

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“APLICACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS BIM
PARA MEJORAR LOS FLUJOS DE TRABAJO EN LA ETAPA DE
DISEÑO EN PROYECTOS DE CENTROS EDUCATIVOS, TACNA
2024”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. CRISTIAN RICHARD LAYME FLORES

Bach. JUAN CCASO HUACCA

TACNA – PERÚ

2024

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“APLICACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS BIM
PARA MEJORAR LOS FLUJOS DE TRABAJO EN LA ETAPA DE
DISEÑO EN PROYECTOS DE CENTROS EDUCATIVOS, TACNA
2024”**

Tesis sustentada y aprobada el 26 de octubre de 2024; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Mtro. EDGAR HIPOLITO CHAPARRO QUISPE

SECRETARIO : Mag. FREDY RICHARD CONDORI GOMEZ

VOCAL : Mtra. MARÍA ETELVINA DUARTE LIZARZABURO

ASESOR : Mtro. MILTON CESAR GORDILLO MOLINA

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Cristian Richard Layme Flores y Juan Ccaso Huacca, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 75629258 y 74045457 respectivamente, así como Milton Cesar Gordillo Molina con DNI 01338713; declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos los autores de la tesis de investigación titulado: *Aplicación de la automatización de procesos BIM para mejorar los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos, Tacna 2024*, la cual presentamos para optar el *Título Profesional de Ingeniero Civil*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 26 de octubre de 2024



Cristian Richard Layme Flores
DNI: 75629258



Milton Cesar Gordillo Molina
DNI: 01338713h



Juan Ccaso Huacca
DNI:74045457

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios, cuya sabiduría y guía me han sido fundamentales a lo largo de mi trayectoria. A mi madre Karina, por ser una fuente constante de inspiración y fortaleza. A mi padre Richard, por su apoyo continuo y por creer en mis capacidades. Y a mi hermano Jeremy, por sus palabras de aliento y apoyo constante.

Cristian Richard Layme Flores

Dedico la investigación a mi padre Mario y mi madre Julia, por su paciencia, amor y apoyo incondicional. A mi hermano Gian y César por sus consejos y por motivarme a ser mejor.

Juan Ccaso Huacca

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios por permitirme alcanzar un logro más y brindarme un día más de vida a mí y a mis seres queridos. A mi familia, que siempre ha creído en mí, me ha apoyado incondicionalmente y ha celebrado cada meta lograda junto a mí, les extiendo mi gratitud. A mi asesor por su interés, tiempo y paciencia, ya que sin su apoyo no hubiera sido posible desarrollar este trabajo de investigación.

Cristian Richard Layme Flores

A Dios por darme la vida, salud e inteligencia que me permitieron cumplir con este sueño. A mi asesor de tesis por su apoyo para la realización de este trabajo de investigación. A la Universidad Privada de Tacna, a todos los docentes de la escuela Profesional de Ingeniería Civil, por sus enseñanzas y experiencias brindadas .

Juan Ccaso Huacca

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN	3
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Formulación del problema	4
1.2.1 Problema general	4
1.2.2 Problemas específicos	4
1.3 Justificación e importancia	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Hipótesis	5
1.5.1 Hipótesis general	5
1.5.2 Hipótesis específicas	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes de la investigación	7
2.1.1 Antecedentes internacionales	7
2.1.2 Antecedentes nacionales	7
2.1.3 Antecedentes locales	8
2.2 Bases teóricas	9
2.2.1 ¿Qué es BIM?	9
2.2.2 Historia de la metodología BIM	10
2.2.3 Metodología BIM	13
2.2.4 BIM en el Perú	15
2.2.5 Norma ISO 19650	16
2.2.6 Roles BIM	16
2.2.7 Nivel de información necesaria (LOIN)	17
2.2.8 Beneficios BIM	19

2.2.9	Dimensiones de la metodología BIM	20
2.2.10	Software para el desarrollo del BIM.....	20
2.2.11	Etapa de diseño	21
2.2.12	Reglamento nacional de edificaciones	21
2.2.13	Revit	21
2.2.14	Parámetros de revit	23
2.2.15	Tipos de parámetros.....	25
2.2.16	Automatización de procesos BIM	26
2.2.17	Dynamo.....	29
2.2.18	Flujo de trabajo.....	32
2.2.19	Programación para automatizar flujos de trabajo	32
2.3	Definición de términos	33
2.3.1	Automatización de procesos	33
2.3.2	Procesos BIM	33
2.3.3	Flujo de trabajo.....	33
2.3.4	Etapa de diseño	33
2.3.5	Metodología BIM	33
2.3.6	Modelo de información	34
2.3.7	Elemento BIM.....	34
2.3.8	Script.....	34
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		35
3.1	Diseño de la investigación	35
3.2	Acciones y actividades	35
3.3	Materiales y/o instrumentos.....	35
3.4	Población y/o muestra de estudio.....	35
3.5	Operacionalización de variables	36
3.6	Técnicas de procesamiento.....	36
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		37
4.1	Proyecto a desarrollar	37
4.2	Determinar procesos BIM	38
4.3	Establecer estrategias de modelado	41
4.3.1	Desarrollo de biblioteca de familias	41
4.3.2	Codificación de elementos estructurales	61
4.3.3	Definición de los niveles en revit	63
4.3.4	Elaboración de plantillas específicas	63
4.3.5	Estrategias de modelado	74
4.4	Diseño de códigos	84

4.4.1 Creación de niveles	84
4.4.2 Modificación de la información del proyecto	86
4.4.3 Ejes referencia	87
4.4.4 Solados	88
4.4.5 Excavación	89
4.4.6 Rellenos	90
4.4.7 Losas de piso	92
4.4.8 Ladrillos para losa	92
4.4.9 Refuerzo en zapatas	93
4.4.10 Refuerzo transversal en vigas	94
4.4.11 Encofrados	95
4.4.12 Crear láminas o planos.....	98
4.4.13 Etiquetar armadura estructural	98
4.4.14 Creación de tablas de planificación	99
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	101
CONCLUSIONES	105
RECOMENDACIONES.....	106
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107
ANEXOS.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis del desarrollo BIM desde 1975 hasta 2013	13
Tabla 2. Operacionalización de variables de investigación	36
Tabla 3. Codificación de vigas estructurales	61
Tabla 4. Codificación de columnas estructurales	61
Tabla 5. Codificación de losas y suelos	61
Tabla 6. Codificación de muros.....	62
Tabla 7. Codificación de cimentación y excavación	62
Tabla 8. Niveles de trabajo.....	63
Tabla 9. Parámetros de proyecto	72
Tabla 10. Matriz de elementos LOD.....	75
Tabla 11. El conjunto de campos	75
Tabla 12. Criterio de modelado para solado.....	77
Tabla 13. Criterio de modelado para zapatas.....	77
Tabla 14. Criterio de modelado para cimiento corrido	78
Tabla 15. Criterio de modelado para muros	78
Tabla 16. Criterio de modelado para suelos.....	79
Tabla 17. Criterio de modelado para columnas.....	79
Tabla 18. Criterio de modelado para vigas.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema BIM	10
Figura 2. Desarrollo de la definición BIM.....	11
Figura 3. Ejemplo del proyecto GLIDE en demuestra la escalera de caracol.....	12
Figura 4. Nivel de esfuerzo requerido vs tiempo	14
Figura 5. Nivel de esfuerzo requerido vs tiempo en BIM.....	15
Figura 6. Nivel de detalle LOD	18
Figura 7. Ejemplo de nivel de detalle de zapata.....	18
Figura 8. Ejemplo de nivel de detalle de acero del muro no portante.....	19
Figura 9. Modelado de un proyecto en revit	22
Figura 10. Clasificación de los elementos	23
Figura 11. Ejemplares de pilares estructurales	24
Figura 12. Proceso del diseño paramétrico.....	28
Figura 13. Interfaz del software dynamo	29
Figura 14. Visualización de nodos del software dynamo.....	30
Figura 15. Paquetes instalados en dynamo	31
Figura 16. Planta de la arquitectura	37
Figura 17. Visualización del modelo 3D del proyecto en el programa sketchup.....	37
Figura 18. Familia de “Vigas de C°A°_Rectangular”	42
Figura 19. Familia de “Vigas de C°A°_Rectangular_Cambio de sección”	42
Figura 20. Familia de “Vigas de C°A°_T”	43
Figura 21. Familia de “Columna de C°A°_Rectangular”	44
Figura 22. Familia de “Columna de C°A°_Rectangular_Inclinada”.....	45
Figura 23. Familia de “Columna de C°A°_L”	45
Figura 24. Familia de “Columna de C°A°_L_Ángulo”	46

Figura 25. Familia de “Columna de C°A°_T”	46
Figura 26. Familia de “Placa de C°A°_C”	47
Figura 27. Familia de “Placa de C°A°_U”	47
Figura 28. Familia de “Zapata de C°A°_Rectangular”	48
Figura 29. Familia de “Zapata de C°A°_L”	49
Figura 30. Familia de “Zapata de C°A°_L_Ángulo”	49
Figura 31. Familia de “Zapata de C°A°_T”	50
Figura 32. Familia de “Zapata de C°A°_C”	50
Figura 33. Familia de sistema para cimiento corrido	52
Figura 34. Familia de sistema para solado	52
Figura 35. Familia de sistema para losas.....	53
Figura 36. Familia de sistema para falso piso	54
Figura 37. Familia de sistema para base granular	54
Figura 38. Familia de sistema para rellenos de cimientos corridos	55
Figura 39. Familia de sistema para rellenos de zapatas	55
Figura 40. Familia de sistema para muro de albañilería en cabeza	56
Figura 41. Familia de sistema para muro de albañilería en sogá	57
Figura 42. Familia de sistema para parapeto reforzado	57
Figura 43. Familia de sistema para sobrecimiento simple.....	58
Figura 44. Familia de sistema para sobrecimiento simple.....	58
Figura 45. Familia de sistema para sobrecimiento reforzado.....	59
Figura 46. Familia de sistema para excavaciones de zapatas	60
Figura 47. Familia de sistema para excavaciones de cimientos corridos	60
Figura 48. Filtros creados para la plantilla	64
Figura 49. Plantillas de vista para secciones en revit.....	65
Figura 50. Plantillas de vista “detalle de cimientos corridos”	65
Figura 51. Plantillas de vista “detalle de columnas de amarre”	66
Figura 52. Plantillas de vista “sección de viga”	66

Figura 53. Plantillas de vista “detalle de desarrollo de vigas”	67
Figura 54. Plantillas de vista “detalle de parapetos”	67
Figura 55. Plantillas de vista “detalle de placas y columnas”	68
Figura 56. Plantillas de vista “detalle de vigas de amarre”	68
Figura 57. Plantillas de vista “detalle de vigas de amarre”	69
Figura 58. Plantillas de vista “detalle de zapatas”	69
Figura 59. Plantillas de vista para plantas	70
Figura 60. Plantillas de vista “planta cimentaciones”	70
Figura 61. Plantillas de vista “planta de aligerados”	71
Figura 62. Plantillas de vista para visualización 3D	71
Figura 63. Plantillas de vista “vista 3D - estructura concreto”	72
Figura 64. Plantillas de vista de tablas de planificación.....	73
Figura 65. Plantillas de vista para tabla de planificación de acero en zapatas	74
Figura 66. Plantillas de vista para tabla de planificación de concreto en vigas	74
Figura 67. Flujo de trabajo para la creación de armadura de acero en zapatas.....	81
Figura 68. Flujo de trabajo para la creación de armadura de acero en columnas	82
Figura 69. Flujo de trabajo para la creación de armadura de acero en vigas	82
Figura 70. Flujo de trabajo para la creación de armadura de acero losa maciza.....	83
Figura 71. Definir niveles en excel	84
Figura 72. Rutina para la creación de niveles	85
Figura 73. Definir información del proyecto en excel.....	86
Figura 74. Rutina para la modificación de la información del proyecto.....	87
Figura 75. Rutina para referenciar elementos	88
Figura 76. Rutina para crear solados	89
Figura 77. Rutina para crear solados	90
Figura 78. Rutina para crear rellenos en cimientos corridos	91
Figura 79. Rutina para crear rellenos en zapatas.....	91

Figura 80. Rutina para crear losas	92
Figura 81. Rutina para crear ladrillos de losas aligeradas	93
Figura 82. Rutina para crear la armadura de acero de las zapatas	94
Figura 83. Rutina para crear los estribos en las vigas	95
Figura 84. Rutina para crear los encofrados de las zapatas	96
Figura 85. Rutina para crear los encofrados de las columnas y placas.....	96
Figura 86. Rutina para crear los encofrados de las vigas.....	97
Figura 87. Rutina para crear los encofrados de las losas.....	97
Figura 88. Rutina para crear láminas o planos en el proyecto.....	98
Figura 89. Rutina para etiquetar la armadura estructural de los elementos	99
Figura 90. Definir información de las partidas en excel	100
Figura 91. Rutina para la creación de tablas de planificación	100

RESUMEN

El presente trabajo de investigación “Aplicación de la automatización de procesos BIM para mejorar los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos, Tacna 2024”, tuvo como objetivo principal automatizar los procesos BIM para optimizar los flujos de trabajo en la etapa de diseño de proyectos educativos en Tacna. La investigación fue de tipo experimental y se centró en tres aspectos: la determinación de los procesos BIM que requerían optimización, la implementación de estrategias de modelado y la automatización mediante códigos desarrollados en Dynamo para reducir tiempos y aumentar la precisión. Los resultados demostraron que la automatización permitió optimizar las tareas clave, como la creación de modelos tridimensionales y la generación de documentación técnica. Esto no solo reduce los tiempos de diseño, sino que también reduce los errores asociados a procesos manuales. Como conclusión, la implementación de estos procesos automatizados en proyectos educativos evidencia una mejora significativa en los flujos de trabajo, con el potencial de ser aplicado en otros tipos de proyectos.

Palabras claves: Automatización de procesos; metodología BIM; flujo de trabajo; modelo de información; elemento BIM; revit; dynamo; script.

ABSTRACT

The present research work “Application of BIM process automation to improve workflows in the design stage of educational projects, Tacna 2024,” aimed to automate BIM processes to optimize workflows in the design stage of educational projects in Tacna. The research followed an experimental approach and focused on three aspects: identifying the BIM processes that required optimization, implementing modeling strategies, and automating tasks through Dynamo scripts to reduce time and improve accuracy. The results demonstrated that the automation optimized key tasks, such as the creation of 3D models and the generation of technical documentation. This not only reduced design time but also minimized errors associated with manual processes. In conclusion, the implementation of these automated processes in educational projects significantly improved workflows, with the potential to be applied in other types of projects.

Keywords: Process automation; BIM methodology; workflow; information model; BIM element; revit; dynamo; script.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio busca aplicar la automatización de procesos BIM para mejorar los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos.

La automatización de procesos BIM ha revolucionado la forma en que se lleva a cabo el diseño en proyectos de centros educativos. En la actualidad, la construcción de instalaciones educativas requiere un enfoque integral que garantice la eficiencia, la precisión y la optimización de los flujos de trabajo en todas las etapas del proyecto.

El BIM, como metodología colaborativa basada en modelos digitales tridimensionales, ha permitido una mayor integración y coordinación entre los diferentes actores involucrados en el diseño de centros educativos, desde arquitectos y ingenieros hasta contratistas y propietarios. Sin embargo, la automatización de procesos BIM va un paso más allá al agilizar y mejorar la eficiencia de estos flujos de trabajo.

La automatización de procesos BIM se refiere al uso de herramientas y algoritmos para realizar tareas repetitivas y tediosas de manera automática, liberando así el tiempo y los recursos humanos para tareas más estratégicas y creativas. En el contexto de los proyectos de centros educativos, esto implica la automatización de tareas como la generación de modelos BIM, la creación de planos y diagramas, la detección de conflictos y la coordinación entre disciplinas.

Además, la automatización agiliza los flujos de trabajo, acelerando el proceso de diseño y permitiendo una toma de decisiones más rápida. Esto es especialmente importante en proyectos de centros educativos, donde los plazos pueden ser ajustados y es crucial cumplir con los requisitos específicos de seguridad, accesibilidad y funcionalidad.

En la presente tesis cuenta con 5 capítulos que se detallan a continuación: En el primer capítulo, se realizó el planteamiento del problema, por medio de la descripción del problema, formulación del problema, la justificación e importancia, los objetivos e hipótesis. En el segundo capítulo, se expone los antecedentes internacionales, nacionales y regionales de la investigación, así como información sobre la automatización de procesos BIM, los flujos de trabajo, etc. En el tercer capítulo hace referencia a la metodología a utilizar que incluye: diseño de investigación, acciones y actividades, materiales y/o instrumentos, población y/o muestra de estudio y tratamiento de datos y análisis estadístico. En el cuarto capítulo, se presenta los resultados

obtenidos en la investigación. Para finalizar, en el quinto capítulo se presenta las discusiones referentes al tema.

CAPÍTULO I: EL PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema

El cambio en la industria de la ingeniería civil es inevitable. El esfuerzo por trabajar de manera más eficiente es uno de los grandes desafíos de la ingeniería. Para poder optimizar tiempo y obtener resultados más precisos es necesario la automatización del trabajo. Empresas constructoras han intentado automatizar el trabajo estructural de los ingenieros civiles a lo largo de los años (Nezamaldin, 2019). Se ha pasado del dibujo a mano tradicional al uso de softwares especializados, como también de metodologías como el BIM que está modificando el sector de la construcción a nivel mundial.

En Perú ha iniciado la implementación gradual de la adopción y uso del BIM en las diferentes etapas de los proyectos, con el objetivo de modernizar y digitalizar la información relacionada con ellos. El sector de la construcción en el país también ha comenzado a utilizar nuevas metodologías de trabajo, como el BIM para la creación y gestión de proyectos de construcción.

En la región de Tacna, los proyectos se diseñan principalmente siguiendo la metodología tradicional, lo que ha generado problemas de calidad en los expedientes técnicos. Esta metodología es ineficiente, provocando errores en la ejecución y modificaciones costosas durante la construcción. Es fundamental la implementación de la metodología BIM en los proyectos de la región.

La incorporación del BIM en los proyectos de construcción ha posibilitado la generación de modelos 3D que contienen cada vez más información. Esta información resulta crucial para analizar aspectos como los tiempos de ejecución y los costos. Sin embargo, a pesar de contar con modelos 3D con valiosa información, aún se realizan tareas repetitivas. Para superar este desafío, se ha implementado la automatización de procesos, una solución que busca mejorar la eficiencia operativa al reducir la necesidad de realizar tareas rutinarias de manera manual y reducir los costos operativos.

La automatización de procesos no solo impulsa la eficiencia y la reducción de costos operativos, sino que también libera tiempo y recursos para que los profesionales de la construcción se enfoquen en tareas más estratégicas y de mayor valor agregado. Asimismo, contribuye a minimizar errores y aumentar la precisión al eliminar la intervención manual en ciertos procesos.

Estas medidas representan avances significativos en la modernización y digitalización del sector de la construcción, impulsando su desarrollo y mejorando la calidad de los proyectos ejecutados.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la influencia de la automatización de procesos BIM para mejorar los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos?

1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿Cómo determinar procesos BIM para mejorar los flujos de trabajo en la etapa de diseño que se realizan con la herramienta Revit en los proyectos de centros educativos?
- b. ¿Cómo establecer estrategias de modelado de los elementos que integran los proyectos de centros educativos para mejorar los flujos de trabajo?
- c. ¿Cómo diseñar códigos con la herramienta Dynamo que reduzcan la duración de los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos?

1.3 Justificación e importancia

Desde el punto de vista científico

Es importante investigar y explorar nuevas formas de modelar proyectos con la metodología BIM. La automatización de procesos BIM es una de las formas para modelar de forma eficiente, como también logra optimizar los tiempos a etapa de diseño de proyectos.

Las nuevas metodologías como el BIM son importantes para mejorar los resultados de un proyecto y poder ampliar el campo de la aplicación de la metodología BIM en la construcción, que está en creciente demanda en la ingeniería civil, principalmente de las empresas de ingeniería y construcción, como respuesta al Plan BIM Perú que busca la implementación gradual del BIM en las diferentes etapas de los proyectos.

Desde el punto de vista social

La investigación beneficiara a la población relacionada a la ingeniera civil, como también al sector construcción, en el cual la aplicación del BIM viene demostrando

resultados favorables. En un campo laboral competitivo la innovación de formas de trabajo para encontrar soluciones nos ayuda a crecer como profesionales, este trabajo busca aportar un cierto nivel de conocimiento sobre la automatización de procesos BIM.

Desde el punto de vista económico

La automatización de procesos BIM permite optimizar los recursos y reducir costos relacionados a la etapa de diseño. Al mejorar los flujos de trabajo se disminuyen los errores y retrabajos lo que genera ahorros significativos en tiempo y dinero. Impulsa la competitividad y eficiencia de las empresas involucradas. Promueve un uso más eficiente de los presupuestos y potenciando el desarrollo económico local mediante la contratación de profesionales especializados en BIM.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Automatizar los procesos BIM para mejorar los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos.

1.4.2 Objetivos específicos

- a. Determinar procesos BIM para mejorar los flujos de trabajo en la etapa de diseño que se realizan con la herramienta Revit en los proyectos de centros educativos, y así dotar de mayor eficiencia a los trabajos que se realizan con la metodología BIM.
- b. Establecer estrategias de modelado de los elementos que integran los proyectos de centros educativos para mejorar los flujos de trabajo.
- c. Diseñar códigos con la herramienta Dynamo que reduzcan la duración de los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

Mediante la aplicación de la automatización de procesos BIM se mejorará los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos.

1.5.2 Hipótesis específicas

- a. Determinando los procesos BIM se mejorará los flujos de trabajo en la etapa de diseño que se realizan con la herramienta Revit en los proyectos de centros educativos, y así dotaran de mayor eficiencia a los trabajos que se realizan con la metodología BIM.
- b. Estableciendo estrategias de modelado de los elementos que integran los proyectos de centros educativos se mejorará los flujos de trabajo.
- c. Diseñando códigos con la herramienta Dynamo se reducirá la duración de los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Pumar (2021) en su trabajo de fin de grado titulada “Automatización de procesos en modelos BIM de edificación”, investigó la capacidad de automatización de procesos en proyectos de construcción utilizando la metodología BIM y el software Dynamo, con el objetivo de mejorar la productividad. A través de la implementación de códigos diseñados para automatizar flujos de trabajo en proyectos BIM, se compararon los tiempos y la eficiencia frente a procesos manuales. Los resultados demostraron que la automatización incrementó notablemente la productividad, reduciendo los tiempos y errores asociados a los procesos manuales.

Tovar (2020) desarrollo la investigación titulada “Automatización del modelado BIM para la obtención de presupuesto en tiempo real”, exploró la automatización del modelado BIM con el propósito de obtener presupuestos en tiempo real, parametrizando flujos de trabajo dentro del proceso de modelado. Utilizando Dynamo, se desarrollaron automatizaciones que permitieron generar datos de presupuesto automáticamente. Los hallazgos indicaron que esta automatización mejoró la precisión y redujo significativamente los tiempos de entrega, haciendo el proceso más eficiente.

Manau (2022) en su tesis titulada “Scripts de Dynamo para la automatización de un modelo BIM en fase de diseño de un proyecto”, diseñó y aplicó scripts en Dynamo para automatizar la selección de acabados en modelos BIM durante la fase de diseño, con el objetivo de facilitar al cliente la visualización de opciones sin necesidad de conocimientos técnicos. La metodología incluyó la importación y exportación de datos entre Excel y Revit, creando modelos tridimensionales en tiempo real. Como resultado, se mejoró la experiencia del cliente, reduciendo los tiempos de respuesta y evitando ajustes posteriores.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Tiznado y Espíritu (2020) en su tesis titulada “Desarrollo del lenguaje de programación para la automatización en Dynamo con propósito de metrados”, desarrollaron un lenguaje de programación visual en Dynamo con el objetivo de automatizar el cálculo de metrados en modelos 3D generados en Revit. La metodología consistió en implementar scripts que permitieron la cuantificación automática y la generación de

tablas de planificación dentro de Revit. Como resultado, la automatización redujo significativamente los tiempos de cálculo y mejoró la eficiencia en la generación de documentación técnica.

Huamaní (2019) desarrollo la investigación titulada “Propuesta de modelado en objetos BIM para automatización de metrados de acuerdo a la norma técnica aplicada a una edificación en Huamanga - Ayacucho - 2019”, tuvo como objetivo proponer un modelo de objetos BIM para automatizar el cálculo de metrados conforme a la normativa técnica en una edificación de Huamanga. La metodología incluyó el desarrollo de objetos paramétricos dentro del entorno BIM, logrando automatizar el 93.18% de las partidas de metrado. Esto resultó en una notable disminución del tiempo de modelado en comparación con métodos tradicionales.

Cabrera (2023) en su tesis titulada “Automatización de procesos en las fases de diseño y documentación de expedientes técnicos utilizando la metodología VDC/BIM y la programación visual”, buscó automatizar los procesos de diseño y documentación técnica utilizando la metodología VDC/BIM y la programación visual en Dynamo. La metodología incluyó la creación de procedimientos automatizados en Revit, lo que permitió una mejor visualización del proyecto, identificación de conflictos de diseño y cálculos más precisos. Los resultados indicaron una mejora en la eficiencia de la documentación técnica y en la coordinación de los equipos de diseño.

2.1.3 Antecedentes locales

Condori (2023) desarrollo la investigación titulada “Desarrollo de procesos en el diseño y planificación aplicando la metodología BIM – VDC para mejorar la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa, región de Tacna”, tuvo como objetivo optimizar los procesos de diseño y planificación aplicando la metodología BIM-VDC. La metodología incluyó la implementación de modelos virtuales y un plan de ejecución BIM (BEP) para automatizar tareas repetitivas en las fases de diseño, planificación y gestión de la obra. Los resultados mostraron una mejora significativa en los flujos de trabajo, reduciendo errores y tiempos en la ejecución del proyecto.

Tacora y Rivera (2020) desarrollo la investigación titulada “Aplicación de la metodología BIM (Building Information Modeling) para mejorar los alcances en la etapa de diseño en proyectos de centros comerciales en la ciudad de Tacna, 2020”, con el objetivo de evaluar el impacto de la metodología BIM en la optimización de la fase de diseño. La metodología aplicada consistió en implementar BIM para identificar y resolver incompatibilidades y conflictos en los proyectos analizados. Como resultado, se lograron

resolver 953 de las 1040 incompatibilidades detectadas, lo que incrementó notablemente la eficiencia y precisión en el proceso de diseño.

Quispeluzza (2022) en su tesis titulada “Aplicación de la metodología BIM+VR/AR para mejorar el diseño de Proyectos de Inversión Pública en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna”, tuvo como objetivo integrar BIM con tecnologías de realidad virtual y aumentada (VR/AR) para mejorar el diseño de proyectos de inversión pública. La metodología involucró la implementación de estas tecnologías para visualizar y optimizar el diseño de manera más interactiva. Los resultados mostraron una mejora considerable en la calidad del diseño, así como en la reducción de tiempos y costos, en comparación con los métodos convencionales.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 ¿Qué es BIM?

El BIM consiste en utilización de información digital para simplificar el diseño, la construcción y la administración de un activo construido. Además, presenta una base de datos confiable que facilita la toma de decisiones (buildingSMART Spain, 2021).

Según buildingSMART Spain, el BIM es un enfoque colaborativo para la gestión y creación de proyectos de construcción, cuyo objetivo es consolidar toda la información del proyecto en un modelo digital, diseñado y mantenido por todos los colaboradores involucrados. Esta metodología representa un progreso de los métodos tradicionales de diseño que se basan en planos 2D, ya que incluye información geométrica en 3D, aspectos temporales en 4D, aspectos económicos en 5D, consideraciones ambientales en 6D y aspectos de mantenimiento en 7D.

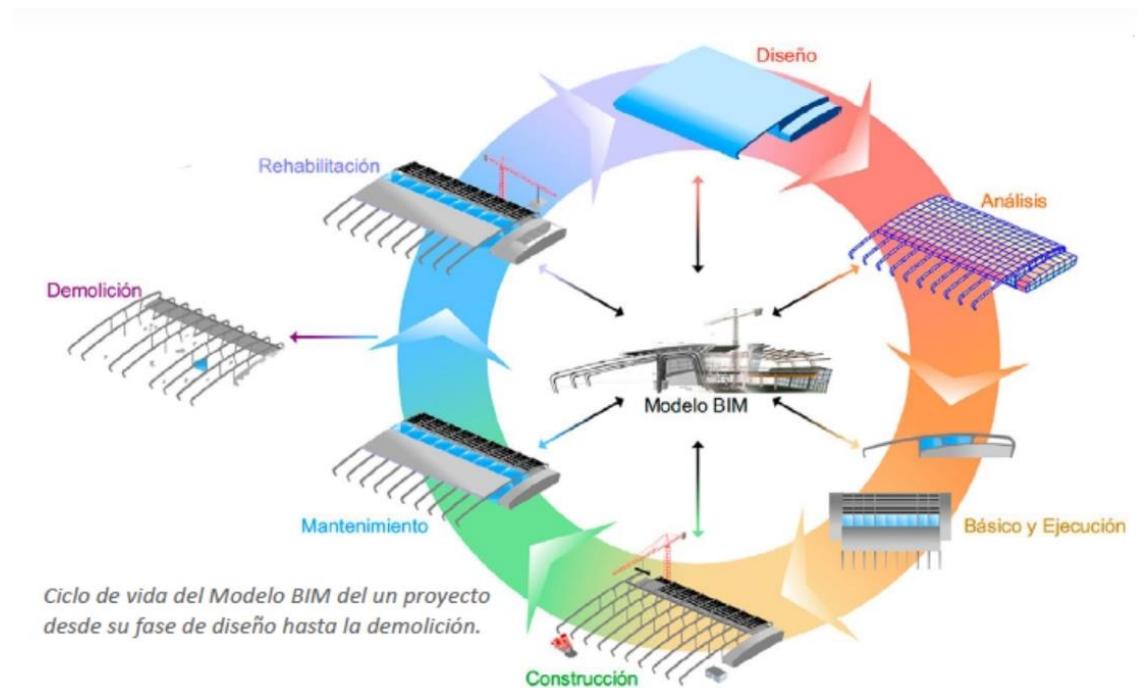
El uso de la metodología BIM está presente en la fase de diseño, en todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto como se muestra en la Figura 1. Esto proporciona un control más eficiente del proyecto y ayuda a economizar los costos de operación a lo largo del tiempo. En lugar de tener información dispersa en múltiples documentos y formatos, el enfoque BIM proporciona una única fuente de información confiable y actualizada que puede ser utilizada por todos los agentes involucrados, incluyendo arquitectos, ingenieros, constructores, propietarios y operadores del edificio. Ver figura 1 que ilustra el ciclo de vida del proyecto a través de la metodología BIM, destacando su integración a lo largo de la fase de diseño del proyecto.

Al adoptar BIM como metodología de trabajo, se promueve el trabajo en equipo e interacción entre los diferentes actores del proyecto. Esto facilita la detección

temprana de posibles problemas o conflictos, lo que lleva a decisiones más fundamentadas y a la mejora de la eficiencia en la construcción y operación de edificios. BIM introduce un cambio en la manera de dirigir y gestionar los proyectos de construcción, brindando beneficios tanto en términos de calidad y eficiencia como en la economización de recursos y costos.

Figura 1

Esquema BIM



Nota. Tomado de buildingSMART Spain, 2021.

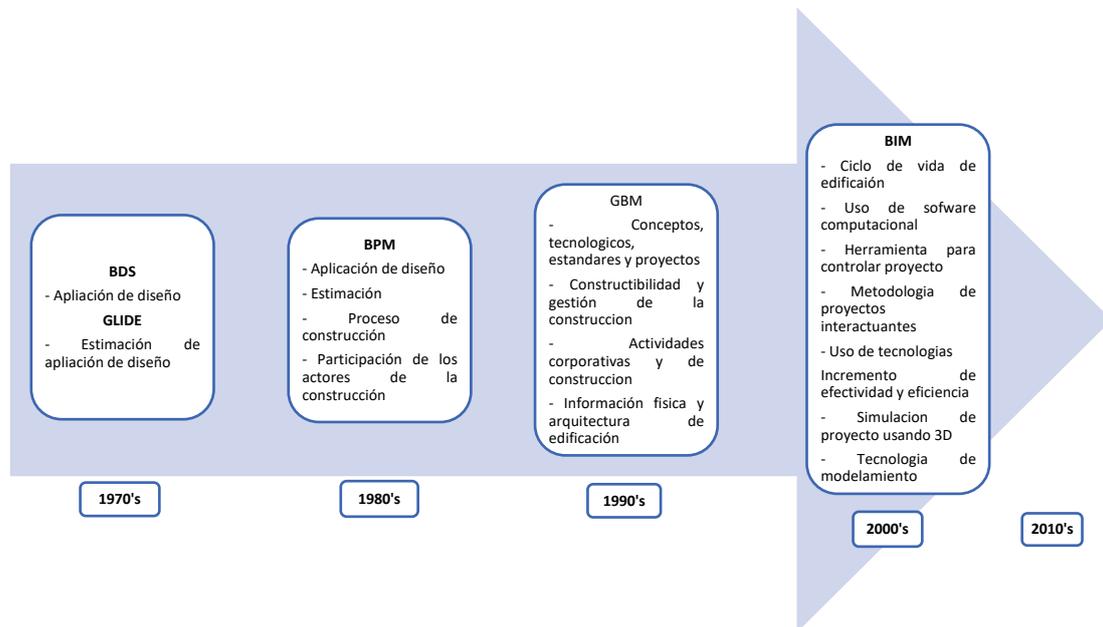
2.2.2 Historia de la metodología BIM

La metodología BIM es un concepto planteado por el professor Charles Eastman del Instituto Tecnológico de Georgia a finales del año 1970, desde entonces el BIM se ha desarrollado muy ampliamente.

El profesor Charles Eastman afirmó que la forma en la que se trabajaba por medio de dibujos era deficiente por sus limitaciones de visualización y que estos no se actualizaban automáticamente.

Figura 2

Desarrollo de la definición BIM



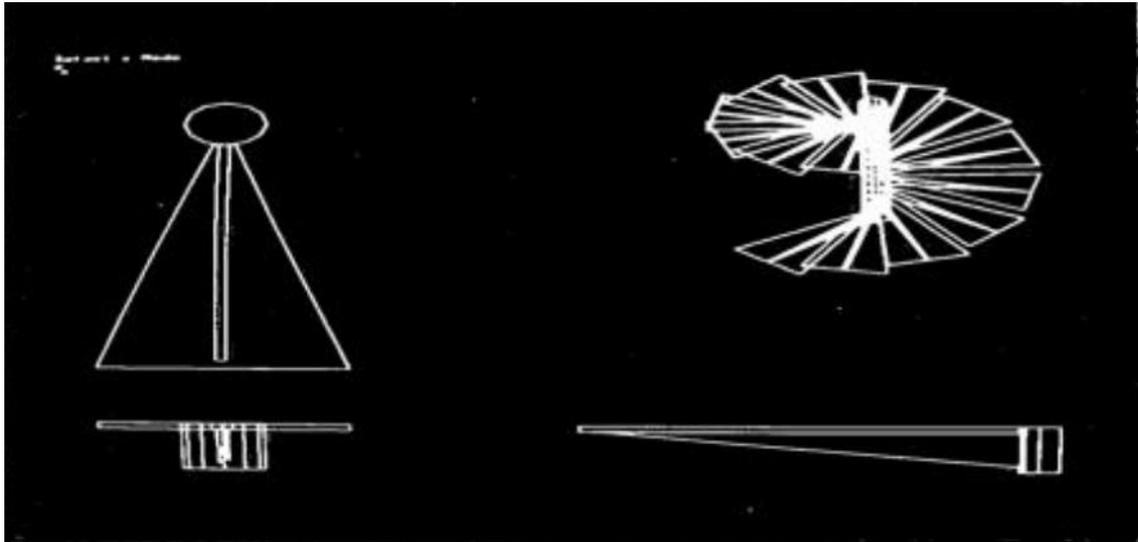
Nota. Adaptado de “El desarrollo del modelado de información de construcción (BIM) Definición” de *Latiffi, A. A., Brahim, J., & Fathi, M. S. (2014).*

En la Figura 2 se muestra el desarrollo de la definición BIM. El profesor introdujo los Sistemas de Descripción de Edificios (BDS) con el objetivo de facilitar la coordinación en la etapa de diseño.

BDS solo se limitaba a almacenar datos de las edificaciones para el diseño. Era beneficioso para identificar, modificar y estructurar la cantidad de componentes de la edificación, como también así para detectar de conflictos de diseño. Debido a las limitaciones de BDS, en 1977 se presentó GLIDE, el cual era un lenguaje gráfico para el diseño interactivo.

Figura 3

Ejemplo del proyecto GLIDE en demuestra la escalera de caracol.



Nota. Adaptado de “El desarrollo del modelado de información de construcción (BIM) Definición” de (Latiffi et al., 2014)

Según Latiffi et al. (2014), GLIDE se utilizó tanto para el diseño como para validar la exactitud en la estimación de costos de datos y evaluar el diseño estructural. Aunque los dibujos 2D eran precisos, ambos métodos estaban limitados a la etapa de diseño como se observa en la Figura 3. En 1989, apareció el programa Building Product Model (BPM), que abarcaba el diseño, la estimación, el proceso de construcción y la colaboración de los diferentes actores de la construcción. BPM se diferenciaba de BDS y GLIDE, por ser una biblioteca de proyectos que contenía información desde la etapa de planificación hasta la finalización de la construcción. En 1995, se lanzó el Generic Building Model (GBM) que se basó en el concepto de BPM. El GBM se modificó para incluir información sobre el diseño existente y el que se planifica, lo que permite su uso en todas las fases del ciclo de vida del proceso de construcción. En su momento, el GBM amplió la información de los proyectos al incluir las actividades de construcción. No obstante, a medida que la industria se volvía más compleja y desafiante, se hizo necesario adoptar tecnologías de la información y comunicación (TIC) para mejorar el rendimiento y las expectativas de los proyectos.

En el año 2000, el BIM se caracterizó como un modelo estructurado que abarca los componentes de construcción desde las fases preliminares hasta las etapas que siguen a la finalización de la obra. A lo largo de los años, BIM ha ido evolucionando, y su adopción ha provocado un cambio significativo en la industria AEC, logrando mayor eficiencia y eficacia en los proyectos de construcción. BIM ayuda a la industria AEC en

la administración de proyectos al mejorar los procedimientos de programación, diseño, ejecución y mantenimiento de las infraestructuras.

Según la Tabla 1, la cual ilustra el análisis de su desarrollo desde las primeras etapas hasta 2013, el avance del BIM desde 1975 a 2013 ha revolucionó la industria de la construcción al introducir una metodología innovadora respaldada por tecnología de software. Esta metodología ha facilitado la colaboración y comunicación entre los profesionales del que intervienen en el proyecto, mejorando significativamente la gestión documental y logrando un desempeño más eficiente y efectivo en los proyectos de construcción.

Tabla 1

Análisis del desarrollo BIM desde 1975 hasta 2013

Desarrollo	Fases de construcción			Categoría
	Pre- Construcción	Construcción	Post- Construcción	
BDS	x			Diseño
GLIDE	x	x		Diseño y Estimación
BPM	x	x		Proceso de Diseño, Estimación y Construcción
GBM	x	x		Proceso de Diseño, Estimación y Construcción
BIM	x	x	x	Diseño, Estimación, Proceso de Construcción, Ciclo de Vida del Edificio, Rendimiento y Tecnología

Nota. Adaptado de “El desarrollo del modelado de información de construcción (BIM) Definición” de (Latiffi et al., 2014)

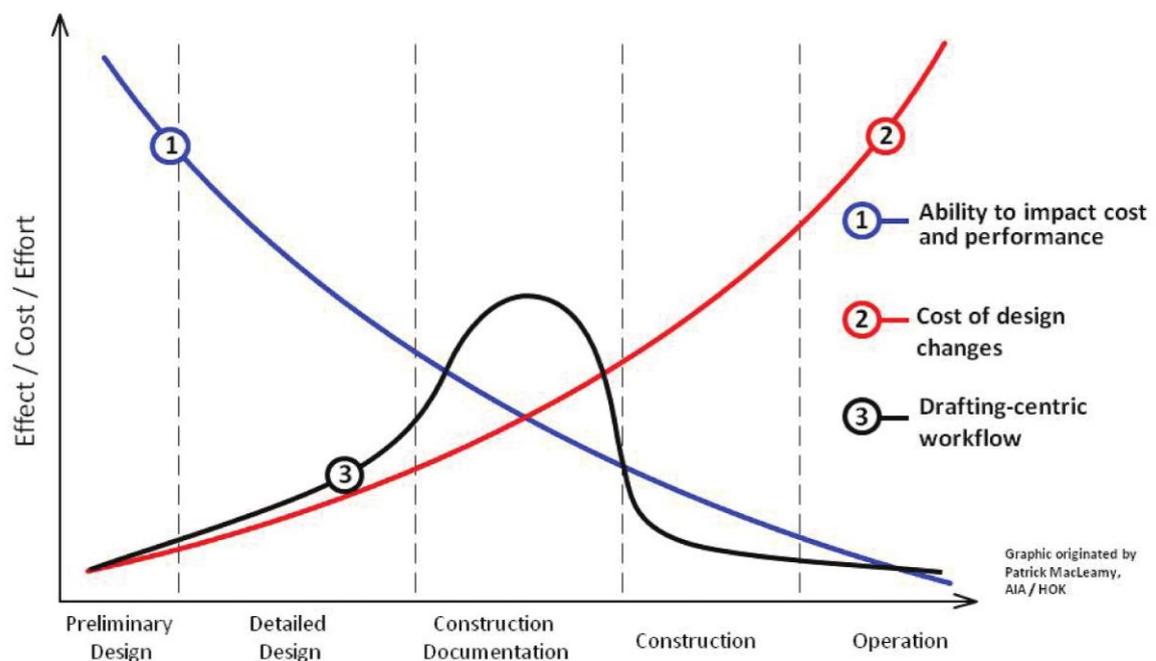
2.2.3 Metodología BIM

BIM es una metodología innovadora que combina de forma colaborativa los procesos de diseño, construcción y gestión de edificios a través de modelos digitales. Este enfoque está transformando la forma en que se conciben, operan y ejecutan los proyectos constructivos, permitiendo un flujo continuo de información desde las

primeras fases hasta la culminación del edificio. La principal ventaja de BIM es que ayuda a conservar el valor de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto, lo que contrasta con los métodos tradicionales, donde la información se genera y regenera en cada etapa. Además, la metodología BIM no solo facilita la economización de costos al evitar la duplicidad de datos y la pérdida de información, sino que también permite una toma de decisiones más temprana, cuando el impacto en los costos es menor. De esta manera, la implementación de BIM optimiza el proceso constructivo, reduciendo significativamente los errores y costos asociados a decisiones tardías (Julcamoro, 2019).

Figura 4

Nivel de esfuerzo requerido vs tiempo

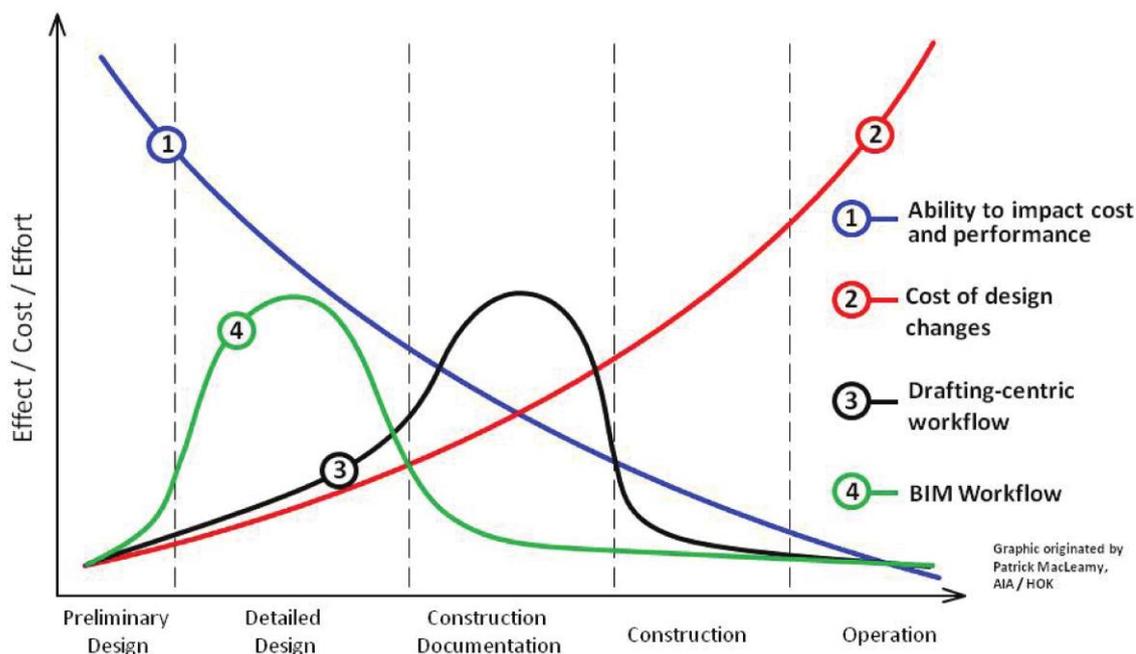


Nota. Gráfico originado por Patrick MacLeamy, AIA/HOK.

La Figura 4 muestra el flujo de trabajo de un proyecto, donde gran parte del esfuerzo se concentra en la etapa de documentación de la construcción, donde la capacidad de influir en la parte económica y rendimiento del proyecto va disminuyendo, mientras que el costo de realizar modificaciones en el diseño va en aumento.

Figura 5

Nivel de esfuerzo requerido vs tiempo en BIM



Nota. Gráfico originado por Patrick MacLeamy, AIA/HOK.

La Figura 5 muestra que la utilización de un flujo de trabajo BIM desplaza el nivel de esfuerzo hacia una etapa más temprana del proyecto, donde se cuenta con una mayor capacidad de impactar en el costo y rendimiento del proyecto, y donde los costos asociados a realizar cambios en el diseño son más bajos.

El gráfico muestra una comparación de las curvas de esfuerzo entre un enfoque convencional y uno BIM, enfocándose en la capacidad de impactar el costo final a través de un cambio y el costo asociado a ese cambio durante el ciclo de vida.

2.2.4 BIM en el Perú

En los últimos años, la implementación de la metodología BIM ha avanzado significativamente en el Perú, impulsada por esfuerzos gubernamentales como el Plan BIM Perú. Este plan tiene como objetivo uniformar la utilización de BIM en proyectos de infraestructura, con la expectativa de que su adopción sea obligatoria para 2025. Según el Tercer Estudio de Adopción BIM el 39% de los proyectos de edificación en Lima ya utilizan BIM, lo que ha permitido mejorar la visualización del proyecto, la identificación de incompatibilidades y la precisión en la extracción de metrados. Sin embargo, aún

queda mucho por hacer para integrar plenamente esta tecnología en todas las etapas del ciclo de vida de los proyectos de construcción (Murguía et al., 2023).

A pesar de que el uso de BIM en Perú todavía se encuentra en una fase de desarrollo, los estudios recientes y las iniciativas implementadas muestran un panorama favorable para su adopción y expansión en el país. Los beneficios observados, como la mejora en la productividad, la reducción de costos y tiempos, y la satisfacción de los profesionales que utilizan esta metodología, sugieren un futuro prometedor para la integración de BIM en la industria de la construcción peruana (Llanos y Castillo, 2023).

2.2.5 Norma ISO 19650

La ISO 19650 es una norma internacional que proporciona un marco para la gestión eficiente de la información en proyectos que utilizan la metodología BIM. Esta norma es fundamental para mejorar los flujos de trabajo durante la etapa de diseño, ya que regula la organización y digitalización de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto, facilitando la colaboración entre los equipos y minimizando los errores (BuildingSMART Spain, 2021).

2.2.6 Roles BIM

Los roles BIM se refieren a las responsabilidades que una o varias personas deben asumir para llevar a cabo un proyecto utilizando la metodología BIM. Estas funciones deben ser realizadas por individuos capacitados y con los conocimientos necesarios para ejecutar las tareas requeridas y cumplir con los requisitos de información establecidos (MEF, 2021).

2.2.6.1 Líder BIM

Es la persona encargada de supervisar, conducir y crear de manera efectiva los procesos y tácticas necesarias para implementar la metodología BIM en una organización, conforme a los requerimientos y metas específicas de cada entidad (MEF, 2021).

2.2.6.2 Gestor BIM

Su labor consiste en manejar la información BIM y definir los requisitos de datos para las inversiones, colaborando estrechamente con el líder BIM. Debe transmitir de manera clara estos requerimientos al equipo de trabajo y mantener una interacción y coordinación constante con el Coordinador BIM (MEF, 2021).

2.2.6.3 Coordinador BIM

Encargado de liderar la implementación de los Modelos de Información, asegurando que se cumplan los Requerimientos de Información y que se sigan las normativas y procedimientos establecidos para la gestión de datos BIM. También debe facilitar una comunicación continua y trabajar en colaboración con el Gestor BIM y el equipo de trabajo (MEF, 2021).

2.2.6.4 Modelador BIM

Responsable del desarrollo de los Modelos de Información, según los Requerimientos de Información, tomando en consideración el Nivel de Información Necesaria, debe mantener interacción y colaboración constante con el Coordinador BIM y el equipo de trabajo (MEF, 2021).

2.2.6.5 Supervisor BIM

Responsable de llevar a cabo revisiones periódicas de los datos almacenados en contenedores y de garantizar que el Modelo de Información se genere conforme a los Requerimientos de Información, colaborando de manera cercana con el Coordinador BIM antes de entregar el Modelo al Gestor BIM (MEF, 2021).

2.2.7 Nivel de información necesaria (LOIN)

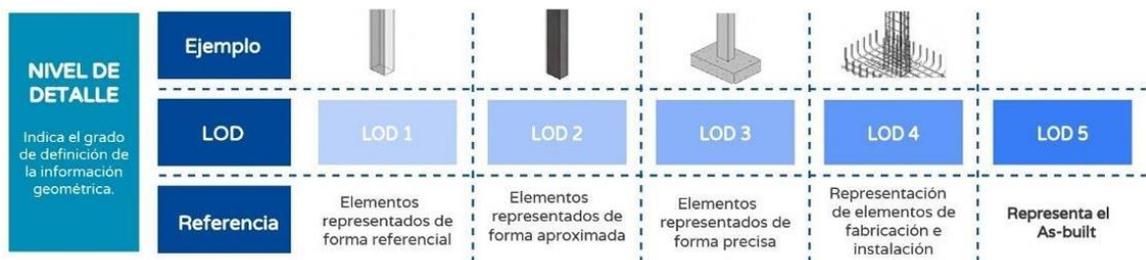
LOIN se refiere al Nivel de Información Necesaria para alcanzar los objetivos asociados con la información de una inversión en cada etapa del intercambio de datos. Este nivel incluye el Nivel de Detalle (LOD) y el Nivel de Información (LOI) (MEF, 2021).

2.2.7.1 Nivel de desarrollo (LOD)

Es el nivel de desarrollo de la información gráfica que aborda la exactitud y el detalle de los objetos representados tridimensionalmente, como se observa en las Figuras 6,7 y 8 se visualiza los niveles de detalle (MEF, 2021).

Figura 6

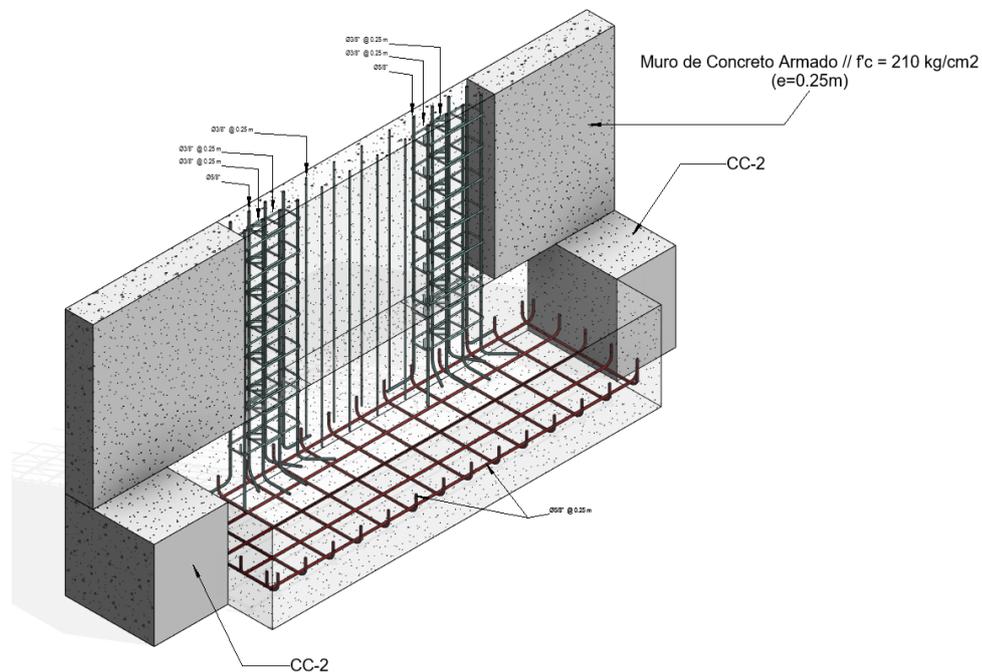
Nivel de detalle LOD



Nota. El gráfico muestra los niveles de detalle en proyectos BIM, desde representaciones generales hasta el modelo final "As-built".

Figura 7

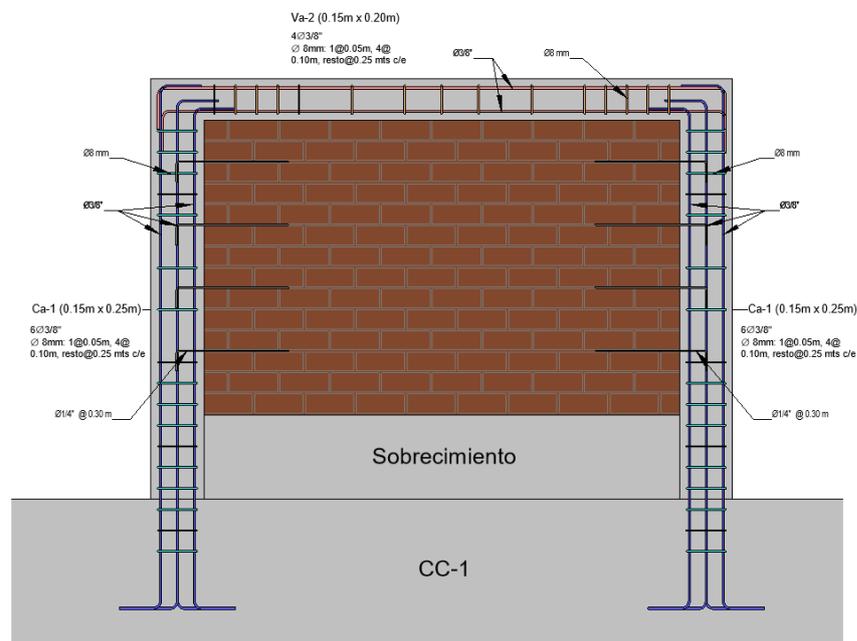
Ejemplo de nivel de detalle de zapata



Nota. La figura representa el detalle de acero zapata del muro de concreto armado por Revit.

Figura 8

Ejemplo de nivel de detalle de acero del muro no portante



Nota. La figura representa el detalle de acero del muro no portante por Revit.

2.2.7.2 Nivel de información (LOI)

Nivel de información no gráfica que se refiere a las especificaciones técnicas y la documentación que se incorpora, relaciona o adjunta, con el fin de ampliar la información del modelo tridimensional (MEF, 2021).

2.2.8 Beneficios BIM

En el contexto del BIM, el proyecto se desarrolla desde el principio en un modelo 3D, lo que permite una asociación inmediata de los materiales y, al asignarles un costo, se genera el presupuesto del proyecto de manera automática. A lo largo del diseño y la configuración de los componentes, se genera el dibujo técnico de manera simultánea. Las propiedades gráficas de los materiales de los elementos se visualizan automáticamente en diferentes vistas y formatos. Esto resulta en una notable reducción de errores en el proceso de modelamiento, ya que todas las vistas se generan a partir de un único modelo (Bilbao, 2019).

Durante la etapa de diseño, el uso de BIM facilita la elaboración de listas detalladas y cálculos precisos de los insumos necesarios para asegurar que se cumplan las expectativas del cliente. Además, permite la creación de planos que incluyen diferentes vistas como plantas, secciones y elevaciones, así como representaciones tridimensionales. Asimismo, se generan imágenes realistas, animaciones y modelos virtuales, lo que contribuye a la promoción del proyecto. BIM también optimiza la distribución de los espacios del inmueble, y los datos obtenidos en esta fase pueden emplearse para el análisis estructural. En conjunto, el uso de BIM en el diseño mejora la eficiencia y acorta los plazos de entrega del proyecto (Murguía et al., 2023).

2.2.9 Dimensiones de la metodología BIM

De acuerdo a lo citado por Bilbao (2019), la metodología BIM abarca varias dimensiones. Las principales dimensiones de BIM son:

- a. BIM 3D: Creación de un modelo tridimensional unificado mediante la modelación paramétrica de todos los elementos de un proyecto.
- b. BIM 4D: Se incorpora la dimensión del tiempo, lo que permite programar y planificar virtualmente toda la construcción, identificando y corrigiendo posibles errores antes de la etapa de construcción.
- c. BIM 5D: En esta dimensión se incluye el control de costos y la estimación de gastos del proyecto, para mejorar así la rentabilidad. Se determinan las cantidades y costos de los materiales, se organiza el gasto y se estiman los costos operativos para la fase de uso y mantenimiento.
- d. BIM 6D: Centrado en la modelación bioclimática y sostenible, facilita el análisis del comportamiento del proyecto y la toma de decisiones importantes antes de que inicie la construcción.
- e. BIM 7D: Incluye la operación, mantenimiento y gestión de instalaciones. Esta dimensión brinda el control logístico y operativo del proyecto durante su uso y mantenimiento, optimizando procesos como inspecciones, reparaciones y mantenimientos, entre otros.

2.2.10 Software para el desarrollo del BIM

Los programas utilizados en la metodología BIM han logrado avances significativos al permitir la creación de modelos 3D detallados que representan los componentes de un

proyecto de manera precisa. Estos softwares han sustituido al tradicional CAD 2D en las etapas de diseño y construcción de edificaciones. La transición del CAD al BIM implica el uso de herramientas capaces de generar modelos tridimensionales desde las primeras fases del proyecto, incorporando información detallada sobre cada elemento. Además, BIM facilita la integración de diferentes disciplinas en un solo modelo digital, mejorando la coordinación entre los equipos de trabajo a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Torres, 2021).

2.2.11 Etapa de diseño

La etapa de diseño es una fase crítica en los proyectos de construcción, especialmente en los de infraestructura educativa. En esta etapa se definen los aspectos técnicos y estéticos del proyecto, que deben cumplir con las normativas vigentes y las especificaciones del cliente. El uso de herramientas como BIM facilita la colaboración entre los equipos de diseño, permitiendo una revisión constante de los modelos y una mejor toma de decisiones (Martínez y Villanueva, 2019).

2.2.12 Reglamento nacional de edificaciones

En el diseño de proyectos educativos en Perú, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) establece las normativas técnicas que deben cumplir las edificaciones, incluyendo aspectos de accesibilidad, seguridad y sostenibilidad. Estas normativas afectan directamente los flujos de trabajo durante la etapa de diseño, ya que los equipos deben realizar ajustes constantes para garantizar el cumplimiento de los estándares establecidos. El RNE regula todos los aspectos técnicos necesarios para asegurar que los proyectos educativos cumplan con los requisitos legales y funcionales desde su diseño hasta su ejecución (RNE, 2021).

2.2.13 Revit

Según Autodesk, Revit es un programa creado para especialistas en la construcción, diseñada para generar modelos tridimensionales de estructuras con alta precisión como se muestra en la Figura 9. También agiliza el trabajo en la elaboración de los planos de la estructura modelada. Algunas características de Revit son:

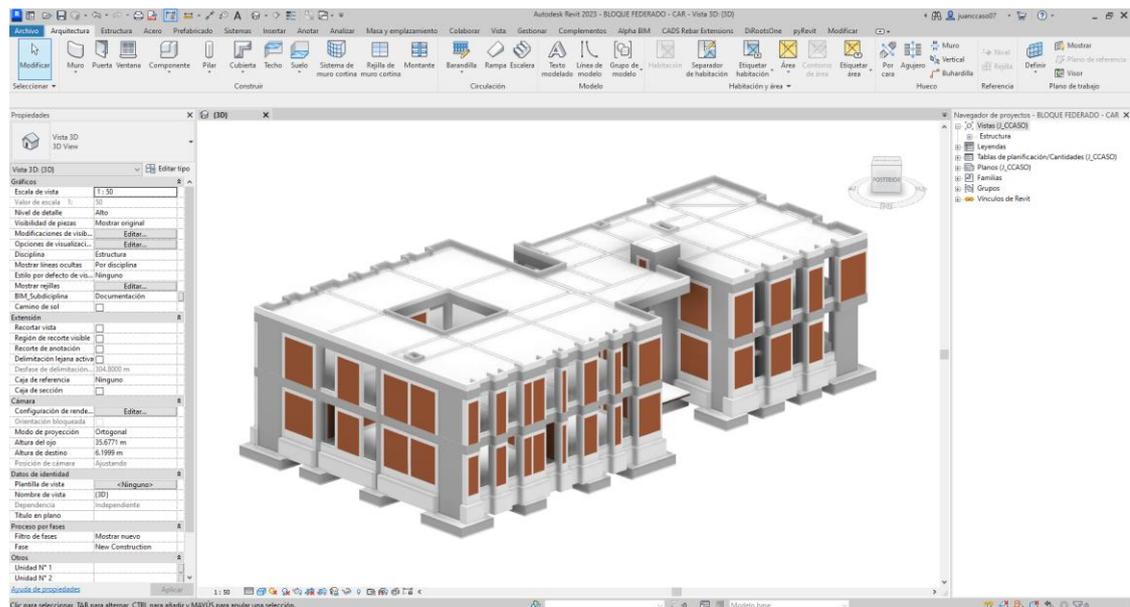
- a. La plataforma del software permite realizar representaciones 2D y 3D del proyecto en diferentes fases de diseño. Cuenta con componentes

paramétricos que facilitan el modelado para impulsar el diseño y la creación de formas complejas.

- b. Al contar con el modelo 3D se facilita las cuantificaciones para generar tablas de planificación más precisas, con un mayor nivel de detalle que puede adaptarse a normas establecidas.
- c. Se puede generar documentación del proyecto, como los planos
- d. Revit facilita la coordinación de las diversas especialidades involucradas en el proyecto, lo cual permite reducir los errores de una coordinación inadecuada de documentos y reduce el desperdicio de esfuerzos al procesar la información.
- e. Una característica fundamental de Revit es su capacidad para coordinar los cambios paramétricos de manera automática, lo que permite realizar modificaciones en cualquier vista o planta, de manera que todo se modifica de acuerdo a estos cambios.
- f. Ofrece la posibilidad de visualizar diseños utilizando herramientas de renderizado integradas, lo que permite obtener imágenes de alta calidad y nitidez.

Figura 9

Modelado de un proyecto en revit



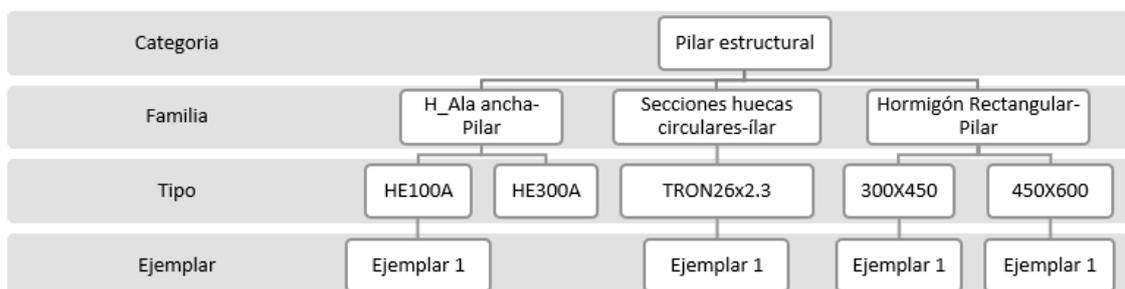
Nota. La figura representa un modelado en 3D de una estructura a partir del software Revit.

2.2.14 Parámetros de revit

La característica más destacada que facilita el modelado de un proyecto en Revit es la capacidad de parametrizar las familias. Los parámetros dentro de las familias de los elementos que conforman el modelo nos ofrecen la posibilidad de introducir información a la geometría del modelo 3D, lo que resulta en un elemento completo y definido por sí mismo al analizar sus propiedades. Es esencial comprender cómo acceder a estos parámetros, modificarlos y crear nuevos, ya que esto es fundamental al generar familias paramétricas. Los parámetros pueden abarcar diversas propiedades, lo que permite agregar cualquier propiedad relevante al elemento deseado. Además, los parámetros pueden diseñarse para afectar únicamente una instancia de una familia o para afectar a todos los elementos del mismo tipo. En este sentido, es importante tener en cuenta la clasificación de elementos establecida por la herramienta Revit como se muestra en la Figura 10 (Benavente, 2019).

Figura 10

Clasificación de los elementos



Nota. La figura representa los parámetros de Revit.

De acuerdo con Benavente (2019) la estructura de organización en Revit se divide de la siguiente manera:

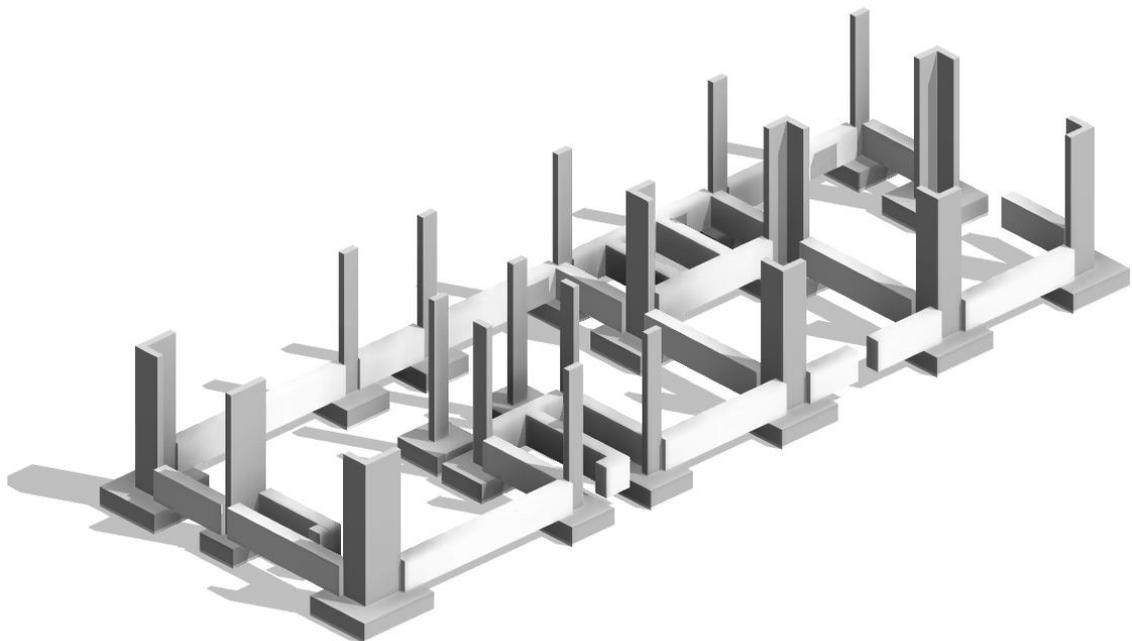
- Categoría:** Son la principal estructura organizativa que engloban todas las familias en Revit. Representan la primera división al buscar un elemento específico. En el ejemplo proporcionado, la categoría es "Pilar estructural", que incluye todos los pilares dentro del proyecto de Revit.
- Familia:** Las familias agrupadas dentro de una misma categoría comparten características comunes. En este caso, todas las familias son identificadas como pilares estructurales por el programa. Dentro de una categoría, cada familia se crea con un conjunto de parámetros que la definen. Una familia es un conjunto

de elementos que comparten los mismos parámetros. Todos los elementos de Revit pertenecen a una familia.

- c. Tipo: Una familia puede tener varios tipos, donde se pueden crear para diferentes tamaños, materiales o para modificar algún parámetro. Los tipos son conjuntos de elementos que comparten las mismas características comunes pero se diferencian por una o más características de otros que pertenecen a la misma familia. Por ejemplo, se puede tener un tipo de pilar estructural “300X450” y otro tipo “450X600”. Ambos tipos de pilar estructural pueden tener características similares, pero hay una característica diferenciadora, que son las dimensiones del pilar.
- d. Ejemplar: Son los elementos modelados y se visualizan en el proyecto de Revit. También comparten características comunes, sin embargo cuenta con una característica que lo distingue de los demás elementos. Podemos crear varios ejemplares de un mismo tipo como se muestra en la Figura 11.

Figura 11

Ejemplares de pilares estructurales



Nota. La figura representa la subestructura y pilares de una edificación en el software Revit.

2.2.15 Tipos de parámetros

El software que estamos explorando nos brinda una amplia gama de parámetros que nos permiten introducir información en cada elemento, así como controlar dimensiones específicas de manera centralizada. Cada tipo de parámetro tiene características distintas y es importante saber cuál es el más adecuado para nuestros objetivos en cada caso. Como veremos, estos parámetros ofrecen diversas utilidades y brindan numerosas formas de aplicación en el proyecto. Su uso y la adaptación dependen de nuestra creatividad para lograr los resultados (Benavente, 2019).

2.2.15.1 Parámetros de sistema

Son parámetros predefinidos que vienen incluidos en el sistema. Estos parámetros son visibles cuando colocamos un elemento específico en el programa. Es importante tener en cuenta que cada familia incluye sus propios parámetros de sistema. Es necesario tener esto en cuenta al trabajar con diferentes familias, ya que se puede esperar parámetros que no están definidos en el proyecto. Estos parámetros de sistema no se pueden eliminar ni crear, pero se pueden usar en las tablas de planificación para agrupar información y también se pueden etiquetar. La característica principal de estos parámetros es que no se pueden eliminar, lo que los distingue de los demás. Cuando abrimos un proyecto sin haber creado ningún parámetro personalizado, los parámetros de sistema son los que están disponibles. Es importante destacar que los parámetros de sistema no pueden ser creados por el usuario (Benavente, 2019).

2.2.15.2 Parámetros de proyecto

Son parámetros que se crean y guardan en un archivo de proyecto, solo pueden ser creados dentro de ese proyecto específico. Sin embargo, es posible transferir estos parámetros a otros proyectos utilizando la herramienta de transferencia de normas de proyecto. Al generar estos parámetros, debemos indicar las categorías de elementos, planos o vistas a las que deseamos aplicarlos dentro del proyecto. Estos parámetros solo se pueden usar en las tablas de planificación, no se pueden etiquetar (Benavente, 2019).

2.2.15.3 Parámetros compartidos

Son aquellos que se pueden utilizar en múltiples familias o proyectos. Es importante tener un buen manejo y organización de estos parámetros. En situaciones en las que estemos trabajando en varios proyectos relacionados, puede suceder que se generen parámetros con la misma utilidad pero que no estén bajo el mismo parámetro compartido, lo que resultaría en una duplicación de información. Los parámetros compartidos solucionan este problema de organización al permitirnos trabajar con varios modelos que comparten los mismos parámetros. La información generada en cada proyecto con respecto al mismo parámetro compartido no guarda relación entre familias o proyectos diferentes. Al aplicar estos parámetros en un proyecto y luego trasladarlos a otro, solo se transfieren las propiedades de los parámetros compartidos, no la información vinculada a los elementos del modelo. Los parámetros compartidos se almacenan en un archivo externo en formato .txt, por lo tanto es importante que todos los participantes carguen este documento antes de iniciar el proyecto en Revit (Benavente, 2019).

2.2.15.4 Parámetros de familia

Son parámetros para controlar las variables de la familia, como las cotas u otros atributos de la familia. La creación de estos parámetros está limitada al editor de familias, no al proyecto en sí. Por lo tanto, para acceder y crear nuevos parámetros compartidos, es necesario abrir el editor de familias (Benavente, 2019).

2.2.15.5 Parámetros globales

El usuario puede generar estos parámetros dentro del proyecto, no dentro del editor de familias. Se pueden aplicar a múltiples categorías, familias y dimensiones, y se pueden utilizar en fórmulas. Los parámetros globales permiten establecer valores repetitivos y facilitan la modificación simultánea de múltiples elementos al cambiar el valor del parámetro global (Benavente, 2019).

2.2.16 Automatización de procesos BIM

Cuando se utilizan las herramientas de modelado BIM, se encuentran flujos de trabajo repetitivos que pueden ser mejorados a través de la automatización de procesos, lo que

resulta en un aumento de la productividad tanto en el modelado como en la generación de documentación asociada (Pumar, 2021).

En la actualidad, los proyectos de construcción se enfrentan a desafíos cada vez más complejos y exigentes en términos de tiempo y calidad. Aunque las herramientas BIM son sofisticadas, a menudo resultan insuficientes para cumplir con los requerimientos del proyecto. Por lo tanto, automatizar diversos procesos se convierte en algo fundamental para la metodología BIM, centrándonos específicamente en la automatización del modelado. Esta automatización implica ampliar el uso de las herramientas BIM existentes, aunque tienen ciertos límites y se diseñaron con un propósito específico, es necesario ampliar sus capacidades para abordar proyectos cada vez más complejos y exigentes. Esta ampliación implica la incorporación de conceptos como el Diseño Paramétrico, Computacional o Generativo, que han existido desde hace bastante tiempo y están estrechamente relacionados con el concepto BIM (Huamaní, 2019).

2.2.16.1 Modelado paramétrico

El software BIM se basa en el modelado paramétrico, que usa parámetros y sus relaciones entre ellos. Son las conexiones entre los diferentes elementos de un proyecto que facilitan la coordinación y el control de los cambios. Esto implica que los objetos que componen el modelo también son paramétricos, lo que significa que están definidos por parámetros que determinan su forma, tamaño y otras características (Huamaní, 2019).

2.2.16.2 Parámetro

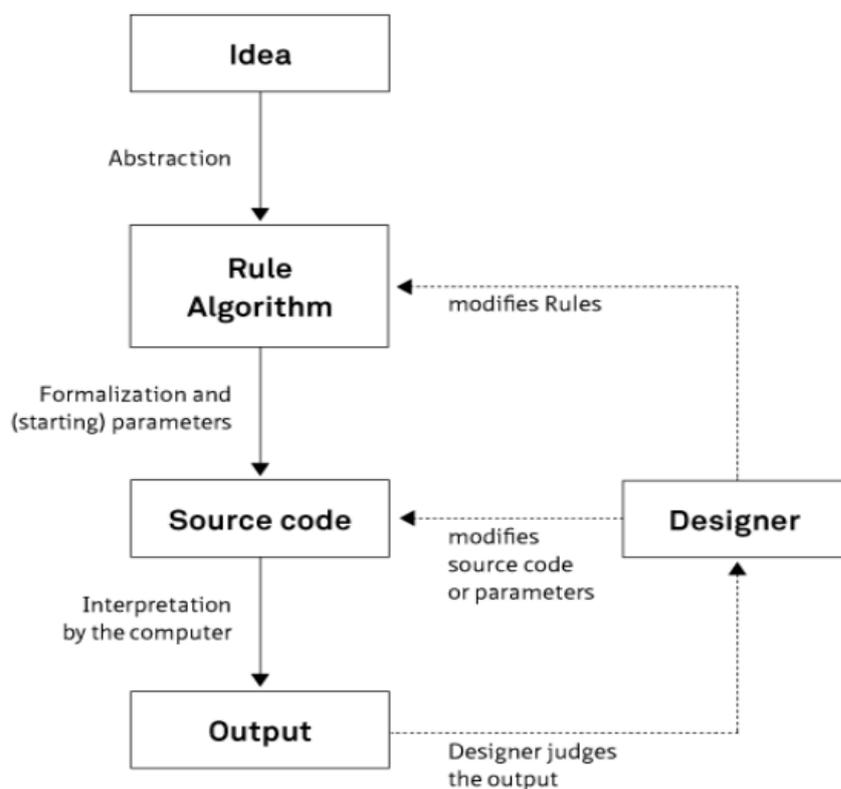
Según la Real Academia Española (RAE), se refiere a una variable que identifica cada elemento de una familia mediante su valor numérico. En el contexto del enfoque BIM, la definición de parámetro utilizado en varios términos está estrechamente relacionada con el concepto de variable. Esto nos lleva a inferir que al variar el valor de un parámetro dentro de un modelo u objeto paramétrico, se produce un cambio en todas las relaciones en las que ese valor del parámetro esté involucrado (Huamaní, 2019).

2.2.16.3 Diseño paramétrico

Es una técnica que utiliza los parámetros para controlar y definir los elementos de un diseño como se muestra en la Figura 12, cualquier modificación de estos valores de entrada nos permite crear diseños complejos de forma rápida (Huamani, 2019).

Figura 12

Proceso del diseño paramétrico



Nota. El diagrama muestra el proceso del diseño paramétrico, desde la idea hasta la generación y evaluación del resultado por el diseñador.

2.2.16.4 Programación grafica

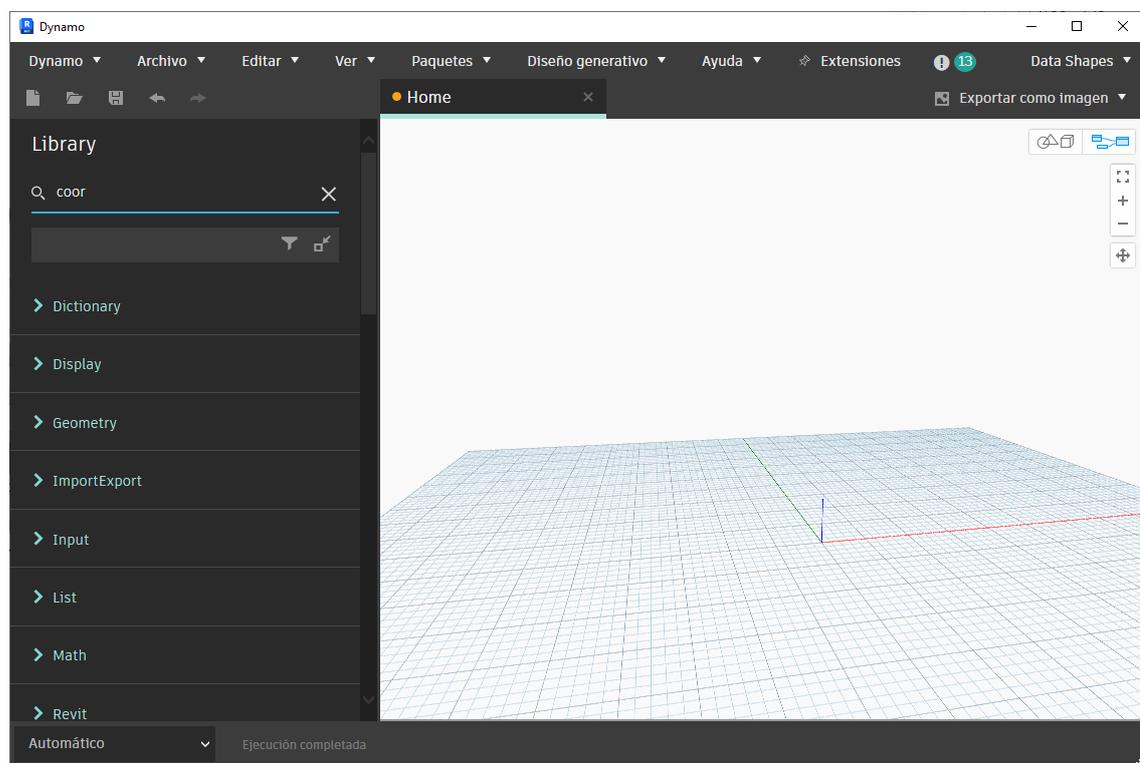
La programación gráfica es un lenguaje de programación de nivel alto que fue diseñado originalmente para el control de instrumentos, con el objetivo de facilitar su manejo y operación, eliminando la necesidad de que los usuarios comprendan conceptos complejos de programación, como los bucles o las estructuras de datos (Huamani, 2019).

2.2.17 Dynamo

Según Autodesk, Dynamo es una herramienta de programación visual que facilita la personalización de los flujos de trabajo en la gestión de la información constructiva. Dynamo nos permite programar y visualizar los que estamos creando, se puede asociar a diferentes softwares de como Revit, Navisworks, FormIt o Civil 3D, etc. En la Figura 13 se muestra la interfaz gráfica del programa Dynamo.

Figura 13

Interfaz del software dynamo



Nota. La figura muestra una vista general del software Dynamo.

2.2.17.1 Programación grafica en dynamo

Dynamo es un complemento que se integra de forma automática con Revit y se encuentra en constante desarrollo gracias a la colaboración de los usuarios. Este software de código abierto utiliza un algoritmo de programación visual basado en nodos que permite eficientemente transformar la información modelada o paramétrica (Tovar, 2020).

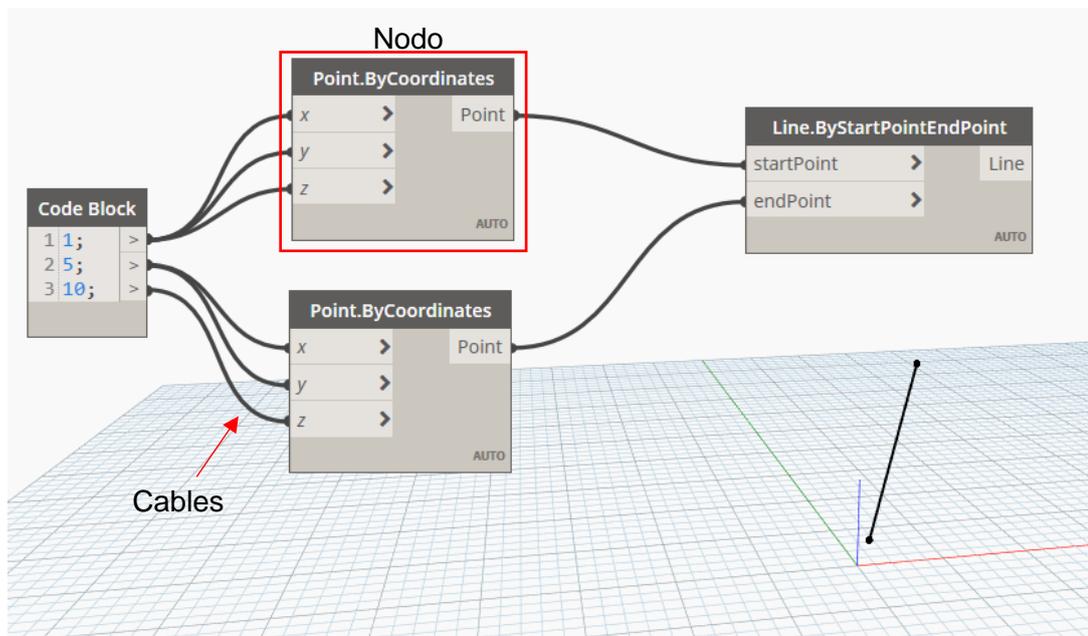
2.2.17.2 Elementos de dynamo

- a. Nodo: es un componente que realiza una operación específica dentro del programa visual., estos necesitan datos de entrada, lo procesan y presentan resultados. Existen nodos de creación, acción y consulta.
- b. Cables: son los que conectan los nodos para crear una relación y establecer el flujo.

En la Figura 14 se muestra los elementos de dynamo, como lo son los nodos y cables, que nos permiten realizar la programación visual.

Figura 14

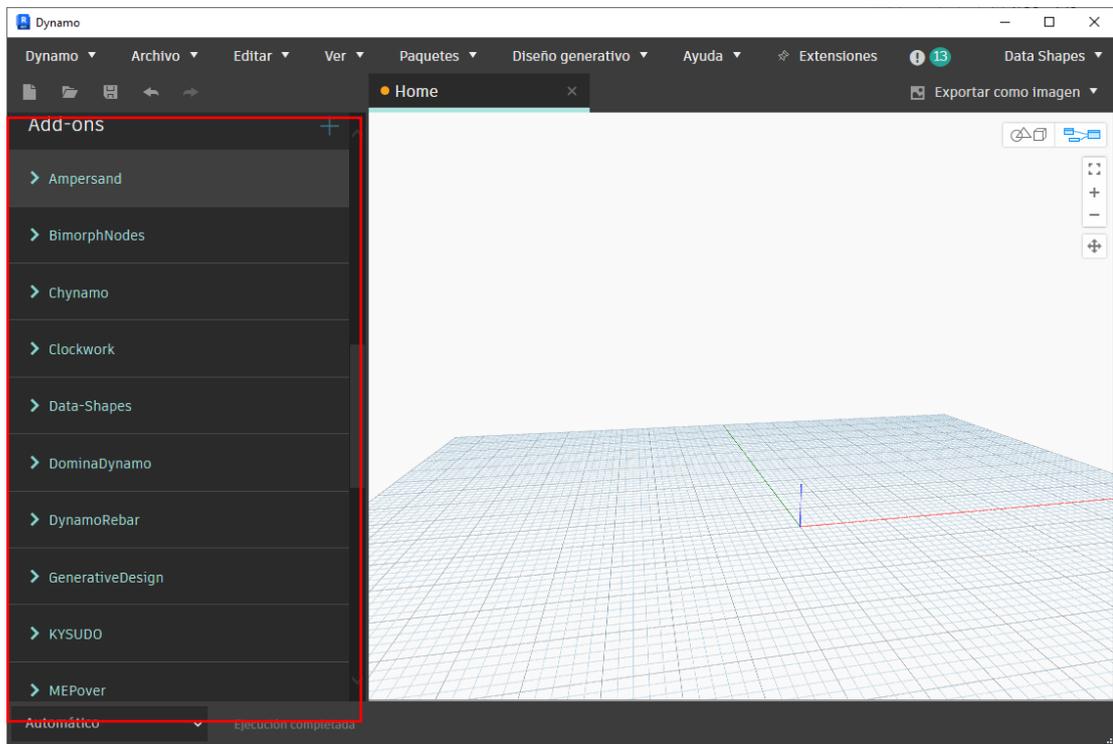
Visualización de nodos del software dynamo



Nota. La figura muestra los nodos de programación visual del software Dynamo.

2.2.17.3 Paquetes

Son componentes adicionales desarrollados por la gran comunidad de usuarios, que amplían las capacidades del software, en la Figura 15 se muestran diferentes paquetes instalados en el programa. Estos paquetes debemos de descargarlos manualmente, ya que no viene instalados por defecto. (Tovar Calpena, 2020)

Figura 15*Paquetes instalados en dynamo*

Nota. La figura muestra la interfaz con paquetes instalados del software Dynamo.

2.2.17.4 Aplicaciones

Según Benavente (2019), Dynamo es una herramienta versátil que ofrece numerosas aplicaciones en el ámbito del modelado y gestión de datos en proyectos BIM. Sus funciones abarcan desde la manipulación de datos extraídos del modelo hasta la importación masiva de información, así como la generación de modelos. En esencia, se puede considerar a Dynamo como un complemento esencial de Revit, que agiliza y simplifica diversas acciones relacionadas con la modelización, introducción y extracción de datos, entre otras tareas. Esto nos permite optimizar considerablemente tiempo en el proceso de trabajo.

a. Automatiza tareas Repetitivas

Con este software se puede crear rutinas para evitar hacer las mismas tareas varias repetitivas y tediosas durante la generación del modelo BIM.

b. Generación de geometrías complejas

En Revit no hay una biblioteca de familias específicamente diseñada para la construcción civil, a excepción de las estructuras. En la mayoría de los casos, cuando

necesitamos incorporar elementos singulares en nuestro proyecto, debemos crear una nueva familia paramétrica para representarla en el modelo. Con Dynamo se puede generar más fácil la geometría y asignarle parámetros según nuestras necesidades.

c. Gestión de información

La gestión de información es uno de los aspectos destacados de Dynamo. Al crear un modelo BIM, es importante incorporar la mayor cantidad de información posible para que el modelo en sí sea autónomo y comprensible sin la necesidad de utilizar otros datos o archivos adicionales. Sin embargo, a medida que la cantidad de información en el modelo aumenta, puede volverse complicado administrarla adecuadamente. Es esencial simplificar el proceso de obtención y modificación de la información dentro del modelo, y en este aspecto, Dynamo ofrece una ventaja significativa al permitirnos crear rutinas que agilizan y simplifican este proceso. Esta capacidad de Dynamo para gestionar eficientemente la información en un modelo BIM proporciona una notable ventaja en la gestión de proyectos y contribuye a optimizar el flujo de trabajo en general (Benavente, 2019).

2.2.18 Flujo de trabajo

El flujo de trabajo es una secuencia de actividades que deben llevarse a cabo para lograr un producto final en un proyecto. En el contexto del modelado en los softwares utilizados en la metodología BIM, se deben seguir una serie de pasos para crear los distintos elementos que conforman un proyecto. Estos pasos conforman un flujo de trabajo específico para la creación de dichos elementos (Tovar, 2020).

2.2.19 Programación para automatizar flujos de trabajo

En un modelo BIM, es posible incorporar información definida de diversas áreas constructivas. Sin embargo, esta información debe estar organizada de manera estructurada, ya que el modelo se considera como una base de datos. Esta organización es fundamental para poder avanzar hacia la automatización de flujos de trabajo. Si la información no está ordenada, el modelo no será apto para la automatización. La automatización de procesos brinda varios beneficios, como la reducción del factor de error humano, ahorro de tiempo al eliminar tareas repetitivas y acceso a procesos que no son accesibles de forma inmediata en el software (Tovar, 2020).

2.3 Definición de términos

2.3.1 Automatización de procesos

La automatización de procesos implica llevar a cabo un proceso utilizando tecnología para su ejecución.

2.3.2 Procesos BIM

Es un proceso de creación y gestión de información de un proyecto, durante sus fases de planificación, diseño, construcción y mantenimiento, seguir el proceso BIM nos ayudaran a detectar y corregir cualquier interferencia.

2.3.3 Flujo de trabajo

El flujo de trabajo se refiere a una secuencia de actividades que deben llevarse a cabo en orden para lograr un resultado final deseado.

2.3.4 Etapa de diseño

Es la creación de información que contiene el Expediente Técnico: memoria descriptiva, especificaciones técnicas, planos, etc. Se establecen las bases del proyecto.

2.3.5 Metodología BIM

BIM introduce un enfoque revolucionario que mejora el diseño, la construcción y la gestión de proyectos al garantizar que la información se mantenga consistente y accesible durante todo el ciclo de vida de la edificación. A diferencia del método tradicional, donde la información se genera y recrea en cada fase del proyecto, BIM permite la creación y el uso continuo de datos, haciendo que los procesos sean más fluidos y eficientes. Este enfoque no solo mejora la colaboración entre las diferentes disciplinas, sino que también reduce errores y optimiza recursos desde las primeras etapas del proyecto (Julcamoro, 2019).

2.3.6 Modelo de información

Se refiere a un conjunto de repositorios que almacenan información tanto estructurada como no estructurada. Este conjunto abarca toda la información generada en una inversión y se encuentra en una fuente de información confiable (MEF, 2021).

2.3.7 Elemento BIM

Los componentes que conforman el modelo 3D como zapatas, columnas, vigas, losas, etc. Estos elementos son representaciones digitales que forman parte del modelo tridimensional de un proyecto o edificación (MEF, 2021).

2.3.8 Script

Son programas informáticos que se ejecutan en un sistema operativo y se usan generalmente para automatizar procesos repetitivos o realizar procesos complejos.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diseño de la investigación

Experimental

3.2 Acciones y actividades

Para el desarrollo de la investigación propuesta se establecieron las siguientes actividades.

- a. Determinación de procesos BIM
- b. Establecer estrategias de modelado de los elementos estructurales
- c. Diseñar códigos con la herramienta Dynamo
- d. Aplicación de las herramientas desarrolladas en un proyecto.

3.3 Materiales y/o instrumentos

Se tomarán en consideración los siguientes materiales y/o instrumentos para trabajos de gabinete.

- a. Software Revit 2023 y Dynamo
- b. Reglamento Nacional de Edificaciones.

3.4 Población y/o muestra de estudio

La población para la presente investigación lo conforma los proyectos de Centros Educativos que se ejecutaron con el Sistema Tradicional.

El método de muestreo que se está utilizando es de tipo no probabilístico, ya que la selección de los elementos no se basa en la probabilidad sino en factores relacionados con las características específicas de la investigación o el propósito del investigador.

La muestra corresponde al Proyecto “Mejoramiento del Servicio Educativo del Nivel Secundaria de la I.E. 449 Eduardo Pérez Gamboa Distrito de Tacna - Provincia de Tacna - Departamento de Tacna”.

3.5 Operacionalización de variables

Variable independiente: Aplicación de la automatización de procesos BIM.

Variable dependiente: Flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos.

En la Tabla 2 se muestra la Operacionalización de variables de investigación.

Tabla 2

Operacionalización de variables de investigación

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Escala	Técnicas o métodos
Aplicación de la automatización de procesos BIM.	Integración y uso de scripts y software para automatizar tareas repetitivas y complejas dentro del entorno BIM, mejora la eficiencia y precisión en diseño.	Llevar a cabo un proceso utilizando tecnología para su ejecución.	Automatización de procesos BIM	Ordinal	Revisión documental, análisis de códigos
Flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos.	Procesos y secuencias de actividades necesarias para completar las tareas de diseño en proyectos de centros educativos.	Secuencia de actividades que deben llevarse a cabo en orden para lograr un resultado final deseado	Flujos de trabajo	Ordinal	Documentación de propuesta
		Etapa donde se desarrollan los detalles técnicos del proyecto.	Etapa de diseño	Ordinal	Documentación de planos y metrados

Nota. En la tabla se muestran las variables de investigación

3.6 Técnicas de procesamiento

Se desarrollará la aplicación de la automatización de procesos BIM para mejorar la agilización de los flujos de trabajo para un modelo Revit mediante la determinación de procesos BIM de los flujos de trabajo que se realizan con la herramienta Revit. Luego se establecerá estrategias de modelado de los elementos estructurales en los proyectos de edificación para mejorar los flujos de trabajo. Se diseñará códigos con la herramienta Dynamo para reducir el tiempo de duración de los flujos de trabajo.

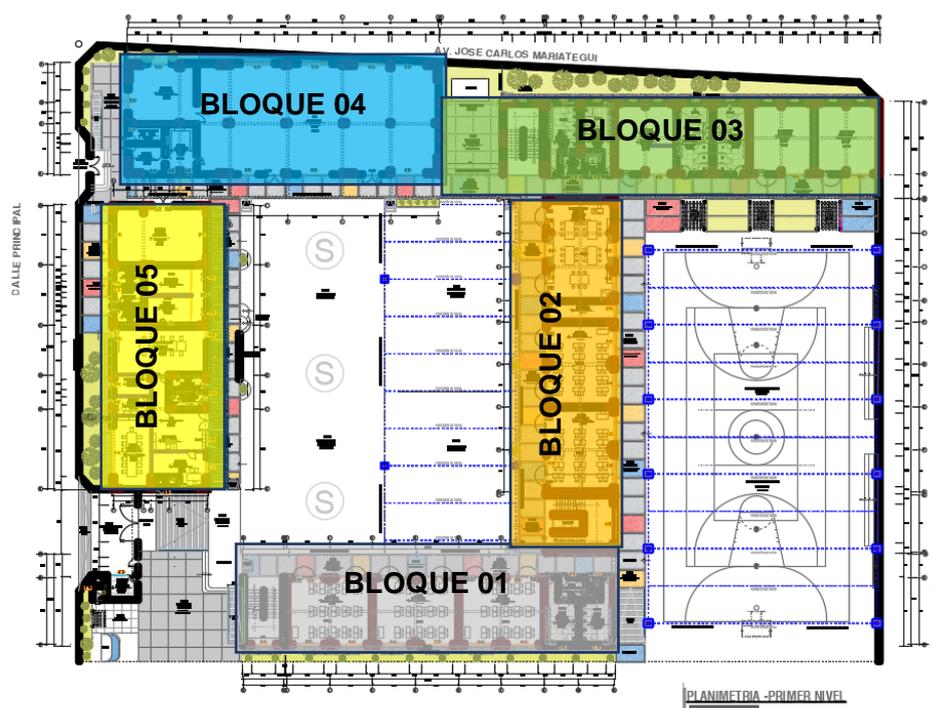
CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Proyecto a desarrollar

Para el desarrollo del trabajo de investigación se ha partido del proyecto: “Mejoramiento y ampliación del servicio de educación secundaria en la i.e. 449 Eduardo Pérez Gamboa, de centro poblado ciudad de dios distrito de Tacna de la provincia de Tacna del departamento de Tacna”, el cual está conformada por 05 bloques estructurales principales, además de bloques estructurales complementarios como coberturas livianas de malla raschel y un cerco perimétrico, como se muestra en la Figura 16 y 17.

Figura 16

Planta de la arquitectura



Nota. Elaboración del equipo de arquitectos de la Oficina Ejecutiva de Formulación de Proyectos del Gobierno Regional de Tacna.

Figura 17

Visualización del modelo 3D del proyecto en el programa sketchup.



Nota. Elaboración del equipo de arquitectos de la Oficina Ejecutiva de Formulación de Proyectos del Gobierno Regional de Tacna.

El centro educativo objeto de modelado que sirve de base para la investigación es el Bloque 04 de la institución educativa Eduardo Pérez Gamboa. El desarrollo de la investigación se enfoca en la especialidad de estructuras.

4.2 Determinar procesos BIM

Según el análisis que realiza Condori Atencio en su trabajo de investigación nos describe 6 procesos, de los cuales 3 procesos se relacionan directamente con la herramienta Revit.

- a. Proceso de Diagnóstico Situacional
- b. Desarrollo de Biblioteca de Familias
- c. Elaboración de Plantillas Específicas
- d. Procedimientos en la Redacción del BEP
- e. Desarrollo de aplicaciones específicas BIM
- f. Gestión de la Información

Para generar estándares y flujos de trabajo más idóneos que mejoren la gestión de proyectos en una infraestructura educativa en Revit, es necesario comenzar con los procesos de “Desarrollo de Biblioteca de Familias” y “Elaboración de Plantillas Específicas”, las cuales nos ayudaran a generar modelos de centros educativos siguiendo un modelo estándar establecido.

Desarrollar el proceso de “Desarrollo de aplicaciones específicas BIM” nos ayudara a automatizar tareas repetitivas en el contexto del modelado BIM, aumentar la productividad y gestionar eficazmente la gran cantidad de datos.

Es su trabajo de investigación el desarrolla 16 códigos en dynamo, pero no describe los pasos que realiza para crear estos códigos, considero que estos códigos beneficiarían en el modelado, documentación y gestión en la especialidad de estructuras, se seleccionaran algunos para desarrollarlos.

- a. Ejes referencia
- b. Solados
- c. Falso piso
- d. Excavación
- e. Rellenos
- f. Losas de piso
- g. Ladrillos
- h. Estribos
- i. Encofrado
- j. Crear láminas

Según Pumar (2021), en su trabajo de investigación identifica 13 procesos que están relacionadas a la especialidad de arquitectura, de los cuales automatiza 6 por medio de la creación de códigos con Dynamo, los cuales se puede considerar que están dentro del proceso de “Desarrollo de aplicaciones específicas BIM”.

Se procederá seleccionar procesos para automatizar con Dynamo que también pueden ser de gran utilidad en la especialidad de estructuras en el modelado, documentación y gestión, esto procesos se modificaran según la necesidad para la especialidad de estructuras.

- a. Conversión de suelos en plataformas de construcción: se considerará la creación de plataformas de construcción a partir de la categoría de cimentación estructural.
- b. Creación de niveles
- c. Creación de planos de carpintería y Creación de planos de venta: se crear planos para la especialidad de estructuras,

Según Tovar Calpena en su trabajo de investigación, se puede identificar el proceso de “Desarrollo de aplicaciones específicas BIM”, que le permitió la simplificación del flujo de trabajo a realizar, las cuales están orientadas en el modelado, documentación y gestión. Algunas de los procesos identificados son los siguientes:

- a. Desarrollo de automatización para la obtención del solado por habitaciones.
- b. Modificación de automatización para definir la información del proyecto.

Esto procesos los adaptaremos a nuestras necesidades, el desarrollo de automatización para la obtención del solado por habitaciones se cambiará a desarrollo de automatización para la obtención del solado de las zapatas.

Según Manau (2022), en su trabajo de investigación, describe los pasos que realizo, al analizar su trabajo se puede identificar los siguientes procesos: Desarrollo de Biblioteca de Familias, Elaboración de Plantillas Específicas y Desarrollo de aplicaciones específicas BIM., si bien es cierto no está orientado a la especialidad de estructuras, haremos uso de la exportación de datos de Revit a Excel y viceversa, algo que empleo ampliamente en su trabajo, por medio de la automatización con Dynamo.

Según Tiznado y Espíritu (2020), en su trabajo de investigación, se puede identificar el proceso de “Desarrollo de aplicaciones específicas BIM”, específicamente para la especialidad de estructuras de concreto armado en las partidas y sub partidas de concreto y cálculo de acero en todos los elementos estructurales, para obtener los metrados.

Según Huamaní (2019), en su trabajo de investigación, identifiqué 7 procesos que están relacionadas a la especialidad de estructuras y arquitectura, los cuales se puede considerar que están dentro del proceso de “Desarrollo de aplicaciones específicas BIM”.

De los procesos identificados solo automatiza 4 por medio de la creación de códigos con Dynamo. Se procederá seleccionar procesos para automatizar con Dynamo que no ha desarrollado.

- a. Rellenos
- b. Refuerzo en vigas
- c. Encofrados

En este trabajo de investigación se presenta una propuesta a estos tres procesos planteados.

- a. Desarrollo de Biblioteca de Familias
- b. Elaboración de Plantillas Específicas
- c. Desarrollo de aplicaciones específicas BIM

Dentro del último proceso se engloba el desarrollo de las aplicaciones para:

1. Creación de niveles
2. Modificación de la información del proyecto
3. Ejes referencia
4. Solados
5. Excavación
6. Rellenos
7. Losas de piso
8. Ladrillos para losa
9. Refuerzo en zapatas
10. Refuerzo transversal en vigas
11. Encofrados
12. Crear láminas o planos
13. Etiquetar armadura estructural
14. Creación tablas de planificación

4.3 Establecer estrategias de modelado

Para establecer estrategias de modelado primeramente debemos de crear los elementos necesarios y configurarlos, para generar modelos de centros educativos siguiendo un modelo estándar establecido. Desarrollaremos las Bibliotecas de Familias necesarias y elaboraremos Platilla de Vistas.

4.3.1 Desarrollo de biblioteca de familias

El desarrollo de una biblioteca de familias en Revit es crucial para mejorar la eficiencia, calidad y consistencia de los proyectos de modelado en BIM. Las familias son uno de los elementos más importantes en Revit, que pueden ser creados o añadidos en el

proyecto, las cuales tendrán propiedades. Todos los elementos en Revit forman parte de una familia, por eso es importante desarrollar una biblioteca específicamente para proyectos de centros educativos.

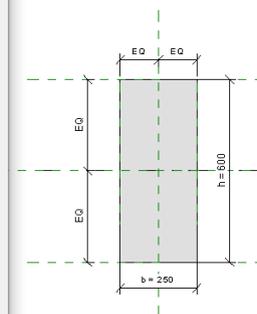
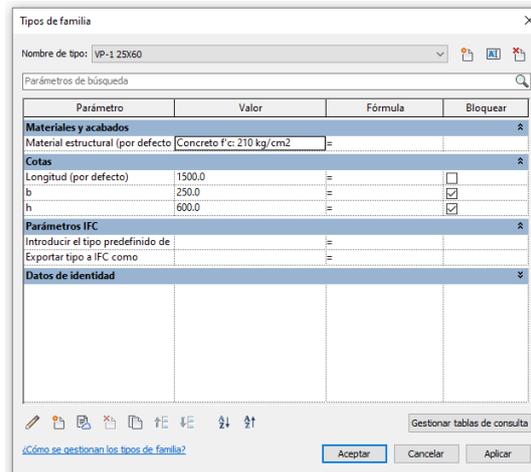
4.3.1.1 Familia de vigas

Se han desarrollado seis familias de vigas para el modelado de centros educativos, cada una con características específicas para satisfacer las necesidades del diseño estructural.

- a. Vigas de C°A°_Rectangular
- b. Vigas de amarre de C°A°_Rectangular
- c. Vigas de Cimentacion de C°A°_Rectangular
- d. Vigas de C°A°_Rectangular_Cambio de sección
- e. Vigas de C°A°_T
- f. Viguetas de C°A°_Rectangular

Figura 18

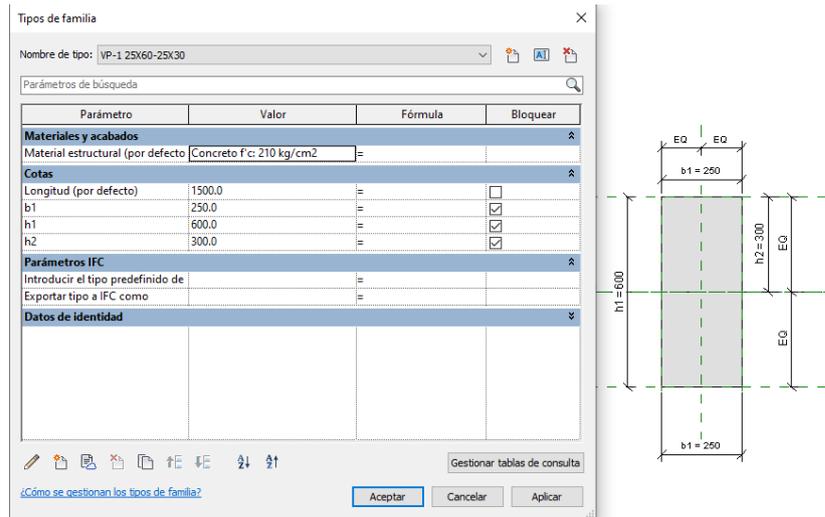
Familia de “Vigas de C°A°_Rectangular”



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 19

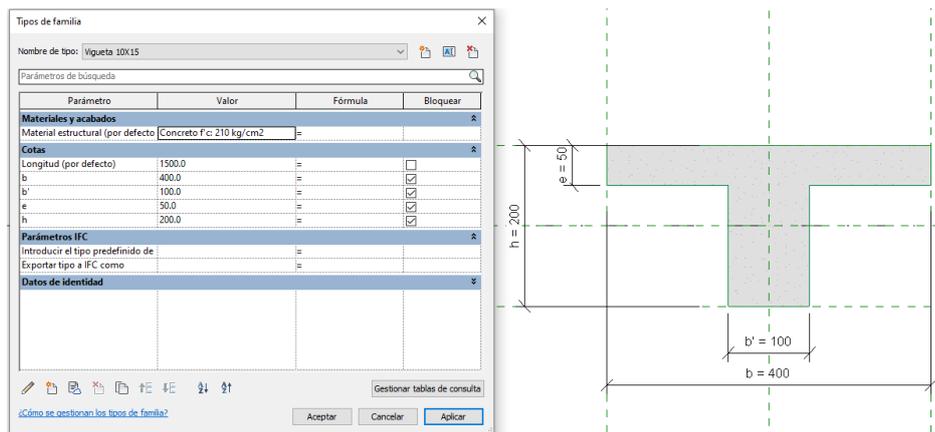
Familia de “Vigas de C°A°_Rectangular_Cambio de sección”



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 20

Familia de "Vigas de C°A°_T"



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

4.3.1.2 Familia de columnas

Se han desarrollado 17 familias de elementos estructurales referidos a columnas, columnetas y placas, que son esenciales para el modelado de centros educativos en Revit. A continuación, se detallan estas familias:

- Columna de C°A°_Rectangular
- Columna de C°A°_Rectangular _Inclinado
- Columna de C°A°_L
- Columna de C°A°_L_Ángulo

e. Columna de C°A°_T

Las familias de columnetas se pueden crear a partir de las familias de columnas mencionadas anteriormente. Si se requieren formas diferentes, se deben crear nuevas familias.

a. Columneta de C°A°_Rectangular

b. Columneta de C°A°_Rectangular _Inclinado

c. Columneta de C°A°_L

d. Columneta de C°A°_L_Ángulo

e. Columneta de C°A°_T

Las familias de placas también se pueden crear a partir de las familias de columnas ya creadas. Algunas formas especiales, como las placas para ascensores o montacargas, deben ser diseñadas específicamente.

a. Placas de C°A°_Rectangular

b. Placas de C°A°_Rectangular _Inclinado

c. Placas de C°A°_L

d. Placas de C°A°_L_Ángulo

e. Placas de C°A°_T

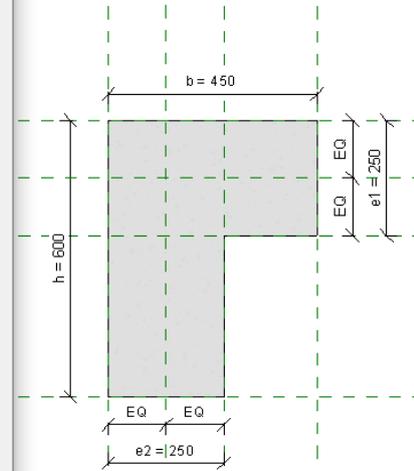
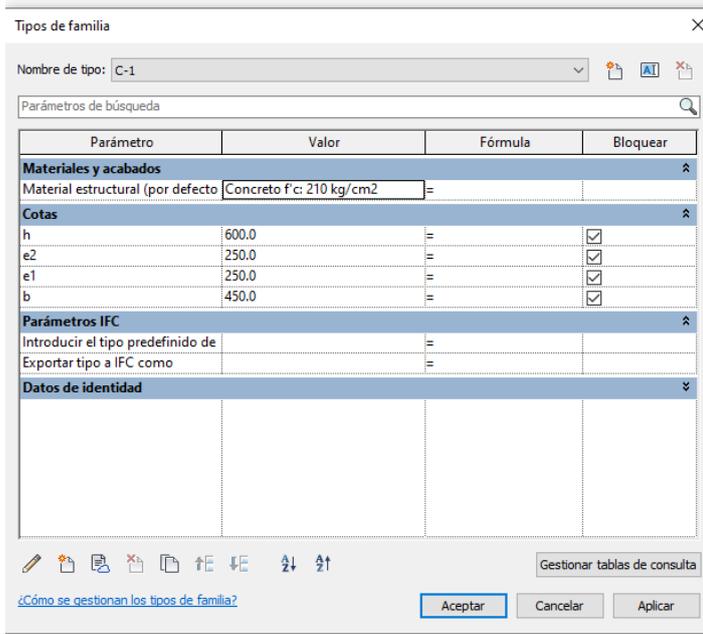
f. Placa de C°A°_C

g. Placa de C°A°_U

Como se muestran en las Figuras 21 a 27, estas familias están diseñadas para mejorar la eficiencia y la precisión en el modelado de centros educativos, permitiendo crear modelos BIM de alta calidad y adaptados a las necesidades específicas de cada proyecto.

Figura 21

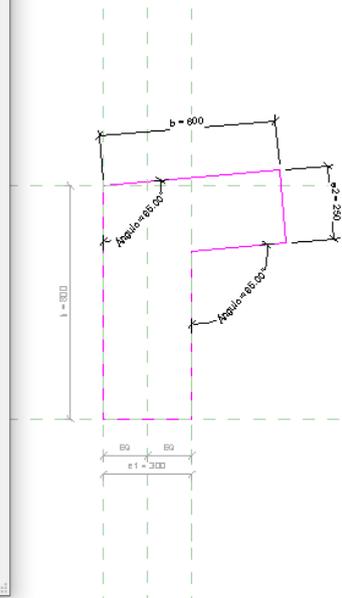
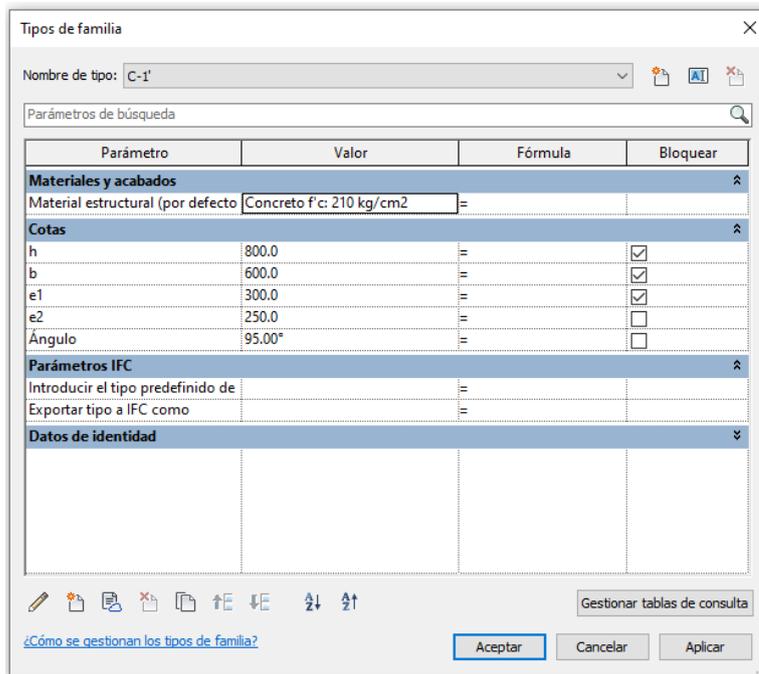
Familia de "Columna de C°A°_Rectangular"



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 24

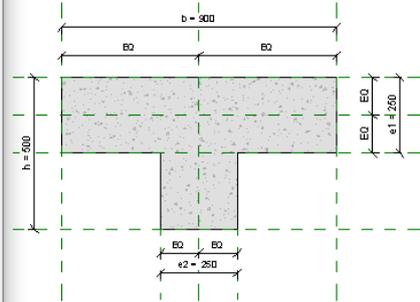
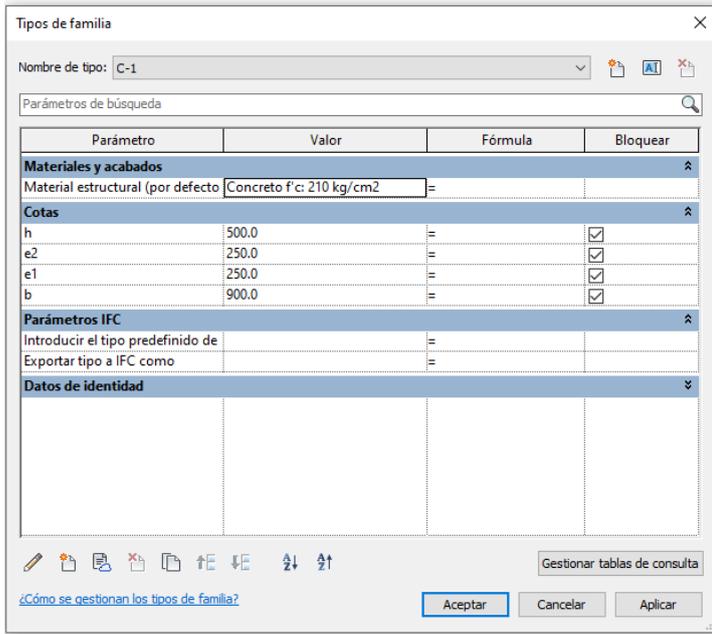
Familia de "Columna de C°A°_L_Ángulo"



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 25

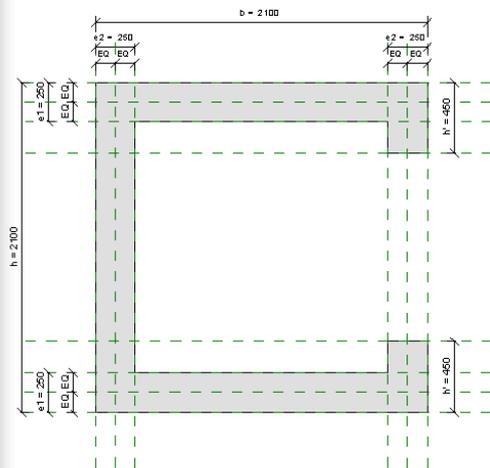
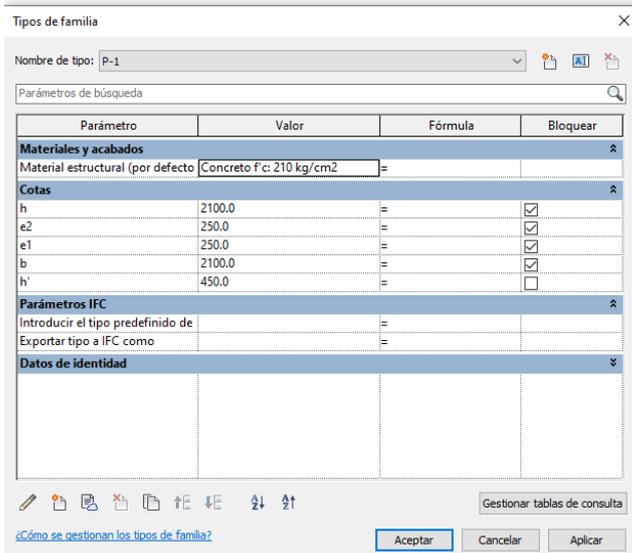
Familia de "Columna de C°A°_T"



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 26

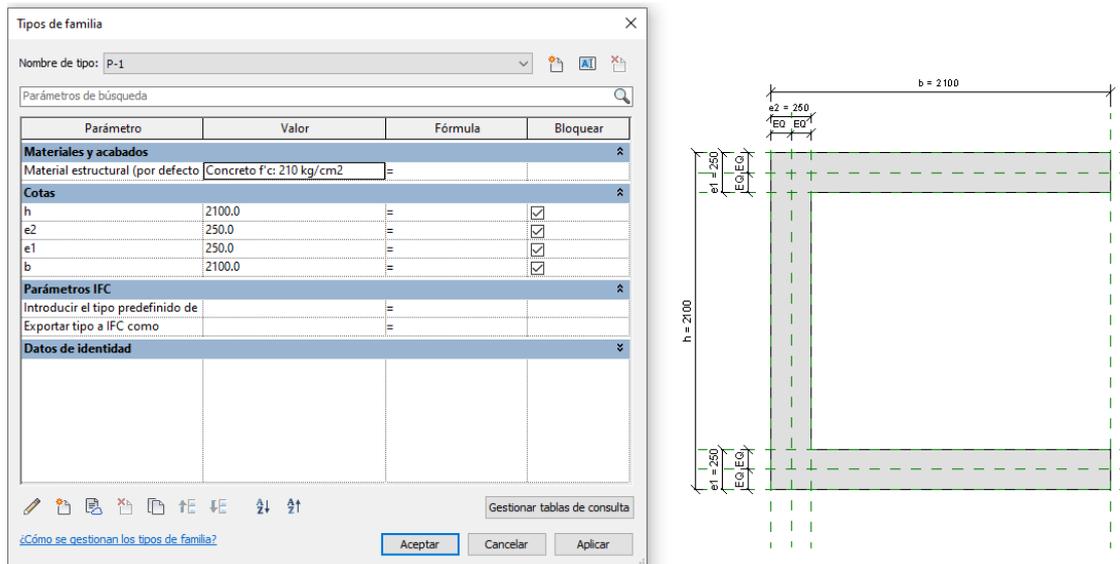
Familia de "Placa de C°A°_C"



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 27

Familia de "Placa de C°A°_U"



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

4.3.1.3 Familia de zapatas

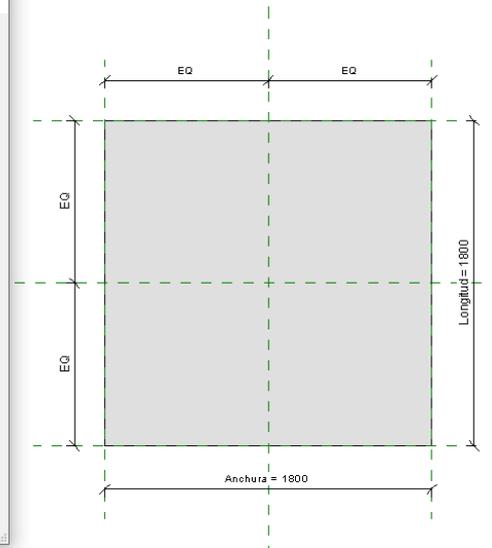
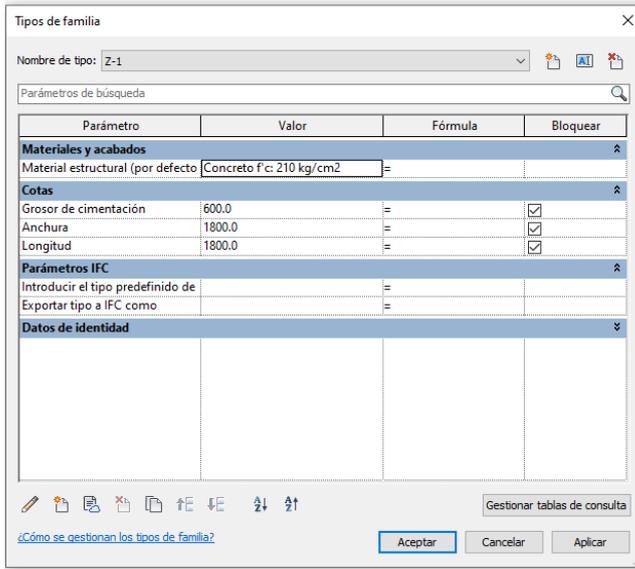
Se han desarrollado cinco familias de zapatas que son esenciales para el modelado de centros educativos en Revit. A continuación, se describen estas familias:

- Zapata de C°A°_Rectangular
- Zapata de C°A°_L
- Zapata de C°A°_L_Ángulo
- Zapata de C°A°_T
- Zapata de C°A°_C

Como se muestran en las Figuras 28 a 32, estas familias permiten a los diseñadores y modeladores BIM crear estructuras de cimentación de manera eficiente y precisa, mejorando la calidad del modelo y asegurando que se cumplan los estándares de diseño en proyectos de centros educativos.

Figura 28

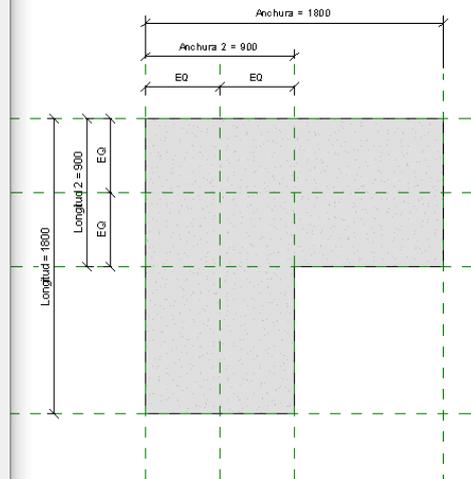
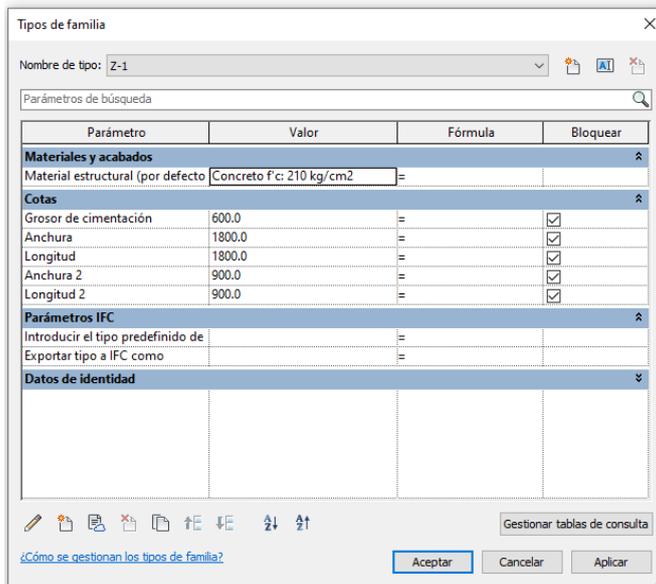
Familia de "Zapata de C°A°_Rectangular"



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 29

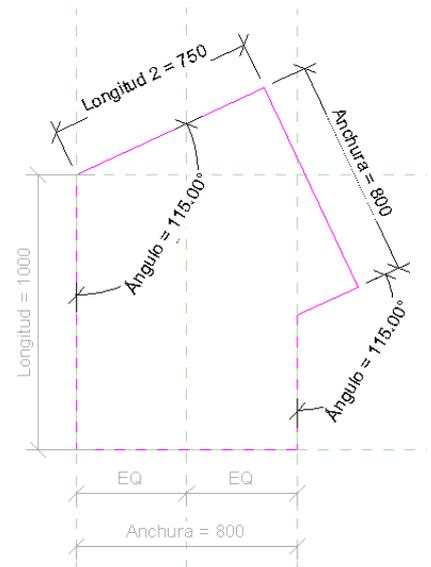
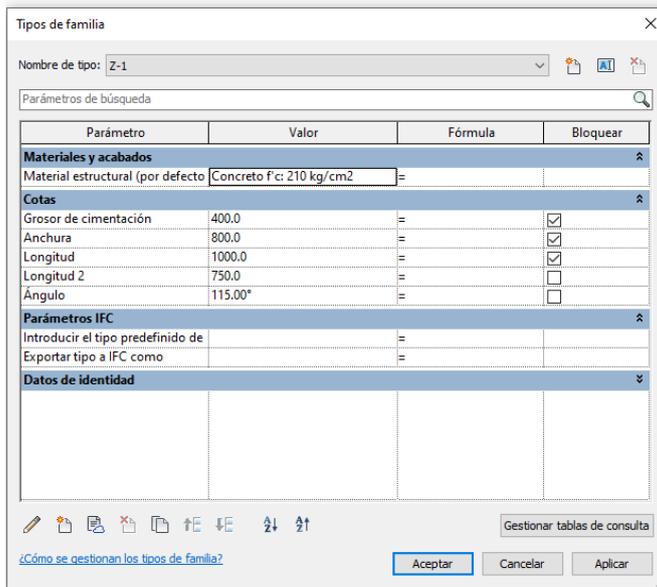
Familia de "Zapata de C°A°_L"



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 30

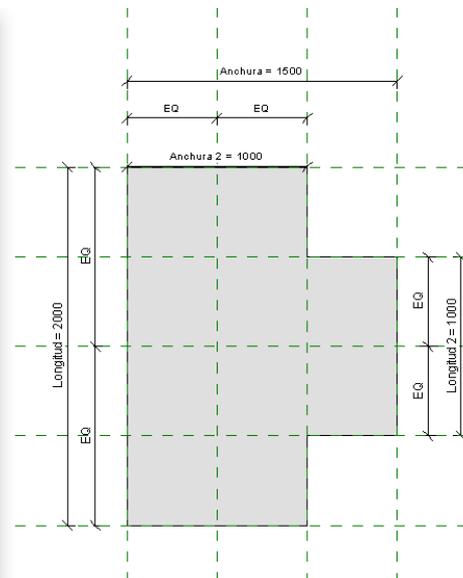
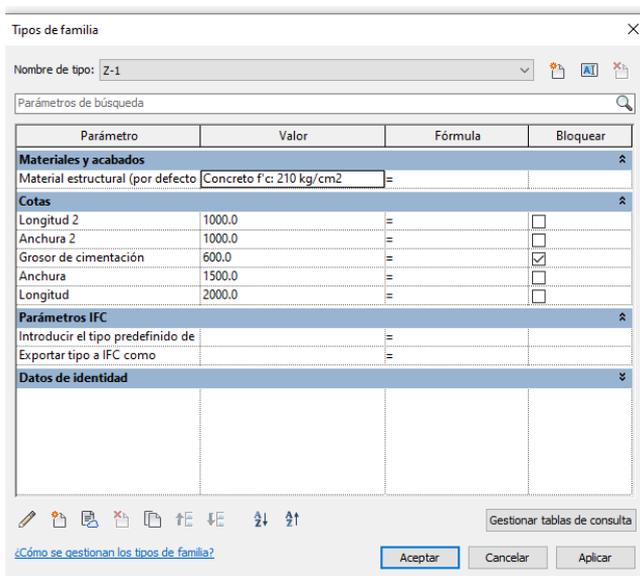
Familia de "Zapata de C°A°_L_Ángulo"



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 31

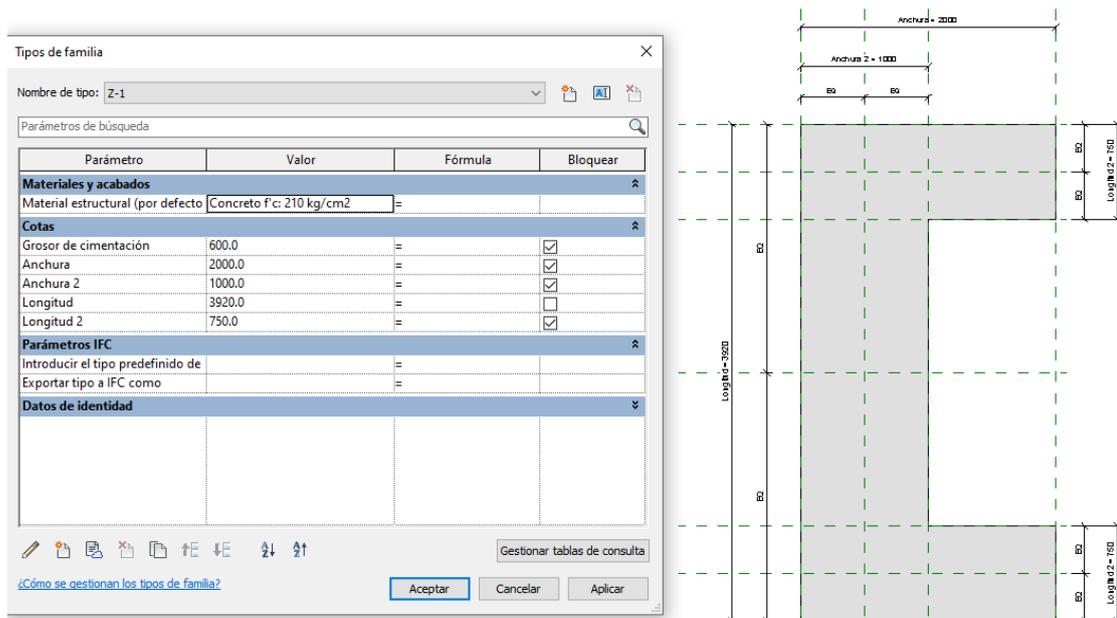
Familia de "Zapata de C°A°_T"



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 32

Familia de "Zapata de C°A°_C"



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

4.3.1.4 Familia para cimientos corridos y solados

Para los cimientos corridos y sola debemos de crearlos por medio de familias de sistema, estas familias de sistema están predefinidas en Revit, debemos de modificar los parámetros según nuestra necesidad.

En el caso de los cimientos corridos lo realizaremos por medio de “Familia de sistema: Losa de cimentación”, donde crearemos elementos “Tipo”.

Para crear cimientos corridos en Revit utilizando familias de sistema, se deben seguir los siguientes pasos:

- Selecciona la herramienta “Losa de cimentación” en la cinta de opciones.
- Elige la “Familia de sistema: Losa de cimentación” en el menú desplegable.
- Dibuja el cimiento corrido en el plano de cimentación, siguiendo el trazado deseado.
- Haz doble clic en el cimiento corrido para abrir sus propiedades.
- Ve a la pestaña “Tipo” y haz clic en el botón “Editar”.
- En la ventana “Propiedades del tipo de losa de cimentación”, podrás modificar los parámetros del cimiento corrido según tus necesidades.
- Una vez realizados los ajustes, haz clic en “Aceptar” para aplicar los cambios.

- h. Repite el proceso para cada cimiento corrido que necesites crear en el proyecto.

Al utilizar la “Familia de sistema: Losa de cimentación”, podrás aprovechar las ventajas de las familias predefinidas en Revit, como la facilidad de modificación de parámetros y la coherencia en el diseño de los elementos estructurales, como se muestran en las Figuras 33 y 34.

Figura 33

Familia de sistema para cimiento corrido

The screenshot shows the 'Propiedades de tipo' (Properties of Type) dialog box in Revit. The 'Familia' (Family) is set to 'Familia de sistema: Losa de cimentación' and the 'Tipo' (Type) is 'CC-1'. The dialog is divided into several sections with expandable headers:

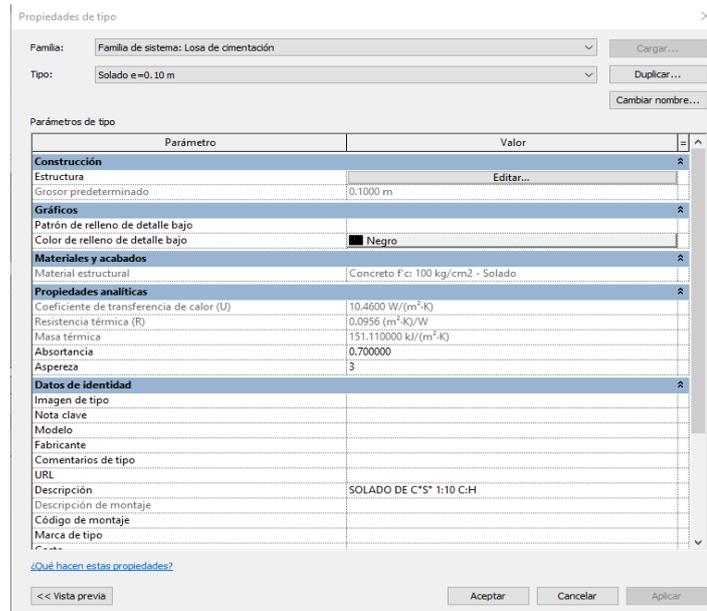
- Construcción** (Construction):
 - Structura: Editar...
 - Grosor predeterminado: 1.1000 m
- Gráficos** (Graphics):
 - Patrón de relleno de detalle bajo: [Empty]
 - Color de relleno de detalle bajo: Negro
- Materiales y acabados** (Materials and Finishes):
 - Material estructural: Concreto f'c: 140 kg/cm2 - Cimiento Corrido
- Propiedades analíticas** (Analytical Properties):
 - Coefficiente de transferencia de calor (U): 0.9509 W/(m²·K)
 - Resistencia térmica (R): 1.0516 (m²·K)/W
 - Masa térmica: 1662.210000 kJ/(m²·K)
 - Absortancia: 0.700000
 - Aspereza: 3
- Datos de identidad** (Identity Data):
 - Imagen de tipo: [Empty]
 - Nota clave: [Empty]
 - Modelo: [Empty]
 - Fabricante: [Empty]
 - Comentarios de tipo: CIMIENTO CORRIDO CONCRETO CICLOPEO 1:10 +30% P.G.
 - URL: [Empty]
 - Descripción: CC-1
 - Descripción de montaje: [Empty]
 - Código de montaje: [Empty]
 - Marca de tipo: [Empty]

At the bottom, there are buttons for '<< Vista previa', 'Aceptar', 'Cancelar', and 'Aplicar'.

Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 34

Familia de sistema para solado



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

4.3.1.5 Familia para losas, falso piso, base granular y rellenos

Para modelar losas, falsos pisos, bases granulares y rellenos en Revit, se deben utilizar familias de sistema, específicamente la “Familia de sistema: Suelo”, como se muestran en las Figuras 35 a 39. A continuación, se describen los pasos a seguir para crear estos elementos y modificar sus parámetros según las necesidades del proyecto:

- En la cinta de opciones de Revit, elige la opción “Suelo” para acceder a la familia de sistema correspondiente.
- Utiliza las herramientas de dibujo para definir el contorno del suelo, falso piso, base granular o relleno según el diseño del proyecto.
- Acceder a las propiedades del tipo y Modificar sus parámetros.
- Crear nuevos tipos: Si es necesario, puedes crear nuevos tipos de suelo o falso piso a partir de los existentes, permitiendo personalizar aún más las características según los requisitos del proyecto.

Figura 35

Familia de sistema para losas

Propiedades de tipo

Familia: Familia de sistema: Suelo

Tipo: Losa Aligerada Unidireccional f'c=210kg/cm² e=0,20 m

Parámetros de tipo

Parámetro	Valor
Construcción	
Estructura	Editar...
Grosor predeterminado	0,2000 m
Función	Interior
Gráficos	
Patrón de relleno de detalle bajo	
Color de relleno de detalle bajo	■ Negro
Materiales y acabados	
Material estructural	Concreto f'c: 210 kg/cm ²
Propiedades analíticas	
Coefficiente de transferencia de calor (U)	15,2300 W/(m ² ·K)
Resistencia térmica (R)	0,1912 (m ² ·K)/W
Masa térmica	302,220000 kJ/(m ² ·K)
Absortancia	0,700000
Aspezeza	3
Datos de identidad	
Imagen de tipo	
Nota clave	
Modelo	
Fabricante	
Comentarios de tipo	
URL	
Descripción	Losa Aligerada
Descripción de montaje	
Código de montaje	

¿Qué hacen estas propiedades?

<< Vista previa Aceptar Cancelar Aplicar

Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 36

Familia de sistema para falso piso

Propiedades de tipo

Familia: Familia de sistema: Suelo

Tipo: Falso Piso e=0,10 m

Parámetros de tipo

Parámetro	Valor
Construcción	
Estructura	Editar...
Grosor predeterminado	0,1000 m
Función	Interior
Gráficos	
Patrón de relleno de detalle bajo	
Color de relleno de detalle bajo	■ Negro
Materiales y acabados	
Material estructural	Concreto f'c: 140 kg/cm ² - Falso Piso
Propiedades analíticas	
Coefficiente de transferencia de calor (U)	10,4600 W/(m ² ·K)
Resistencia térmica (R)	0,0956 (m ² ·K)/W
Masa térmica	151,110000 kJ/(m ² ·K)
Absortancia	0,700000
Aspezeza	3
Datos de identidad	
Imagen de tipo	
Nota clave	
Modelo	
Fabricante	
Comentarios de tipo	FALSO PISO MEZCLA C:H 1:8 E= 10 cm
URL	
Descripción	
Descripción de montaje	
Código de montaje	

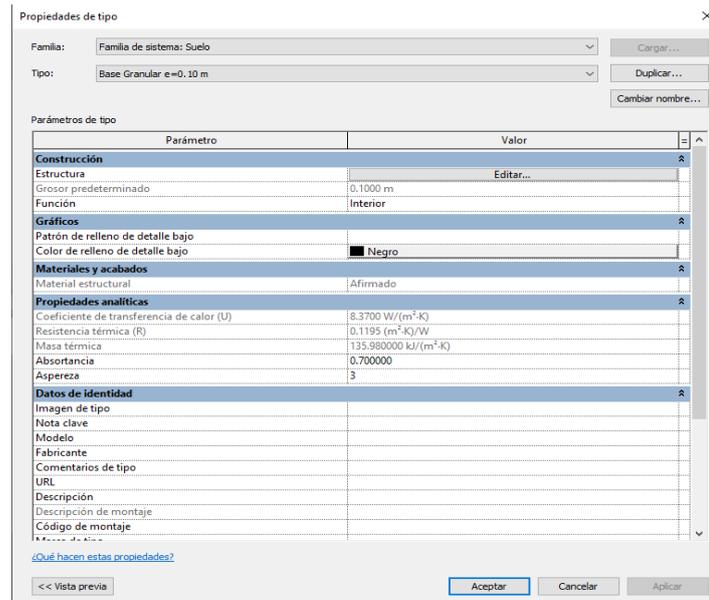
¿Qué hacen estas propiedades?

<< Vista previa Aceptar Cancelar Aplicar

Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 37

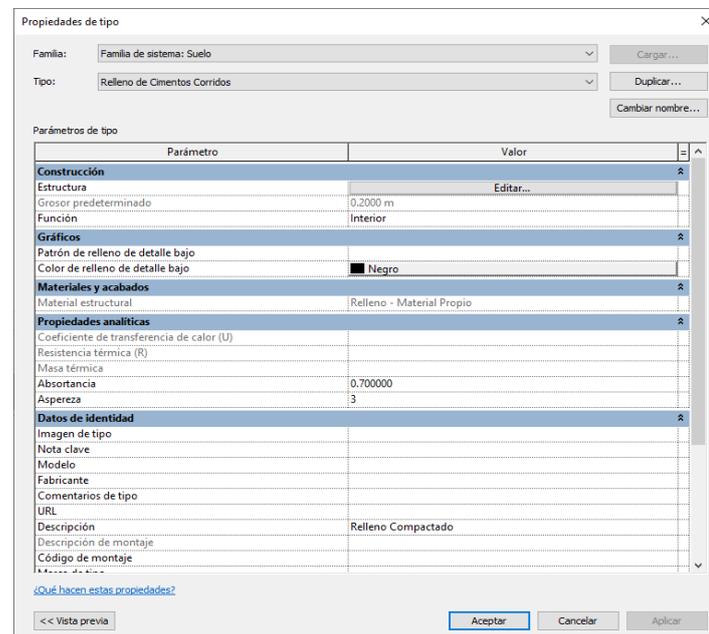
Familia de sistema para base granular



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 38

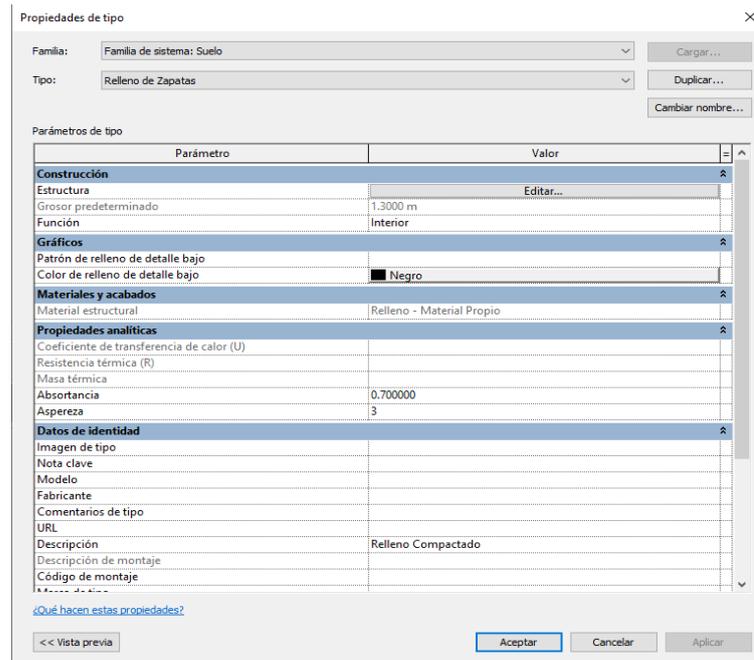
Familia de sistema para rellenos de cimientos corridos



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 39

Familia de sistema para rellenos de zapatas



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

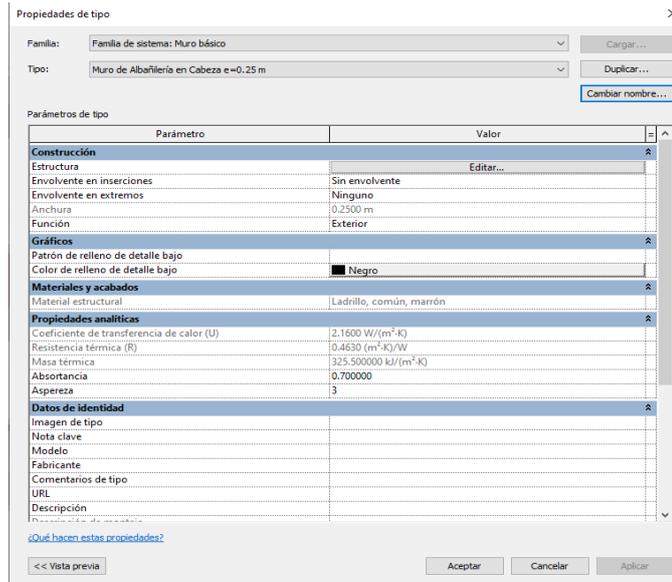
4.3.1.6 Familia para sobrecimientos, muros y parapetos

Para modelar sobrecimientos, muros y parapetos en Revit, se deben utilizar familias de sistema, específicamente la “Familia de sistema: Muro básico”, como se muestran en las Figuras 40 a 45, donde modificaremos los parámetros según nuestra necesidad y crearemos elementos “Tipo”. A continuación, se describen los pasos a seguir para crear estos elementos y modificar sus parámetros según las necesidades del proyecto:

- Seleccionar la herramienta adecuada: En la cinta de opciones de Revit, elige la opción "Muro" para acceder a la familia de sistema correspondiente.
- Dibujo del elemento: Utiliza las herramientas de dibujo para definir el trazado del sobrecimiento, muro o parapeto según el diseño del proyecto.
- Acceder a las propiedades del tipo y Modificar sus parámetros.
- Crear nuevos tipos: Si es necesario, puedes crear nuevos tipos de suelo o falso piso a partir de los existentes, permitiendo personalizar aún más las características según los requisitos del proyecto.

Figura 40

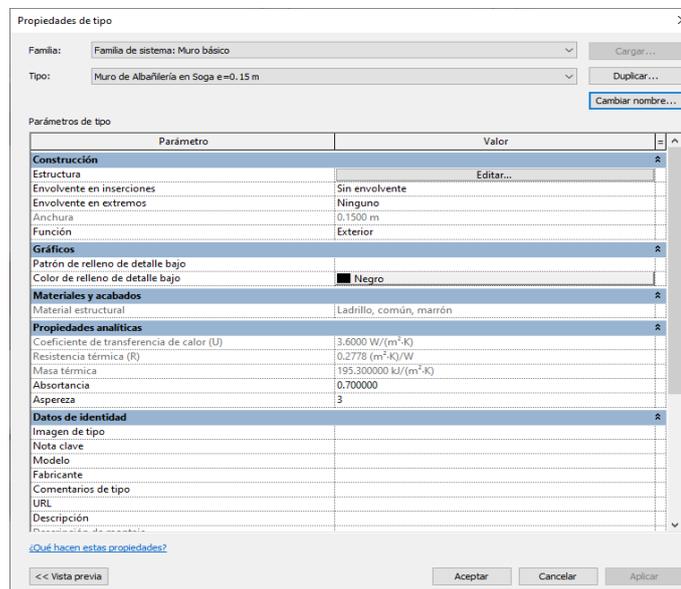
Familia de sistema para muro de albañilería en cabeza



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 41

Familia de sistema para muro de albañilería en saga



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 42

Familia de sistema para parapeto reforzado

Propiedades de tipo

Familia: Familia de sistema: Muro básico Cargar...

Tipo: Parapeto Reforzado e=0.15 m Duplicar...

Cambiar nombre...

Parámetros de tipo

Parámetro	Valor
Construcción	
Estructura	Editar...
Envolvente en inserciones	Sin envolvente
Envolvente en extremos	Ninguno
Anchura	0.1500 m
Función	Cimentación
Gráficos	
Patrón de relleno de detalle bajo	Hormigón
Color de relleno de detalle bajo	■ Negro
Materiales y acabados	
Material estructural	Concreto Fc: 175 kg/cm2
Propiedades analíticas	
Datos de identidad	
Imagen de tipo	
Nota clave	
Modelo	
Fabricante	
Comentarios de tipo	Parapeto
URL	
Descripción	CONCRETO EN PARAPETO F'C= 175 KG/CM2,C/CEMENTO TIPO IP
Descripción de montaje	
Código de montaje	
Marca de tipo	
Clasificación para incendios	
Costo	

[¿Qué hacen estas propiedades?](#)

<< Vista previa Aceptar Cancelar Aplicar

Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 43

Familia de sistema para sobrecimiento simple

Propiedades de tipo

Familia: Familia de sistema: Muro básico Cargar...

Tipo: Sobrecimiento Simple e=0.15 m Duplicar...

Cambiar nombre...

Parámetros de tipo

Parámetro	Valor
Construcción	
Estructura	Editar...
Envolvente en inserciones	Sin envolvente
Envolvente en extremos	Ninguno
Anchura	0.1500 m
Función	Cimentación
Gráficos	
Patrón de relleno de detalle bajo	Hormigón
Color de relleno de detalle bajo	■ Negro
Materiales y acabados	
Material estructural	Concreto Fc: 175 kg/cm2
Propiedades analíticas	
Datos de identidad	
Imagen de tipo	
Nota clave	
Modelo	
Fabricante	
Comentarios de tipo	
URL	
Descripción	SOBRECIMIENTO: CONCRETO F'C= 175 Kg/cm2
Descripción de montaje	
Código de montaje	
Marca de tipo	
Clasificación para incendios	
Costo	

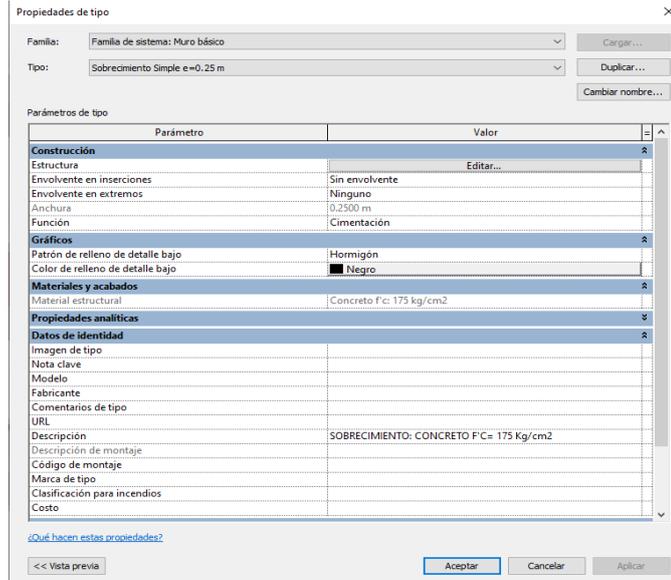
[¿Qué hacen estas propiedades?](#)

<< Vista previa Aceptar Cancelar Aplicar

Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 44

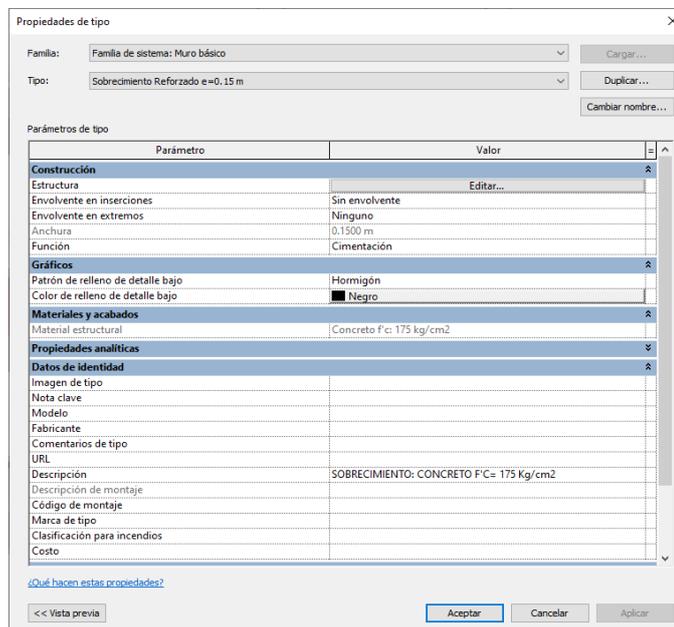
Familia de sistema para sobrecimiento simple



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 45

Familia de sistema para sobrecimiento reforzado



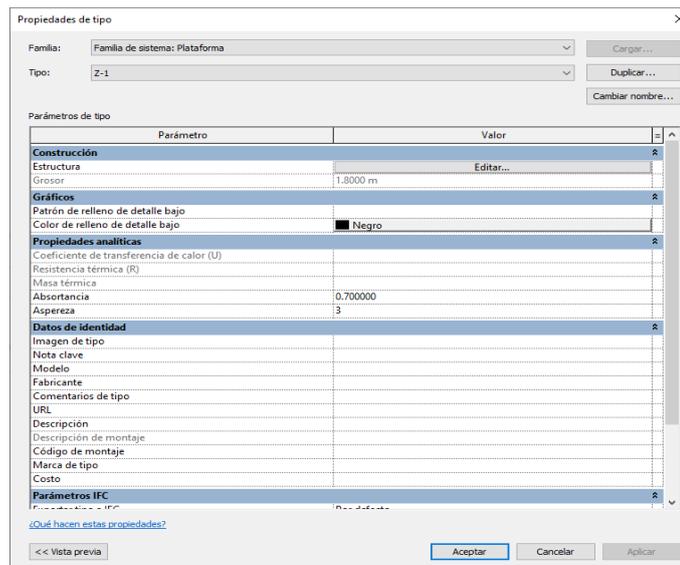
Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

4.3.1.7 Familia para excavaciones

Para las excavaciones lo realizaremos por medio de la “Familia de sistema: Plataforma”, donde crearemos elementos “Tipo”. De esta forma crearemos las excavaciones para las zapatas y cimientos corridos, como se muestran en las Figuras 46 y 47.

Figura 46

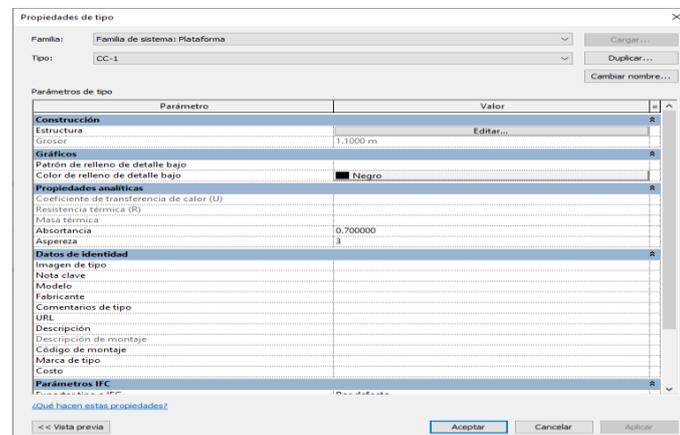
Familia de sistema para excavaciones de zapatas



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

Figura 47

Familia de sistema para excavaciones de cimientos corridos



Nota. La figura muestra el tipo de familia creado en el software Revit.

4.3.2 Codificación de elementos estructurales

En las Tabla 3 a 7, se muestran las Codificaciones de elementos estructurales, el cual es una herramienta poderosa para mejorar la organización y la eficiencia en la gestión de proyectos BIM. Al implementar un sistema de codificación claro y consistente, se facilita el filtrado de información y la generación de tablas de planificación, contribuyendo al éxito del proyecto en términos de calidad y control.

Tabla 3

Codificación de vigas estructurales

Descripción	Tipo	Numero	Medidas	Ejemplo
Viga Peraltada	VP	1	25x60	VP-1 25X60
	VS	1	25x40	VS-1 25X40
Viga de Cimentación	VC	1	35x50	VC-1 35X50
Viga de amarre	VA	1	15x20	VA-1 15x20
Vigueta de losa	Vigueta	-	10x15	Vigueta 10x15

Nota. La tabla muestra la descripción, tipo, número y medidas de vigas estructurales.

Tabla 4

Codificación de columnas estructurales

Descripción	Tipo	Numero	Medidas	Ejemplo
Columna rectangular	C	1	35x35	C-1 35x35
Placas	P	1	25x180	P-1 25x180
Columnetas	CA	1	15x25	CA-1 15x25

Nota. La tabla muestra la descripción, tipo, número y medidas de columnas estructurales.

Tabla 5

Codificación de losas y suelos

Descripción	Tipo	f'c	Espesor	Ejemplo
Losa Aligerada	Unidireccional	210	0,20	Losa Aligerada Unidireccional f'c=210kg/cm ² e=0,20 m
Losa Aligerada	Bidireccional	210	0,25	Losa Aligerada Bidireccional f'c=210kg/cm ² e=0,25 m
Losa Maciza	Unidireccional	210	0,20	Losa Maciza Unidireccional f'c=210kg/cm ² e=0,20 m

Losa Maciza	Bidireccional	210	0,25	Losa Maciza Bidireccional f _c =210kg/cm ² e=0,25 m
Base Granular	-	-	0,10	Base Granular e=0,10 m
Falso Piso			0,10	Falso Piso e=0,10 m
Relleno	Zapatatas	-	-	Relleno de Zapatatas
Relleno	Cimientos corridos	-	-	Relleno de Cimientos Corridos

Nota. La tabla muestra la descripción, tipo, resistencia y espesor de losas y suelos.

Tabla 6

Codificación de muros

Descripción	Tipo	Espesor	Ejemplo
Muro	Albañilería en Cabeza	0,25	Muro de Albañilería en Cabeza e=0,25 m
	Albañilería en Soga	0,15	Muro de Albañilería en Soga e=0,15 m
Sobrecimiento	Reforzado de C°A°	0,25	Muro Reforzado de C°A° e=0,25 m
	Simple	0,15	Sobrecimiento Simple e=0,15 m
Sobrecimiento	Reforzado	0,25	Sobrecimiento Reforzado e=0,25 m
Parapeto	Reforzado	10x15	Parapeto Reforzado e=0,15 m

Nota. La tabla muestra la descripción, tipo, espesor de muros.

Tabla 7

Codificación de cimentación y excavación

Descripción	Tipo	Numero	Medidas	Espesor	Ejemplo
Zapatatas	Z	1	1,80x2,00	-	Z-1 1,80x2,00
Cimientos Corridos	CC	1	0,60x1,10	-	CC-1 0,60x1,10
Cimientos de escalera		-	-	0,50	Cimientos de escalera e=0,50 m
Solado	S	-	-	0,10	Solado e=0,10 m

Nota. La tabla muestra la descripción, tipo, número, medidas y espesor de la cimentación.

4.3.3 Definición de los niveles en revit

En la Tabla 8 se muestra la definición de los niveles en Revit, son fundamentales para el modelado de proyectos de centros educativos, ya que permiten organizar y definir la altura de los elementos estructurales.

Tabla 8

Niveles de trabajo

Descripción	Tipo	Nivel	Ejemplo
Nivel de Falso Piso	N.F.P.	8,00 m	N.F.P. + 8,00 m
Nivel de Falso Piso	N.F.P.	4,45 m	N.F.P. + 4,45 m
Nivel de Inicio de Sobrecimiento	N.I.S C.	1,15 m	N.I.SC. + 1,15 m
Nivel de Falso Piso	N.F.P.	0,95 m	N.F.P. + 0,95 m
Nivel de Inicio de Cimientos Corridos	N.I.C C.	0,55 m	N.I.CC. + 0,55 m
Nivel de Terreno Natural	N.T.N.	0,00 m	N.T.N. + 0,00 m
Nivel de Inicio Zapata	N.I.Z.	-0,55 m	N.I.SC. – 0,55 m
Nivel de Fondo Zapata	N.F.Z.	-1.15 m	N.F.Z. - 1.15 m
Nivel de Fondo de Cimentación	N.F.C.	-1.25 m	N.F.C. - 1.25 m

Nota. La tabla muestra la descripción, tipo, y nivel de los niveles de trabajo.

4.3.4 Elaboración de plantillas específicas

Elaborar una plantilla de trabajo según la especialidad puede requerir un tiempo considerable, pero es una inversión que rinde frutos a largo plazo, por tal motivo es esta propuesta se generaran platillas de vistas.

Primeramente desarrollaremos los filtros en Revit como se muestra en la Figura 48, los cuales tienen la capacidad para mejorar la gestión y visualización de los elementos dentro del modelo.

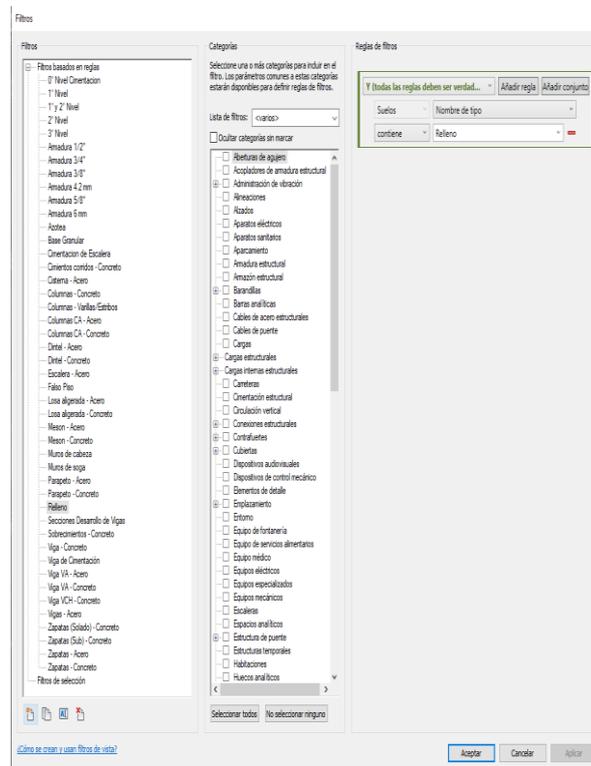
Pasos para la Creación de Filtros en Revit

- Acceder a la Configuración de Filtros: En la pestaña de "Vista" en la cinta de opciones, se debe seleccionar "Visibilidad/Gráficos".
- Crear un Nuevo Filtro, hacer clic en "Editar/Nuevo" para crear un nuevo filtro.

- c. Definir las Condiciones del Filtro: consiste en seleccionar la categoría de los elementos al cual el filtro afectara, luego se define las reglas de filtros.
- d. Aplicar el Filtro a una Vista
- e. También podemos definir su visualización de los elementos filtrados (por ejemplo, cambiar el color, el estilo de línea o la visibilidad).

Figura 48

Filtros creados para la plantilla

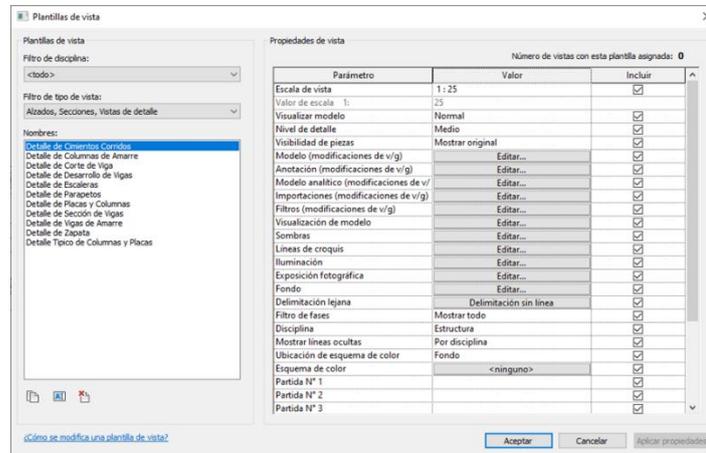


Nota. La figura muestra la interfaz de los filtros creados en el software Revit.

En las Figuras 49 a 63 se muestran las plantillas de vistas desarrolladas en el archivo de revit, a las cuales una vez aplicado las plantillas se agregaron las cotas y textos de etiqueta. Estas plantillas de vistas en Revit son una herramienta muy eficaz para estandarizar y simplificar el proceso de configuración de vistas en un proyecto BIM.

Figura 49

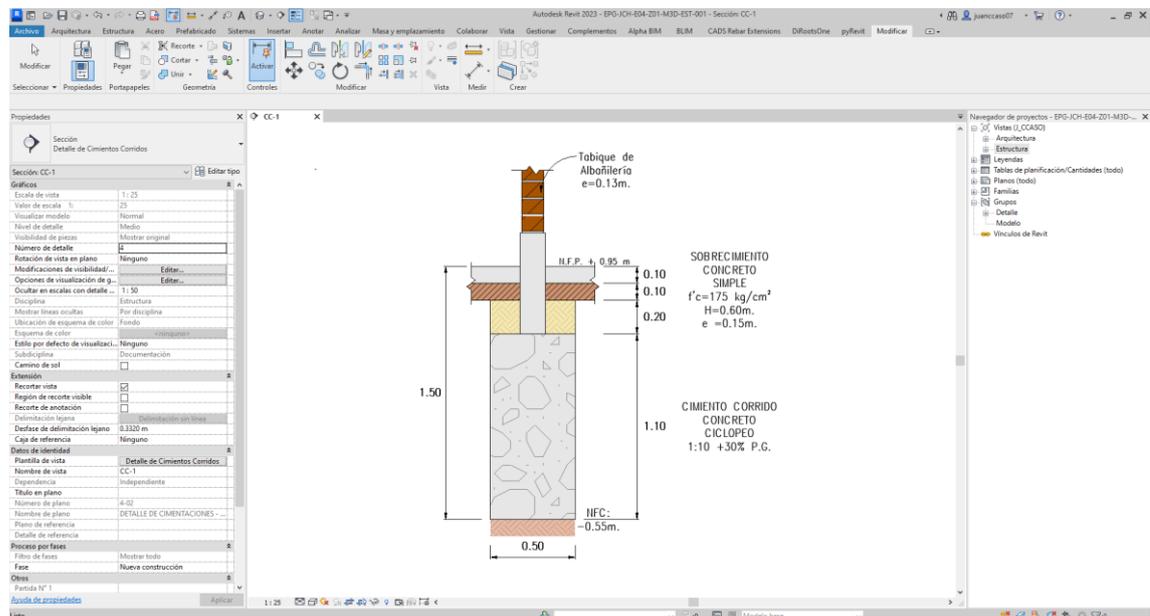
Plantillas de vista para secciones en revit



Nota. La figura muestra la vista de las plantillas creadas en el software Revit.

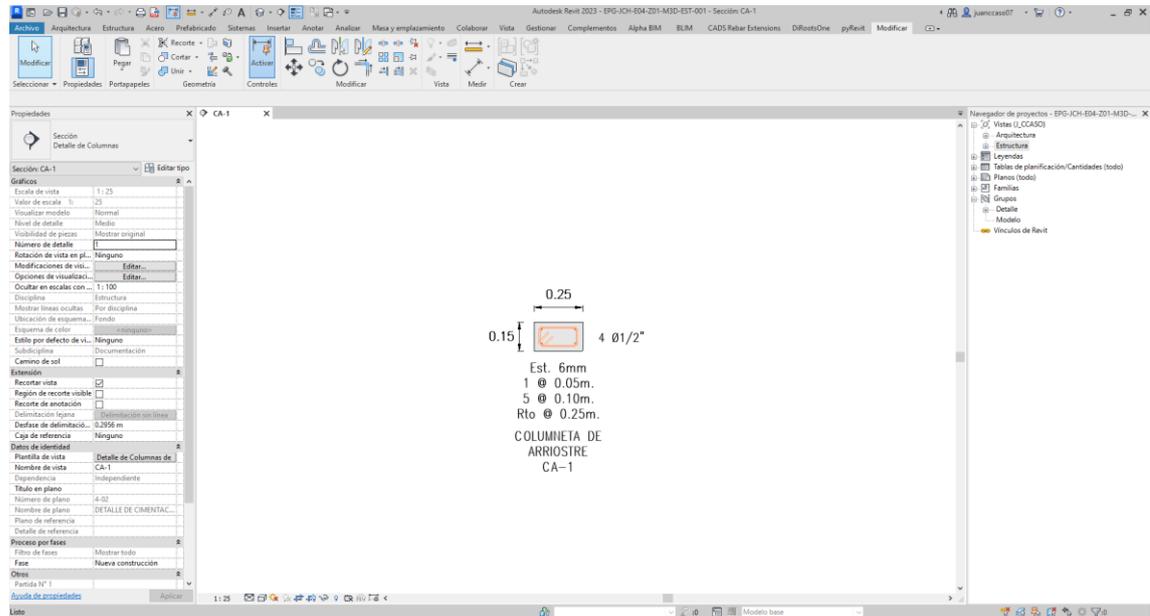
Figura 50

Plantillas de vista "detalle de cimientos corridos"



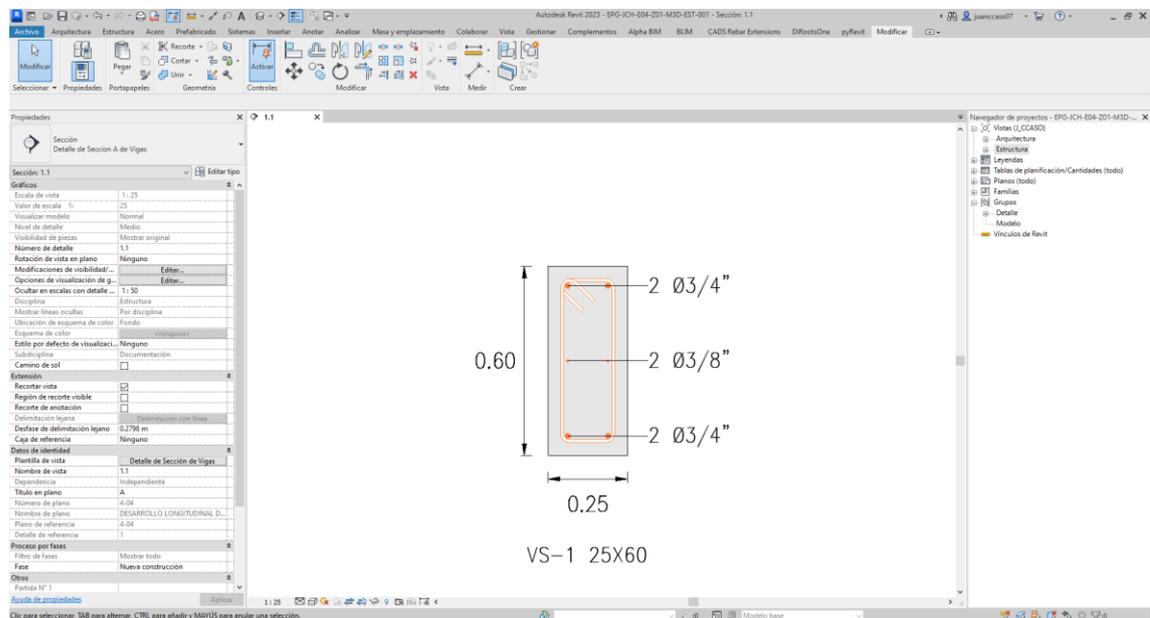
Nota. La figura muestra el detalle de la plantilla creada en el software Revit.

Figura 51
Plantillas de vista “detalle de columnas de amarre”



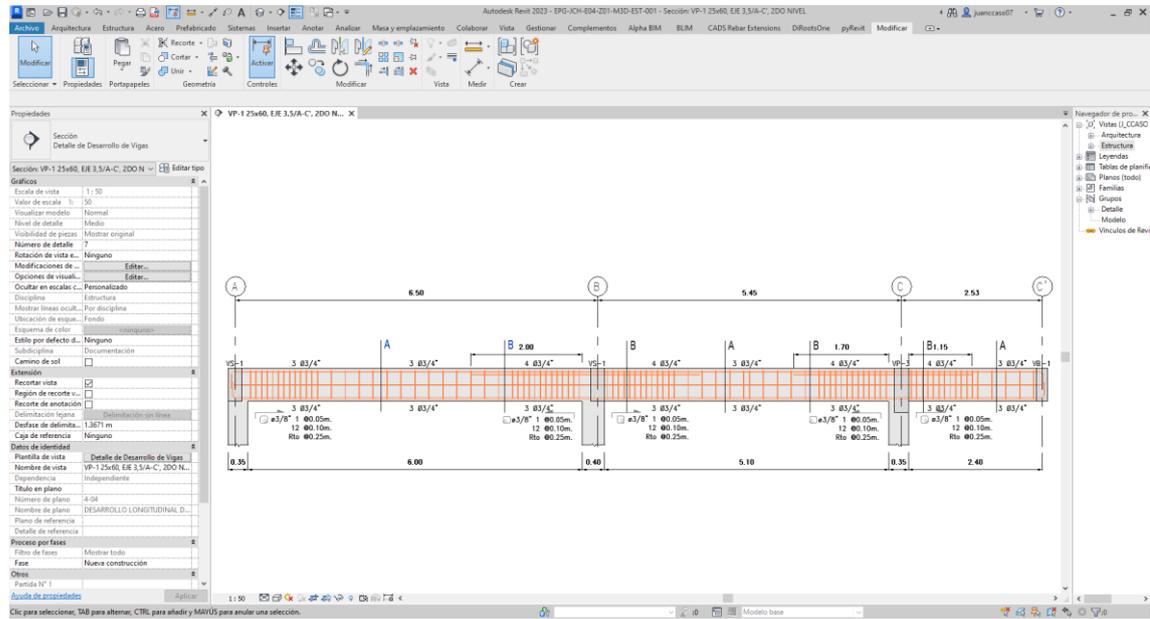
Nota. La figura muestra el detalle de la plantilla creada en el software Revit.

Figura 52
Plantillas de vista “sección de viga”



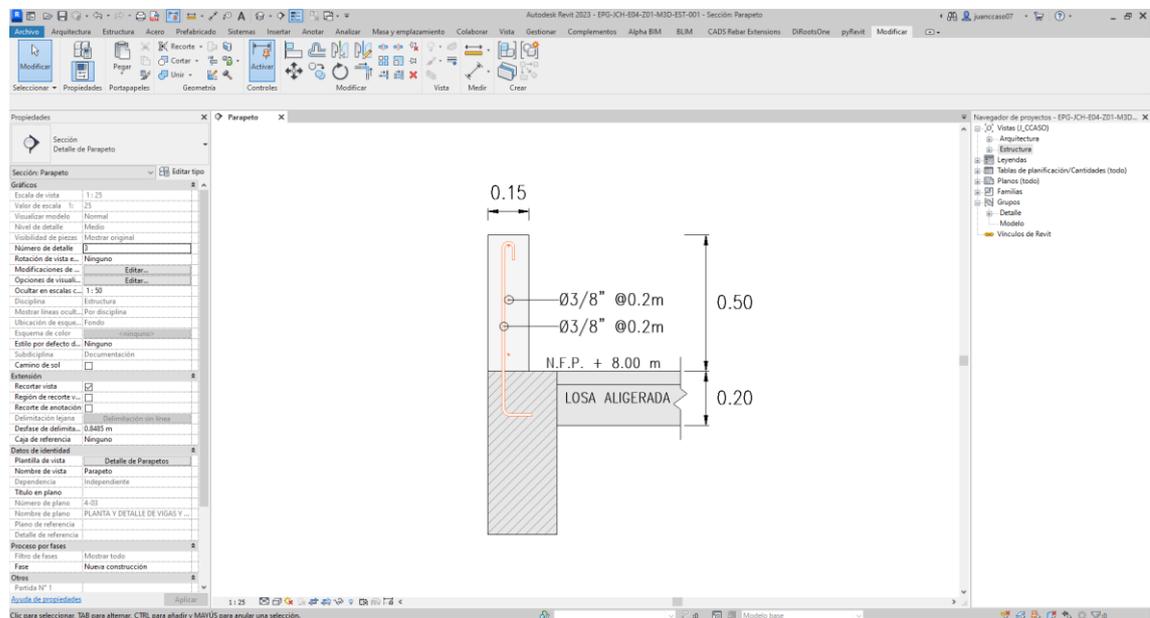
Nota. La figura muestra el detalle de la plantilla creada en el software Revit.

Figura 53
Plantillas de vista “detalle de desarrollo de vigas”



Nota. La figura muestra el detalle de la plantilla creada en el software Revit.

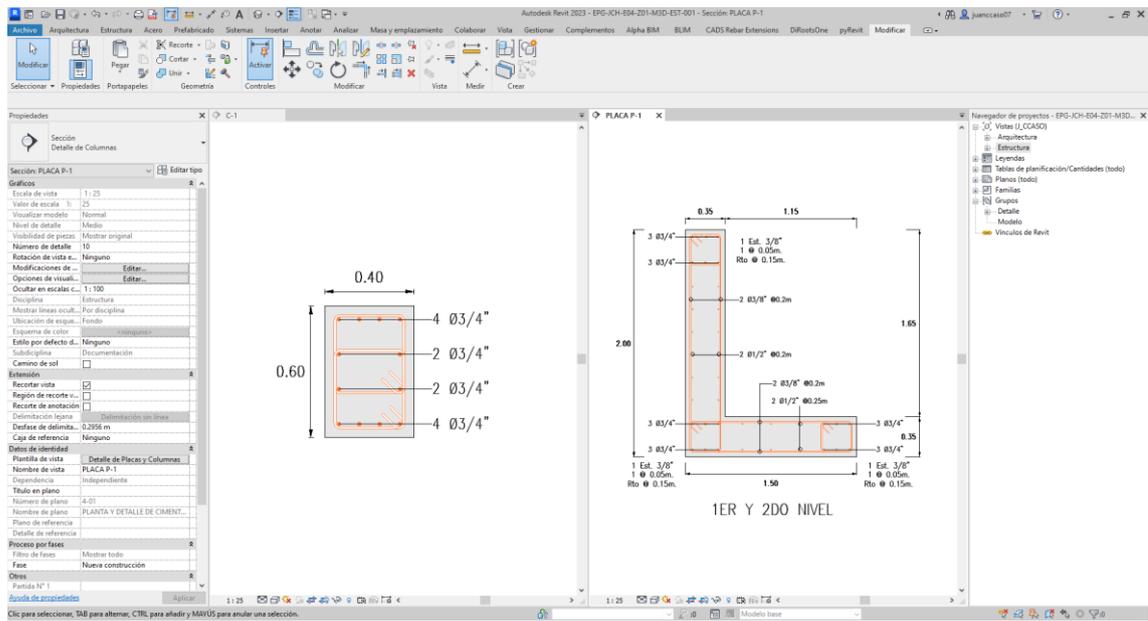
Figura 54
Plantillas de vista “detalle de parapetos”



Nota. La figura muestra el detalle de la plantilla creada en el software Revit.

Figura 55

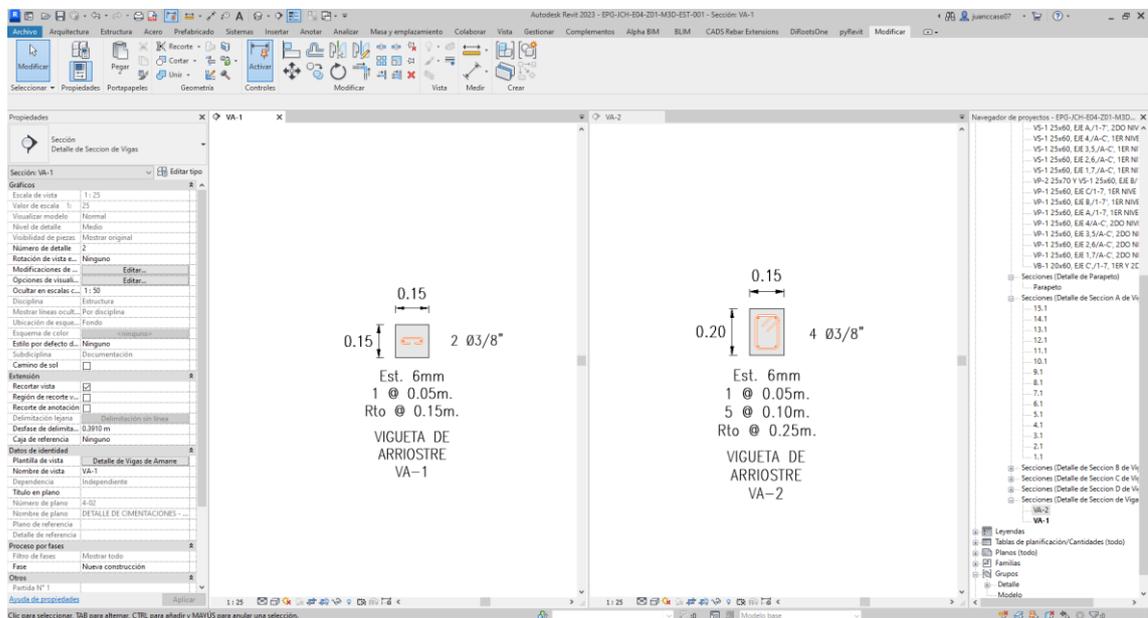
Plantillas de vista "detalle de placas y columnas"



Nota. La figura muestra el detalle de la plantilla creada en el software Revit.

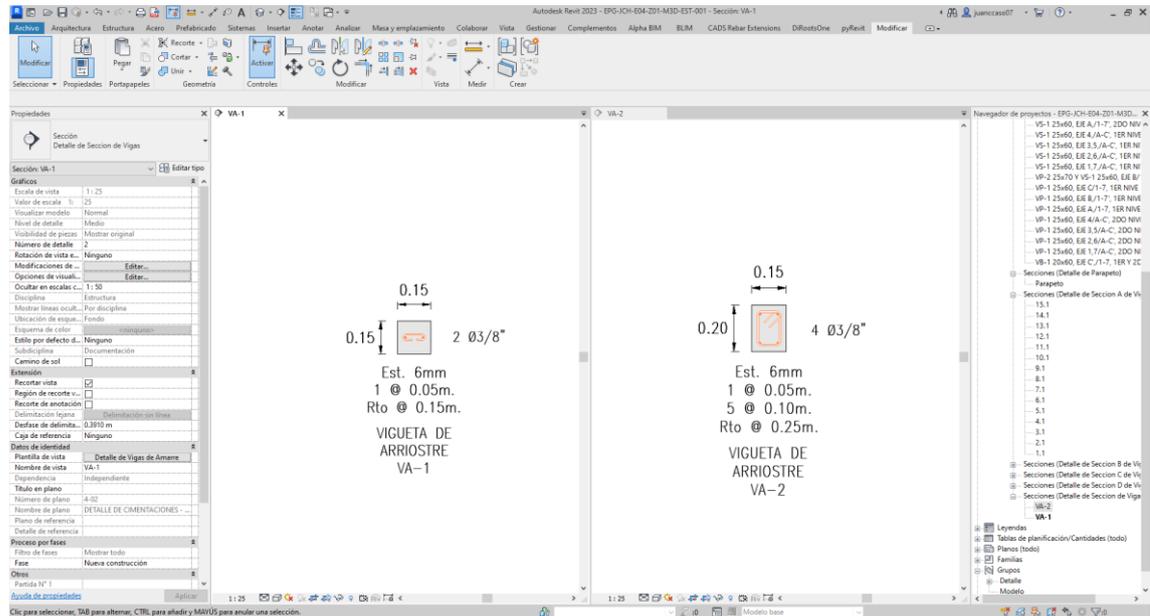
Figura 56

Plantillas de vista "detalle de vigas de amarre"



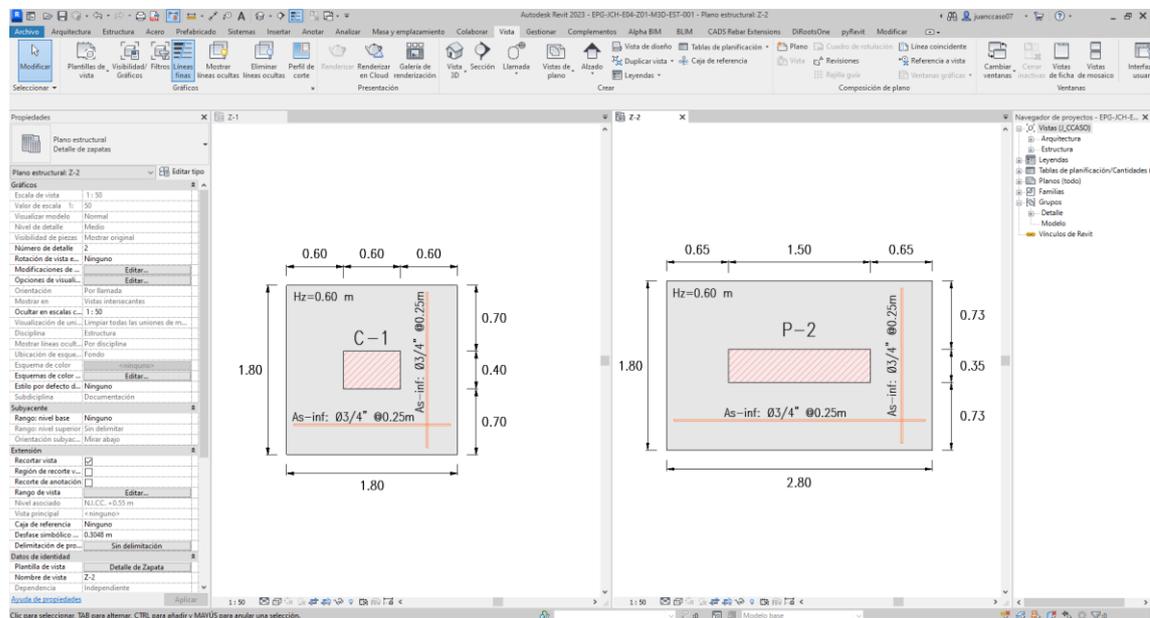
Nota. La figura muestra el detalle de la plantilla creada en el software Revit.

Figura 57
Plantillas de vista “detalle de vigas de amarre”



Nota. La figura muestra el detalle de la plantilla creada en el software Revit.

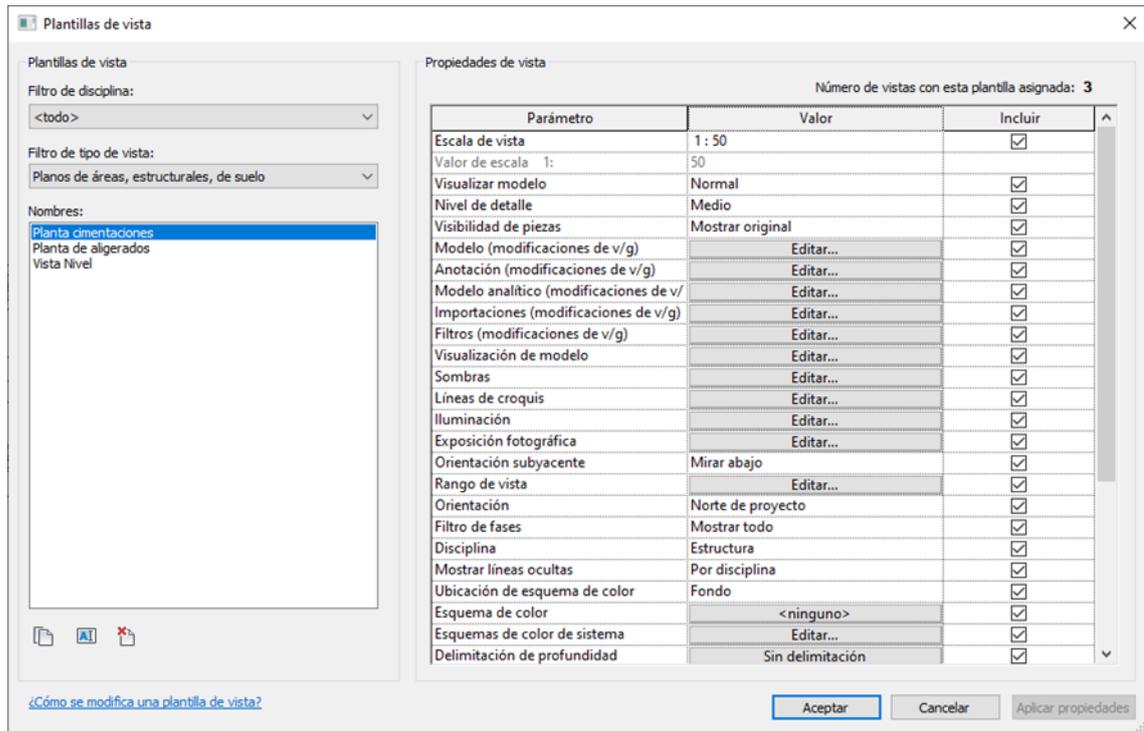
Figura 58
Plantillas de vista “detalle de zapatas”



Nota. La figura muestra el detalle de la plantilla creada en el software Revit.

Figura 59

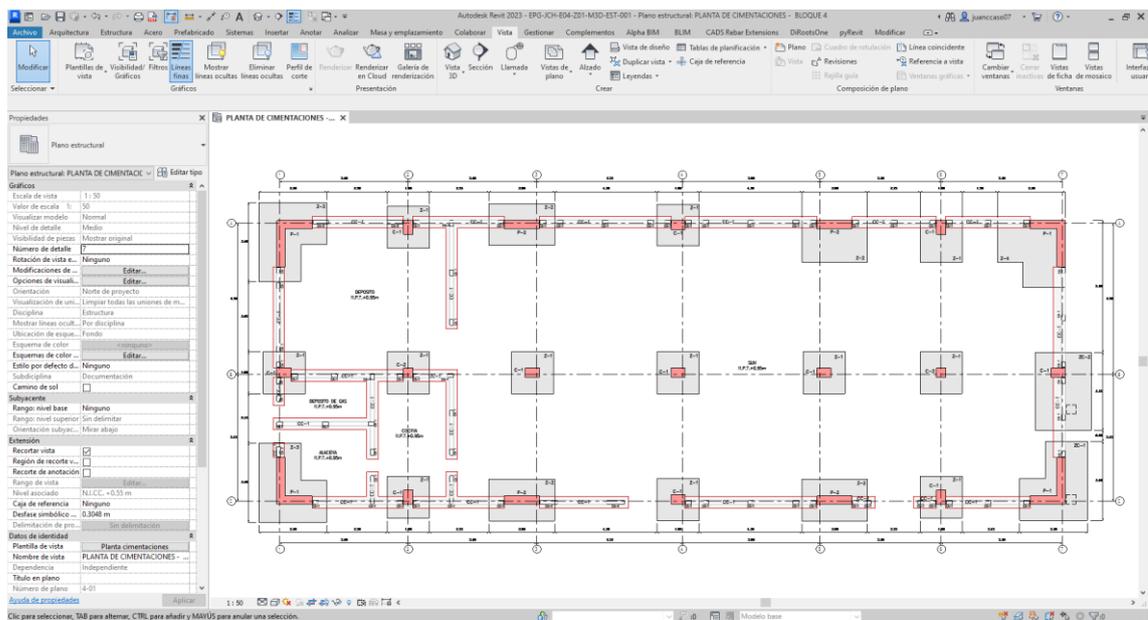
Plantillas de vista para plantas



Nota. La figura muestra el detalle de la plantilla creada en el software Revit.

Figura 60

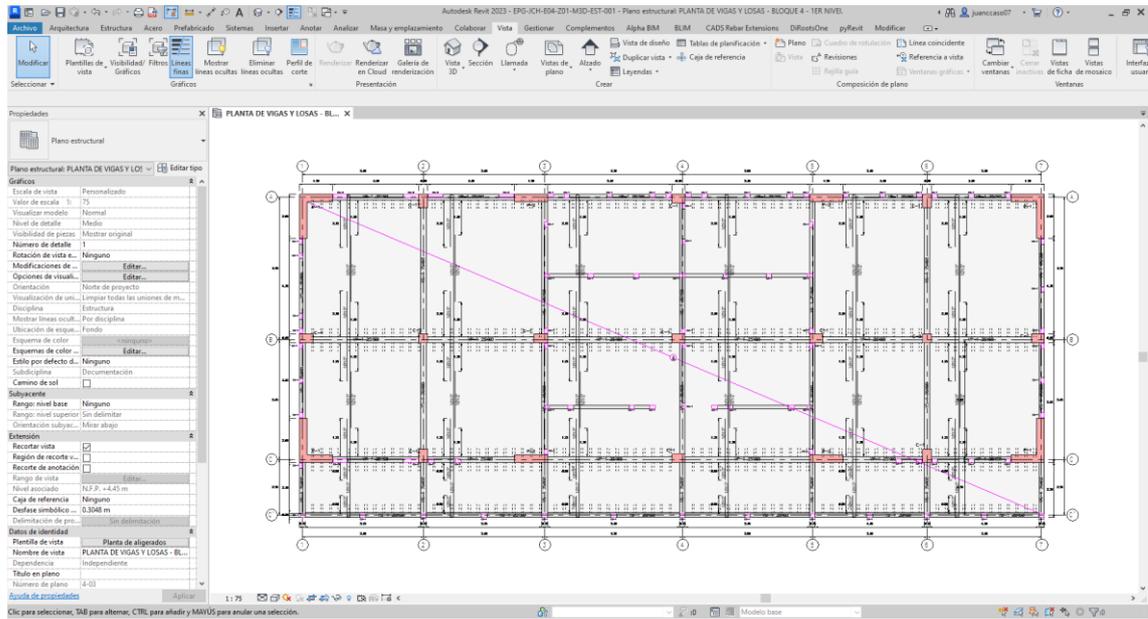
Plantillas de vista "planta cimentaciones"



Nota. figura muestra el detalle de la plantilla creada en el software Revit.

Figura 61

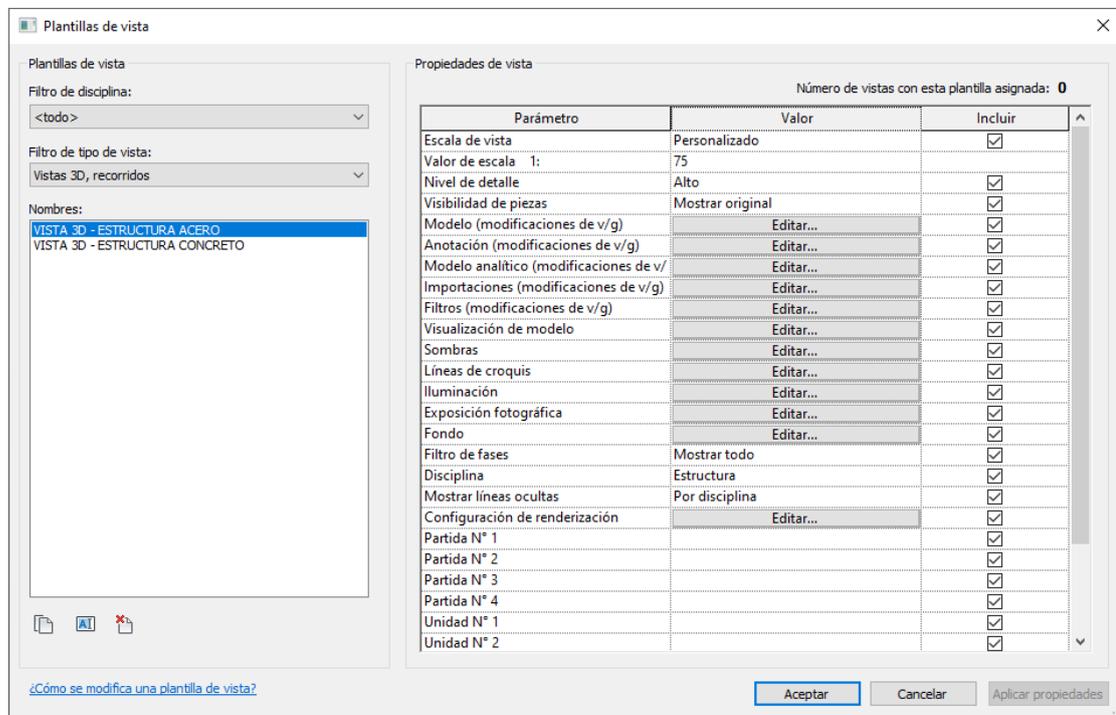
Plantillas de vista "planta de aligerados"



Nota. La figura muestra el detalle de la plantilla creada en el software Revit.

Figura 62

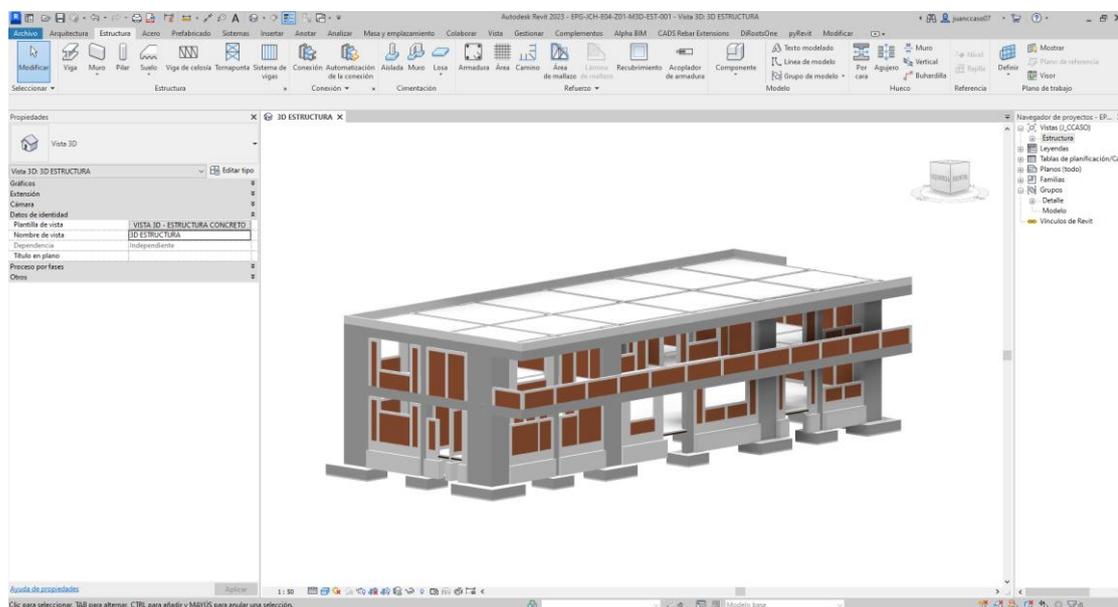
Plantillas de vista para visualización 3D



Nota. La figura MUESTRA el detalle de la plantilla creada en el software Revit.

Figura 63

Plantillas de vista “vista 3D - estructura concreto”



Nota. La figura muestra el detalle de la plantilla creada en el software Revit.

Para el desarrollar las tablas de planificación más detalladas se crearon “Parámetros de proyecto”, las cuales nos ayudaron a la personalización de datos y se muestran en la Tabla 9 y las Figuras 64 a 66.

Tabla 9

Parámetros de proyecto

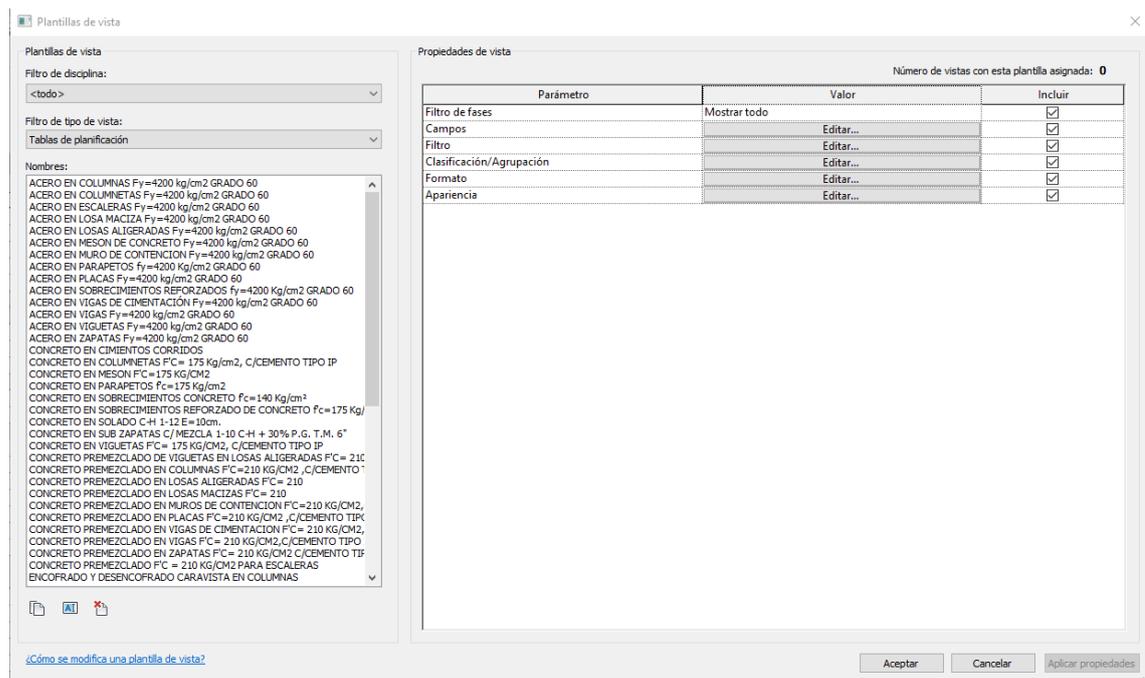
Nombre	Disciplina	Tipo de Parámetro	Grupo de Parámetro	Categorías
Fecha de Proyecto	Común	Texto	Otros	Información de Proyecto/Planos
Ubicación de Proyecto	Común	Texto	Otros	Información de Proyecto/Planos
Ubicación de elementos	Común	Texto	Otros	Todo
Nivel de elementos	Común	Texto	Otros	Todo
Bloque	Común	Texto	Otros	Todo
Código de Anfitrión	Común	Texto	Otros	Todo
Diseño del acero	Común	Texto	Otros	Armadura estructural

Peso Nominal	Común	Número	Datos de identidad	Armadura estructural
Nº de veces	Común	Entero	Otros	Muros
Largo	Común	Longitud	Otros	Cimentación estructural/Suelos
Ancho	Común	Longitud	Otros	Cimentación estructural/Suelos
Perímetro de Encofrado	Común	Longitud	Otros	Armazón estructural/Pilares estructurales

Nota. La tabla muestra la disciplina, tipo, grupo y categoría de los parámetros del proyecto.

Figura 64

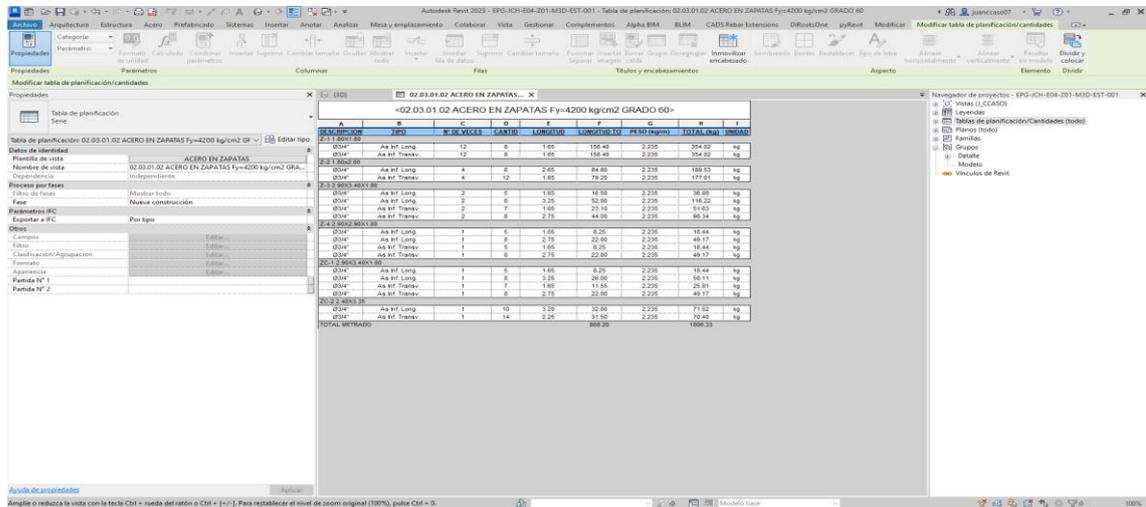
Plantillas de vista de tablas de planificación



Nota. La figura muestra las plantillas de vista de planificación creadas en el software Revit.

Figura 65

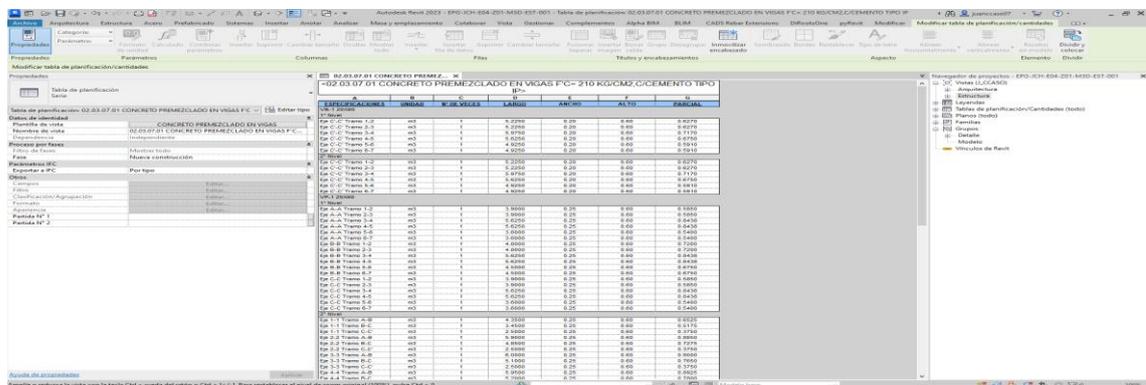
Plantillas de vista para tabla de planificación de acero en zapatas



Nota. La figura muestra las plantillas de vista de planificación creadas en el software Revit.

Figura 66

Plantillas de vista para tabla de planificación de concreto en vigas



Para la construcción es necesario un Nivel de Detalle LOD 4, donde son necesarios las dimensiones, formas y ubicación precisa, respetando las materiales y acabados establecidos en las especificaciones técnicas.

Tabla 10

Matriz de elementos LOD

Disciplina	Elementos	LOD
Estructuras	Cimentaciones	4
	Placas y columnas	4
	Vigas	4
	Losas	4

Nota. La tabla muestra la disciplina, elementos y nivel LOD de las estructuras.

Para la nomenclatura del proyecto se realizará según lo propuesto por BuildingSMART Spain (2021) en su “Manual de Nomenclatura de Documentos al utilizar BIM”, ver Tabla 11. La Nomenclatura del archivo del proyecto será “EPG-JCH-E04-Z01-M3D-EST-001”

Tabla 11

El conjunto de campos

Campo	Definición	Requerimiento	Longitud
Proyecto	Identificador del expediente, contrato o proyecto	Requerido	2-12
Creador	Organización creadora del documento	Requerido	3-6
Volumen o Sistema	Agrupaciones, áreas o tramos representativos en los que se fragmenta el proyecto	Requerido	2-3
Nivel o Localización	Localización dentro de un Volumen o Sistema	Requerido	3
Tipo de Documento	Tipología de documento, entregable o auxiliar	Requerido	3
Disciplina	Ámbito al que se corresponde el documento	Requerido	3
Número	Enumerador de partes	Requerido	3
Descripción	Texto que describe el documento y su contenido	Opcional	Sin límite
Estado	Situación, temporal o definitiva, del documento	Opcional/Metadato	2
Revisión	Versión del documento	Opcional/Metadato	4

Nota. Propuesta elaborada por BuildingSMART Spain (2021)

4.3.5.1 Fases

El proceso de modelado propuesto se divide en 5 fases, aunque no sigue exactamente el orden constructivo real. Sin embargo, este enfoque nos brindará un mejor desarrollo y organización en el proceso de modelado en Revit.

Fase 1

- a. Se debe iniciar con la ubicación del proyecto. Definiendo el punto base del proyecto, el cual define el origen (0,0,0) del sistema de coordenadas del proyecto y punto de reconocimiento que representa un punto real en el mundo.
- b. Modelar la topografía y crea una región nivelada a partir de la topografía. En la nueva topografía modificaremos los puntos para genera una plataforma, en la cual crearemos las plataformas de construcción para realizar las excavaciones de nuestro proyecto.
- c. Definir los niveles y grillas (ejes) correspondientes.

Fase 2

- a. Modelar columnas y placas
- b. Modelar zapatas y soldados
- c. Modelar vigas
- d. Modelar losas

Fase 3

- a. Modelar columnetas
- b. Modelar sobrecimientos y muros
- c. Modelar vigas de amarre
- d. Modelar cimientos corridos
- e. Modelar falso piso y base granular

Fase 4

- a. Modelar excavación
- b. Modelar rellenos
- c. Modelar encofrados

Fase 5

- a. Modelar refuerzo en zapatas
- b. Modelar refuerzo en columnas y placas
- c. Modelar refuerzo en vigas
- d. Modelar refuerzo en losas
- e. Modelar refuerzo en columnetas
- f. Modelar refuerzo en vigas de amarre
- g. Modelar refuerzo en sobrecimientos reforzados y parapetos

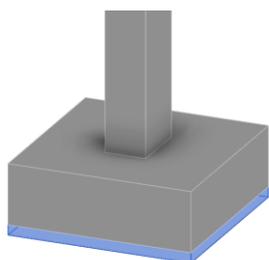
4.3.5.2 Criterio de modelado de elementos de concreto

En las Tablas 12 a 18 se establecen pautas a considerar en el modelado 3D de los principales elementos estructurales de un proyecto.

Tabla 12

Criterio de modelado para solado

Clasificación	Descripción
Categoría	Cimentación estructural: Losa
Familia	Familia de Sistema: Losa de cimentación
Tipo	Solado e=0.10 cm (Variable)
Criterio de modelado	Se modela el elemento en una vista en planta, asociada al nivel donde se requiere el elemento. También se pueden generar geometrías irregulares.

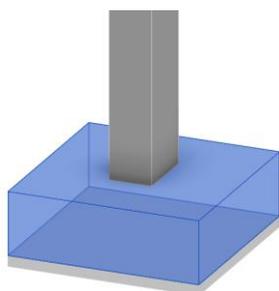


Nota. La tabla muestra los criterios de modelado para el elemento estructural.

Tabla 13

Criterio de modelado para zapatas

Clasificación	Descripción
Categoría	Cimentación estructural
Familia	M_Footing-Rectangular (Variable)
Tipo	Z-1 (Variable)
Criterio de modelado	



Se modela el elemento en una vista en planta o en 3D, previamente se define las dimensiones del elemento. Estos elementos se pueden crear en la base de los pilares existentes o en las intersecciones de las rejillas (Ejes).

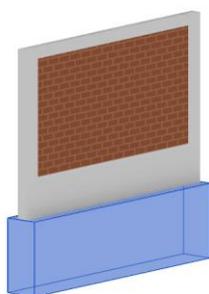
Si contamos con familias específicas para los distintos tipos de zapatas, es necesario cargar dichas familias en el archivo

Nota. La tabla muestra los criterios de modelado para el elemento estructural.

Tabla 14

Criterio de modelado para cimiento corrido

Clasificación	Descripción
Categoría	Cimentación estructural: Losa
Familia	Familia de Sistema: Losa de cimentación
Tipo	CC-1 (Variable)
Criterio de modelado	



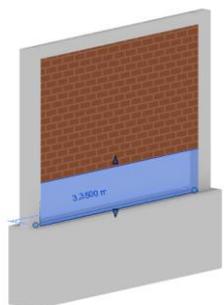
Se modela el elemento en una vista en planta, asociada al nivel donde se requiere el elemento. Previamente se debe de asignar el grosor de la cimentación.

Nota. La tabla muestra los criterios de modelado para el elemento estructural.

Tabla 15

Criterio de modelado para muros

Clasificación	Descripción
Categoría	Muros
Familia	Familia de Sistema: Muro básico
Tipo	Sobrecimiento Simple $e=0.15$ m (Variable)
Criterio de modelado	



Se modela el elemento en una vista en planta o en 3D, previamente se define el grosor del elemento. Con los niveles previamente creados en el archivo, se establecen las restricciones de base y superior del muro.

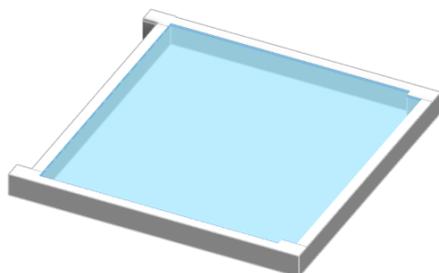
Nota. La tabla muestra los criterios de modelado para el elemento estructural.

Tabla 16

Criterio de modelado para suelos

Clasificación	Descripción
Categoría	Suelos
Familia	Familia de Sistema: Suelo
Tipo	Losa Aligerada Unidireccional $f'c=210\text{kg/cm}^2$ $e=0.20\text{ m}$

Criterio de modelado



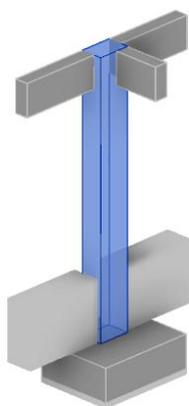
Se modela el elemento en una vista en planta, previamente se define el grosor del elemento. La geometría del elemento está establecida por los bordes internos de las vigas y columnas. Se debe establecer una dirección de luz y en caso sea necesario una flecha de pendiente.

Nota. La tabla muestra los criterios de modelado para el elemento estructural.

Tabla 17

Criterio de modelado para columnas

Clasificación	Descripción
Categoría	Pilares estructurales
Familia	M_Hormigón-Rectangular-Pilar
Tipo	C-1
Criterio de modelado	



Se modela el elemento en una vista en planta o en 3D, previamente se define las dimensiones del elemento y las restricciones del nivel base y superior del del pilar. Se puede modelar el pilar en forma vertical o inclinado.

Estos elementos se pueden crear en las intersecciones de las rejillas (Ejes).

Si contamos con familias específicas para los distintos tipos de columnas y placas, es necesario cargar dichas familias en el archivo.

Nota. La tabla muestra los criterios de modelado para el elemento estructural.

Tabla 18

Criterio de modelado para vigas

Clasificación	Descripción
Categoría	Armazón estructural
Familia	M_Hormigón-Viga-rectangular
Tipo	VP-1 25X60
Criterio de modelado	Se modela el elemento en una vista en planta o en 3D, previamente se define las dimensiones del elemento y el plano de colocación si estamos en una vista 3D. Se puede modelar la viga en forma horizontal o inclinado. Estos elementos también se pueden crear en las rejillas (Ejes). Si contamos con familias específicas para los distintos tipos de vigas, es necesario cargar dichas familias en el archivo.



Nota. La tabla muestra los criterios de modelado para el elemento estructural.

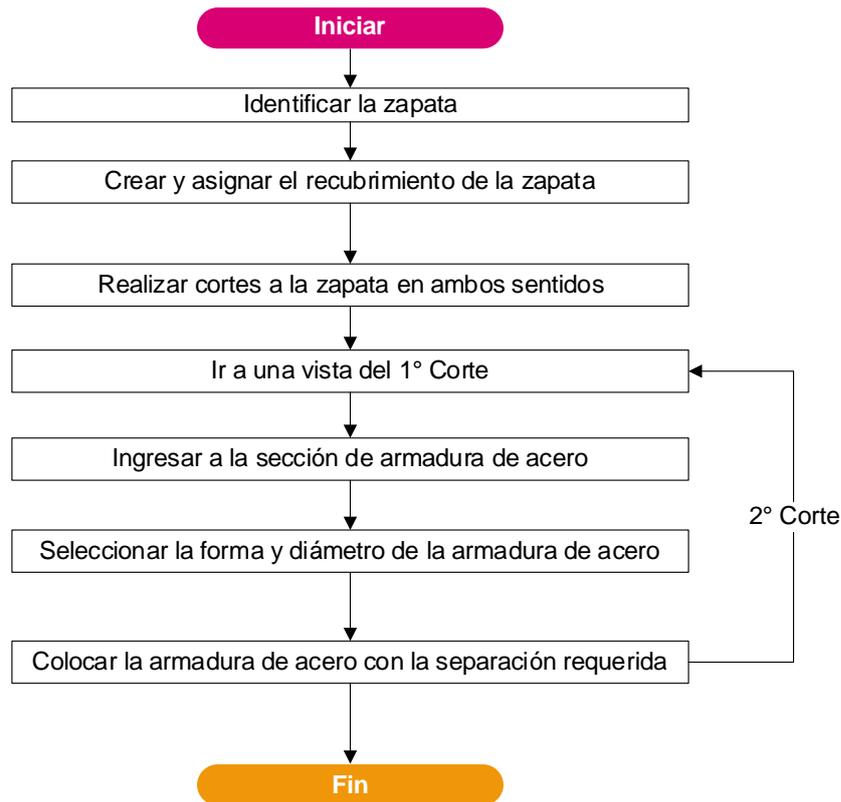
4.3.5.3 Criterios de modelado de acero de refuerzo

- a. Creación de armadura de acero para zapatas

Para la creación de la armadura de acero en la zapata se debe seguir el siguiente flujo de trabajo que se muestra en la Figura 67. El mismo se debe de realizar para cada tipo de zapatas diferente.

Figura 67

Flujo de trabajo para la creación de armadura de acero en zapatas



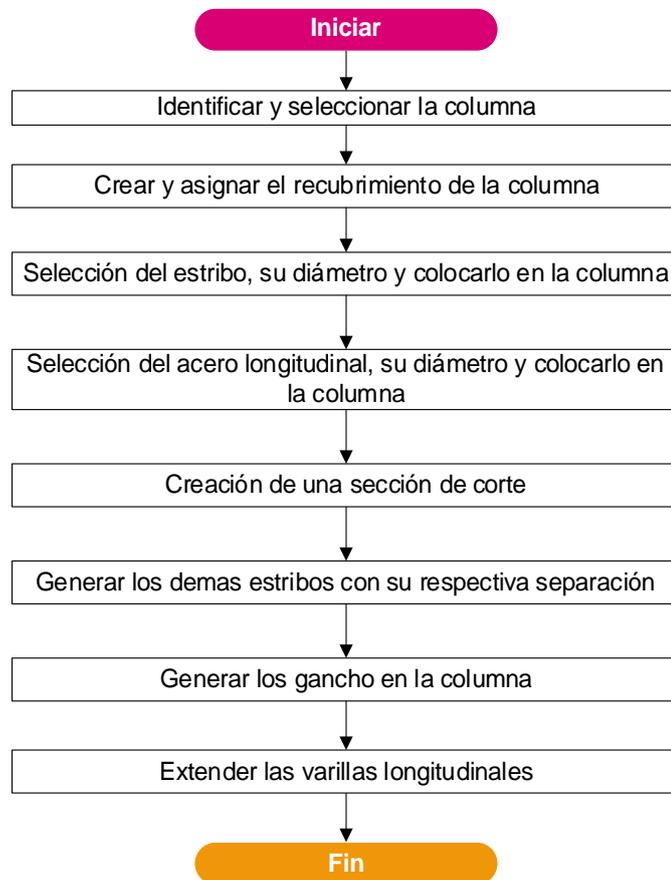
Nota: La figura muestra el flujograma de trabajo para colocar la armadura de acero.

b. Creación de armadura de acero para columnas

Para la creación de la armadura de acero en las columnas se debe seguir el siguiente flujo de trabajo que se muestra en la Figura 68. El mismo se debe de realizar para cada tipo de columna diferente.

Figura 68

Flujo de trabajo para la creación de armadura de acero en columnas



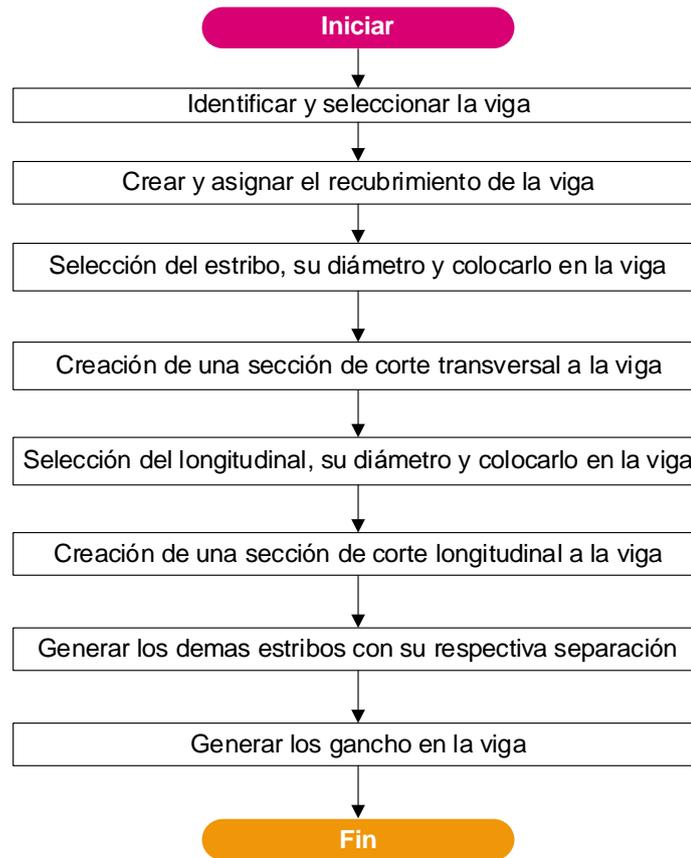
Nota: La figura muestra el flujograma de trabajo para colocar la armadura de acero.

c. Creación de armadura de acero para vigas

Para la creación de la armadura de acero en la viga se debe seguir el siguiente flujo de trabajo que se muestra en la Figura 69. El mismo se debe de realizar para cada tipo de viga diferente.

Figura 69

Flujo de trabajo para la creación de armadura de acero en vigas



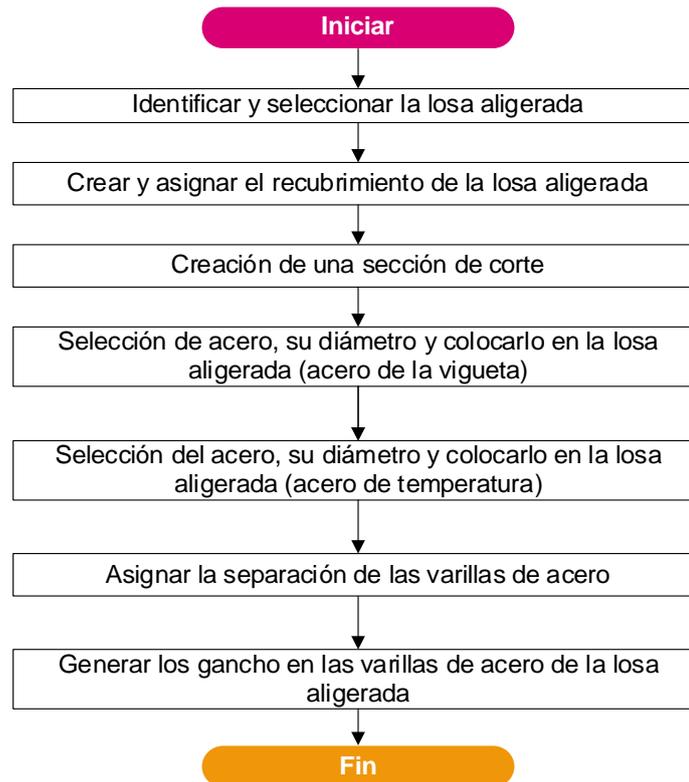
Nota: La figura muestra el flujograma de trabajo para colocar la armadura de acero.

d. Creación de armadura de acero para losa aligerada

Para la creación de la armadura de acero para losa aligerada se debe seguir el siguiente flujo de trabajo que se muestra en la Figura 70. El mismo se debe de realizar para cada tipo de losa aligerada existente en el proyecto.

Figura 70

Flujo de trabajo para la creación de armadura de acero losa maciza



Nota: La figura muestra el flujograma de trabajo para colocar la armadura de acero.

4.4 Diseño de códigos

4.4.1 Creación de niveles

El propósito de esta rutina es mejorar la eficiencia en la creación de niveles en Revit mediante el uso combinado de Dynamo y Excel. Este enfoque no solo busca agilizar el proceso, sino también garantizar una mayor precisión y consistencia en la gestión de los niveles dentro de los proyectos.

Esto es especialmente útil en proyectos grandes donde se requieren múltiples niveles, ya que permite optimizar tiempo y reducir la posibilidad de errores humanos.

Primeramente se debe definir los niveles en la hoja de Excel llamada "Niveles". En el Reproductor de Dynamo seleccionamos la rutina, donde debemos de seleccionar el archivo e indicar el nombre de la hoja Excel, como se muestran en las Figuras 71 y 72.

Figura 71

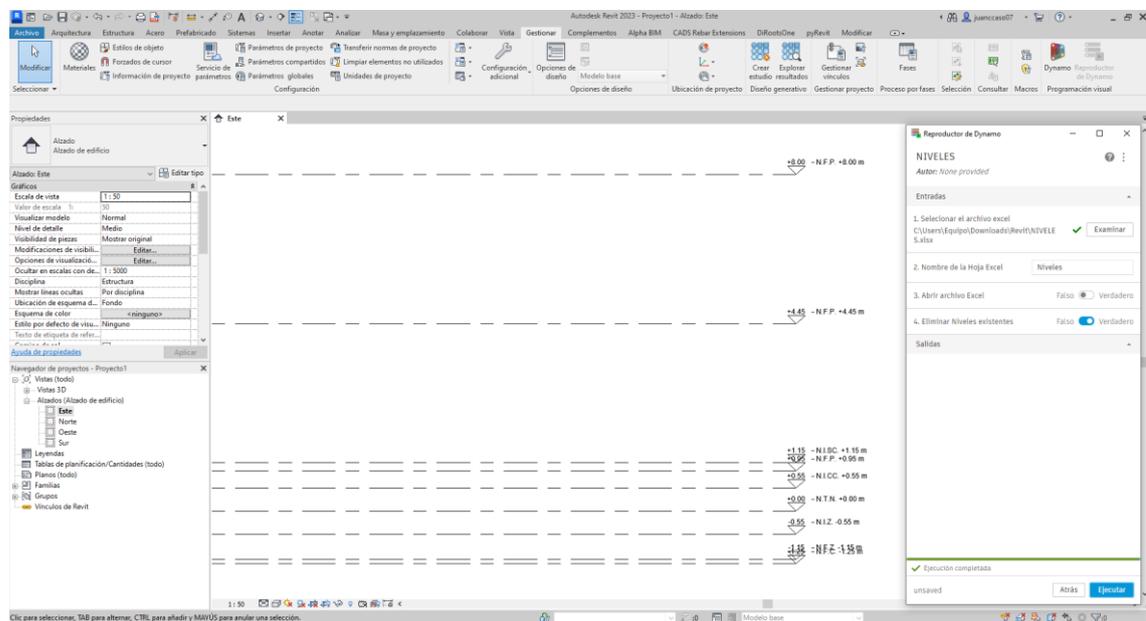
Definir niveles en excel

	A	B	C	D
	Descripción	Tipo	Nivel	Nombre
1				
2	Nivel de Falso Piso	N.F.P.	8.00	N.F.P. +8.00 m
3	Nivel de Falso Piso	N.F.P.	4.45	N.F.P. +4.45 m
4	Nivel de Inicio de Sobrecimiento	N.I.S.C.	1.15	N.I.S.C. +1.15 m
5	Nivel de Falso Piso	N.F.P.	0.95	N.F.P. +0.95 m
6	Nivel de Inicio de Cimientos Corridos	N.I.C.C.	0.55	N.I.C.C. +0.55 m
7	Nivel de Terreno Natural	N.T.N.	0.00	N.T.N. +0.00 m
8	Nivel de Inicio Zapata	N.I.Z.	-0.55	N.I.Z. -0.55 m
9	Nivel de Fondo Zapata	N.F.Z.	-1.15	N.F.Z. -1.15 m
10	Nivel de Fondo de Cimentación	N.F.C.	-1.25	N.F.C. -1.25 m

Nota. La figura muestra el tipo, nivel y nombre de los diferentes niveles de trabajo en Excel.

Figura 72

Rutina para la creación de niveles



Nota. La figura muestra los diferentes niveles creados en el software Revit.

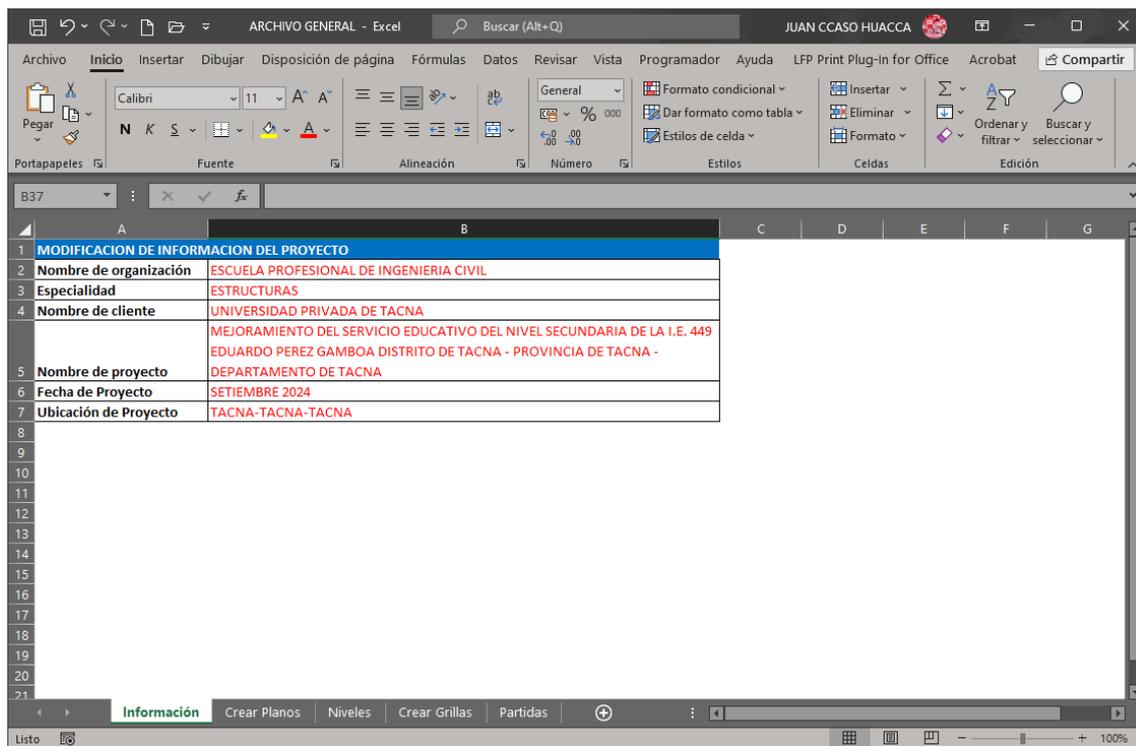
4.4.2 Modificación de la información del proyecto

El objetivo de esta rutina es optimizar el proceso de actualización de la información del proyecto en Revit, combinando las capacidades de Dynamo y Excel. A veces, los bloques se modelan en archivos separados, y si no se ha definido un nombre de proyecto específico, se debe actualizar cada archivo individualmente cuando se cambie el nombre. Este método automatizado permite modificar rápidamente el nombre del proyecto en múltiples archivos, ahorrando tiempo y esfuerzo.

Primeramente se debe definir la información del proyecto en la hoja de Excel llamada "Información". En el Reproductor de Dynamo seleccionamos la rutina, donde debemos de seleccionar el archivo e indicar el nombre de la hoja Excel, como se muestran en las Figuras 73 y 74.

Figura 73

Definir información del proyecto en excel



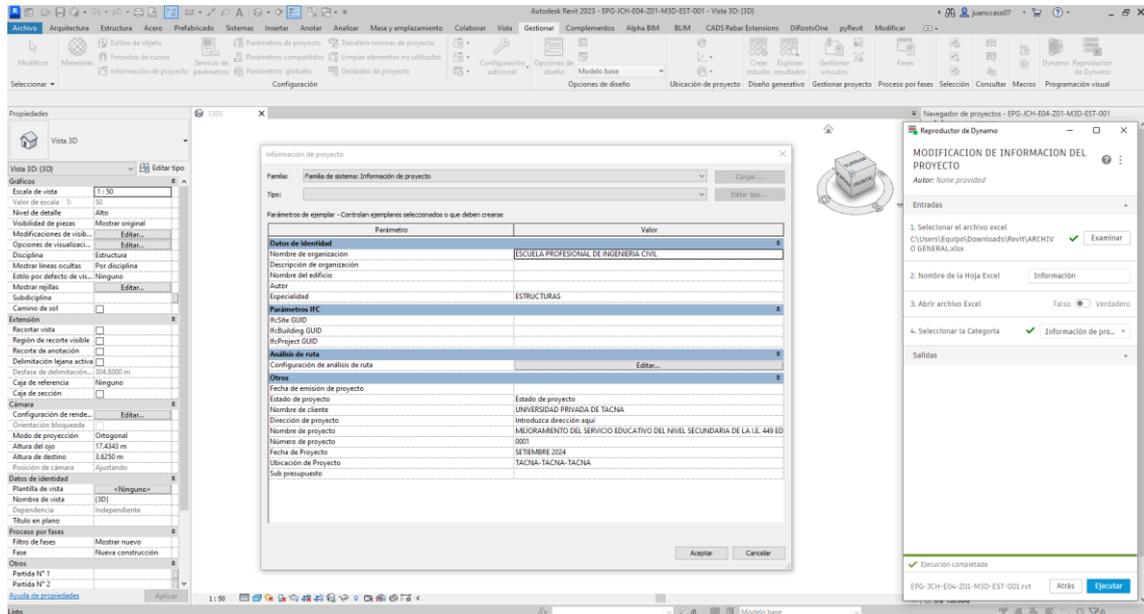
The screenshot shows the Microsoft Excel interface with a table containing project information. The table is located in the 'Información' worksheet and has the following data:

MODIFICACION DE INFORMACION DEL PROYECTO	
Nombre de organización	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
Especialidad	ESTRUCTURAS
Nombre de cliente	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
Nombre de proyecto	MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL SECUNDARIA DE LA I.E. 449 EDUARDO PEREZ GAMBOA DISTRITO DE TACNA - PROVINCIA DE TACNA - DEPARTAMENTO DE TACNA
Fecha de Proyecto	SETIEMBRE 2024
Ubicación de Proyecto	TACNA-TACNA-TACNA

Nota. La figura muestra la información del proyecto en Excel.

Figura 74

Rutina para la modificación de la información del proyecto



Nota. La figura muestra la información del proyecto en el software Revit.

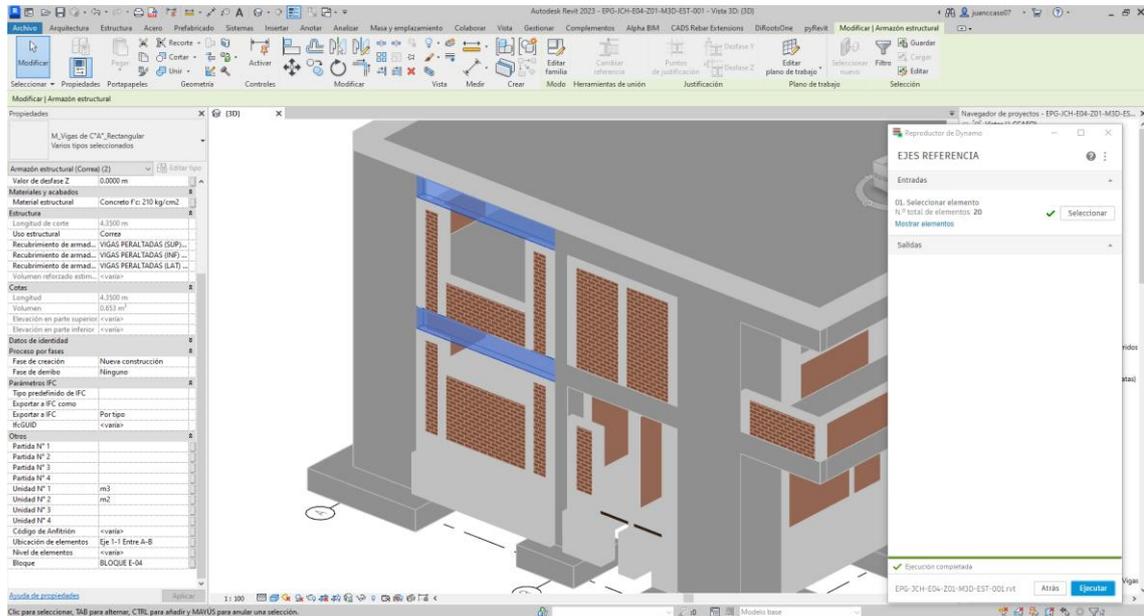
4.4.3 Ejes referencia

El propósito de esta rutina es referenciar adecuadamente los elementos modelados conforme a las grillas de trabajo definidas en el proyecto. Esta información se coloca manualmente, pero con la rutina no hay necesidad de preocuparse por eso. Esta rutina no solo optimizara el tiempo, sino que también mejora la precisión del modelo. Esto nos ayudara a optimizar significativamente el flujo de trabajo.

En el Reproductor de Dynamo seleccionamos la rutina, donde debemos de seleccionar los elementos que referenciaremos y ejecutamos la rutina, como se muestra en la Figura 75.

Figura 75

Rutina para referenciar elementos



Nota. La figura muestra la referencia para los distintos elementos en Revit.

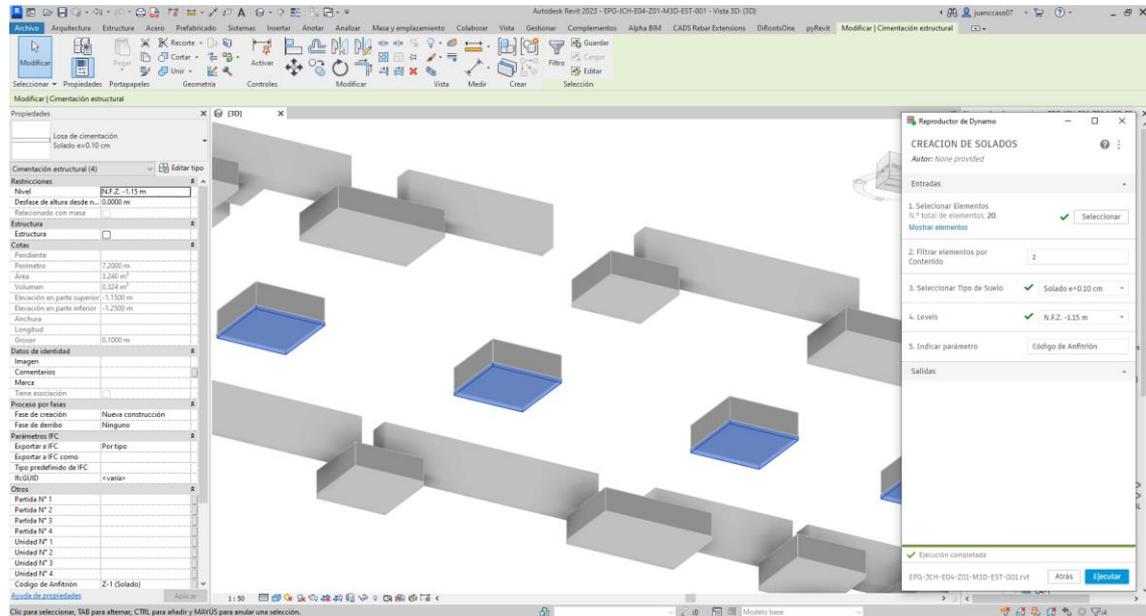
4.4.4 Solados

El propósito de esta rutina es generar los solados automáticamente en la base de las zapatas u otros elementos de la cimentación. Para lograr una codificación adecuada de los solados en relación con las zapatas, es esencial disponer de un parámetro común que permita establecer una conexión entre ambos elementos.

En el reproductor de Dynamo, comenzamos seleccionando la rutina adecuada y luego identificamos los elementos relevantes en el modelo. Es fundamental filtrar la lista para localizar las zapatas que compartirán un contenido específico. Después, seleccionamos el tipo de solado y el nivel donde se aplicará, asegurándonos de indicar el parámetro que permitirá la correcta codificación de los solados en relación con las zapatas. Finalmente, al ejecutar la rutina, optimizamos el trabajo, eliminando tareas manuales y garantizando la consistencia y precisión en la aplicación de los solados en el modelo de cimentación, como se muestra en la Figura 76.

Figura 76

Rutina para crear solados



Nota. La figura muestra la rutina para crear solados en el Software Revit.

4.4.5 Excavación

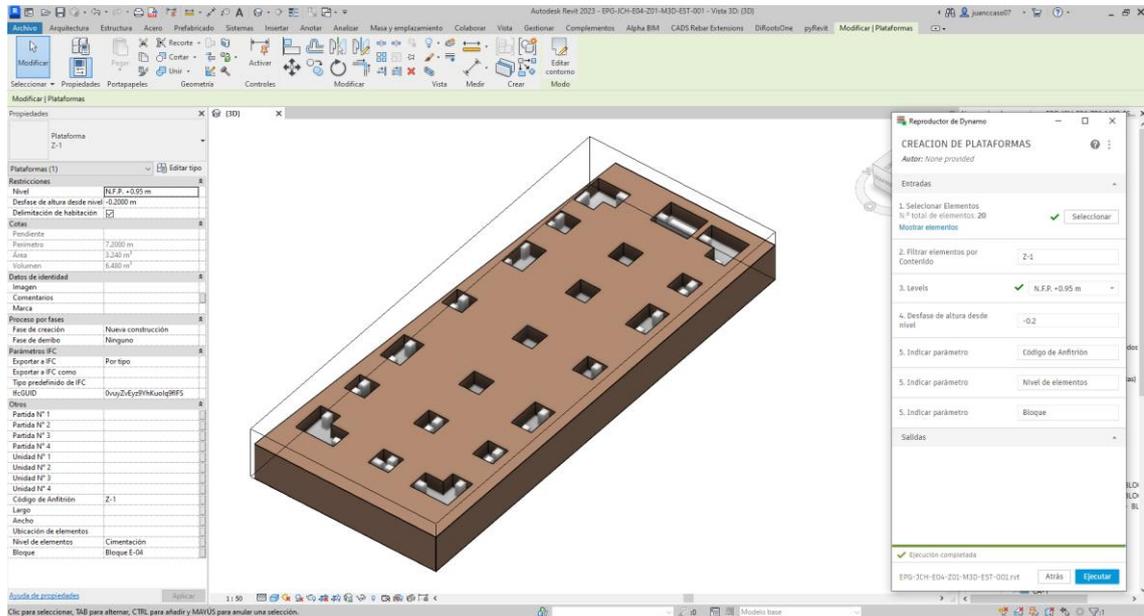
La rutina tiene como objetivo automatizar la generación de excavaciones, para lo cual es necesario contar con una topografía que incluya una plataforma nivelada. Primero, se deben tener elementos de la "familia de sistema: Plataforma" con el grosor adecuado.

Para una correcta codificación de las plataformas de construcción en relación con las zapatas, es crucial establecer un parámetro común que vincule ambos elementos.

En el reproductor de Dynamo, comenzamos seleccionando la rutina adecuada. Identificamos los elementos base como las zapatas. Es importante filtrar la lista para identificar las zapatas que comparten un contenido específico. Luego, seleccionamos el nivel de aplicación y, si es necesario, ajustamos el desfase de altura desde ese nivel, asegurándonos de indicar el parámetro que permitirá la adecuada codificación de las plataformas en relación con las zapatas. Finalmente, se ejecuta la rutina, como se muestra en la Figura 77.

Figura 77

Rutina para crear solados



Nota. La figura muestra la rutina para crear la cimentación en el Software Revit.

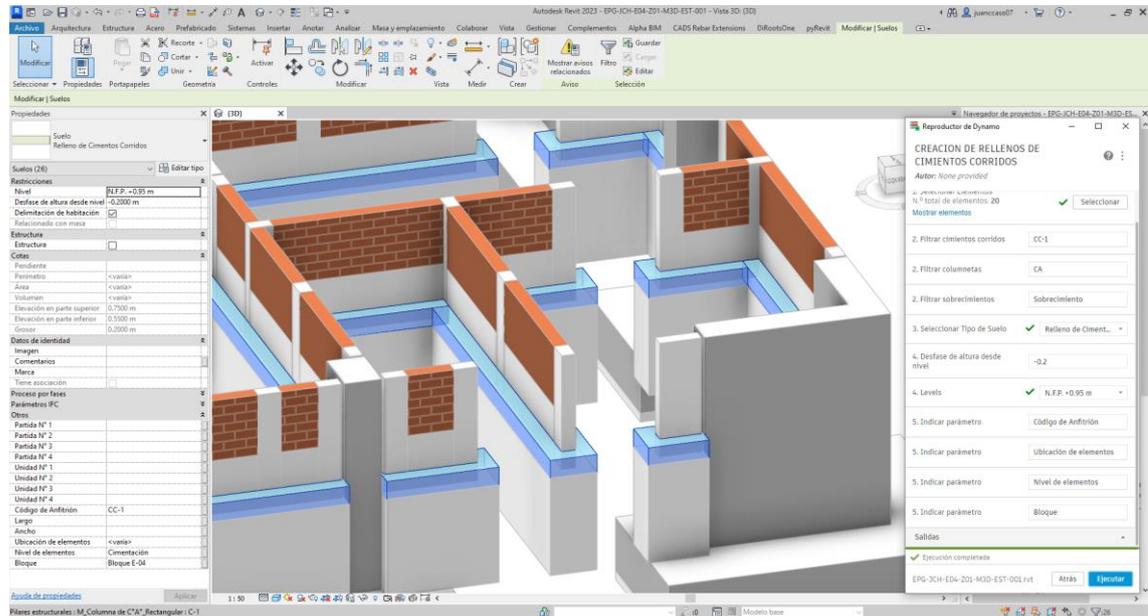
4.4.6 Rellenos

La rutina está diseñada para automatizar la creación de rellenos. Primero debemos asegurando que los elementos base, como las zapatas o cimientos corridos, contengan la información necesaria en los parámetros establecidos, tales como "Ubicación de elementos" y "Nivel de elementos", o cualquier otro parámetro común que los vincule.

En el reproductor de Dynamo, comenzamos seleccionando la rutina adecuada. Identificamos los elementos base como las zapatas o cimientos corridos. Es importante filtrar la lista para identificar los elementos principales como las zapatas o cimientos corridos de los demás elementos. Luego, seleccionamos el nivel de aplicación y, si es necesario, ajustamos el desfase de altura desde ese nivel, asegurándonos de indicar el parámetro que permitirá la adecuada codificación de las plataformas en relación con las zapatas o cimientos corridos y otros parámetros más. Finalmente, se ejecuta la rutina, como se muestran en las Figuras 78 y 79.

Figura 78

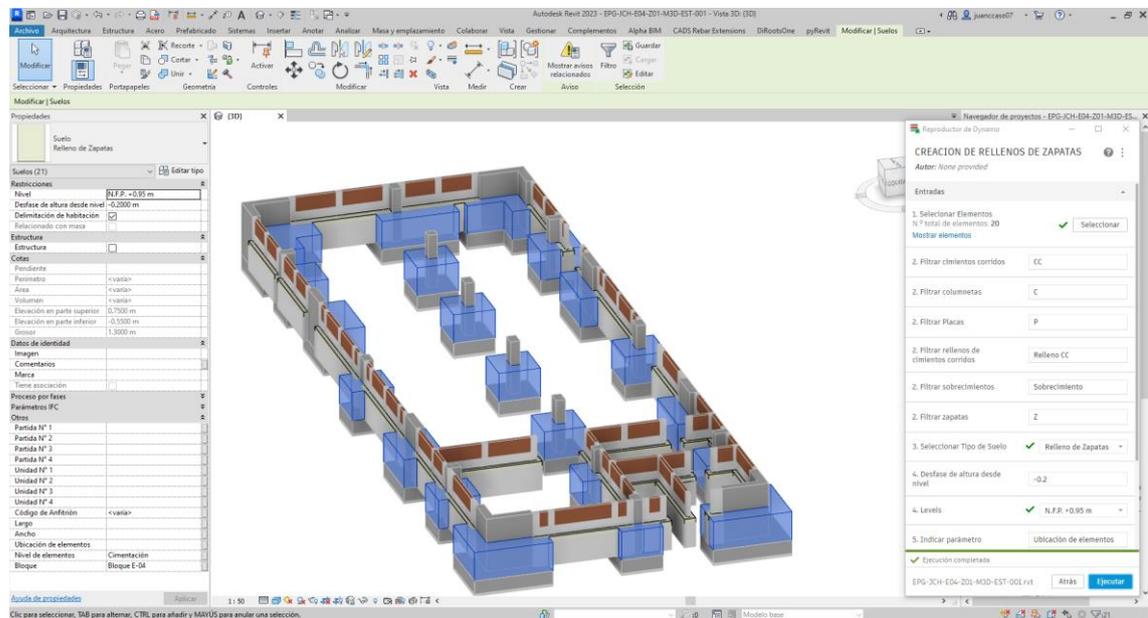
Rutina para crear rellenos en cimientos corridos



Nota. La figura muestra la rutina para rellenar los cimientos corridos en el Software Revit.

Figura 79

Rutina para crear rellenos en zapatas



Nota. La figura muestra la rutina para rellenar zapatas en el Software Revit.

4.4.7 Losas de piso

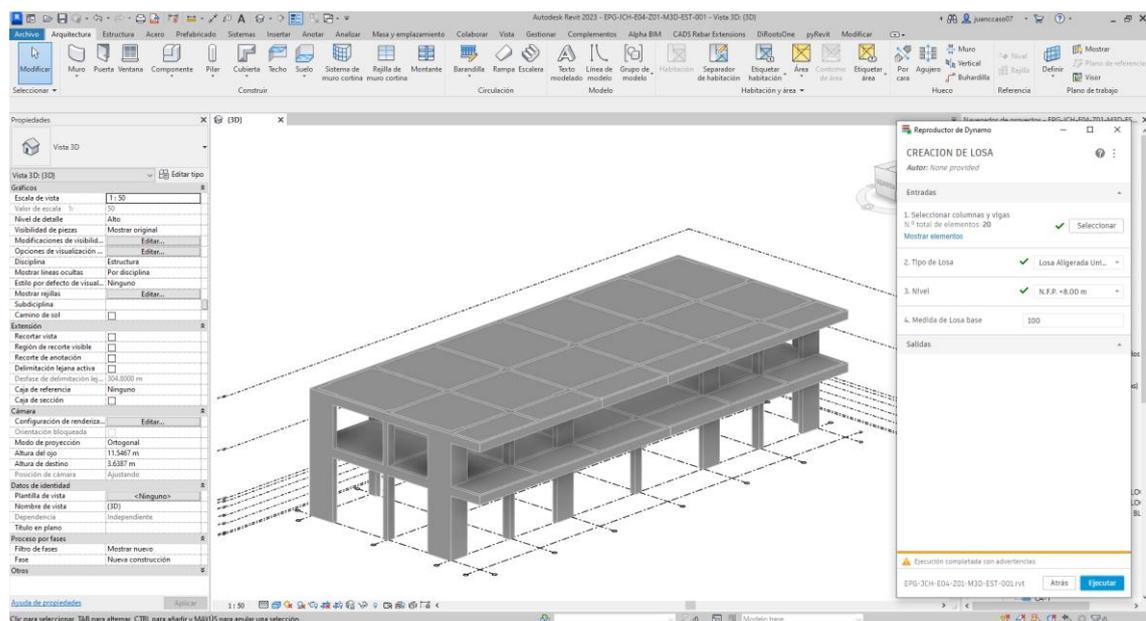
La rutina está diseñada para automatizar la creación de losas. Para llevar a cabo esta tarea, es fundamental contar con los elementos estructurales necesarios, como columnas, placas y vigas, que servirán como base para la generación de la losa.

Automatizar la creación de losas en Revit, permitirá optimizar el proceso de modelado y aumentar la eficiencia en el flujo de trabajo.

En el reproductor de Dynamo, comenzamos seleccionando la rutina adecuada. Identificamos los elementos base como las columnas, placas y vigas. Luego seleccionamos el tipo de suelo y el nivel de aplicación. En la medida de la losa base debemos colocar un número mayor a cualquier coordenada en x o y de los elementos base. Finalmente, se ejecuta la rutina, como se muestra en la Figura 80.

Figura 80

Rutina para crear losas



Nota. La figura muestra la rutina para crear losas en el Software Revit.

4.4.8 Ladrillos para losa

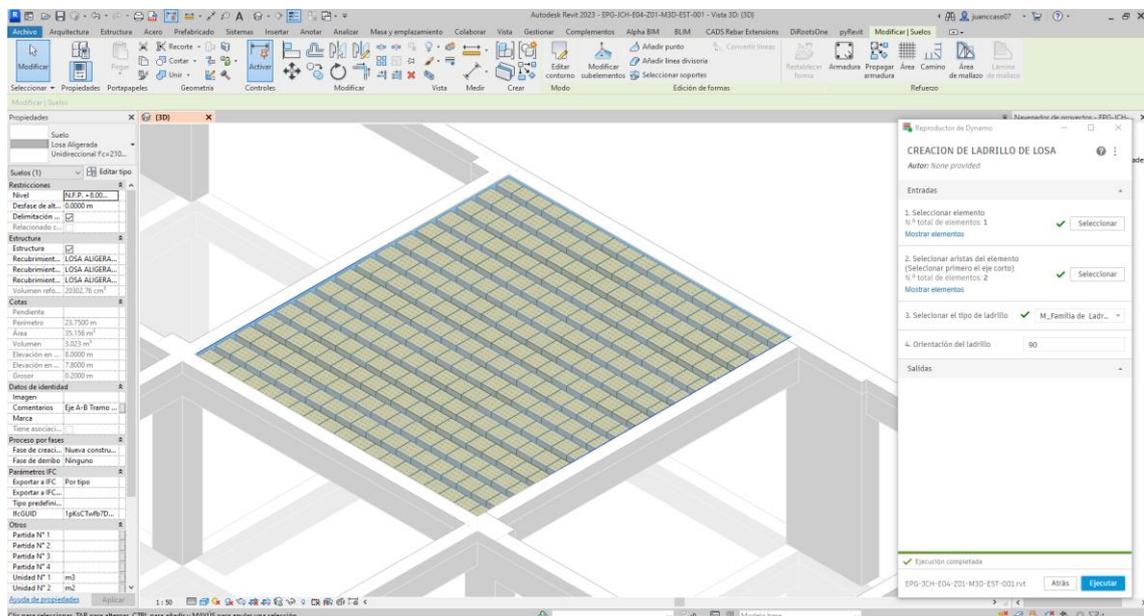
La rutina está diseñada para automatizar la creación de ladrillos en las losas aligeradas unidireccionales. Para llevar a cabo esta tarea, es fundamental contar con las losas, elementos que servirán como anfitrión para la generación de los ladrillos.

La automatización reduce significativamente el tiempo requerido para modelar estos elementos, minimiza los errores humanos, facilitando cambios rápidos en el diseño

En el reproductor de Dynamo, comenzamos seleccionando la rutina adecuada. Seleccionamos el elemento y dos aristas perpendiculares. Definimos la orientación de los ladrillos, 0 cuando la dirección de la luz sea el lado más corto y 90 cuando sea el mayor. Finalmente, se ejecuta la rutina, como se muestra en la Figura 81.

Figura 81

Rutina para crear ladrillos de losas aligeradas



Nota. La figura muestra la rutina para crear ladrillos en losas aligeradas en el Software Revit.

4.4.9 Refuerzo en zapatas

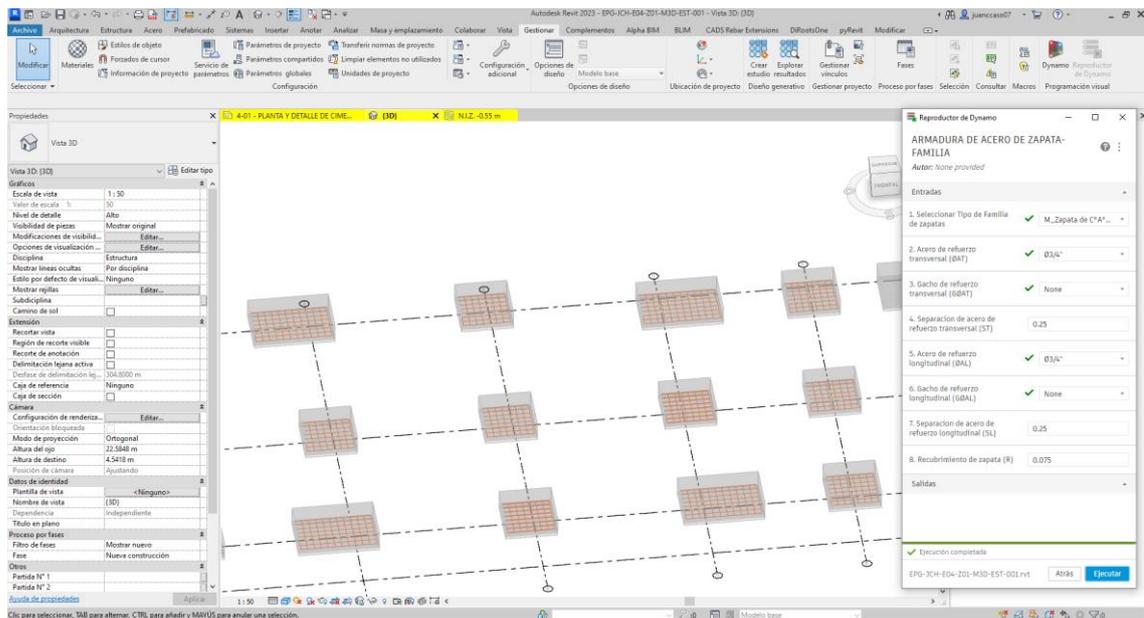
La rutina está diseñada para automatizar la creación de la armadura de acero de las zapatas. Para realizar esta tarea, es necesario tener modelado la cimentación estructural, que servirán como anfitriones para la generación de la armadura estructural.

La rutina reduce significativamente el tiempo requerido para modelar la armadura, minimiza los errores humanos, asegura consistencia en la configuración, permite ajustar fácilmente los parámetros según los requerimientos específicos, y abre la posibilidad de explorar diferentes opciones de diseño, todo esto sin perder de vista la precisión y confiabilidad del modelo final.

En el entorno de Dynamo, comenzamos eligiendo la rutina correspondiente. Seleccionamos la familia de las zapatas en las cuales se va a modelar el acero, especificamos el recubrimiento de las zapatas, el diámetro de los aceros, el tipo de gancho y la separación de los aceros. Finalmente, se procede a ejecutar la rutina, como se muestra en la Figura 82.

Figura 82

Rutina para crear la armadura de acero de las zapatas



Nota. La figura muestra la rutina para la armadura de acero de zapatas en el Software Revit.

4.4.10 Refuerzo transversal en vigas

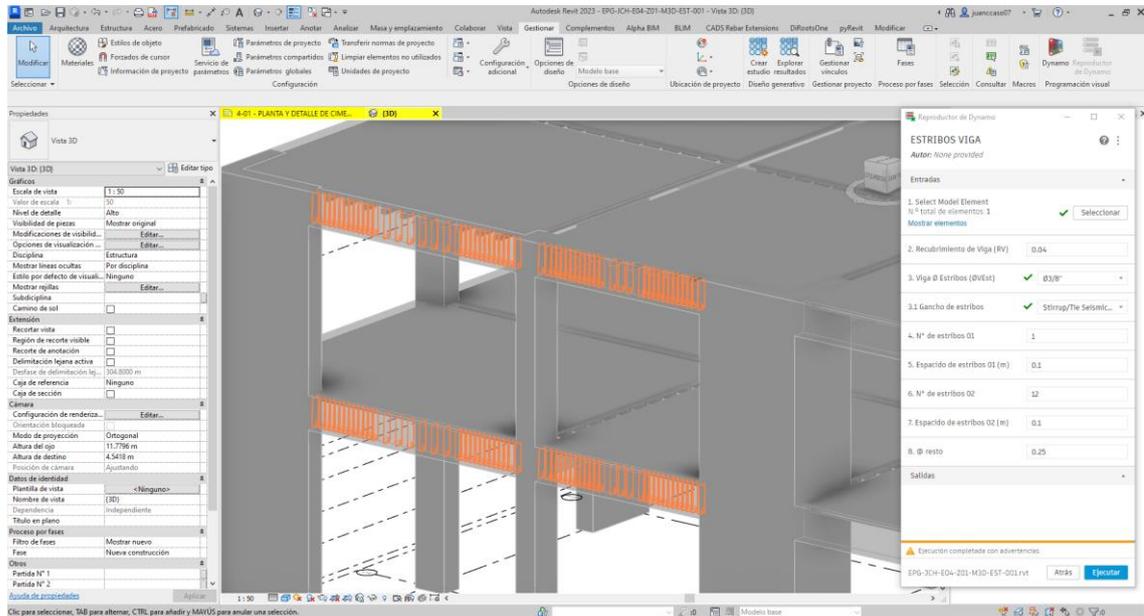
La rutina está diseñada para automatizar la creación de estribos en vigas. Para realizar esta tarea, es esencial tener las vigas, que servirán como anfitriones para la generación de los estribos.

La rutina mejora eficiencia en el modelado al optimizar tiempo en comparación con el proceso manual, así como una mayor precisión y consistencia al reducir errores humanos en la colocación y configuración.

En el entorno de Dynamo, comenzamos eligiendo la rutina correspondiente. Seleccionamos el elemento, especificamos el recubrimiento de las vigas, el diámetro de acero para los estribos, el tipo de gancho y la distribución del acero. Finalmente, se procede a ejecutar la rutina, como se muestra en la Figura 83.

Figura 83

Rutina para crear los estribos en las vigas



Nota. La figura muestra la rutina para crear estribos en las vigas en el Software Revit.

4.4.11 Encofrados

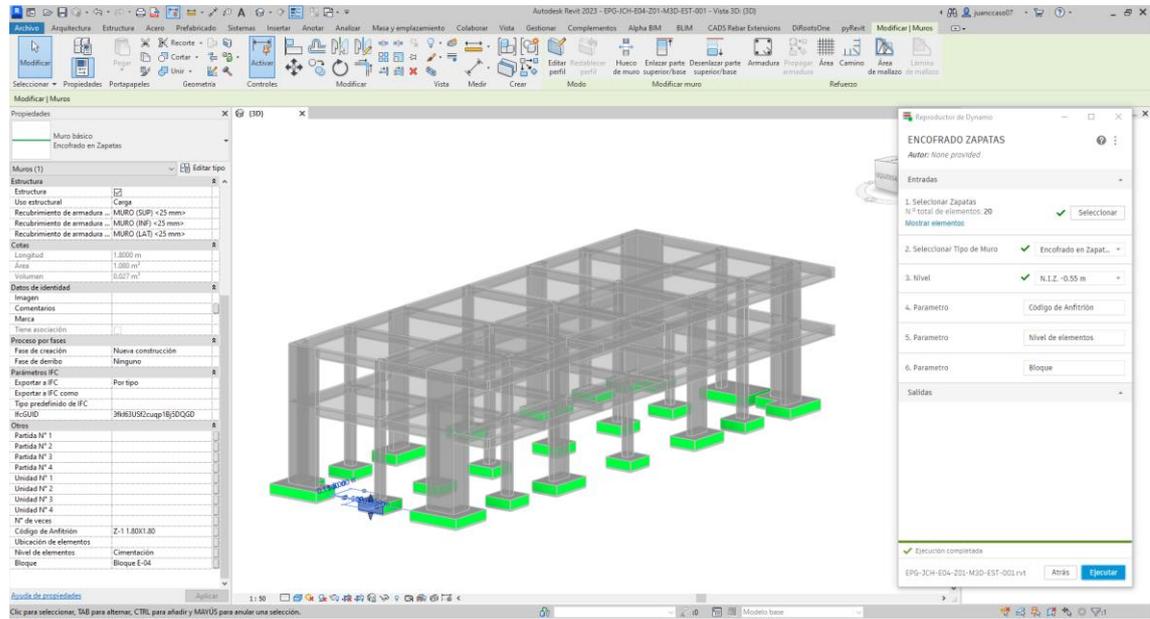
Son rutinas diseñadas para automatizar la creación de encofrado en zapatas, columnas, vigas y losas. Para realizar esta tarea, es esencial contar con las zapatas, columnas, vigas y losas en el proyecto, que servirán como elementos base para la creación de los encofrados.

La rutina nos ahorra tiempo y reduce la carga de trabajo manual, genera una mayor precisión y consistencia al minimizar errores humanos.

En el entorno de Dynamo, comenzamos eligiendo la rutina correspondiente. Seleccionamos los elementos, el tipo de muro y suelo para modelar los encofrados según corresponda, el nivel e indicamos el parámetro que permitirá la adecuada codificación de los encofrados en relación a su anfitrión. Finalmente, se procede a ejecutar la rutina. Posteriormente se ejecuta una rutina para indicar el orden de unión de los elementos, como se muestran en las Figuras 84 a 87.

Figura 84

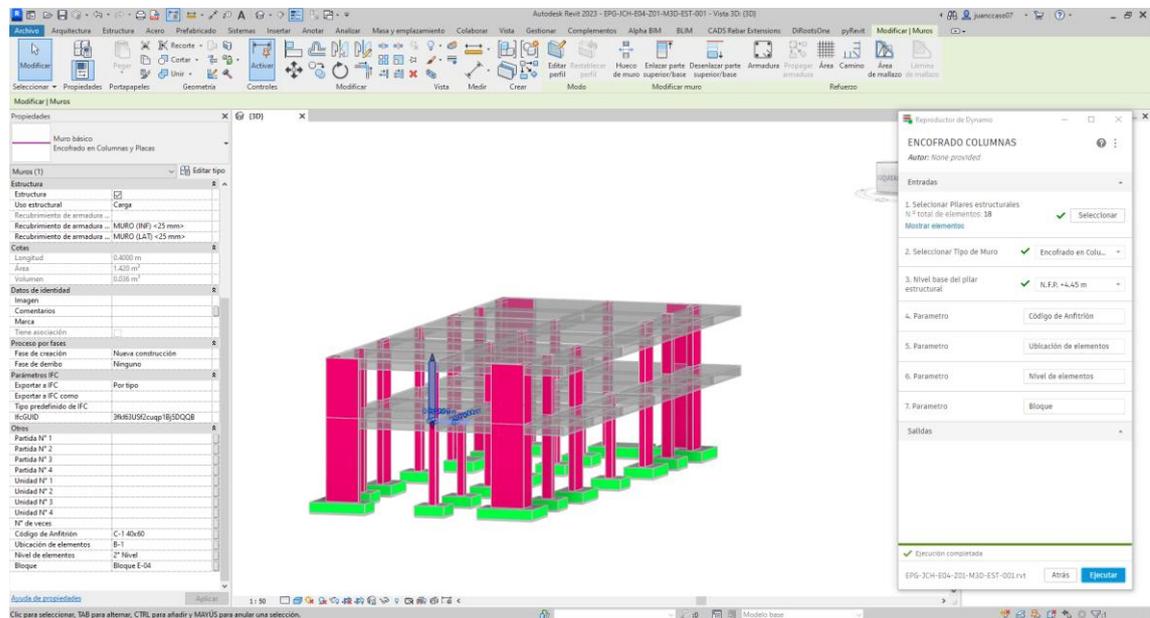
Rutina para crear los encofrados de las zapatas



Nota. La figura muestra la rutina para crear encofrados de las zapatas en el Software Revit.

Figura 85

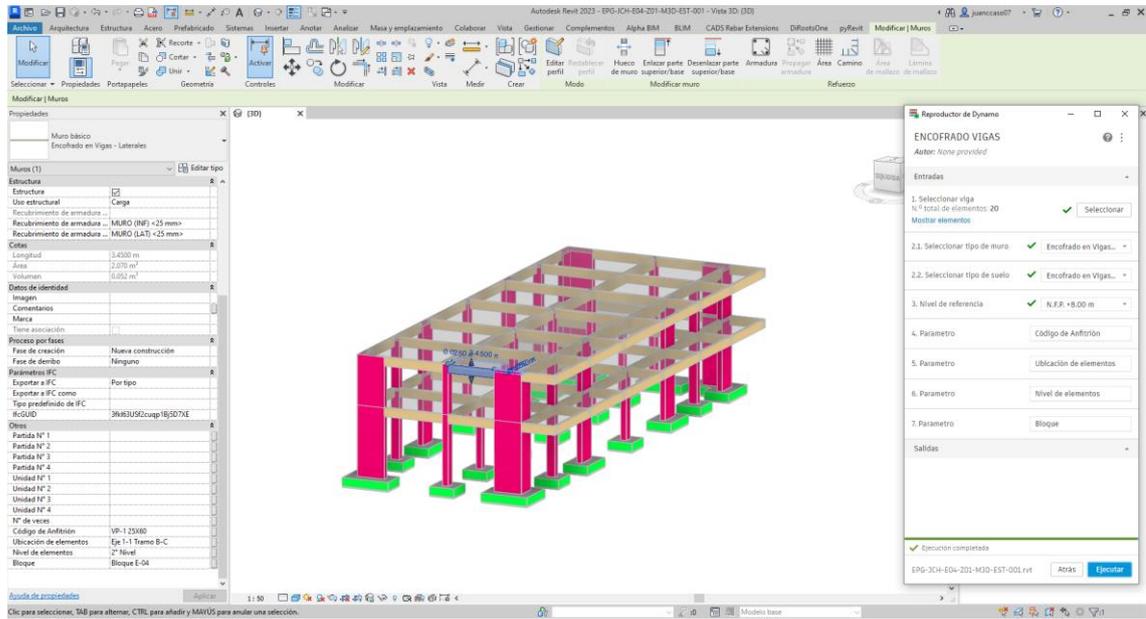
Rutina para crear los encofrados de las columnas y placas



Nota. La figura muestra la rutina para crear encofrados de columnas y placas en el Software Revit.

Figura 86

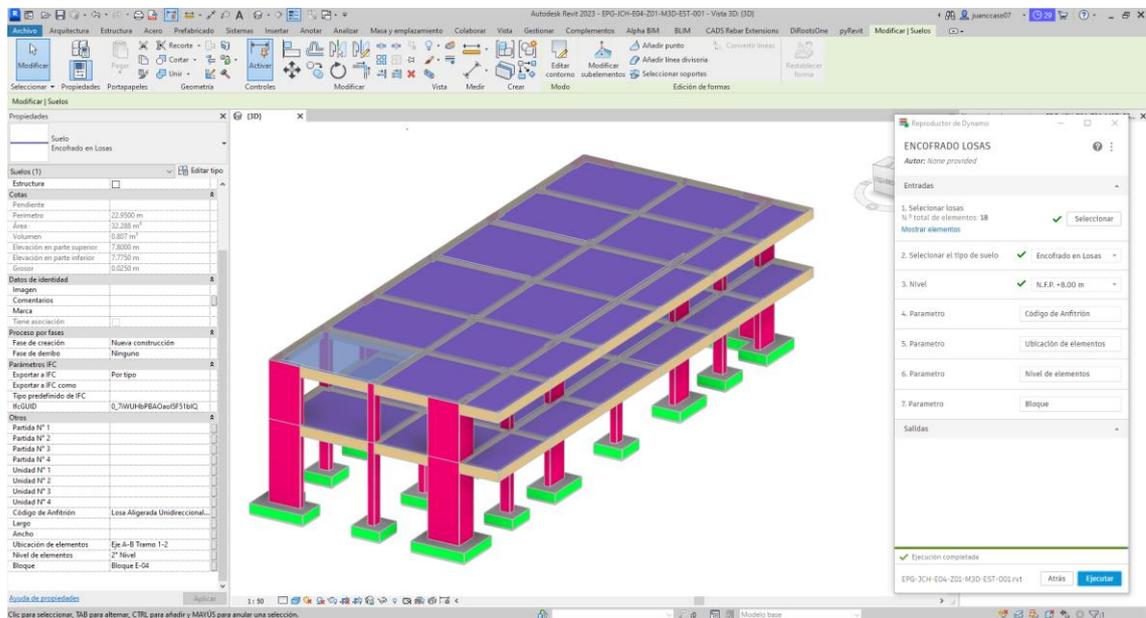
Rutina para crear los encofrados de las vigas



Nota. La figura muestra la rutina para crear encofrados de vigas en el Software Revit.

Figura 87

Rutina para crear los encofrados de las losas



Nota. La figura muestra la rutina para crear encofrados de losas en el Software Revit.

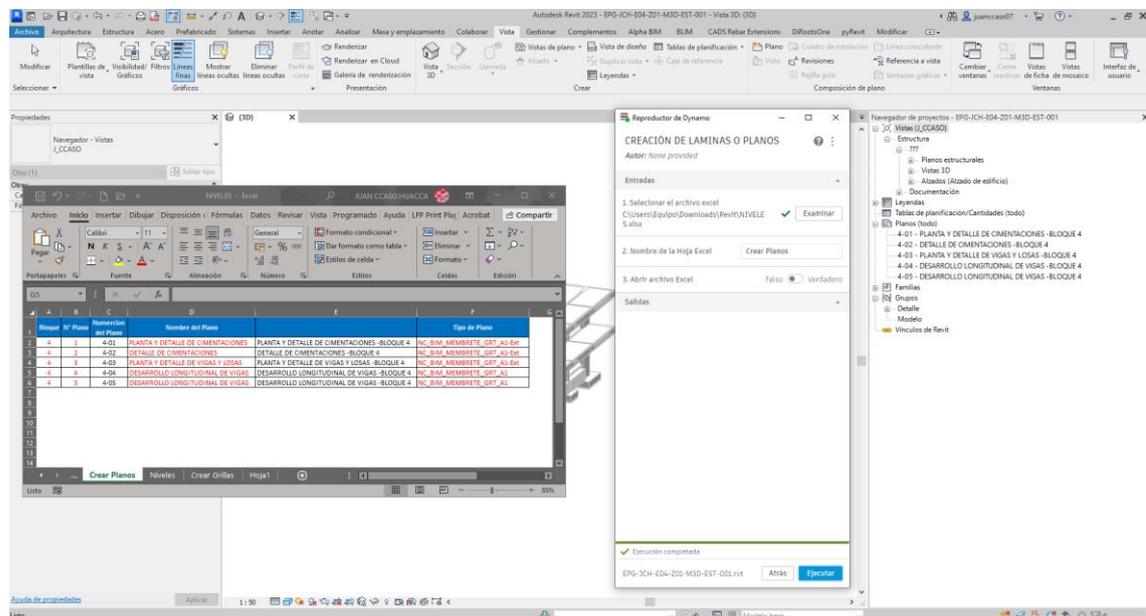
4.4.12 Crear láminas o planos

La rutina está diseñada para automatizar la creación de planos en el proyecto, combinando las capacidades de Dynamo y Excel. Para realizar esta tarea, primeramente debemos de modificar el Excel.

En el Reproductor de Dynamo seleccionamos la rutina, donde debemos de seleccionar el archivo e indicar el nombre de la hoja Excel, como se muestra en la Figura 88.

Figura 88

Rutina para crear láminas o planos en el proyecto



Nota. La figura muestra la rutina para crear planos a través del software Revit.

4.4.13 Etiquetar armadura estructural

La rutina está diseñada para automatizar el etiquetado de la armadura estructural. Para realizar esta tarea, es esencial que la armadura estructural tenga asignado correctamente a su anfitrión.

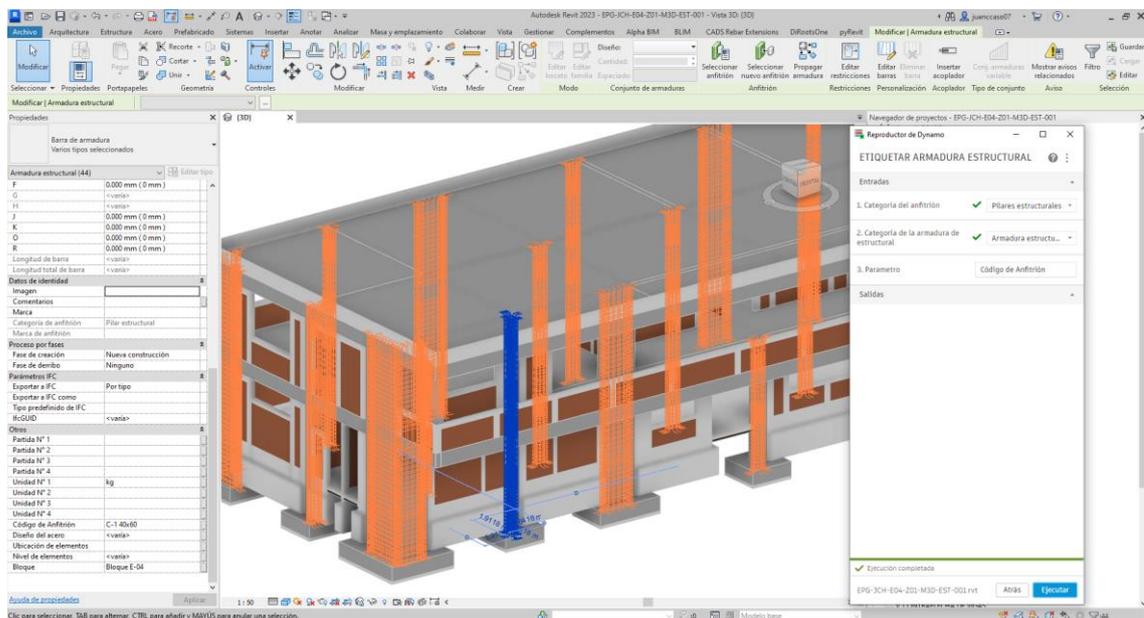
Esto incluye una notable eficiencia al optimizar tiempo al evitar el etiquetado manual, una mayor precisión al reducir errores en la colocación y datos de las etiquetas, y una consistencia mejorada al garantizar un etiquetado uniforme. Además, Dynamo permite una gran flexibilidad para ajustar fácilmente los parámetros y criterios de

etiquetado, facilitando adaptaciones rápidas a cambios. Esta automatización optimiza el flujo de trabajo y la calidad de la documentación en el proyecto.

En el entorno de Dynamo, comenzamos eligiendo la rutina correspondiente. Seleccionamos la categoría del anfitrión, la categoría de la armadura de acero y el parámetro en común. Finalmente, se procede a ejecutar la rutina, como se muestra en la Figura 89.

Figura 89

Rutina para etiquetar la armadura estructural de los elementos



Nota. La figura muestra la rutina para etiquetar elementos estructurales en el Software Revit.

4.4.14 Creación de tablas de planificación

La rutina está diseñada para crear automáticamente tablas de planificaciones previamente establecidas en lista en Excel. Al cual posteriormente se aplicará una plantilla de vistas de acuerdo a la partida, para obtener los metrados.

La rutina nos ahorra tiempo y la carga de trabajo manual, para crear las tablas de planificación con el nombre y numeración correspondiente, genera una mayor precisión y consistencia al minimizar errores humanos.

En el Reproductor de Dynamo seleccionamos la rutina, donde debemos de seleccionar el archivo e indicar el nombre de la hoja de Excel, como se muestran en la Figura 90 y 91.

Figura 90

Definir información de las partidas en excel

PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UNIDAD	CATEGORIA	NOMBRE
02.01.01.01	EXCAVACION MANSA PARA ZAPATAS	m3	Pladomas	02.01.01.01 EXCAVACION MANSA PARA ZAPATAS
02.01.01.02	EXCAVACION MANUAL PARA CIMENTOS CORRIDOS	m3	Pladomas	02.01.01.02 EXCAVACION MANUAL PARA CIMENTOS CORRIDOS
02.01.03.01	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO SELECCIONADO PARA CIMENTOS	m3	Sueltas	02.01.03.01 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO SELECCIONADO PARA CIMENTOS CORRIDOS CIEQUIPO LIVIANO
02.01.03.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO SELECCIONADO PARA ZAPATAS	m3	Sueltas	02.01.03.02 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO SELECCIONADO PARA ZAPATAS CIEQUIPO LIVIANO
02.01.04.01	RELLENO CON MATERIAL GRANULAR PARA BASE E/0.3M C/ EQUIPO LIVIANO	m3	Sueltas	02.01.04.01 RELLENO CON MATERIAL GRANULAR PARA BASE E/0.3M C/ EQUIPO LIVIANO
02.01.04.02	NIVELACION INTERIOR APISONADO CON EQUIPO LIVIANO	m2	Sueltas	02.01.04.02 NIVELACION INTERIOR APISONADO CON EQUIPO LIVIANO
02.01.04.03	NIVELACION Y COMPACTACION EN FONDO DE CIMENTACION C/ EQUIPO	m2	Pladomas	02.01.04.03 NIVELACION Y COMPACTACION EN FONDO DE CIMENTACION C/ EQUIPO
02.02.01.01	CIMENTOS CORRIDOS: MEZCLA C/H 1:10 CON 30% P.B.	m3	Concreción estructural	02.02.01.01 CIMENTOS CORRIDOS: MEZCLA C/H 1:10 CON 30% P.B.
02.02.01.02	SOLADO DE CONCRETO C/H 1:12 E/0.15m	m2	Sueltas	02.02.01.02 SOLADO DE CONCRETO C/H 1:12 E/0.15m
02.02.02.01	SOBRECIMIENTO: CONCRETO F'c=140 KG/CM2	m3	Muros	02.02.02.01 SOBRECIMIENTO: CONCRETO F'c=140 KG/CM2
02.02.02.02	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO NORMAL EN SOBRECIMIENTOS	m3	Muros	02.02.02.02 ENCORFRADO Y DESENCORFRADO NORMAL EN SOBRECIMIENTOS
02.02.02.03	FALSO PISO MEZCLA C/H 1:8 E/0.10 cm	m2	Sueltas	02.02.02.03 FALSO PISO MEZCLA C/H 1:8 E/0.10 cm
02.03.01.01	CONCRETO PREMEZCLADO EN ZAPATAS F'c=210 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP	m3	Concreción estructural	02.03.01.01 CONCRETO PREMEZCLADO EN ZAPATAS F'c=210 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP
02.03.01.02	ACERO EN ZAPATAS Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	Armadura estructural	02.03.01.02 ACERO EN ZAPATAS Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60
02.03.04.01	CONCRETO PREMEZCLADO EN PLACAS F'c=210 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP	m3	Placas estructurales	02.03.04.01 CONCRETO PREMEZCLADO EN PLACAS F'c=210 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP
02.03.04.02	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO CARAVISTA EN PLACAS	m3	Muros	02.03.04.02 ENCORFRADO Y DESENCORFRADO CARAVISTA EN PLACAS
02.03.04.03	ACERO EN PLACAS Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	Armadura estructural	02.03.04.03 ACERO EN PLACAS Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60
02.03.05.01	CONCRETO PREMEZCLADO EN COLUMNAS F'c=210 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP	m3	Placas estructurales	02.03.05.01 CONCRETO PREMEZCLADO EN COLUMNAS F'c=210 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP
02.03.05.02	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO CARAVISTA EN COLUMNAS	m3	Muros	02.03.05.02 ENCORFRADO Y DESENCORFRADO CARAVISTA EN COLUMNAS
02.03.05.03	ACERO EN COLUMNAS Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	Muros	02.03.05.03 ACERO EN COLUMNAS Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60
02.03.06.01	CONCRETO EN COLUMNETAS F'c=175 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP	m3	Placas estructurales	02.03.06.01 CONCRETO EN COLUMNETAS F'c=175 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP
02.03.06.02	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO NORMAL EN COLUMNETAS	m3	Sueltas	02.03.06.02 ENCORFRADO Y DESENCORFRADO NORMAL EN COLUMNETAS
02.03.06.03	ACERO EN COLUMNETAS Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	Armadura estructural	02.03.06.03 ACERO EN COLUMNETAS Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60
02.03.07.01	CONCRETO PREMEZCLADO EN VIGAS F'c=210 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP	m3	Armadura estructural	02.03.07.01 CONCRETO PREMEZCLADO EN VIGAS F'c=210 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP
02.03.07.02	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO CARAVISTA EN VIGAS	m3	Sueltas	02.03.07.02 ENCORFRADO Y DESENCORFRADO CARAVISTA EN VIGAS
02.03.07.03	ACERO EN VIGAS Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	Armadura estructural	02.03.07.03 ACERO EN VIGAS Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60
02.03.08.01	CONCRETO EN VIGUETAS F'c=175 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP	m3	Armadura estructural	02.03.08.01 CONCRETO EN VIGUETAS F'c=175 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP
02.03.08.02	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO CARAVISTA EN VIGAS	m3	Sueltas	02.03.08.02 ENCORFRADO Y DESENCORFRADO CARAVISTA EN VIGAS
02.03.08.03	ACERO EN VIGUETAS Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	Armadura estructural	02.03.08.03 ACERO EN VIGUETAS Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60
02.03.09.01	CONCRETO PREMEZCLADO EN LOSAS ALISADAS F'c=210 KG/CM2	m3	Sueltas	02.03.09.01 CONCRETO PREMEZCLADO EN LOSAS ALISADAS F'c=210 KG/CM2
02.03.09.02	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO NORMAL EN LOSAS ALISADAS	m3	Sueltas	02.03.09.02 ENCORFRADO Y DESENCORFRADO NORMAL EN LOSAS ALISADAS
02.03.09.03	ACERO EN LOSAS ALISADAS Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	Armadura estructural	02.03.09.03 ACERO EN LOSAS ALISADAS Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60
02.03.09.04	LADRILLO HUECO DE ARCILLA 30x30x15 CM PARA LOSAS ALISADAS	m2	Sueltas	02.03.09.04 LADRILLO HUECO DE ARCILLA 30x30x15 CM PARA LOSAS ALISADAS
02.03.12.01	CONCRETO EN PARAPETOS F'c=175 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP	m3	Armadura estructural	02.03.12.01 CONCRETO EN PARAPETOS F'c=175 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP
02.03.12.02	ENCORFRADO Y DESENCORFRADO CARAVISTA EN PARAPETOS	m3	Muros	02.03.12.02 ENCORFRADO Y DESENCORFRADO CARAVISTA EN PARAPETOS
02.03.12.03	ACERO Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN PARAPETOS	kg	Armadura estructural	02.03.12.03 ACERO Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 EN PARAPETOS

Nota. La figura muestra las especificaciones, unidad, categoría y nombre de las partidas.

Figura 91

Rutina para la creación de tablas de planificación

ESPECIFICACIONES	INICIO	N.º DE SECC.	LARGO	ALTO	PANCHA	VOLUMEN		
02.03.01.01 CONCRETO PREMEZCLADO EN ZAPATAS F'c=210 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP	2.11	180x1.80	m3	12	1.80	1.80	0.60	23.320
02.03.01.02 ACERO EN ZAPATAS Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	2.11	180x1.80	m3	4	2.80	0.60	0.60	12.960
02.03.04.01 CONCRETO PREMEZCLADO EN PLACAS F'c=210 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP	2.2	3900x4351.80	m3	2	2.80	0.60	0.60	9.720
02.03.04.02 ENCORFRADO Y DESENCORFRADO CARAVISTA EN PLACAS	2.2	3900x4351.80	m3	1	2.80	0.60	0.60	4.320
02.03.05.01 CONCRETO PREMEZCLADO EN COLUMNAS F'c=210 KG/CM2 CEMENTO TIPO IP	2.2	3900x4351.80	m3	1	1.40	2.80	0.60	4.800
02.03.05.02 ENCORFRADO Y DESENCORFRADO CARAVISTA EN COLUMNAS	2.2	3900x4351.80	m3	1	1.40	2.80	0.60	4.800
02.03.05.03 ACERO EN COLUMNAS Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	2.2	3900x4351.80	m3	1	3.35	2.40	0.60	4.840
TOTAL VOLUMEN								59.140

Nota. La figura muestra la rutina para crear las tablas de planificación en el software Revit.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

La hipótesis general fue “Mediante la aplicación de la automatización de procesos BIM se mejorará los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos.”. La aplicación de la automatización de procesos BIM, redujo el tiempo de trabajo en el modelado 3D en el proyecto, se reduce la posibilidad de errores humanos, mejorando la precisión en los diseños y documentación.

La hipótesis específica 1 planteada fue “Determinando los procesos BIM se mejorará los flujos de trabajo en la etapa de diseño que se realizan con la herramienta Revit en los proyectos de centros educativos, y así dotaran de mayor eficiencia a los trabajos que se realizan con la metodología BIM”.

Condori (2023) nos describe 6 procesos, de los cuales 3 procesos están relacionados a los objetivos de este trabajo de investigación. Los procesos son: Desarrollo de Biblioteca de Familias, Elaboración de Plantillas Específicas y Desarrollo de aplicaciones específicas BIM. En base a estos tres procesos se analizó el trabajo de otros autores, donde se identificó que lo desarrollado por estos autores se encontraba dentro de alguno de los tres procesos.

En este trabajo de investigación se presenta una propuesta que integra los tres procesos: Desarrollo de Biblioteca de Familias, Elaboración de Plantillas Específicas y Desarrollo de aplicaciones específicas BIM. Esta propuesta busca optimizar la gestión de proyectos en el contexto del modelado BIM, facilitando la creación de modelos estandarizados y mejorando la eficiencia en el diseño y la ejecución de centros educativos. Al abordar estos procesos de manera conjunta, se maximizó la productividad y la calidad de los resultados en el desarrollado.

Tanto este trabajo como el de Condori (2023) coinciden en que la automatización de procesos BIM es una herramienta efectiva para mejorar el flujo de trabajo en proyectos educativos, especialmente en lo que respecta a la organización y precisión de la información. Este trabajo sugiere que la automatización tiene un impacto más significativo en la etapa de diseño, mientras que Condori (2023) señala beneficios adicionales en etapas posteriores, como la ejecución. Esta comparación apoya la idea de que la implementación de BIM en proyectos educativos puede ser adaptable, ofreciendo beneficios particulares en cada etapa del proyecto según el objetivo y alcance de la automatización que se aplique.

La hipótesis específica 2 planteada fue “Estableciendo estrategias de modelado de los elementos que integran los proyectos de centros educativos se mejorará los flujos de trabajo”.

Huamaní (2019), nos sugiere establecer un nivel LOD para los elementos a modelar, de acuerdo a los objetivos del proyecto, establecer un sistema de clasificación y codificación, como también establecer una librería estándar de materiales.

También nos indica que debemos de modelar los más cercano posible al proceso constructivo del proyecto. Establece un diagrama de proceso: Modelado de objetos BIM con propósitos de metrados, en el cual nos describe 4 fases para el modelado de objetos BIM y algunos procesos adicionales para gestionar la información y obtener metrados, con el cual en su mayoría se considera tiene una buena secuencia de modelado si se cuenta con los planos de un proyecto y posteriormente se quiere realizar el modelo en 3D.

Se coincide en que la implementación de un LOD adaptado mejora la precisión y reduce el tiempo de trabajo en el modelado. En este trabajo, el establecimiento de un LOD específico para proyectos educativos también optimizó la organización y la revisión del diseño, permitiendo lograr una documentación más detallada y precisa en menor tiempo, similar a los resultados de Huamaní en cuanto a la precisión y eficiencia lograda en metrados.

Cabrera (2023) nos indica que debemos crear parámetros del proyecto que nos permitirá filtrar y cuantificar la información. Nos indica que para una plantilla establecida con el objetivo de cuantificar, es necesario definir parámetros que contengan información relevante para cuantificar, y también establecer los materiales que contengan información de las especificaciones técnicas. En los criterios de modelado para metrados nos establece pautas a considerar en el modelado 3D, no indica un orden específico, pero indica la categoría del elemento a modelar.

Cabrera (2023) concluyó que las bibliotecas de familias y plantillas específicas optimizan el flujo de trabajo al reducir errores y permitir un diseño consistente, además se enfocó en proyectos comerciales. En este trabajo, la creación de bibliotecas de elementos adaptados a proyectos educativos mejoró la consistencia en el diseño, simplificó el proceso de modelado y redujo el tiempo requerido para completar tareas de documentación.

Condori (2023) nos indica que debemos desarrollar una biblioteca de familias, de acuerdo a la especialidad y con los requerimientos necesarios, establecer una

codificación de los elementos estructurales para un mayor control de la información, definir los niveles estructurales, elaborar una plantilla específica para el objetivo del proyecto. También realiza un manual guía para el buen uso de Revit, el cual se considera tiene una buena explicación sobre el modelado. Posteriormente nos indica que debemos desarrollar plantillas de vistas por especialidad y definir los parámetros para la gestión de la información, también debemos definir los Niveles de Desarrollo y de Información LOD-LOI, antes de realizar el modelado.

En este trabajo de investigación se presenta una propuesta que establece estrategias de modelado de los elementos que integran los proyectos de centros educativos de considerando las recomendaciones de los diferentes autores mencionados, para mejorar los flujos de trabajo.

Tanto el estudio de Condori (2023) como este trabajo, se encontraron que las plantillas y bibliotecas estandarizadas permiten una mayor organización y una colaboración más fluida en el diseño de proyectos educativos. En este trabajo, estas herramientas mejoraron la eficiencia en la etapa de diseño, mientras que el trabajo de Condori (2023) mostró que su impacto se extendió también a la fase de ejecución, contribuyendo a la integración entre disciplinas. Esto indica que, aunque las estrategias de modelado mejoran el flujo de trabajo en diseño, su alcance puede variar si se aplican también a fases posteriores. Los resultados de Condori (2023) sugieren que la estandarización en BIM tiene beneficios escalables en la planificación y construcción, mientras que este trabajo los beneficios están más concentrados en la etapa inicial de diseño, agilizando y optimizando de mayor manera esta etapa.

La hipótesis específica 3 planteada fue “Diseñando códigos con la herramienta Dynamo se reducirá la duración de los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos”.

Pumar (2021) desarrolló un conjunto de códigos en Dynamo para agilizar tareas repetitivas en proyectos de edificación. En su estudio, Pumar reportó una reducción de tiempos considerable en el modelado BIM al automatizar procesos como la creación y gestión de elementos estructurales básicos y la generación de etiquetados en las etapas de diseño.

Tanto el estudio de Pumar (2021) como este trabajo, se obtuvieron resultados favorables en la reducción de tiempo y en la mejora de precisión, existen diferencias en el tipo de tareas específicas que se beneficiaron de la automatización. En el estudio de

Pumar (2021), las reducciones de tiempo se lograron mayormente en el etiquetado de componentes y en la creación de elementos estructurales comunes, lo que es aplicable en una variedad de proyectos de edificación general, mientras que este trabajo se enfocó en la etapa de diseño de centros educativos, dándole más eficiencia en la etapa inicial.

Se ha realizado el diseño de 14 códigos seleccionados, de acuerdo a las recomendaciones de los trabajos de investigación mencionados en las antecedentes de investigación.

De acuerdo a los resultados de los trabajos de investigaciones estudiados, estamos de acuerdo que diseñar códigos con la herramienta Dynamo para automatizar tareas repetitivas reducimos el tiempo significativamente en el modelado en Revit, como también los errores de modelado y gestión de la información.

CONCLUSIONES

Se logro desarrollar la automatización los procesos BIM para mejorar los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos.

Se determino 3 procesos BIM para mejorar los flujos de trabajo en la etapa de diseño que se realizan con la herramienta Revit en los proyectos de centros educativos, los cuales son: Desarrollo de Biblioteca de Familias, Elaboración de Plantillas Específicas y Desarrollo de aplicaciones específicas BIM. Estos procesos se desarrollaron en una propuesta descrita en el Capítulo IV: Resultados, que dotan de mayor eficiencia a los trabajos que se realizan con la metodología BIM, al generar modelos de centros educativos siguiendo un modelo estándar establecido.

Se estableció estrategias de modelado de los elementos que integran los proyectos de centros educativos para mejorar los flujos de trabajo. En la propuesta planteada se desarrolló las bibliotecas de familias, platilla de vistas, la codificación de elementos estructurales, la definición de los niveles en Revit y estrategias de modelado. De esta forma se generó un modelo de centro educativo que servirá como modelo estándar para próximos proyectos.

Se diseño 14 códigos por medio de la programación visual con la herramienta Dynamo, para automatizar procesos en el modelado, gestión y documentación de los elementos que integren el proyecto, reduciendo la duración y errores en los flujos de trabajo en la etapa de diseño centros educativos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Universidad Privada de Tacna implementar la enseñanza del uso del software Revit, además del AutoCad en el curso de diseño en ingeniería. Esto servirá de base para determinar los procesos BIM en los flujos de trabajo en el modelado 3D, para luego poder ingresar al mundo de la automatización de procesos BIM.

Se recomienda a los ingenieros civiles de la ciudad Tacna que estén inmersos en proyectos de construcción, adquirir formación y capacitación sobre metodología BIM y los softwares empleados para el modelado 3D, y así mejorar la calidad de sus proyectos.

Se recomienda a los futuros investigadores seguir en el desarrollo de códigos con la herramienta Dynamo para los diversos procesos del modelado 3D, gestión y documentación de proyectos de centros educativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza Vizcarra, J. A. (2015). *Aplicación de metodología BIM para mejorar la gestión de proyectos de edificaciones en Tacna* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Aryani, A. L., Brahim, J., & Fathi, M. S. (2014). The development of building information modeling (BIM) definition. *Applied Mechanics and Materials*, 567. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.567.625>
- Benavente Lepe, M. M. (2019). *Diseño de modelos BIM para infraestructuras civiles con DYNAMO* [Trabajo Fin de Grado Inédito]. Universidad de Sevilla.
- Bilbao Salazar, A. E. (2019). *Análisis y aplicación del programa BIM orientado al cálculo y diseño estructural "SDS/2", de la empresa NEMETSCHEK* [Trabajo de Titulación]. Universidad Técnica Federico Santa María.
- Braul Moreno, A. E., & Rios Rugel, R. G. (2018). *Automatización en la elaboración del presupuesto y calendario valorizado a nivel de casco estructural en la etapa de licitación de un proyecto de edificación* [Tesis de Pregrado]. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- buildingSMART Spain. (2021). Introducción a la serie en ISO 19650. *Obtenido de [https://www. Buildingsmart. Es/Recursos/En-Iso-19650](https://www.buildingsmart.es/Recursos/En-Iso-19650)*.
- BuildingSMART Spain. (2021). Manual de nomenclatura de documentos al utilizar BIM. In *BuildingSMART*.
- Cabrera Chávarri, E. M. (2023). *Automatización de procesos en las fases de diseño y documentación de expedientes técnicos utilizando la metodología VDC/BIM y la programación visual*.
- Chambilla Zamata, C. P. (2016). *Análisis, diseño estructural e instalaciones sanitarias de un edificio de departamentos de 05 niveles y 01 semisótano, utilizando plataforma BIM, en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero* [Tesis de Pregrado]. Universidad Católica de Santa Maria.
- Condori Atencio, J. J. (2023). *Desarrollo de procesos en el diseño y planificación aplicando la metodología BIM-VDC para mejorar la gestión de proyectos durante la ejecución de una infraestructura educativa, región de Tacna, 2022* [Tesis de Maestría]. Universidad Privada de Tacna.

- González Márquez, R. J. (2014). Introducción a la metodología BIM. *Spanish Journal of Building Information Modeling*, No 14, 4–10.
- Huamaní Fernández, H. (2019). *Propuesta de modelado en objetos BIM para automatización de metrados de acuerdo a la norma técnica aplicada a una edificación en Huamanga-Ayacucho-2019* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Latiffi, A. A., Brahim, J., & Fathi, M. S. (2014). The Development of Building Information Modeling (BIM) Definition. *Applied Mechanics and Materials*, 567(625–630). <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.567.625>
- Manau Gimenez, A. (2022). *Scripts de Dynamo para la automatización de un modelo BIM en fase de diseño de un proyecto* [Trabajo Fin de Grado]. Universitat Politècnica de Catalunya.
- MEF. (2021). *GUÍA NACIONAL BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM*.
- Nezamaldin, D. (2019). *Parametric design with Visual programming in Dynamo with Revit: The conversion from CAD models to BIM and the design of analytical applications* [Tesis de Maestría]. KTH Real Instituto de Tecnología.
- Pumar Ortiz, M. (2021). *Automatización de los procesos en modelos BIM de edificación*.
- Quispeluzza Herrera, M. R. (2022). *Aplicación de la metodología BIM+ VR/AR para mejorar el diseño de Proyectos de Inversión Pública en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann–Tacna* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Rodríguez Castillejo, W., & Valdez Cáceres, D. (2012). Mejoramiento de la productividad en la construcción de obras con Lean Construction, Trenchless, Cyclone, EZStroke, BIM. In *Editorial Cultura abierta-Lima–Perú*. Editorial Culturabierta E.I.R.L.
- Tacora Mariaca, A. A., & Rivera Charca, M. E. (2020). *Aplicación de la metodología BIM (Building Information Modeling) para mejorar los alcances en la etapa de diseño en proyectos de centros comerciales en la ciudad de Tacna, 2020* [Tesis de Pregrado]. Universidad Privada de Tacna.

Tiznado Canaza, P. J., & Espíritu Pérez, Y. B. (2020). *Desarrollo del lenguaje de programación para la automatización en Dynamo con propósito de metrados* [Tesis de Grado de Bachiller]. Universidad Peruana Unión.

Tovar Calpena, F. J. (2020). *Automatización del modelado BIM para la obtención de presupuesto en tiempo real* [Tesis de Pregrado]. Universidad de Alicante.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicador	Metodología
Problema general ¿Cuál es la influencia de la automatización de procesos BIM para mejorar los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos?	Objetivo general Automatizar los procesos BIM para mejorar los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos.	Hipótesis general Mediante la aplicación de la automatización de procesos BIM se mejorará los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos.	Variable independiente - Aplicación de la automatización de procesos BIM.	- Automatización procesos BIM	Tipo de investigación: - Investigación aplicada Nivel de investigación: - Aplicativo
Problemas específicos a. ¿Cómo determinar procesos BIM para mejorar los flujos de trabajo en la etapa de diseño que se realizan con la herramienta Revit en los proyectos de centros educativos? b. ¿Cómo establecer estrategias de modelado de los elementos que integran los proyectos de centros educativos para mejorar los flujos de trabajo? c. ¿Cómo diseñar códigos con la herramienta Dynamo que reduzcan la duración de los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos?	Objetivos específicos a. Determinar procesos BIM para mejorar los flujos de trabajo en la etapa de diseño que se realizan con la herramienta Revit en los proyectos de centros educativos, y así dotar de mayor eficiencia a los trabajos que se realizan con la metodología BIM. b. Establecer estrategias de modelado de los elementos que integran los proyectos de centros educativos para mejorar los flujos de trabajo. c. Diseñar códigos con la herramienta Dynamo que reduzcan la duración de los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos.	Hipótesis específicas a. Determinando los procesos BIM se mejorará los flujos de trabajo en la etapa de diseño que se realizan con la herramienta Revit en los proyectos de centros educativos, y así dotaran de mayor eficiencia a los trabajos que se realizan con la metodología BIM. b. Estableciendo estrategias de modelado de los elementos que integran los proyectos de centros educativos se mejorará los flujos de trabajo. c. Diseñando códigos con la herramienta Dynamo se reducirá la duración de los flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos.	Variable dependiente - Flujos de trabajo en la etapa de diseño en proyectos de centros educativos.	- Flujos de trabajo - Etapa de diseño	Diseño de investigación - Experimentales