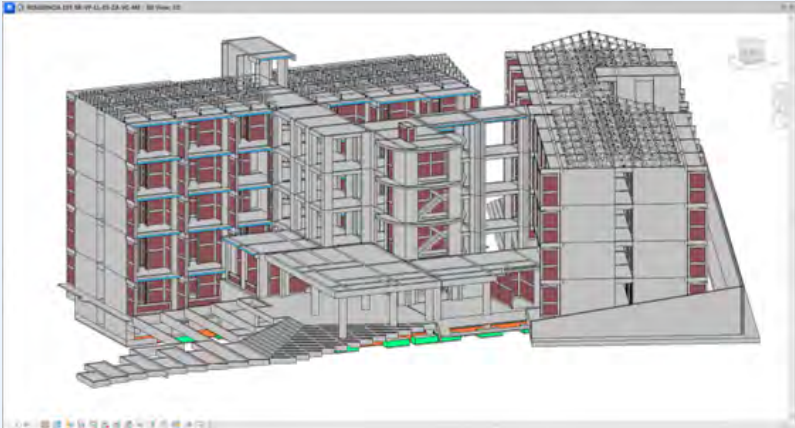
BLOQUE	TIPO	ELEMENTO	Suma de PESO (KG)	Suma de COSTO (SOLES)
BLOQUE 1	3/4" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Longitudinal Vigas	11,761.53	S/ 74,567.50
BLOQUE 1	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Estribos Vigas	5,350.18	S/ 33,920.95
BLOQUE 1	5/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Longitudinal Vigas	2,919.36	S/ 18,509.12
BLOQUE 10	3/4" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Longitudinal Vigas	313.41	S/ 1,987.03
BLOQUE 10	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Estribos Vigas	247.22	S/ 1,567.35
BLOQUE 10	5/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Longitudinal Vigas	238.69	S/ 1,513.30
BLOQUE 2	3/4" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Longitudinal Vigas	9,359.14	S/ 59,336.37
Total			86,225.77	S/ 546,671.23

Suma de PESO (KG) por BLOQUE y BLOQUE

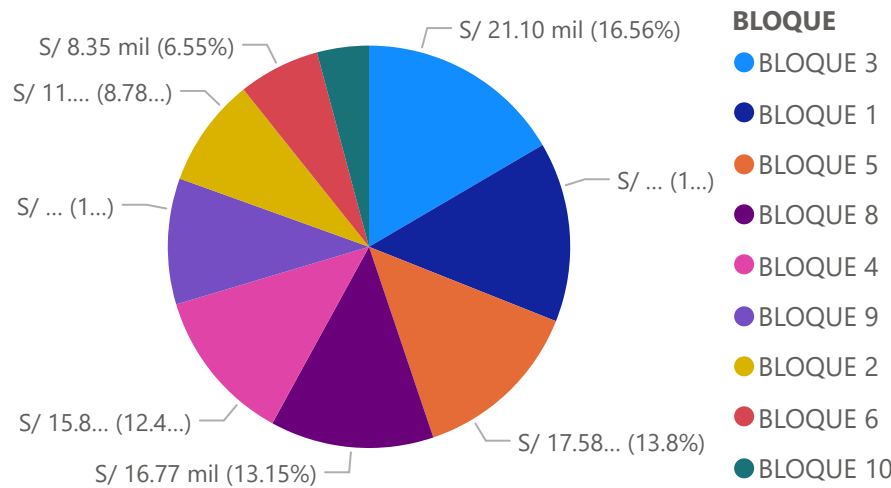


REPORTE DE ACERO DE REFUERZO EN LOSA LLENA - PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

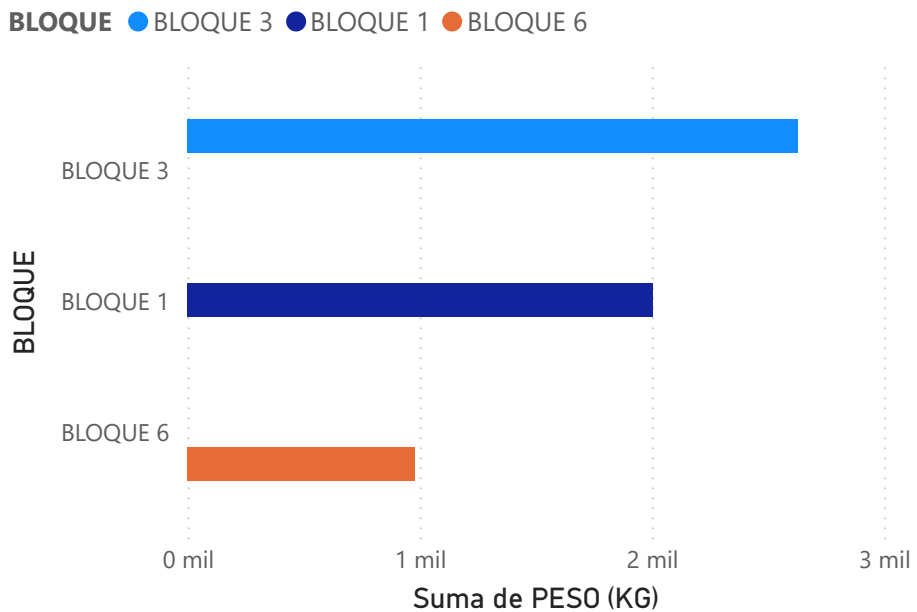


Suma de COSTO (SOLES) por BLOQUE

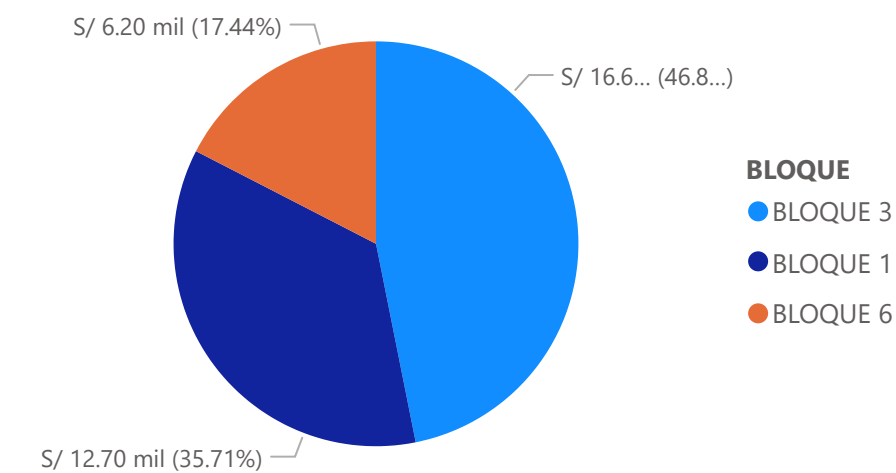


BLOQUE	TIPO	ELEMENTO	Suma de PESO (KG)	Suma de COSTO (SOLES)
BLOQUE 1	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Malla Inferior	1,274.56	S/ 8,080.65
BLOQUE 1	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Malla Superior	1,634.09	S/ 10,360.18
BLOQUE 10	1/2" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Malla Inferior	475.15	S/ 3,012.45
BLOQUE 10	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Malla Inferior	47.69	S/ 302.36
BLOQUE 10	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Malla Superior	314.67	S/ 1,995.01
BLOQUE 2	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Malla Inferior	829.45	S/ 5,258.70
BLOQUE 2	3/8" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Malla Superior	935.78	S/ 5,932.91
Total			20,104.04	S/ 127,459.39

Suma de PESO (KG) por BLOQUE y BLOQUE

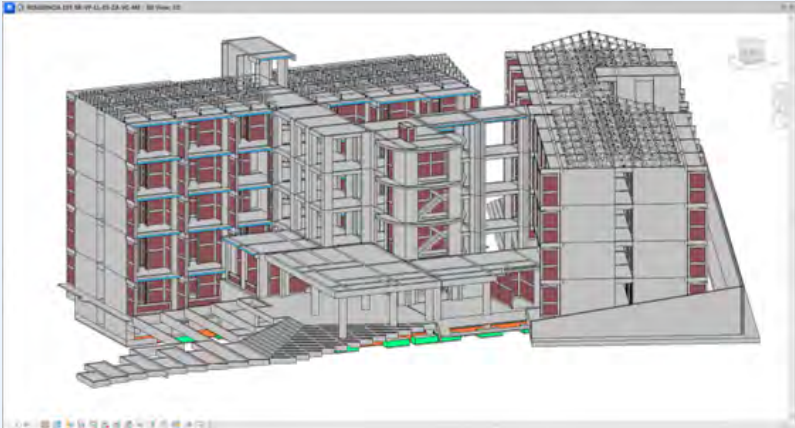


Suma de COSTO (SOLES) por BLOQUE



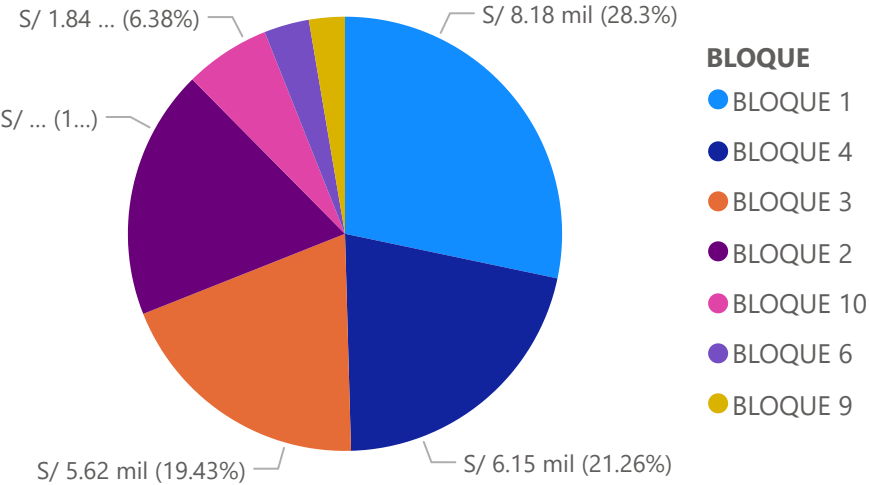
REPORTE DE ACERO DE REFUERZO EN ESCALERAS - PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ



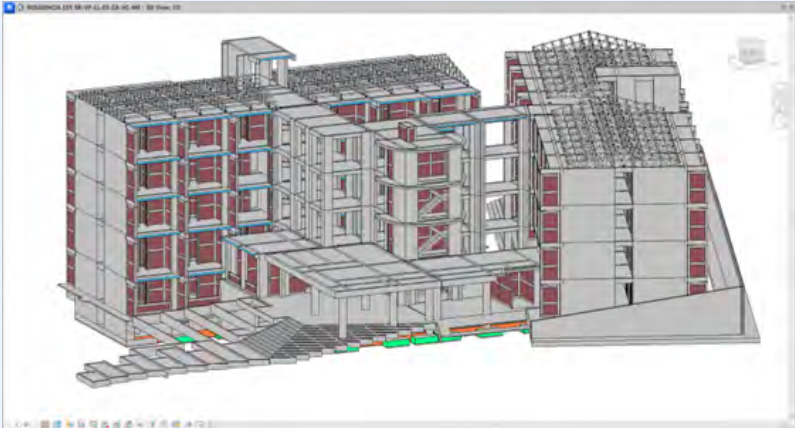
BLOQUE	TIPO	ELEMENTO	Suma de PESO (KG)	Suma de COSTO (SOLES)
BLOQUE 1	1/2" Acero Fy=4200kgf/cm2		162.98	S/ 1,033.30
BLOQUE 1	1/2" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Longitudinal Inferior	531.51	S/ 3,369.79
BLOQUE 1	1/2" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Longitudinal Superior	680.91	S/ 4,316.94
BLOQUE 1	1/2" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Malla Superior	94.20	S/ 597.24
BLOQUE 1	1/2" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Transversal Inferior	305.53	S/ 1,937.08
BLOQUE 1	1/2" Acero Fy=4200kgf/cm2	Acero Transversal Superior	211.33	S/ 1,339.84
BLOQUE 1	1/2" Acero Fy=4200kgf/cm2	Rectón Vertical	17.22	S/ 109.17
Total			5,611.43	S/ 35,576.36

Suma de COSTO CONCRETO(soles) por BLOQUE

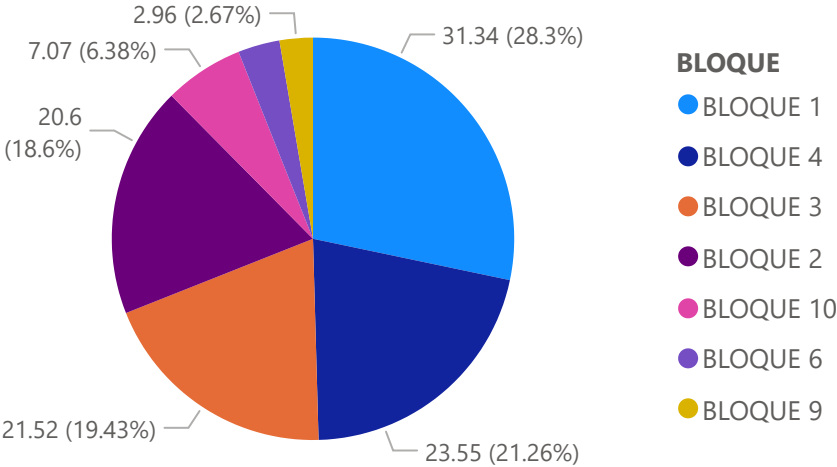


REPORTE DE CONCRETO CIMIENTOS CORRIDOS - PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

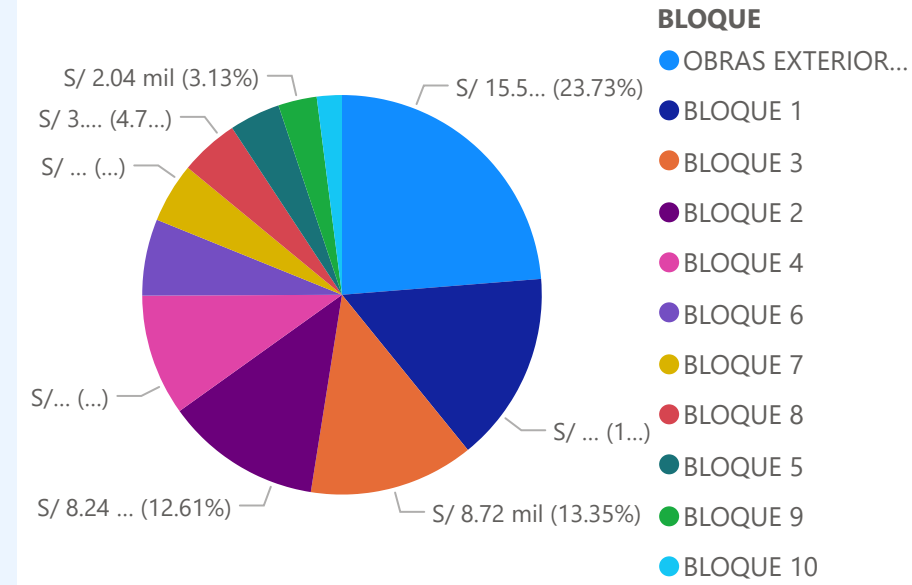


Suma de VOLUMEN(m3) por BLOQUE



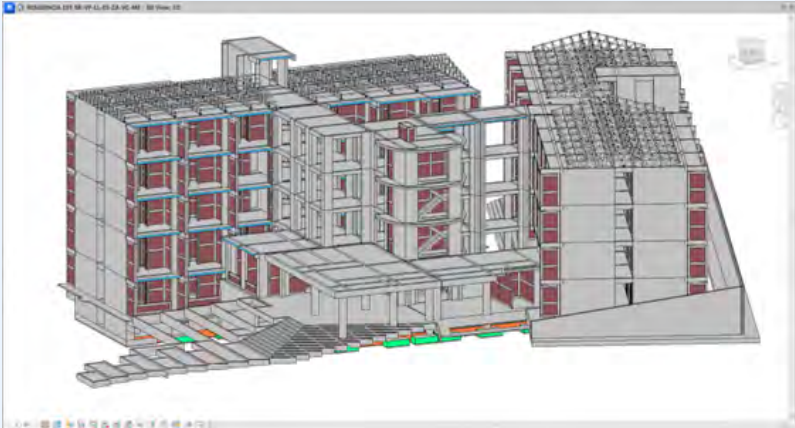
BLOQUE	TIPO	Suma de VOLUMEN(m3)	Suma de COSTO CONCRETO(soles)
BLOQUE 1	CIMIENTO CORRIDO PROP. 1:10 + 30% PG (C-H)	31.34	S/ 8,178.23
BLOQUE 10	CIMIENTO CORRIDO PROP. 1:10 + 30% PG (C-H)	7.07	S/ 1,844.92
BLOQUE 2	CIMIENTO CORRIDO PROP. 1:10 + 30% PG (C-H)	20.60	S/ 5,375.63
BLOQUE 3	CIMIENTO CORRIDO PROP. 1:10 + 30% PG (C-H)	21.52	S/ 5,615.70
BLOQUE 4	CIMIENTO CORRIDO PROP. 1:10 + 30% PG (C-H)	23.55	S/ 6,145.40
BLOQUE 6	CIMIENTO CORRIDO PROP. 1:10 + 30% PG (C-H)	3.72	S/ 970.74
Total		110.76	S/ 28,903.02

Suma de COSTO CONCRETO(soles) por BLOQUE

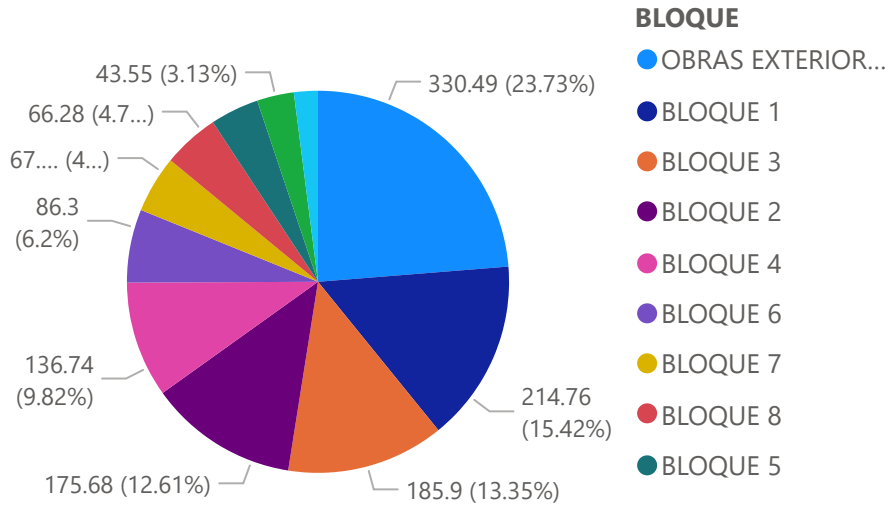


REPORTE DE CONCRETO SOLADOS - PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

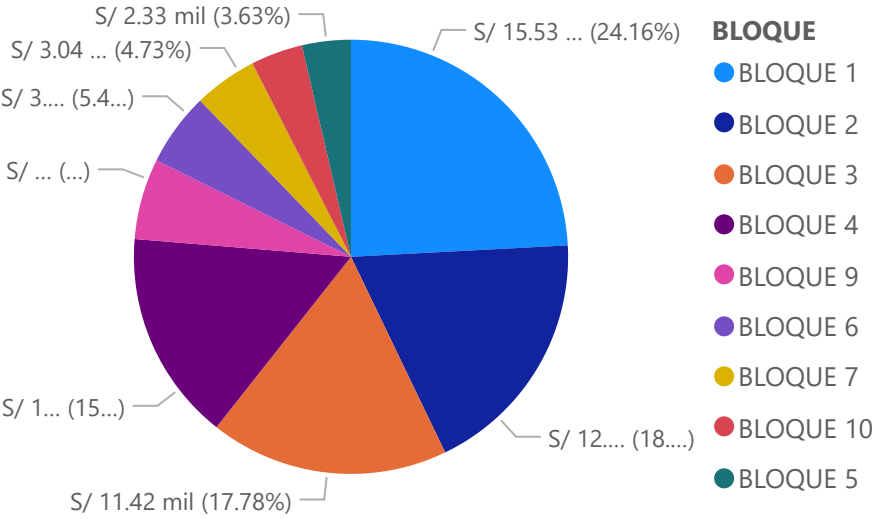


Suma de ÁREA(m2) por BLOQUE



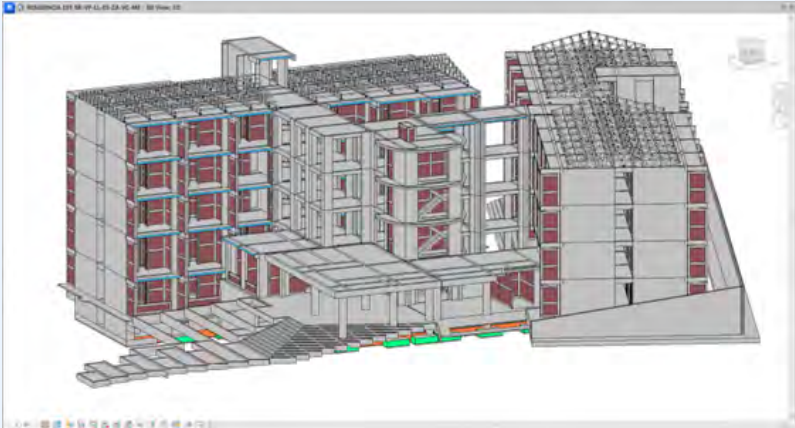
BLOQUE	TIPO	Suma de ÁREA(m2)	Suma de COSTO CONCRETO(soles)
BLOQUE 1	SOLADO 10cm	198.24	S/ 9,295.48
BLOQUE 1	SOLADO 5cm	16.52	S/ 774.58
BLOQUE 10	SOLADO 10cm	24.00	S/ 1,125.36
BLOQUE 10	SOLADO 5cm	4.23	S/ 198.33
BLOQUE 2	SOLADO 10cm	161.37	S/ 7,566.65
BLOQUE 2	SOLADO 5cm	14.31	S/ 670.95
BLOQUE 3	SOLADO 10cm	174.62	S/ 8,187.94
Total		1,392.67	S/ 65,302.14

Suma de COSTO CONCRETO(soles) por BLOQUE

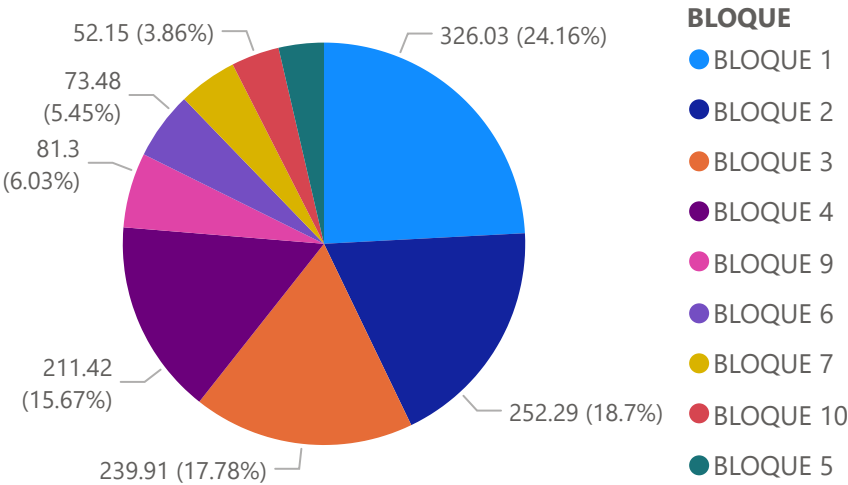


REPORTE DE CONCRETO FALSO PISO - PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

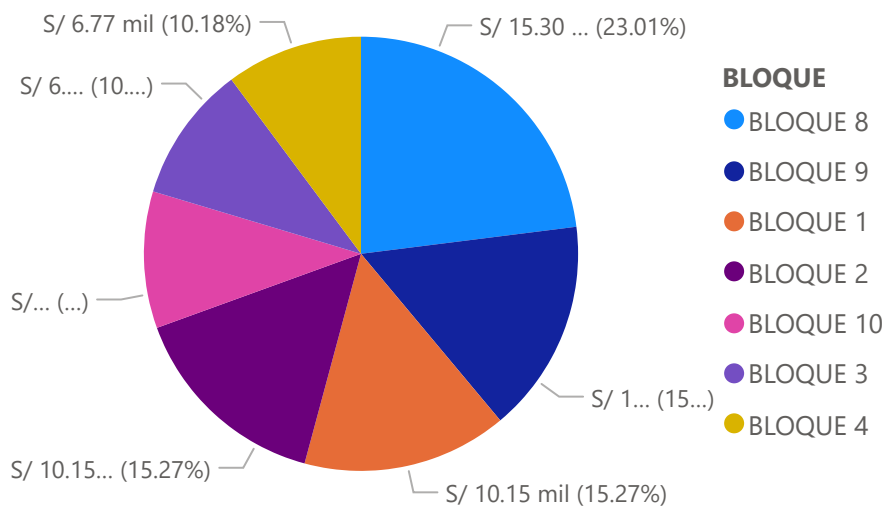


Suma de ÁREA(m2) por BLOQUE



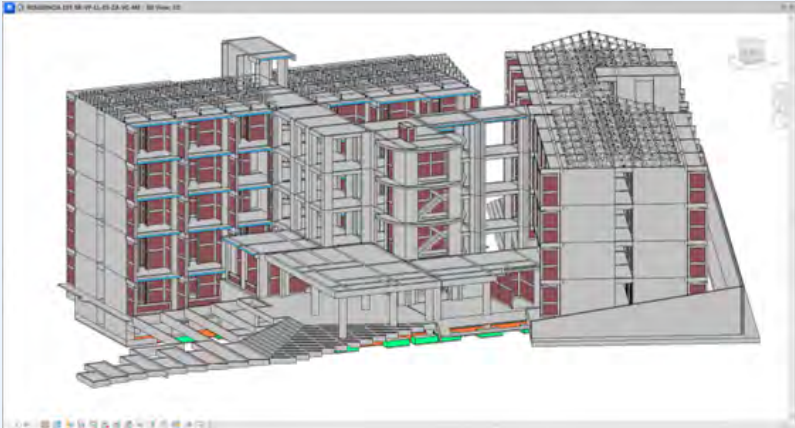
BLOQUE	TIPO	Suma de ÁREA(m2)	Suma de COSTO CONCRETO(soles)
BLOQUE 1	Falso Piso e=4" f'c=100kgf/cm2	326.03	S/ 15,525.56
BLOQUE 10	Falso Piso e=4" f'c=100kgf/cm2	52.15	S/ 2,483.38
BLOQUE 2	Falso Piso e=4" f'c=100kgf/cm2	252.29	S/ 12,014.05
BLOQUE 3	Falso Piso e=4" f'c=100kgf/cm2	239.91	S/ 11,424.54
BLOQUE 4	Falso Piso e=4" f'c=100kgf/cm2	211.42	S/ 10,067.82
BLOQUE 5	Falso Piso e=4" f'c=100kgf/cm2	49.02	S/ 2,334.33
Total		1,349.36	S/ 64,256.56

Suma de COSTO CONCRETO(soles) por BLOQUE

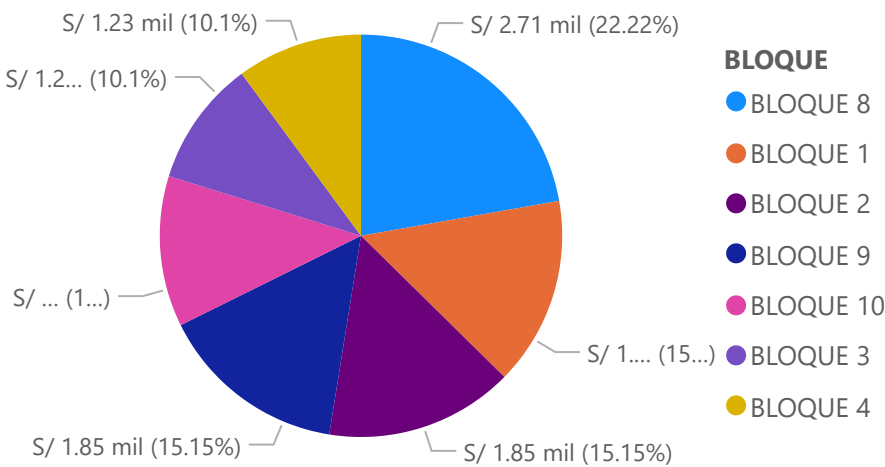


REPORTE DE CONCRETO Y ENCOFRADO ZAPATAS - PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

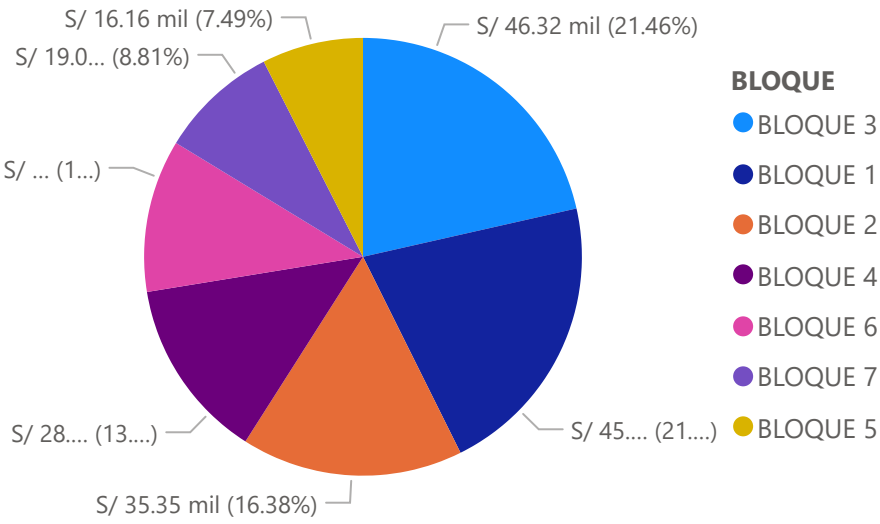


Suma de CORTO ENCOFRADO(soles) por BLOQUE



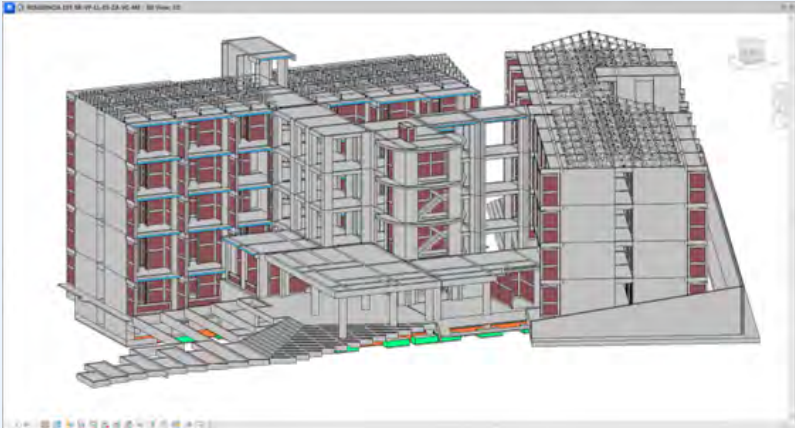
BLOQUE	TIPO	Suma de VOLUMÉN(m3)	Suma de ENCOFRADO(m2)	Suma de COSTO CONCRETO(soles)	Suma de CORTO ENCOFRADO(soles)
BLOQUE 9	Z-2 (2.50mx2.50mx0.60m)	22.50	36.00	S/ 10,575.90	S/ 1,846.44
BLOQUE 1	Z-4 (2.00mx3.00mx0.60m)	21.60	36.00	S/ 10,152.84	S/ 1,846.44
BLOQUE 2	Z-4 (2.00mx3.00mx0.60m)	21.60	36.00	S/ 10,152.84	S/ 1,846.44
BLOQUE 8	Z-2 (2.50mx2.50mx0.60m)	18.75	30.00	S/ 8,813.25	S/ 1,538.70
BLOQUE 10	Z-1 (2.00mx2.00mx0.60m)	14.40	28.80	S/ 6,768.60	S/ 1,477.14
BLOQUE 3	Z-4 (2.00mx3.00mx0.60m)	14.40	24.00	S/ 6,768.56	S/ 1,230.96
Total		141.45	237.60	S/ 66,487.11	S/ 12,186.48

Suma de COSTO CONCRETO(soles) por BLOQUE

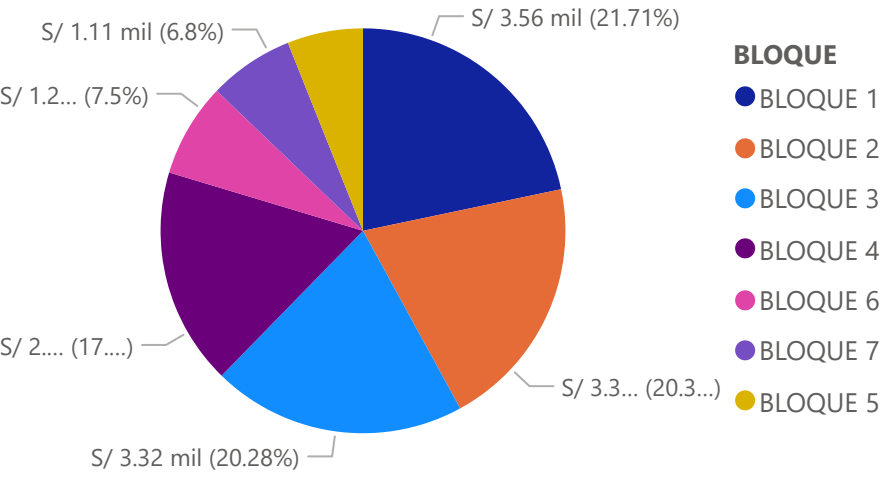


REPORTE DE CONCRETO Y ENCOFRADO PLATEAS - PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

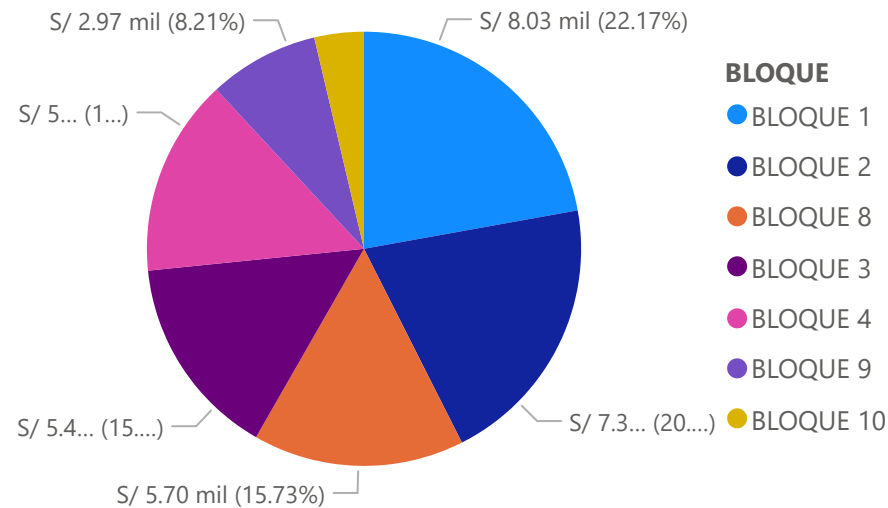


Suma de COSTO ENCOFRADO(soles) por BLOQUE



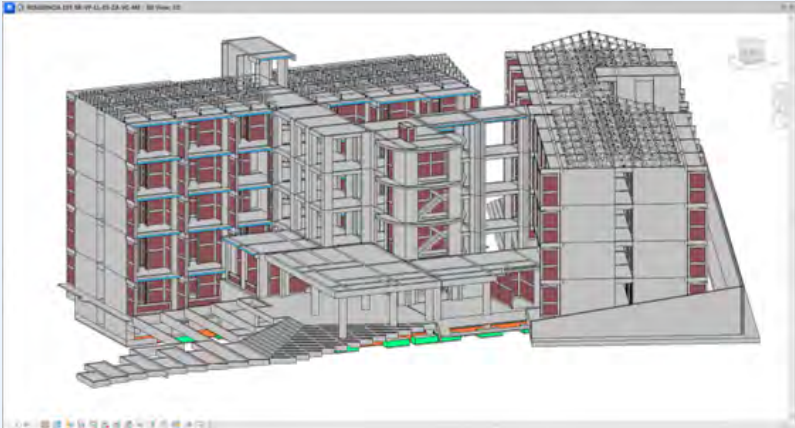
BLOQUE	TIPO	Suma de VOLUMÉN(m3)	Suma de PERÍMETRO(m)	Suma de COSTO CONCRETO(soles)	Suma de COSTO ENCOFRADO(soles)
BLOQUE 1	PLATEA 60cm	97.33	115.64	S/ 45,749.00	S/ 3,559.01
BLOQUE 2	PLATEA 60cm	75.21	108.26	S/ 35,351.72	S/ 3,331.80
BLOQUE 3	PLATEA 60cm	41.32	61.26	S/ 19,422.06	S/ 1,885.42
BLOQUE 4	PLATEA 60cm	61.56	92.40	S/ 28,935.66	S/ 2,843.52
BLOQUE 5	PLATEA 60cm	34.39	32.23	S/ 16,164.68	S/ 991.95
Total		459.26	526.06	S/ 215,870.60	S/ 16,395.36

Suma de COSTO CONCRETO(soles) por BLOQUE

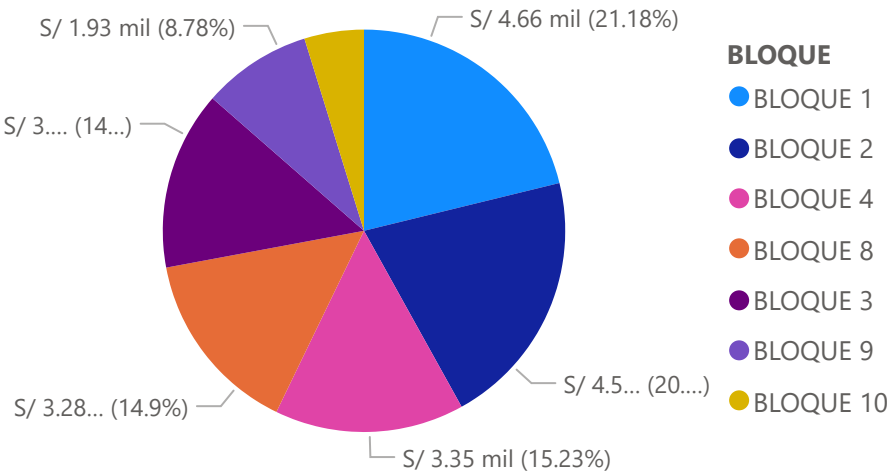


REPORTE DE CONCRETO Y ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN - PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

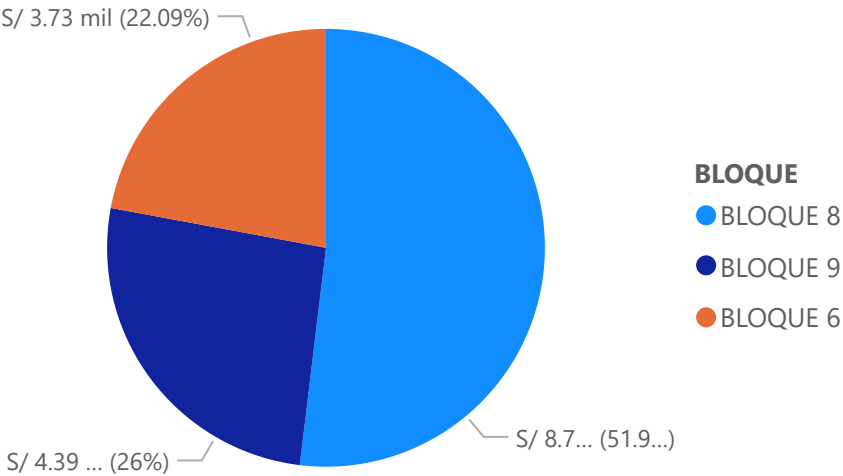


Suma de COSTO ENCOFRAD(soles) por BLOQUE



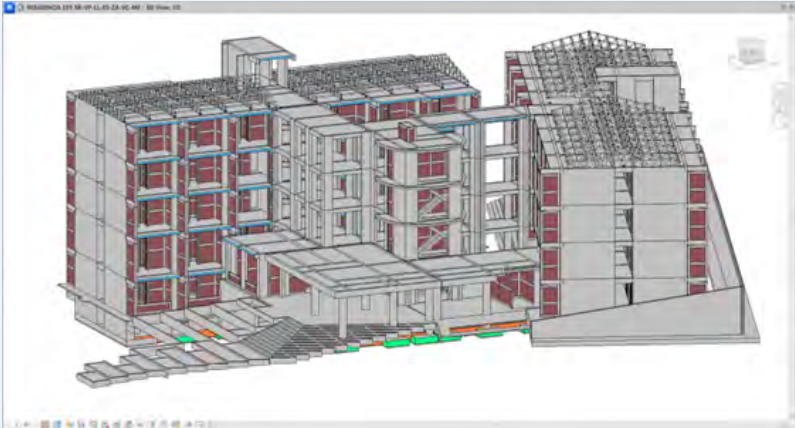
BLOQUE	TIPO	Suma de VOLUMÉN(m3)	Suma de ENCOFRADO(m2)	Suma de COSTO CONCRETO(soles)	Suma de COSTO ENCOFRAD(soles)
BLOQUE 1	VIGA DE CIMENTACION	16.18	76.72	S/ 8,034.04	S/ 4,659.97
BLOQUE 10	VIGA DE CIMENTACION	2.69	17.33	S/ 1,335.68	S/ 1,052.62
BLOQUE 2	VIGA DE CIMENTACION	14.88	75.16	S/ 7,388.56	S/ 4,565.23
BLOQUE 3	VIGA DE CIMENTACION	11.03	52.02	S/ 5,476.86	S/ 3,159.70
BLOQUE 4	VIGA DE CIMENTACION	10.74	55.16	S/ 5,332.85	S/ 3,350.42
BLOQUE 8	VIGA DE CIMENTACION	11.48	53.97	S/ 5,700.28	S/ 3,278.13
Total		72.99	362.16	S/ 36,242.55	S/ 21,997.61

Suma de COSTO CONCRETO(soles) por BLOQUE

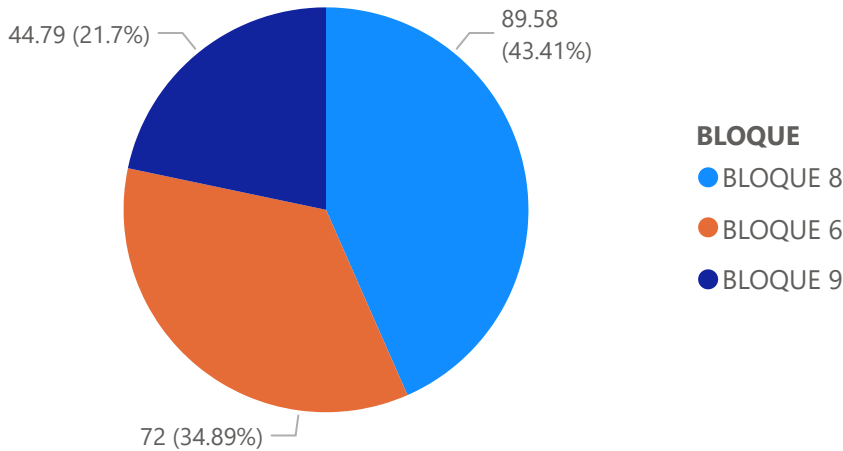


REPORTE DE CONCRETO Y ENCOFRADO COLUMNAS - PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

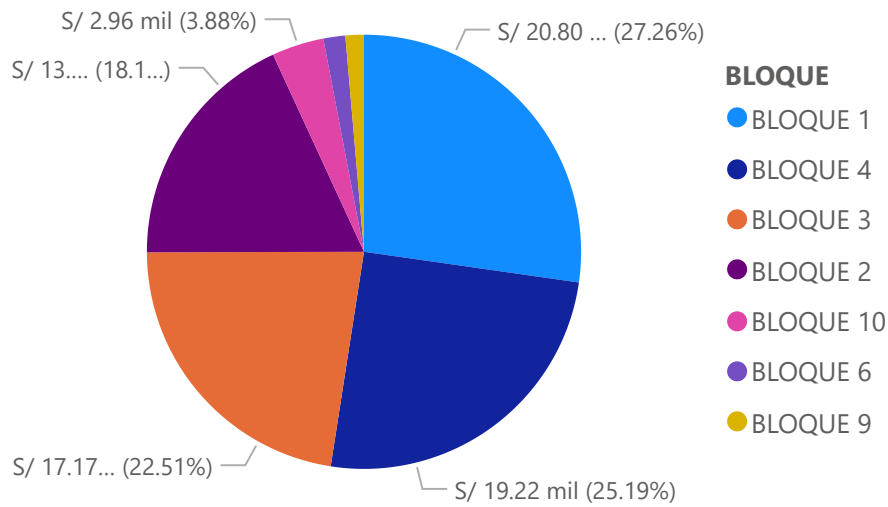


Suma de ENCOFRADO(m2) por BLOQUE



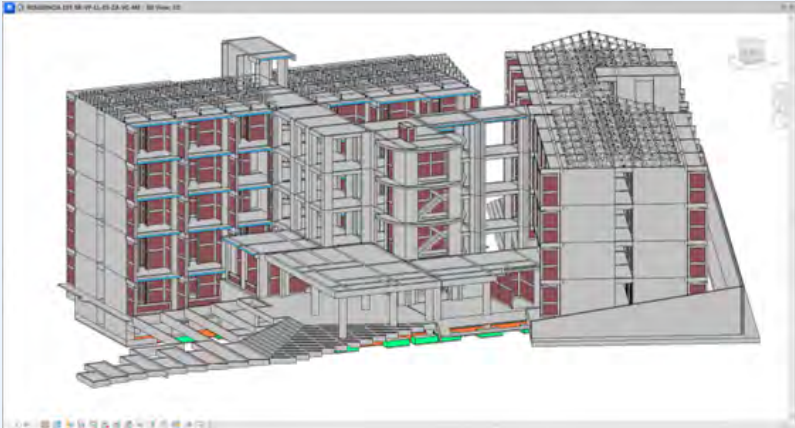
BLOQUE	NIVEL	TIPO	Suma de ENCOFRADO(m2)	Suma de VOLUMEN(m3)	Suma de COSTO ENCOFRADO(soles)	Suma de COSTO CONCRETO(soles)
BLOQUE 6	NIVEL 1	COLUMNA C-1	25.80	2.70	S/ 1,903.78	S/ 1,331.00
BLOQUE 6	NIVEL 2	COLUMNA C-1	15.40	1.62	S/ 1,136.36	S/ 798.60
BLOQUE 6	NIVEL 3	COLUMNA C-1	15.40	1.62	S/ 1,136.36	S/ 798.60
BLOQUE 6	NIVEL 4	COLUMNA C-1	15.40	1.62	S/ 1,136.36	S/ 798.60
BLOQUE 8	NIVEL 1	C2 D=80cm	89.58	17.77	S/ 6,612.12	S/ 8,759.89
BLOQUE 9	NIVEL 1	C2 D=80cm	44.79	8.90	S/ 3,306.06	S/ 4,387.34
Total			206.37	34.23	S/ 15,231.04	S/ 16,874.03

Suma de COSTO CONCRETO(soles) por BLOQUE

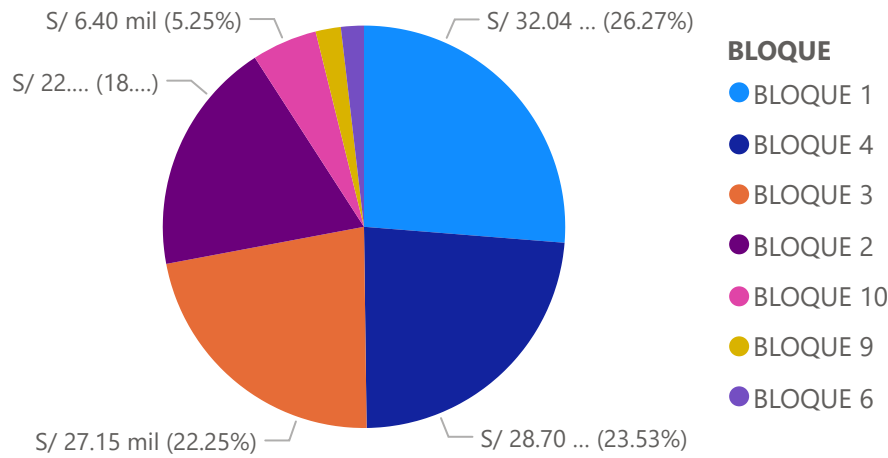


REPORTE DE CONCRETO Y ENCOFRADO SOBRECIMENTOS REFORZADOS -
PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad
Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

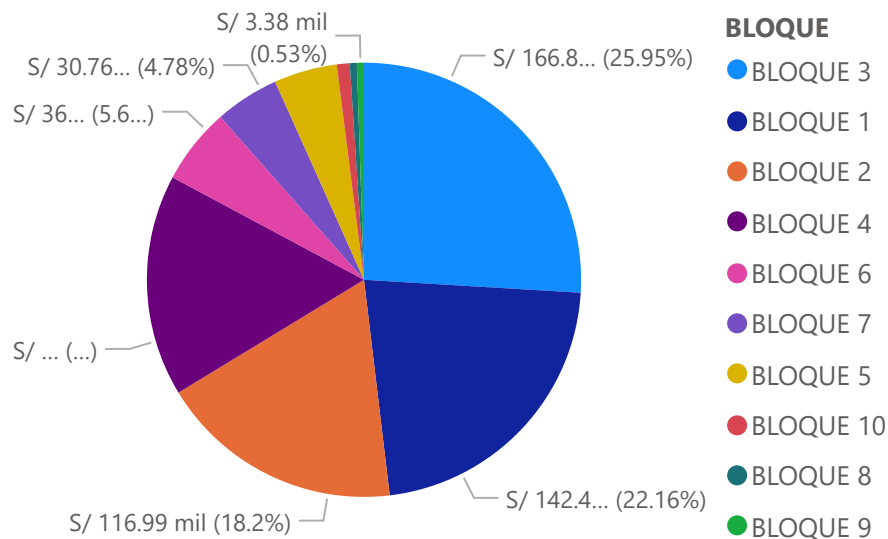


Suma de COSTO ENCOFRADO(soles) por BLOQUE



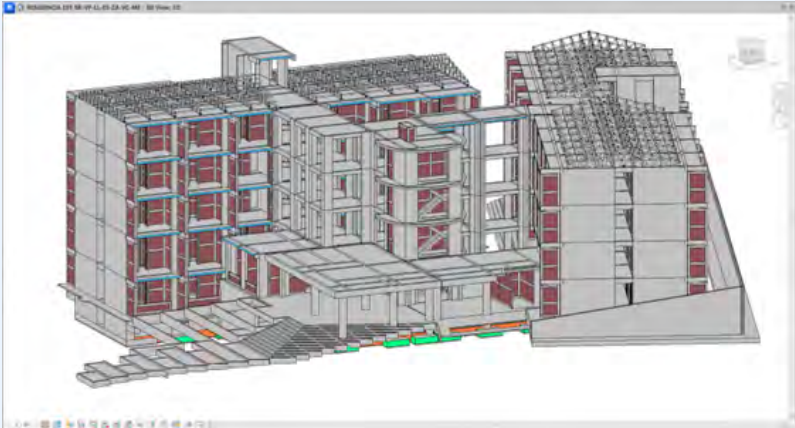
BLOQUE	TIPO	Suma de VOLUMEN(m3)	Suma de ENCOFRADO(m2)	Suma de COSTO CONCRETO(soles)	Suma de COSTO ENCOFRADO(soles)
BLOQUE 1	Sobrecimiento Ref. f'c=210 Kg/cm ² e=12cm	19.28	330.22	S/ 8,317.24	S/ 20,057.68
BLOQUE 1	Sobrecimiento Ref. f'c=210 Kg/cm ² e=25cm	4.60	36.80	S/ 1,984.39	S/ 2,235.21
BLOQUE 1	Sobrecimiento Ref. f'c=210 Kg/cm ² e=30cm	24.33	160.49	S/ 10,495.72	S/ 9,748.15
Total		176.85	2,008.27	S/ 76,291.39	S/ 121,982.70

Suma de COSTO CONCRETO(soles) por BLOQUE

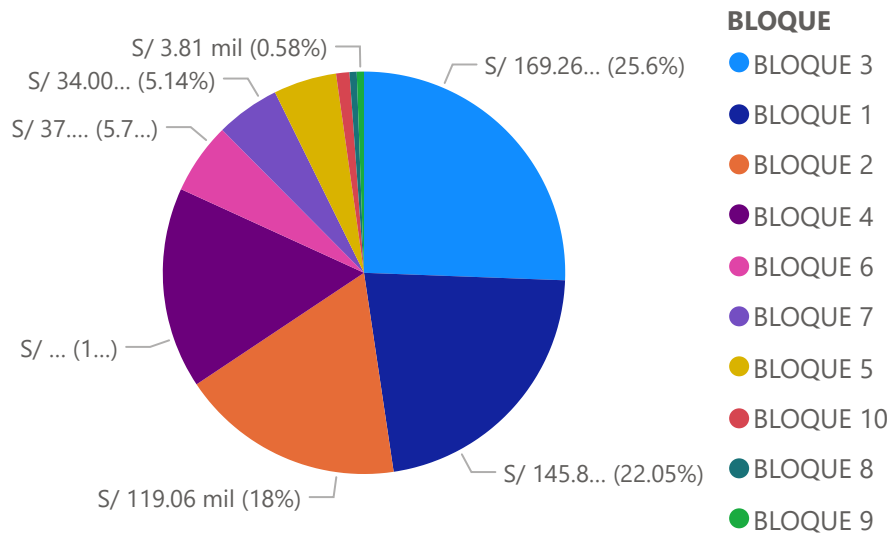


REPORTE DE CONCRETO Y ENCOFRADO MUROS ESTRUCTURALES - PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

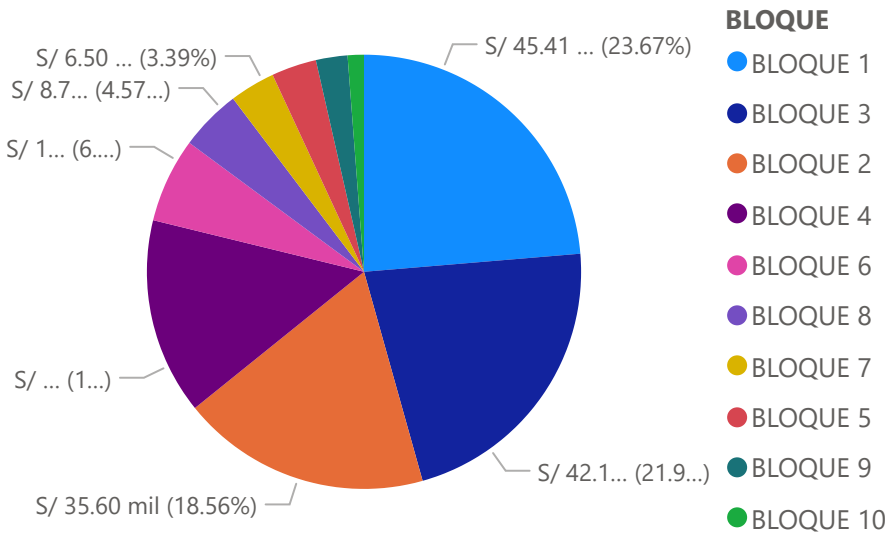


Suma de COSTO ENCOFRADO(soles) por BLOQUE



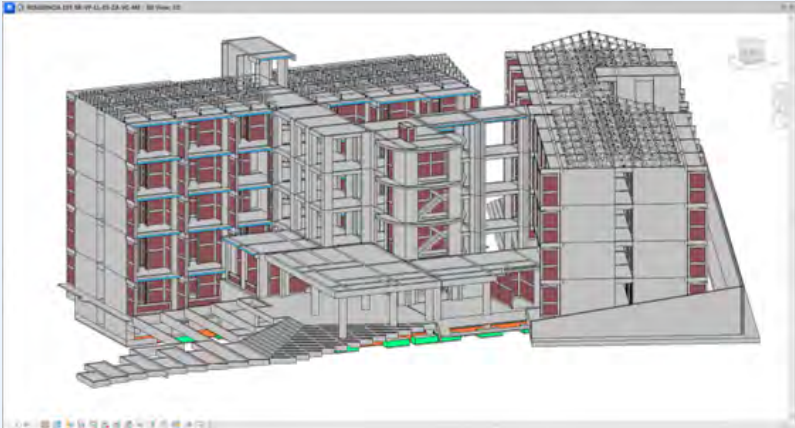
BLOQUE	TIPO	Suma de VOLUMEN(m3)	Suma de ENCOFRADO(m2)	Suma de COSTO CONCRETO(soles)	Suma de COSTO ENCOFRADO(soles)
BLOQUE 4	PLACA PL-4	155.07	1,080.32	S/ 72,453.38	S/ 69,896.72
BLOQUE 1	PLACA PL-4	149.66	1,044.24	S/ 69,925.67	S/ 67,562.35
BLOQUE 2	PLACA PL-4	142.16	989.80	S/ 66,421.44	S/ 64,040.08
BLOQUE 3	PLACA PL-4	117.13	827.21	S/ 54,726.67	S/ 53,520.51
BLOQUE 5	PLACA PL-8	64.72	518.40	S/ 30,239.20	S/ 33,540.40
BLOQUE 2	PLACA PL-2	61.01	472.44	S/ 28,505.75	S/ 30,566.82
Total		1,375.99	10,221.00	S/ 642,904.27	S/ 661,298.35

Suma de COSTO CONCRETO(soles) por BLOQUE

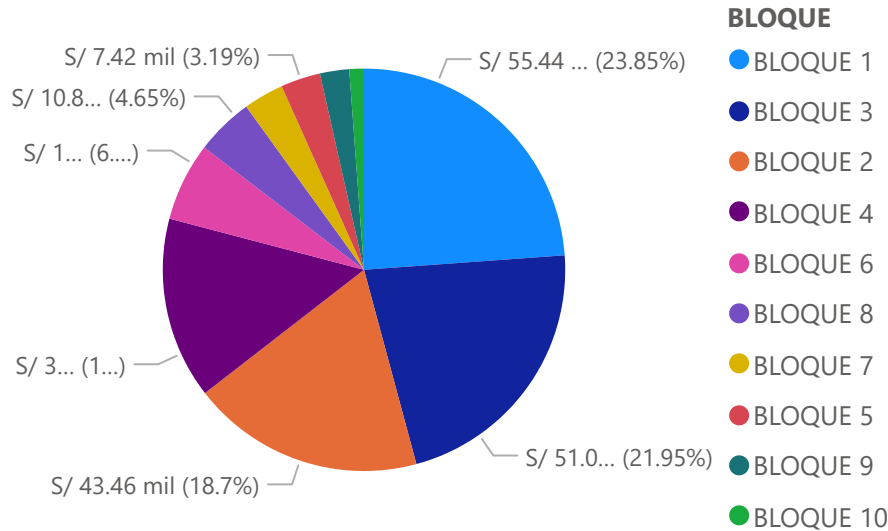


REPORTE DE CONCRETO Y ENCOFRADO VIGAS - PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

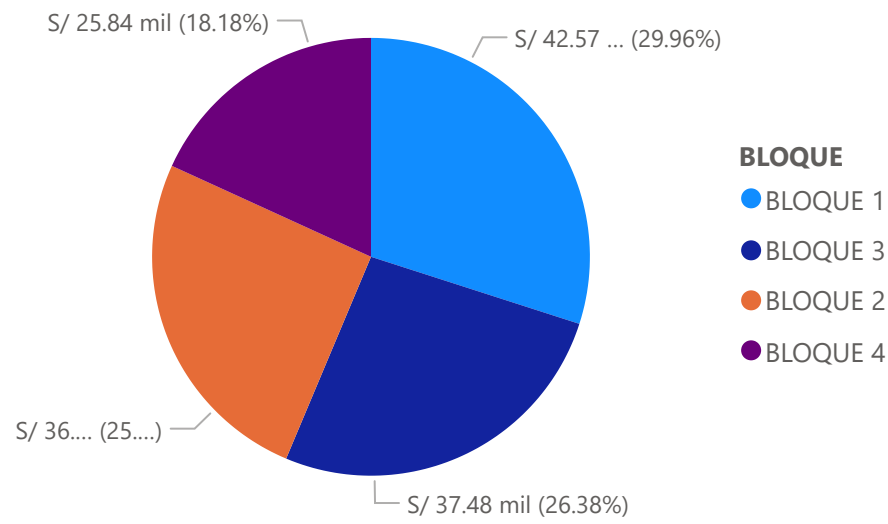


Suma de COSTO ENCOFRADO(soles) por BLOQUE



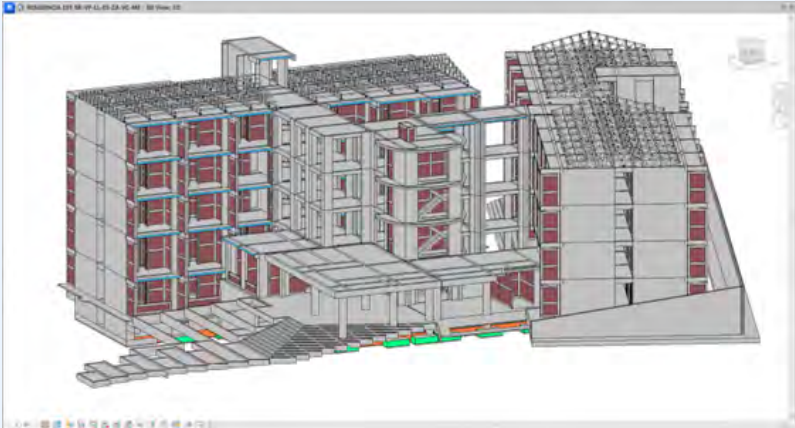
BLOQUE	TIPO	Suma de VOLÚMEN(m3)	Suma de ENCOFRADO(m2)	Suma de COSTO CONCRETO(soles)	Suma de COSTO ENCOFRADO(soles)
BLOQUE 1	VIGA 25cm x 50cm	10.34	69.22	S/ 4,376.62	S/ 5,799.36
BLOQUE 1	VIGA 30cm x 50cm	80.01	500.69	S/ 33,865.12	S/ 41,947.77
BLOQUE 1	VIGA CHATA 30cm x 25cm	16.94	91.84	S/ 7,170.10	S/ 7,694.40
BLOQUE 10	VIGA 30cm x 40cm	1.66	9.67	S/ 702.62	S/ 810.14
BLOQUE 10	VIGA 30cm x 65cm	3.22	19.86	S/ 1,362.89	S/ 1,663.88
BLOQUE 10	VIGA CHATA 40cm x 20cm	0.60	3.02	S/ 253.96	S/ 253.02
Total		453.25	2,774.23	S/ 191,843.17	S/ 232,425.13

Suma de COSTO CONCRETO(soles) por BLOQUE

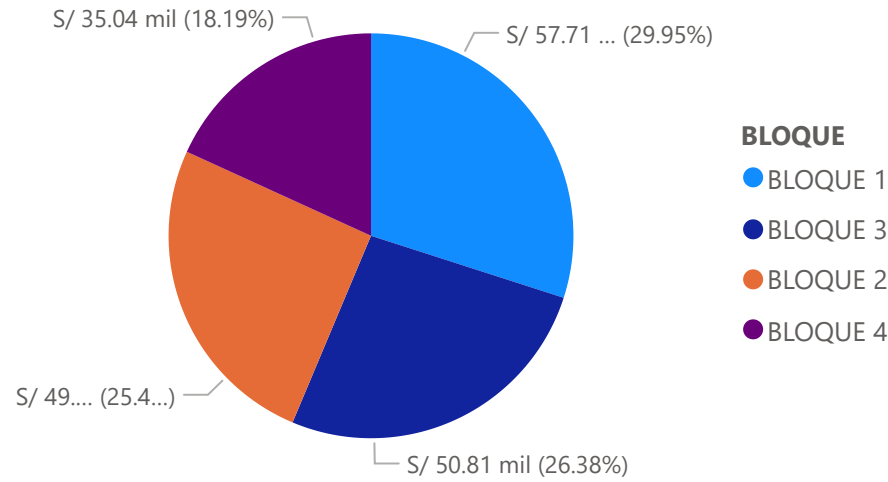


REPORTE DE CONCRETO Y ENCOFRADO LOSAS ALIGERADAS 25cm- PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

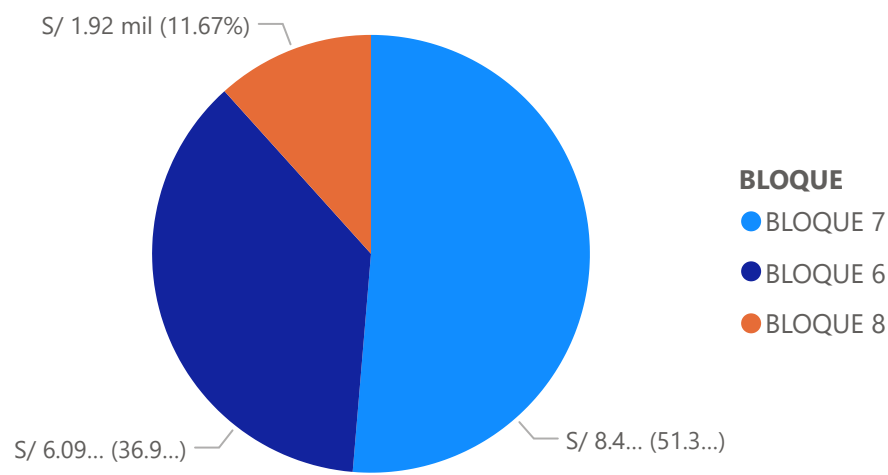


Suma de COSTO ENCOFRADO(soles) por BLOQUE



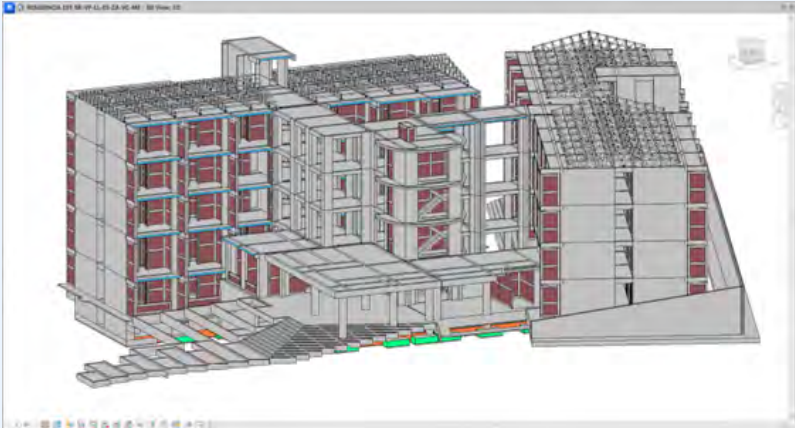
BLOQUE	TIPO	Suma de VOLUMÉN(m3)	Suma de ENCOFRADO(m2)	Suma de COSTO CONCRETO(soles)	Suma de COSTO ENCOFRADO(soles)
BLOQUE 1	Losa Aligerada 25cm	104.50	1,092.29	S/ 42,572.30	S/ 57,705.59
BLOQUE 3	Losa Aligerada 25cm	92.01	961.85	S/ 37,484.04	S/ 50,814.58
BLOQUE 2	Losa Aligerada 25cm	88.90	929.17	S/ 36,216.97	S/ 49,087.99
BLOQUE 4	Losa Aligerada 25cm	63.42	663.17	S/ 25,836.74	S/ 35,035.28
Total		348.83	3,646.48	S/ 142,110.05	S/ 192,643.44

Suma de COSTO CONCRETO(soles) por BLOQUE

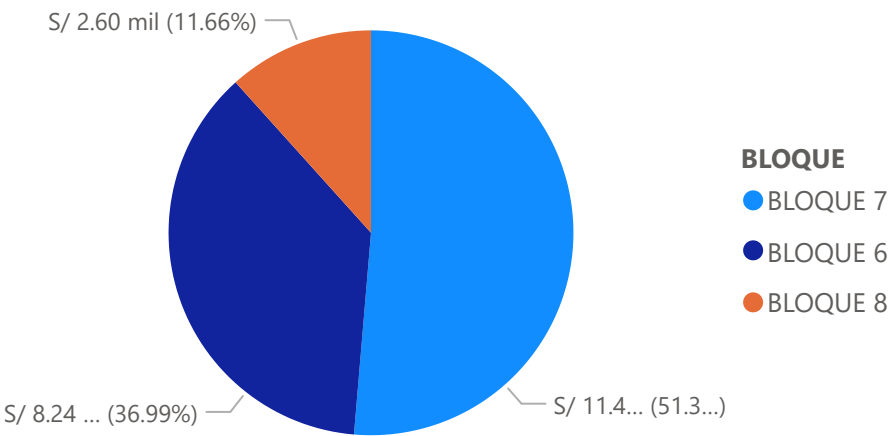


REPORTE DE CONCRETO Y ENCOFRADO LOSAS ALIGERADAS 20cm- PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

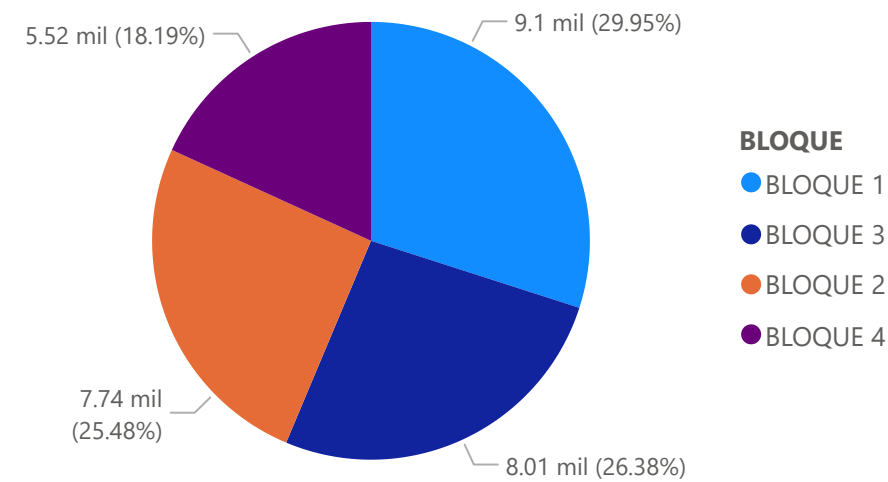


Suma de COSTO ENCOFRADO(soles) por BLOQUE



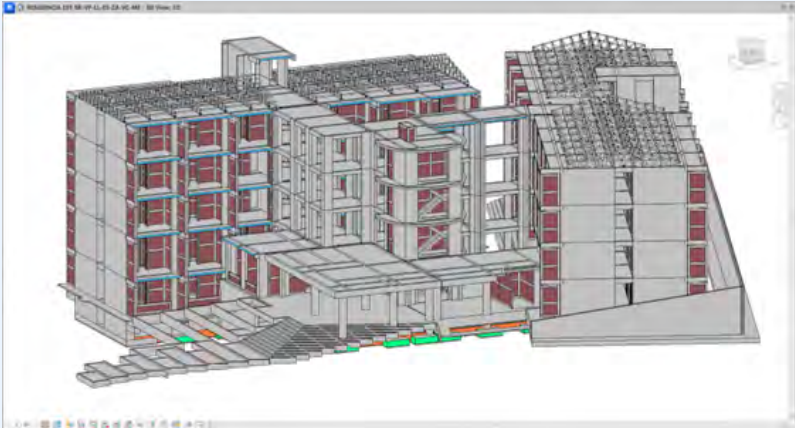
BLOQUE	TIPO	Suma de VOLUMÉN(m3)	Suma de ENCOFRADO(m2)	Suma de COSTO CONCRETO(soles)	Suma de COSTO ENCOFRADO(soles)
BLOQUE 6	Losa Aligerada 20cm	14.96	156.00	S/ 6,094.56	S/ 8,241.48
BLOQUE 7	Losa Aligerada 20cm	20.76	216.52	S/ 8,457.44	S/ 11,438.72
BLOQUE 8	Losa Aligerada 20cm	4.72	49.19	S/ 1,922.88	S/ 2,598.71
Total		40.44	421.71	S/ 16,474.88	S/ 22,278.91

Suma de LADRILLOS(und) por BLOQUE

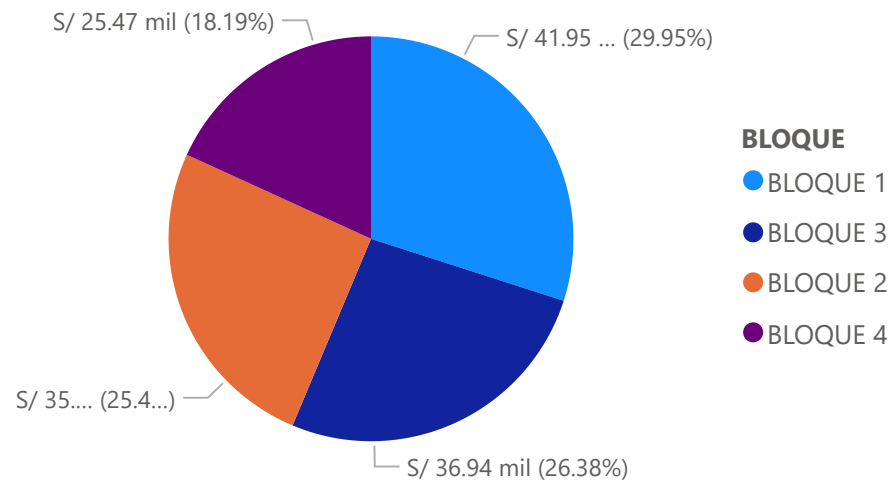


REPORTE DE LADRILLOS DE TECHO 20cm x 30cm x 30cm- PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

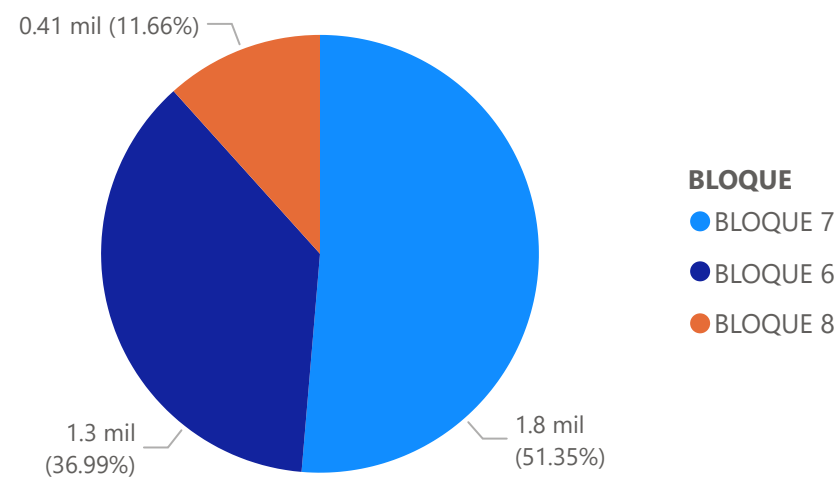


Suma de COSTO LADRILLO(soles) por BLOQUE



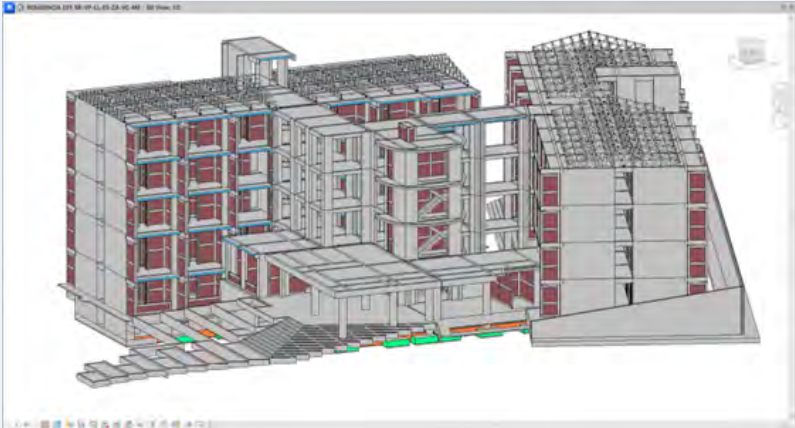
BLOQUE	Suma de LADRILLOS(und)	Suma de COSTO LADRILLO(soles)
BLOQUE 1	9,099.52	S/ 41,948.76
BLOQUE 2	7,740.61	S/ 35,684.19
BLOQUE 3	8,012.97	S/ 36,939.83
BLOQUE 4	5,524.92	S/ 25,469.90
Total	30,378.02	S/ 140,042.68

Suma de LADRILLOS(und) por BLOQUE

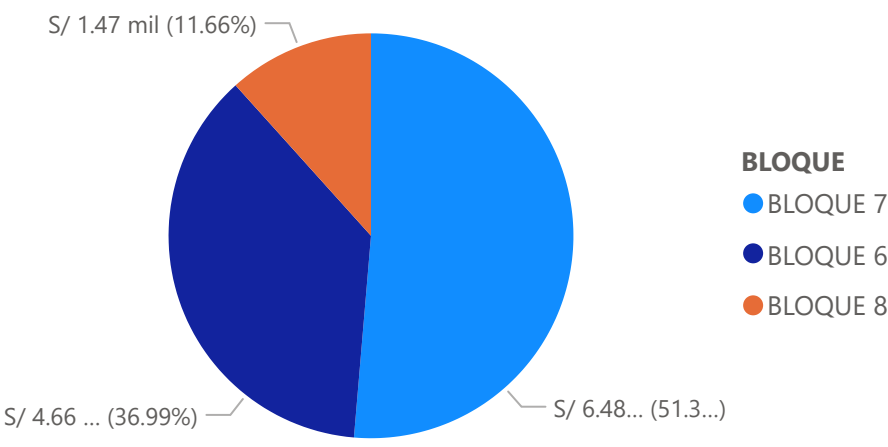


REPORTE DE LADRILLOS DE TECHO 15cm x 30cm x 30cm- PROYECTO "Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

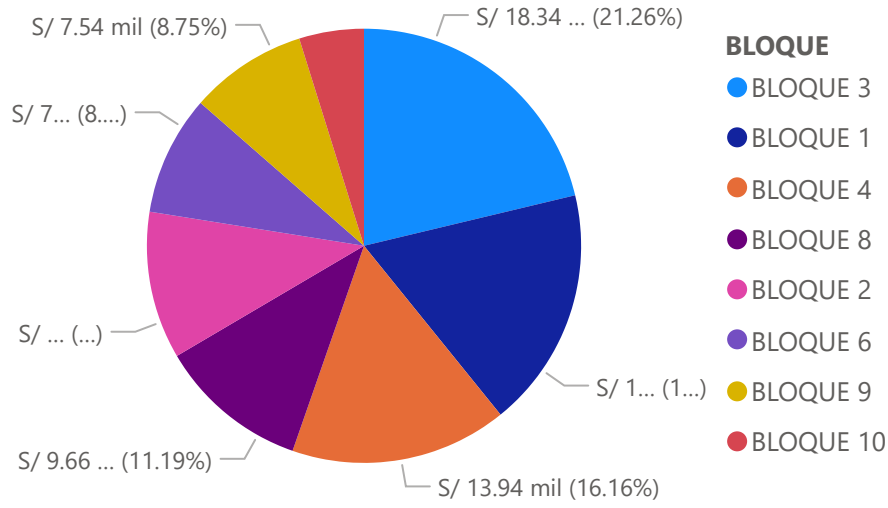


Suma de COSTO LADRILLO(soles) por BLOQUE



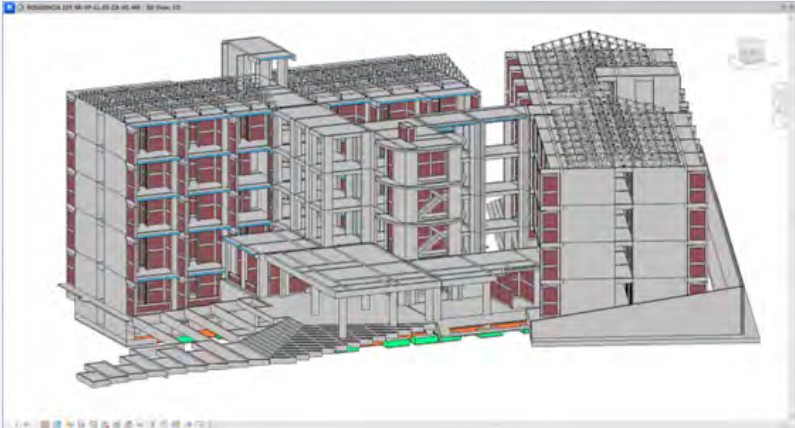
BLOQUE	Suma de LADRILLOS(und)	Suma de COSTO LADRILLO(soles)
BLOQUE 6	1,299.40	S/ 4,664.84
BLOQUE 7	1,803.64	S/ 6,475.08
BLOQUE 8	409.72	S/ 1,470.89
Total	3,512.76	S/ 12,610.81

Suma de COSTO CONCRETO(soles) por BLOQUE

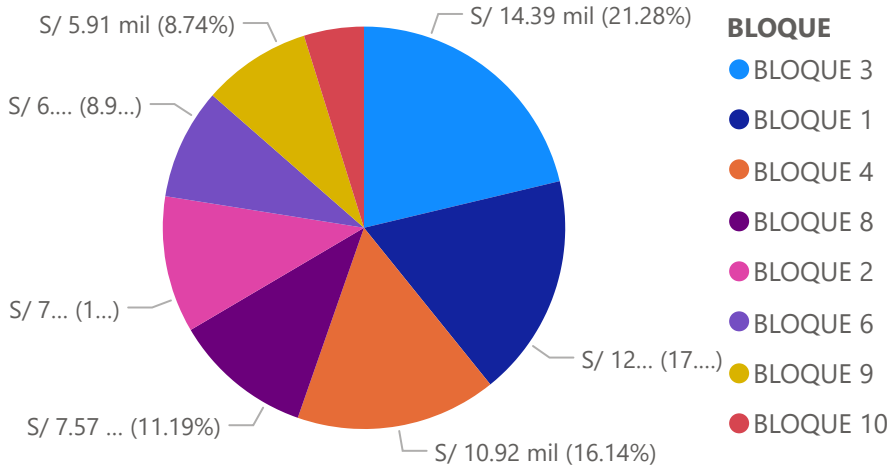


REPORTE DE CONCRETO Y ENCOFRADO LOSAS LLENAS 20cm- PROYECTO
"Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional
Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ

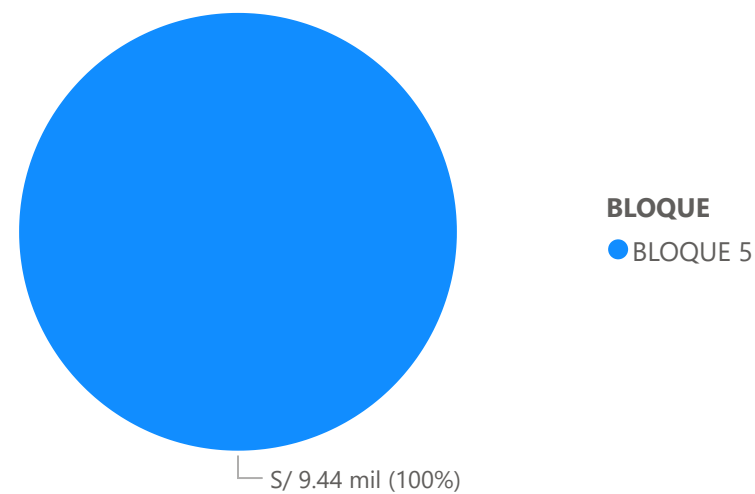


Suma de COSTO ENCOFRADO(soles) por BLOQUE



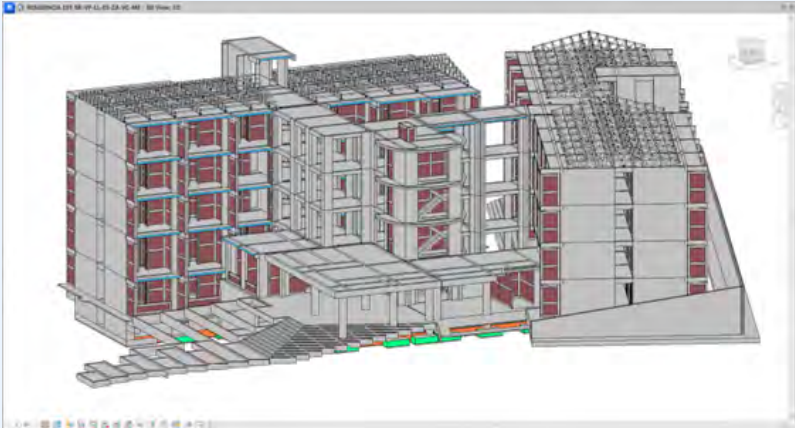
BLOQUE	TIPO	Suma de COSTO ENCOFRADO(soles)	Suma de ENCOFRADO(m2)	Suma de COSTO CONCRETO(soles)	Suma de COS ENCOFRADO(
BLOQUE 3	Losa LLena h=20cm	S/ 14,387.75	218.56	S/ 18,342.53	S/ 14
BLOQUE 1	Losa LLena h=20cm	S/ 12,119.31	184.10	S/ 15,455.94	S/ 12
BLOQUE 4	Losa LLena h=20cm	S/ 10,915.92	165.82	S/ 13,941.97	S/ 10
BLOQUE 8	Losa LLena h=20cm	S/ 7,565.19	114.92	S/ 9,657.91	S/ 7
BLOQUE 2	Losa LLena h=20cm	S/ 7,430.24	112.87	S/ 9,474.92	S/ 7
BLOQUE 6	Losa LLena h=20cm	S/ 6,033.99	91.66	S/ 7,694.72	S/ 6
Total		S/ 67,625.16	1,027.27	S/ 86,272.27	S/ 67,

Suma de COSTO CONCRETO(soles) por BLOQUE

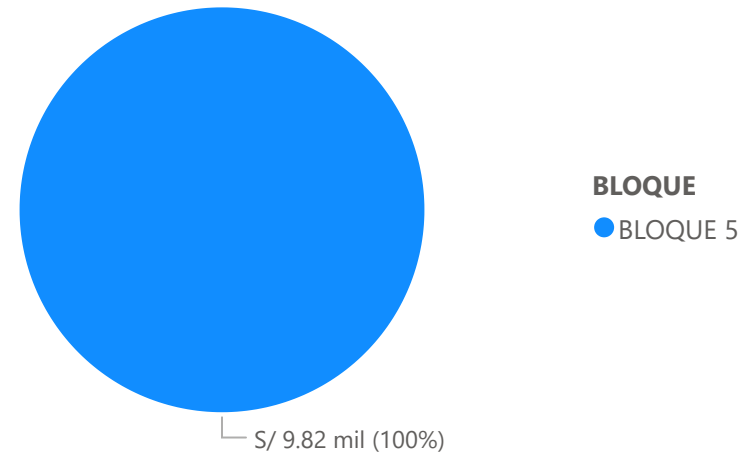


REPORTE DE CONCRETO Y ENCOFRADO LOSAS LLENAS 15cm- PROYECTO
"Creación de la Residencia Estudiantil Sede Potrero de la Universidad Nacional
Intercultural de Quillabamba"

3D Global Residencia Estudiantil UNIQ



Suma de COSTO ENCOFRADO(soles) por BLOQUE



BLOQUE	TIPO	Suma de VOLUMÉN(m3)	Suma de ENCOFRADO(m2)	Suma de COSTO CONCRETO(soles)	Suma de COSTO ENCOFRADO(soles)
BLOQUE 5	Losa LLena h=15cm	22.69	149.18	S/ 9,437.40	S/ 9,820.50
Total		22.69	149.18	S/ 9,437.40	S/ 9,820.50

Anexo 12. Formatos para validación de encuestas



FORMATO DE VALIDACION DE ENTREVISTA – JUICIO DE EXPERTOS

Intitulación de la investigación

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO EN BIM: EL IMPACTO DE LA PROGRAMACIÓN VISUAL EN LA EFICIENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

I. DATOS GENERALES

Nombre y apellido del experto	Duber Soto Vásquez
Profesión:	Ingeniero Civil
Especialidad	Modelos Digitales, Especialista en BIM y VDC
Técnica de validación	Entrevista
Autor de técnica	Ing. Hossmar Villagarcía Camacho

II. ASPECTOS DE VALIDACION

Ítem	Indicador	Criterio	Validación	
			Si	No
1.	Claridad	Esta formulado con un lenguaje adecuado y entendible para el objeto de estudio	x	
2.	Objetividad	Esta expresado de manera lógica y coherente para el fin de la investigación	x	
3.	Pertinencia	Responde a las exigencias internas y externas del estudio	x	
4.	Actualidad	Esta acorde al contexto y a los aportes recientes en la disciplina de estudio	x	
5.	Organización	Contiene una estructura lógica y secuencial en las interrogantes expuestas	x	
6.	Suficiencia	Comprende las interrogantes suficientes para evaluar los indicadores expuestos	x	
7.	Intencionalidad	Presenta un propósito para valorar un fin específico en la investigación	x	
8.	Consistencia	La estructura responde al problema de investigación	x	

9.	Coherencia	Presenta relación entre dimensiones e indicadores	x	
10.	Metodología	La estrategia planteada responde al objetivo de la investigación	x	

III. COMENTARIOS

.....

.....

.....

Cusco, 30 de junio del 2025



Dr. Duber Soto Vásquez
Especialista en BIM y VDC

Especialista en calidad de la Universidad Ricardo Palma



FORMATO DE VALIDACION DE ENTREVISTA – JUICIO DE EXPERTOS

Intitulación de la investigación

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO EN BIM: EL IMPACTO DE LA PROGRAMACIÓN VISUAL EN LA EFICIENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

I. DATOS GENERALES

Nombre y apellido del experto **Ana Torre Carrillo**

Profesión: **Ingeniero Civil**

Especialidad **Especialista en Entornos BIM**

Técnica de validación **Entrevista**

Autor de técnica **Ing. Hossmar Villagarcía Camacho**

II. ASPECTOS DE VALIDACION

Ítem	Indicador	Criterio	Validación	
			Si	No
1.	Claridad	Esta formulado con un lenguaje adecuado y entendible para el objeto de estudio	x	
2.	Objetividad	Esta expresado de manera lógica y coherente para el fin de la investigación	x	
3.	Pertinencia	Responde a las exigencias internas y externas del estudio	x	
4.	Actualidad	Esta acorde al contexto y a los aportes recientes en la disciplina de estudio	x	
5.	Organización	Contiene una estructura lógica y secuencial en las interrogantes expuestas	x	
6.	Suficiencia	Comprende las interrogantes suficientes para evaluar los indicadores expuestos	x	
7.	Intencionalidad	Presenta un propósito para valorar un fin específico en la investigación	x	
8.	Consistencia	La estructura responde al problema de investigación	x	

9.	Coherencia	Presenta relación entre dimensiones e indicadores	x	
10.	Metodología	La estrategia planteada responde al objetivo de la investigación	x	

III. COMENTARIOS

.....

.....

.....

Cusco, 30 de junio del 2025



.....

Dra. Ana Torre Carrillo
Docente Investigadora –(UNI)



FORMATO DE VALIDACION DE ENTREVISTA – JUICIO DE EXPERTOS

Intitulación de la investigación

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO EN BIM: EL IMPACTO DE LA PROGRAMACIÓN VISUAL EN LA EFICIENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

I. DATOS GENERALES

Nombre y apellido del experto	Álvaro Iván Hurtado
Profesión:	Ingeniero Civil
Especialidad	Estructuras, Metodología BIM y Procesos Constructivos
Técnica de validación	Entrevista
Autor de técnica	Ing. Hossmar Villagarcía Camacho

II. ASPECTOS DE VALIDACION

Ítem	Indicador	Criterio	Validación	
			Si	No
1.	Claridad	Esta formulado con un lenguaje adecuado y entendible para el objeto de estudio	x	
2.	Objetividad	Esta expresado de manera lógica y coherente para el fin de la investigación	x	
3.	Pertinencia	Responde a las exigencias internas y externas del estudio	x	
4.	Actualidad	Esta acorde al contexto y a los aportes recientes en la disciplina de estudio	x	
5.	Organización	Contiene una estructura lógica y secuencial en las interrogantes expuestas	x	
6.	Suficiencia	Comprende las interrogantes suficientes para evaluar los indicadores expuestos	x	
7.	Intencionalidad	Presenta un propósito para valorar un fin específico en la investigación	x	
8.	Consistencia	La estructura responde al problema de investigación	x	

9.	Coherencia	Presenta relación entre dimensiones e indicadores	x	
10.	Metodología	La estrategia planteada responde al objetivo de la investigación	x	

III. COMENTARIOS

.....

.....

.....

Cusco, 30 de junio del 2025



Mg. Álvaro Iván Hurtado
Universidad de Lima
Experto en BIM



FORMATO DE VALIDACION DE ENTREVISTA – JUICIO DE EXPERTOS

Intitulación de la investigación

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO EN BIM: EL IMPACTO DE LA PROGRAMACIÓN VISUAL EN LA EFICIENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

I. DATOS GENERALES

Nombre y apellido del experto **Holger Lovon Quispe**

Profesión: **Ingeniero Civil**

Especialidad **Estructuras**

Técnica de validación **Entrevista**

Autor de técnica **Ing. Hossmar Villagarcía Camacho**

II. ASPECTOS DE VALIDACION

Ítem	Indicador	Criterio	Validación	
			Si	No
1.	Claridad	Esta formulado con un lenguaje adecuado y entendible para el objeto de estudio	x	
2.	Objetividad	Esta expresado de manera lógica y coherente para el fin de la investigación	x	
3.	Pertinencia	Responde a las exigencias internas y externas del estudio	x	
4.	Actualidad	Esta acorde al contexto y a los aportes recientes en la disciplina de estudio	x	
5.	Organización	Contiene una estructura lógica y secuencial en las interrogantes expuestas	x	
6.	Suficiencia	Comprende las interrogantes suficientes para evaluar los indicadores expuestos	x	
7.	Intencionalidad	Presenta un propósito para valorar un fin específico en la investigación	x	
8.	Consistencia	La estructura responde al problema de investigación	x	



9.	Coherencia	Presenta relación entre dimensiones e indicadores	x	
10.	Metodología	La estrategia planteada responde al objetivo de la investigación	x	

III. COMENTARIOS

.....

.....

.....

Cusco, 19 de septiembre del 2025



.....

Firma del experto

Anexo 13. Cartas de validación de expertos

CARTA DE VALIDACIÓN

Universidad de LIMA
Especialista en BIM, estructuras y procesos constructivos

Lima, 30 de junio del 2025

Señores
Comité Evaluador de Tesis
Presente.-

De mi consideración:

Yo, Mg. Álvaro Iván Hurtado, docente investigador de la Universidad de los Andes – Colombia, e investigador Externo de la Universidad de Lima (ULIMA) especialista en estructuras, metodología BIM y procesos constructivos, por medio de la presente comunico que he revisado y validado el instrumento de recolección de datos (cuestionario estructurado) propuesto en la tesis titulada:

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO EN BIM: EL IMPACTO DE LA PROGRAMACIÓN VISUAL EN LA EFICIENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN”,

elaborada por el Bach. Hossmar Villagarcía Camacho, como requisito para optar el grado de Maestro en Ingeniería Civil con mención en Gerencia de la Construcción en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC).

Declaro que, luego de un análisis técnico y metodológico, el cuestionario presenta claridad, coherencia, pertinencia y suficiencia con respecto a los objetivos, variables e hipótesis del estudio, siendo apto para su aplicación en campo.

Sin otro particular, expreso mi conformidad con la presente validación, agradeciendo la confianza depositada.

Atentamente,



Mg. Álvaro Iván Hurtado

Universidad de Lima - Av. Javier Prado Este 4600, Santiago de Surco 15023, Lima, Perú

<https://cris.ulima.edu.pe/es/persons/%C3%A1lvaro-iv%C3%A1n-hurtado-chaparro>

Especialista en BIM, estructuras y procesos constructivos

CARTA DE VALIDACIÓN

Universidad Ricardo Palma
Especialista en BIM, estructuras y procesos constructivos

Lima, 30 de junio del 2025

Señores
Comité Evaluador de Tesis
Presente.-

De mi consideración:

Yo, Dr. Duber Soto Vásquez, docente universitario e investigador en modelado digital, especialista en BIM (Building Information Modeling) y Virtual Design and Construction (VDC), mediante la presente comunico que he realizado la validación del instrumento de recolección de datos correspondiente al trabajo de investigación:

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO EN BIM: EL IMPACTO DE LA PROGRAMACIÓN VISUAL EN LA EFICIENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN”,

cuyo autor es el Bach. Hossmar Villagarcía Camacho, candidato al grado de Maestro en Ingeniería Civil con mención en Gerencia de la Construcción por la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Tras la revisión del cuestionario, concluyo que este cumple con los criterios metodológicos y técnicos para evaluar los objetivos planteados. Considero que los ítems son relevantes, coherentes y válidos para el propósito de la investigación, por lo que apruebo su aplicación.

Sin otro particular, saludo cordialmente.

Atentamente,



Dr. Duber Soto Vásquez

Especialista en BIM y VDC

Especialista en calidad de la Universidad Ricardo Palma

Av. Benavides 5440, Santiago de Surco. Lima - Perú.

https://ctivitaec.concytec.gob.pe/appDirectorioCTI/VerDatosInvestigador.do?id_investigador=46716

CARTA DE VALIDACIÓN

Universidad Nacional de Ingeniería
Especialista en entornos BIM

Jesús María, 30 de junio del 2025

Señores
Comité Evaluador de Tesis
Presente.-

De mi consideración:

Yo, Dra. Ana Torre Carrillo, docente universitario e investigador de una Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), especialista en procesos constructivos y metodología BIM, certifico mediante la presente que he revisado el instrumento de investigación correspondiente al trabajo de tesis:

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO EN BIM: EL IMPACTO DE LA PROGRAMACIÓN VISUAL EN LA EFICIENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN”,

presentado por el Bach. Hossmar Villagarcía Camacho, para optar el grado académico de Maestro en Ingeniería Civil con mención en Gerencia de la Construcción, en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Luego de realizar una evaluación integral del cuestionario, verifico que el instrumento posee adecuada claridad, coherencia estructural, pertinencia conceptual y validez de contenido, por lo cual se encuentra apto para ser aplicado en el contexto de la investigación propuesta.

Conforme a lo anterior, valido formalmente dicho instrumento y me permito firmar la presente en señal de conformidad.

Atentamente,



Dra. Ana Torre Carrillo

Docente Investigadora –(UNI)

Coordinadora del Doctorado FIC-UNI

Especialista en entornos BIM

https://ctivitae.concytec.gob.pe/appDirectorioCTI/VerDatosInvestigador.do?id_investigador=1120

CARTA DE VALIDACIÓN

Cusco, 19 de Septiembre del 2025

Señores miembros del Comité Evaluador de Tesis

Presente

De mi consideración:

Yo Dr. Holger Lovon Quispe, docente investigador, especialista en estructuras, con código ORCID: 0000-0002-6573-6989, certifico mediante la presente que he revisado el instrumento de investigación correspondiente al trabajo de tesis:

"Optimización del proceso de diseño en BIM: el impacto de la programación visual en la eficiencia de proyectos de construcción",

Presentado por el Bach. Hossmar Villagarcía Camacho, para optar el grado académico de Maestro en Ingeniería Civil con mención en Gerencia de la Construcción, en la escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Luego de realizar una evaluación integral del cuestionario, verifico que el instrumento posee adecuada claridad, coherencia estructural, pertinencia conceptual y validez de contenido, por lo cual se encuentra apto para ser aplicado en el contexto de la investigación propuesta.

Conforme a lo anterior, valido formalmente dicho instrumento y me permito firmar la presente en señal de conformidad.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Holger Quispe', is written over a horizontal line.

Dr. Holger Lovon Quispe
DNI: 70524169