



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

“EVALUACIÓN APLICATIVA E INTEGRACIÓN DE DISEÑO Y
PRESUPUESTO EN ENTORNOS BIM, EN COMPARACIÓN CON EL
SISTEMA TRADICIONAL”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

PARRALES MEJILLONES DAVID JORGE
REYES DE LA A EVELYN BRIGGETTE

TUTOR:

Ing. LUIS MIGUEL PÉREZ PANCHEZ, MSc.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2026

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación es dedicado para mi familia, quienes me han apoyado y dado ánimos cada que lo necesitaba y no solamente cuando lo pedía.

Para mis compañeros y amigos que han sido un pilar fundamental en todo este proceso, especialmente a Evelyn y Dave, quienes me acompañaron todo el camino universitario.

Pero, sobre todo, esto es para Irene y Rebeca, quienes fueron, son y siempre serán mi motivación para nunca dejar de seguir adelante, las amo y toda meta que cumpla en la vida será para ellas.

Parrales Mejillones David

DEDICATORIA

El presente trabajo de Integración curricular va dedicado a Dios, a mis padres Oswaldo Reyes y Fanny De La A por su amor, sacrificios y apoyo incondicional durante todo este camino, A mis amigos, David Parrales y al ingeniero Javier Prudente por acompañarme en esta etapa, por las palabras de ánimo, las risas y por hacer más especial este recorrido.

Reyes De La A Evelyn

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia, quienes han sido mi motivación para nunca rendirme sin importar cuantas veces el camino se haya puesto complicado, y por ellos es que estoy aquí, espero lograr hacerlos sentir orgullosos.

A mis amigos, quienes fueron mi soporte emocional más de una vez, en especial a Eduardo quien fue un faro de luz en uno de mis momentos más oscuros, y fue un impulso para recuperar mi estabilidad en la vida universitaria.

A mis hermanos de otros padres, Jesse, Dave y Evelyn, quienes en su momento fueron un escape a la dura realidad del mundo y me hicieron dar cuenta que después de un momento oscuro siempre habrá luz.

A Mero DLC y Moifez, por acompañarme todas las noches y momentos donde necesitaba dejar de sobrepensar, y ellos estaban ahí para hacerme reír.

Pero sobre todo gracias a mi madre y mi hermanita, quienes siempre serán mi motivación para mejorar como persona en todos los aspectos, gracias Irena y gracias Churus, las adoro con mi vida, gracias por todo.

Parrales Mejillones David

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar agradeciendo a Dios, por permitirme llegar hasta este momento y por acompañarme durante todo este proceso. Sin duda, su fidelidad ha estado presente en cada etapa de este camino. Agradezco profundamente a mis padres, por su amor, apoyo y confianza incondicional. A mi tutor de tesis, gracias por su orientación, disposición y paciencia durante el desarrollo de este trabajo.

A mi amigo y compañero de tesis David Parrales quien estuvo conmigo desde que empezó esta carrera universitaria, compartiendo aprendizaje, experiencias, alegrías y momentos que quedarán como parte de un recuerdo muy especial. A todos mis amigos que han sido parte de todo este proceso. Gracias por el apoyo y por hacer más llevadero este camino.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que, de una u otra manera, aportaron para que hoy pueda estar culminando esta etapa. Algunas contribuciones quizá fueron pequeñas, pero todas tuvieron un significado especial para mí. Hoy cierro este capítulo con el corazón lleno de gratitud. Detrás de este trabajo existen muchas horas de esfuerzo, momentos difíciles, aprendizajes y, sobre todo, personas que estuvieron presentes y me ayudaron a no rendirme.

Reyes De La A Evelyn

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

La libertad, 20 de julio de 2026

Ing. LUIS MIGUEL PÉREZ PANCHEZ, MS.c

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo **EVALUACIÓN APLICATIVA E INTEGRACIÓN DE DISEÑO Y PRESUPUESTO EN ENTORNOS BIM, EN COMPARACIÓN CON EL SISTEMA TRADICIONAL** previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, elaborado por los señores Sr. David Jorge Parrales Mejillones y Sra. Evelyn Briggette Reyes de la A , egresado de la carrera de Ingeniería Civil Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis P', is written over a horizontal line.

Ing. LUIS MIGUEL PÉREZ PANCHEZ, MS.c

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La libertad, 31 de julio de 2026

Nosotros, **Parrales Mejillones David Jorge Y Reyes De La A Evelyn Brigette**

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación “**EVALUACIÓN APLICATIVA E INTEGRACIÓN DE DISEÑO Y PRESUPUESTO EN ENTORNOS BIM, EN COMPARACIÓN CON EL SISTEMA TRADICIONAL**” previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

LA AUTORA



Reyes De La A, Evelyn Brigette

EL AUTOR



Parrales Mejillones, David Jorge

AUTORIZACIÓN

La libertad, 31 de julio de 2026

Nosotros, **Parrales Mejillones David Jorge Y Reyes De La A Evelyn Brigette**

Autorizamos a la Universidad Península de Santa Elena la publicación en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación denominado **“EVALUACIÓN APLICATIVA E INTEGRACIÓN DE DISEÑO Y PRESUPUESTO EN ENTORNOS BIM, EN COMPARACIÓN CON EL SISTEMA TRADICIONAL”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 31 días mes de julio del año 2026

LA AUTORA



Reyes De La A, Evelyn Brigette

EL AUTOR



Parrales Mejillones, David Jorge

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

La Libertad, 11 de agosto 2026

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **"EVALUACIÓN APLICATIVA E INTEGRACIÓN DE DISEÑO Y PRESUPUESTO EN ENTORNOS BIM, EN COMPARACIÓN CON EL SISTEMA TRADICIONAL"** elaborado por Parrales Mejillones David Jorge y Reyes De La A Evelyn Briggette, egresados de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 10% de la valoración permitida.

FIRMA DEL TUTOR

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Luis M. Pérez', is written over a horizontal line.

Ing. Luis Miguel Pérez Panchez, Msc.

REPORTE DE ANÁLISIS (ANTIPLAGIO)



Certificado de análisis
Compilatio Magister+ | UPSE-ECU

PARRALES-REYES Final 6.0 Solo Texto

ID : 56a77d82bfc8f863acb3647f4514e7b394c00a6c



10%
Textos sospechosos

Nombre del fichero : PARRALES-REYES Final 6.0 Solo Texto.txt
Tamaño del archivo original : 236,45 kB
Número de palabras : 6908

Depositante :
Fecha de depósito : 11 de agosto de 2026
Tipo de carga : interface
Fecha de fin de análisis : 11 de agosto de 2026

Resumen (sección 1/2)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :



Similitudes

<1%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



Detección de IA

7%

Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA.

Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.



Idiomas no reconocidos

3%

Pasajes en los que parte del vocabulario utilizado no forma parte del diccionario de la lengua.

Puede tratarse de un intento del autor de modificar el texto para evitar ser detectado.



No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :



Textos entre comillas

0%

Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Yo, Magister Betty Ruth Gómez Suárez. Luego de revisar el contenido del trabajo de integración curricular en opción al título de **INGENIERO/A CIVIL** de: **PARRALES MEJILLONES DAVID JORGE** y **REYES DE LA A EVELYN BRIGGETTE**. cuyo tema es: **“EVALUACIÓN APLICATIVA E INTEGRACIÓN DE DISEÑO Y PRESUPUESTO EN ENTORNOS BIM, EN COMPARACIÓN CON EL SISTEMA TRADICIONAL”**. Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad, y autorizo a los interesados hacer uso del presente como estimen convincente.

Santa Elena, 8 de julio del 2026

Atentamente,

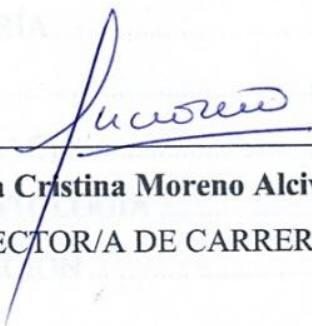


Mgtr. Betty Ruth Gómez Suárez

Registro SENESCYT 1050-14-86052892

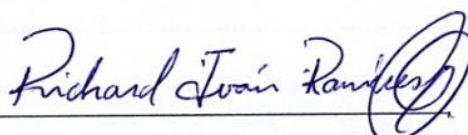
Cuarto nivel.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcivar, Ph.D.

DIRECTOR/A DE CARRERA



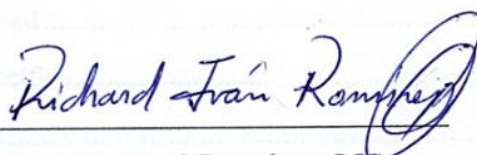
Ing. Richard Ramirez, MSc.

DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Luis Miguel Pérez Páñez, MSc.

DOCENTE TUTOR/A



Ing. Richard Ramírez, MSc.

DOCENTE GUÍA DE LA UIC

CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	vii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	viii
AUTORIZACIÓN.....	ix
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	x
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA	xi
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	xii
CONTENIDO.....	xiv
LISTA DE TABLAS	xvii
LISTA DE FIGURAS.....	xxi
RESUMEN	xxiii
ABSTRACT	xxiv
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES.....	3
1.3 HIPÓTESIS	5
1.3.1 Hipótesis general	5
1.3.2 Hipótesis Específica.....	5
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivo específico	5
1.5 ALCANCE	6
1.6 VARIABLES	6
1.6.1 Variables Dependientes:	6
1.6.2 Variables Independientes.....	6

CAPITULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. PRESUPUESTOS EN LA CONSTRUCCIÓN.....	7
2.2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	7
2.3. METODOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)	8
2.4 DIMENSIONES BIM.....	8
2.5 NIVEL DE DESARROLLO (LEVEL OF DEVELOPMENT - LOD).....	9
2.6 CUANTIFICACIÓN DE OBRA (METRADOS)	10
CAPITULO III	12
METODOLOGÍA	12
3.1 Tipo y Nivel de Investigación.....	12
3.2 MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	12
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	13
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	14
3.5 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	14
CAPITULO IV	19
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	19
4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL O.E1.....	19
4.1.1 Modelado estructural en Revit.....	19
4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL O.E2	20
4.2.1Cuantificación de Volúmenes mediante BIM	20
4.2.2 Cuantificación de Volúmenes mediante el Método Tradicional	22
4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL O.E 3.....	74
4.3.1 Presupuesto resultante del diseño digital 3D.....	74
4.3.2 Presupuesto resultante del método tradicional.....	75
4.3.3 Comparación de Cantidades.	76
4.3.4 Comparación de Costos.	77

CAPITULO V	79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
5.1 CONCLUSIONES	79
5.2 RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXOS	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de C1	23
Tabla 2. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de C2	24
Tabla 3. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de C3	25
Tabla 4. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de C4	26
Tabla 5. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de C5	27
Tabla 6. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de C6	27
Tabla 7. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de C7	28
Tabla 8. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de C8	28
Tabla 9. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de M1	29
Tabla 10. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de M2	30
Tabla 11. Cálculo del peso de acero de Muro S1	31
Tabla 12. Cálculo del peso de acero de Muro S2	31
Tabla 13. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V1	32
Tabla 14. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V2	33
Tabla 15. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V3	34
Tabla 16. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V4	35
Tabla 17. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V5	36
Tabla 18. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V6	37
Tabla 19. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V7/N1	37
Tabla 20. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V7/N2-N3	38
Tabla 21. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V8	39

Tabla 22. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V9	40
Tabla 23. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V10	41
Tabla 24. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V11	41
Tabla 25. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V12	42
Tabla 26. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V13	43
Tabla 27. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V14	44
Tabla 28. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V15	45
Tabla 29. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V16	46
Tabla 30. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V17	47
Tabla 31. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V18	47
Tabla 32. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V19	48
Tabla 33. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V20	49
Tabla 34. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V21	50
Tabla 35. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V22	51
Tabla 36. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V23	51
Tabla 37. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V24	52
Tabla 38. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V25	52
Tabla 39. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V26	53
Tabla 40. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Vigüeta N1	53
Tabla 41. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Vigüeta N2 y N3	54
Tabla 42. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Vigüeta N4	54
Tabla 43. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R1	55
Tabla 44. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R2	56

Tabla 45. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R3	56
Tabla 46. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R4	57
Tabla 47. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R5	57
Tabla 48. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R6	58
Tabla 49. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R7	58
Tabla 50. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R8	59
Tabla 51. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R9	59
Tabla 52. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R10	60
Tabla 53. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R11-R12	60
Tabla 54. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R13	61
Tabla 55. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R14	62
Tabla 56. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z1	63
Tabla 57. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z2	63
Tabla 58. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z3	64
Tabla 59. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z4	64
Tabla 60. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z5	65
Tabla 61. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z6-Z7.....	65
Tabla 62. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z8	66
Tabla 63. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z9	66
Tabla 64. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z10	67
Tabla 65. Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z11	67
Tabla 66. Cálculo de volumen de hormigón de N1.....	68
Tabla 67. Cálculo de volumen de hormigón de Losa N2 y N3	68

Tabla 68. Cálculo de volumen de hormigón de Losa N4.....	68
Tabla 69. Precios unitarios para columnas.....	69
Tabla 70. Precios unitarios para riostras/vigas.....	70
Tabla 71. Precios unitarios para losa de entrepiso	71
Tabla 72. Precios unitarios para zapatas y losas de cimentaciones.....	72
Tabla 73. Precios unitarios para acero $F_y=4200 \text{ kg/m}^2$	73
Tabla 74. Presupuesto resultante de hormigón del diseño 3D.....	74
Tabla 75. Presupuesto resultante de acero del diseño 3D	74
Tabla 76. Presupuesto resultante de hormigón en método tradicional.....	75
Tabla 77. Presupuesto resultante de acero en método tradicional.....	76
Tabla 78. Comparación de cantidad de hormigón.....	76
Tabla 79. Comparación de cantidad de acero.....	76
Tabla 80. Comparación de costos en hormigón	77
Tabla 81. Comparación de costos de acero	77

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Dimensiones BIM	9
Figura 2. Plano estructural, vista en planta del edificio 4Pl Oeste	15
Figura 3. Plano estructural, vista en planta del edificio 4Pl Oeste, zapatas	15
Figura 4 Modelado 3D del pabellón de aulas en el software REVIT	16
Figura 5. Modelado 3D del pabellón de aulas en el software REVIT	17
Figura 6 Cuantificación de obra aplicando procedimientos convencionales de metrado	18
Figura 7 Modelado estructural del pabellón de aulas en el software REVIT	19
Figura 9 Modelado estructural del pabellón de aulas en el software REVIT	20
Figura 10 Volúmenes obtenidos mediante BIM	20
Figura 11 Volúmenes de acero obtenidos mediante BIM.....	21
Figura 12 Cimentación, vista en planta del diseño 3D.....	84
Figura 13 Planta baja, vista en planta del diseño 3D	84
Figura 14 Segunda planta, vista en planta del diseño 3D	85
Figura 15 Tercera planta, vista en planta del diseño 3D	85
Figura 16 Cuarta planta, vista en planta del diseño 3D.....	86
Figura 17 Tabla de pesos de acero utilizada.....	86
Figura 18 Vista real de la estructura analizada	86
Figura 19 Vista modelada de la estructura analizada.....	87
Figura 20 Vista alterna real de la estructura analizada.....	87

Figura 21	Vista alterna modelada de la estructura analizada	88
Figura 22	Vista interna real de la estructura analizada	88
Figura 23	Vista interna modelada de la estructura analizada	89

“EVALUACIÓN APLICATIVA E INTEGRACIÓN DE DISEÑO Y PRESUPUESTO EN ENTORNOS BIM, EN COMPARACIÓN CON EL SISTEMA TRADICIONAL”

Autores: Parrales Mejillones David Jorge

Reyes De La A Evelyn Brigette

Tutor: Pérez Panchez Luis Miguel

RESUMEN

La metodología más utilizada para realizar presupuestos en proyectos de construcción ha sufrido actualizaciones mínimas desde su creación, y por su sencillez los ejecutores de proyectos tienden a limitarse en esta única forma sin siquiera considerar otras alternativas.

Pero la tecnología ha avanzado sin parar y con la implementación de diversos programas se puede automatizar todas las fases de un proyecto, incluida la creación del presupuesto la cual no solo puede ser realizada con una mayor precisión, minimizando los gastos innecesarios y evitando posibles errores que son fácilmente realizados por las personas.

Con la implementación del programa “Autodesk REVIT” se puede realizar una representación 3D de la estructura y este nos da una cantidad de los materiales necesarios para su construcción. Asimismo, al tener una estructura digital 3D facilita la visualización fase por fase de la obra, y una mayor facilidad para implementar algún cambio si este fuera necesario, ajustando automáticamente las cantidades necesarias de material.

PALABRAS CLAVE: Presupuesto, modelado 3D, REVIT, medrado, volumetría.

“APPLIED EVALUATION AND INTEGRATION OF DESIGN AND COST ESTIMATION IN BIM ENVIRONMENTS COMPARED TO THE TRADITIONAL SYSTEM”

Autores: Parrales Mejillones David Jorge

Reyes De La A Evelyn Brigette

Tutor: Pérez Panchez Luis Miguel

ABSTRACT

The most widely used methodology for preparing construction project budgets has undergone only minimal updates since its inception. Due to its simplicity, project managers and contractors often rely exclusively on this traditional approach without considering alternative methods.

However, technological advancements have transformed the construction industry, enabling the automation of virtually every stage of a project, including cost estimation. Budget preparation can now be completed with greater accuracy, reducing unnecessary expenses and minimizing human errors commonly associated with manual calculations.

The implementation of Autodesk Revit allows for the creation of a three-dimensional (3D) digital model of a structure, from which accurate material quantities required for construction can be automatically generated. Furthermore, the availability of a 3D digital model facilitates the visualization of each construction phase and simplifies the incorporation of design modifications, automatically updating material quantities whenever changes are made.

KEYWORDS: Budgeting, 3D modeling, Revit, quantity takeoff, volumetric measure.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En Ecuador, elaborar presupuestos es una de las etapas más críticas dentro del desarrollo de un proyecto, un cálculo de presupuestos que sea preciso nos permite no solo obtener correctamente los recursos económicos necesarios, sino que también nos permite planificar de forma correcta y eficiente el uso de materiales, equipos o mano de obra.

Tradicionalmente, este proceso se ha hecho utilizando métodos convencionales en los que se deben usar los planos 2D, cálculos métricos realizados de forma manual y análisis de precios unitarios (APU), apoyados por herramientas como las hojas de cálculo y catálogos proporcionados por instituciones como el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, el Servicio Nacional de Contratación Pública y los Gobiernos Autónomos Descentralizados. Pero, a pesar de su amplia aceptación y su uso casi general, la forma tradicional presenta muchas limitaciones en el contexto actual, una de las principales es la dificultad de procesar modificaciones, cualquier modificación en los planos requiere rehacer los cálculos de cantidades desde cero, lo que implica pérdida de tiempo y un mayor riesgo de ocurrencia de errores humanos.

Esta situación se vuelve aún más compleja en proyectos de gran escala o de diseño cambiante donde las actualizaciones frecuentes son constantes, en el enfoque tradicional los datos sobre cantidades, materiales, rendimientos y precios se encuentran distribuidos en diferentes documentos, lo que dificulta su control, seguimiento y validación. Esta esparsión de información genera un entorno propenso a omisiones, duplicados y conflictos entre lo diseñado, lo presupuestado y lo que a la final construye. Además, en muchos casos, la cronología de los cambios no está bien documentada, y esto dificulta la toma de decisiones óptimas o correctas durante las etapas de planificación y ejecución. Al contrario de esta situación, en los últimos años han surgido alternativas tecnológicas que buscan sobreponerse a estas limitaciones: el uso de herramientas, entre las cuales destaca Revit.

Esta metodología permite integrar todo en un único modelo digital tridimensional toda la información relevante del proyecto, incluyendo dimensiones, especificaciones técnicas,

materiales, cantidades y costos. En este contexto, cualquier cambio realizado en el diseño se actualiza de forma automática dentro de todas las vistas y listados vinculados con el cuerpo modificado, lo que mejora de forma significativa la eficiencia y también la precisión del presupuesto.

En Ecuador, el uso de Revit y otras herramientas BIM aún no se ha popularizado, pero en los últimos tiempos ha empezado a ganar terreno, especialmente en el sector privado y en ciertos proyectos institucionales que son de una envergadura significativa. No obstante, aún hay una brecha muy considerable entre las capacidades tecnológicas del público general y las prácticas realizadas en el sector constructivo nacional. La mayoría de las empresas constructoras, más que nada las pequeñas y medianas, siguen elaborando presupuestos de forma tradicional, en parte por falta de conocimiento, en parte también por la ausencia de normativa que promueva el uso obligatorio de modelos digitales, asimismo por los costos iniciales que siempre implica implementar nuevas tecnologías.

En el ámbito académico, aunque algunas universidades ecuatorianas han empezado a incorporar herramientas BIM en su currículo, aún existen limitaciones en cuanto a profundidad, práctica y pedagogía en relación con los procesos reales del sector. Esto genera una brecha significativa entre lo que los estudiantes aprenden y lo que encontrarán en el campo laboral, manteniendo una dependencia a los métodos tradicionales poco eficientes y genera también resistencia al cambio. Este escenario plantea un problema muy evidente: existe una necesidad urgente de analizar de manera sistemática y objetiva las diferencias entre ambos métodos de presupuestación (el tradicional y el basado en Revit) con el fin de generar evidencia y un precedente sobre sus ventajas, desventajas y condiciones en las que se puede o debería aplicar.

Por lo tanto, se identifica como un problema central la falta de estudios comparativos que evidencien la eficiencia del sistema de cálculo tradicional frente al enfoque BIM en la elaboración de presupuestos en Ecuador. Esta situación no solo afecta a los profesionales, sino que también afectará a los futuros ingenieros civiles, arquitectos u otros profesionales de la construcción en formación, quienes podrían verse limitados en su capacidad de aplicar herramientas modernas al no contar con una base que respalde su uso. Esta falta de información sistematizada también restringe el desarrollo de políticas públicas y reformas curriculares que promuevan el uso de tecnologías emergentes en la construcción, lo cual representa una

pérdida de oportunidades en términos de competitividad, productividad y sostenibilidad del sector.

En consecuencia, surge la necesidad de realizar una investigación que no solo compare ambos métodos desde una perspectiva técnica, sino que también la facilidad de modificación, la calidad del resultado, los recursos necesarios y la curva de aprendizaje. El desarrollo de esta tesis busca llenar ese vacío académico, generando un caso de estudio que sirva como precedente con bases cuantitativas para futuras investigaciones, proyectos y estrategias pedagógicas.

1.2 ANTECEDENTES

En los últimos años, la metodología Building Information Modeling (BIM) ha adquirido una importancia significativa dentro del sector de la construcción debido a su capacidad para integrar información digital en las distintas etapas de desarrollo de un proyecto. Su implementación ha permitido optimizar procesos relacionados con el diseño, la cuantificación de obra y la estimación de costos, generando una alternativa más eficiente frente a los métodos tradicionales de presupuestación basados en procedimientos manuales (Sacks et al., 2011).

En el contexto ecuatoriano y latinoamericano, existen investigaciones que han analizado el impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de ingeniería civil, las cuales evidencian mejoras en precisión, control y coordinación, además de beneficios relacionados con la reducción de errores y la optimización de procesos constructivos como modificaciones del mismo (Azhar, 2011).

De manera similar, Creamer Pintado & Creamer Pintado (2024) desarrollaron un estudio enfocado en la eficiencia de los procesos de cuantificación de obra mediante BIM y métodos tradicionales. La investigación evidenció que la automatización de los metrados utilizando modelos digitales reduce de forma considerable las inconsistencias que se pueden crear por la interpretación manual de planos constructivos. Los autores resaltan que la implementación de BIM mejora la precisión de la información y fortalece los procesos de control presupuestario.

En otro trabajo, Andrade Sevilla (2021) analizó las variaciones que se presentan entre las cantidades de obra y los presupuestos obtenidos mediante metodología BIM frente a los métodos tradicionales. Sus resultados demostraron que las diferencias en los procesos de cálculo de cantidades pueden generar impactos bastante significativos en el presupuesto final

de un proyecto, afectando directamente la planificación y la toma de decisiones relacionadas durante la ejecución de obra. El estudio resalta que la integración digital de información en entornos BIM permite un mayor control de cambios en el proyecto.

Godoy Egas & Novoa Salazar (2022) desarrollaron una investigación enfocada en la aplicación de BIM en las áreas estructural, hidrosanitaria y de costos. Los autores determinaron que la implementación de modelos digitales ayuda con la coordinación entre especialidades y permite detectar interferencias antes de que empiece la fase de construcción, lo que ayuda con la gestión del proyecto y a reducir posibles errores durante la ejecución de la obra.

Asimismo, Andrade Valle & Peña Guijarro (2024) realizó un estudio que esta enfocado a la aplicación de BIM 5D en procesos de planificación y diseño, en donde se incorporan variables relacionadas con tiempo y costos dentro del modelo digital. Esta investigación concluyó que la integración de información presupuestaria y cronogramas constructivos nos permite optimizar la planificación del proyecto y mejorar las decisiones en etapas preliminares de diseño y evaluación económica.

Ahora, en el contexto de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Gómez Parrales & Reyes Tomalá (2022) desarrollaron el diseño de ingenierías de un pabellón de aulas utilizando herramientas BIM, mas específicamente un software especializado para el modelado estructural y la integración de información técnica del proyecto. Aunque este estudio fue orientado al diseño y coordinación de especialidades, sus resultados evidencian el potencial de BIM como una herramienta para mejorar la organización y gestión de la información en proyectos civiles.

De igual manera, Flores Malave (2023) aplicó la metodología BIM en el diseño de instalaciones hidrosanitarias y eléctricas para una edificación universitaria, concluyendo que el uso de modelos digitales mejora la precisión en la planificación y coordinación de sistemas constructivos. Este trabajo demuestra la creciente implementación de herramientas BIM dentro del contexto académico de la UPSE y evidencia la viabilidad de su aplicación en procesos de diseño y gestión técnica. A partir de los antecedentes revisados, se evidencia que gran parte de las investigaciones relacionadas con BIM se enfocan en optimizar procesos de diseño, coordinación multidisciplinaria y cuantificación de obra. Sin embargo, existe una limitada cantidad de estudios orientados específicamente al análisis comparativo de los cálculos relacionados con el presupuesto mediante BIM y métodos tradicionales dentro del contexto universitario ecuatoriano.

1.3 HIPÓTESIS

1.3.1 Hipótesis general

La aplicación de la metodología BIM en la elaboración de presupuestos de una estructura civil es más eficiente que el método tradicional basado en análisis de precios unitarios (APU), al permitir una mayor precisión en la cuantificación de obra, esta comparación se realizará usando como ejemplo la estructura de 4 plantas de la UPSE, la cual sirve de edificio académico.

1.3.2 Hipótesis Específica

H.E.1 La cuantificación de obra obtenida mediante la metodología BIM presenta mayor precisión que la realizada mediante métodos tradicionales.

H.E.2 Existen diferencias cuantificables en el costo total del presupuesto obtenido mediante BIM en comparación con el método tradicional

H.E.3. La integración de la información en modelos BIM mejora la eficiencia en la elaboración de presupuestos frente a los métodos convencionales.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la eficiencia que tiene un presupuesto enfocado en el área estructural de los edificios de 4 plantas de la UPSE realizado a partir de la volumetría obtenida en Revit sobre un presupuesto realizado con el método tradicional con análisis de precios unitarios, comparando los valores resultantes entre ambos valores, para que sirva como base en la toma de decisiones sobre la implementación de metodologías BIM en la elaboración de presupuestos de proyectos de construcción.

1.4.2 Objetivo específico

1. Elaborar el modelo tridimensional de los elementos estructurales de una edificación en Revit.
2. Obtener las cantidades volumétricas precisas con el programa Revit, y también con el levantamiento de volúmenes usando como referencia los planos 2D.
3. Calcular los costos de los materiales requeridos para la construcción del área estructural utilizando las cantidades obtenidas del modelo en Revit y mediante el método tradicional de

análisis de precios unitarios, comparando las cantidades y los costos totales obtenidos mediante ambas metodologías, identificando variaciones entre ambas.

1.5 ALCANCE

Este trabajo de titulación se enfoca en la evaluación de eficiencia entre dos metodologías distintas para la elaboración de presupuestos de una estructura civil comparando los volúmenes obtenidos entre la metodología BIM y el método tradicional de análisis de precios unitarios.

La evaluación se limita al análisis de los elementos estructurales de la edificación, considerando los componentes del área estructural, elementos como hormigón armado y acero de refuerzo.

La cuantificación de obra y el cálculo de costos se realizarán exclusivamente sobre estos elementos, para mantener la similitud en la comparación entre ambas metodologías. Asimismo, se excluyen del análisis los componentes arquitectónicos y de instalaciones, tales como mampostería, acabados, sistemas eléctricos, hidrosanitarios y otros elementos no estructurales, debido a que estos no forman parte del objeto principal de estudio.

Asimismo, la evaluación se centra en la comparación de variables como el costo total del presupuesto, pero más que nada, en la precisión de la cuantificación de cantidades, sin considerar aspectos relacionados con la ejecución de obra o el comportamiento estructural. Por lo tanto, los resultados obtenidos serán aplicables únicamente al ámbito del cálculo presupuestal de elementos estructurales, bajo condiciones similares a las del presente estudio.

1.6 VARIABLES

1.6.1 Variables Dependientes:

La eficiencia del presupuesto, medida en:

Precisión en las cantidades

Facilidad para actualizar datos

Nivel de organización del presupuesto

1.6.2 Variables Independientes

El método de presupuestación utilizado un método considerado tradicional con APU desde AutoCAD vs. uno Digital con Revit

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. PRESUPUESTOS EN LA CONSTRUCCIÓN

El presupuesto de obra constituye una herramienta fundamental dentro de la gestión de proyectos de ingeniería civil, ya que permite estimar de manera anticipada los costos necesarios para la ejecución de una edificación o infraestructura (Peurifoy et al., 2018). Este proceso implica la cuantificación y valoración económica de todos los recursos involucrados, tales como materiales, mano de obra, equipos y costos indirectos. La elaboración de un presupuesto preciso es esencial para garantizar la viabilidad económica de un proyecto, así como para facilitar la planificación, control y toma de decisiones durante su ejecución (Kirkham, 2007) . Un presupuesto mal estimado puede generar sobrecostos, retrasos y deficiencias en la gestión del proyecto.

En términos generales, un presupuesto de obra se compone de varios elementos, entre los cuales destacan: costos directos, que incluyen materiales, mano de obra y equipos; y costos indirectos, relacionados con gastos administrativos, utilidades e imprevistos (Peurifoy et al., 2018). La correcta identificación y cálculo de estos componentes permite obtener una estimación más confiable del costo total del proyecto.

2.2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

El análisis de precios unitarios es un método tradicional ampliamente utilizado en la construcción para determinar el costo de cada actividad que forma parte de un proyecto. Este procedimiento consiste en descomponer una unidad de obra en sus componentes básicos, asignando un costo específico a cada uno de ellos (Daniel W. Halpin & Bolivar A. Senior, 2010)

De las principales ventajas del uso de APU se encuentra su nivel de detalle, lo que facilita el control de costos y la identificación de variaciones durante la obra. Sin embargo, también presenta limitaciones, como el tiempo requerido para su elaboración y la posibilidad de errores humanos en la cuantificación de cantidades de obra (Park, 2013)

2.3. METODOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

La metodología BIM (Building Information Modeling) representa un enfoque innovador en la gestión de proyectos de construcción, basado en la creación y utilización de modelos digitales tridimensionales que integran información geométrica y no geométrica del proyecto (Sacks et al., 2011). A diferencia de los métodos tradicionales, BIM permite centralizar la información en un modelo digital que puede ser utilizado a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, desde la etapa de diseño hasta la operación y mantenimiento. Esto facilita la coordinación entre las distintas disciplinas involucradas, reduciendo inconsistencias y errores (Azhar, 2011) .

Herramientas como Revit permiten desarrollar modelos detallados de estructuras, a partir de los cuales es posible obtener de manera automatizada cantidades de obra, tales como volúmenes de concreto, áreas de encofrado y longitudes de elementos estructurales (Monteiro & Poças Martins, 2013). Entre las principales ventajas de la metodología BIM destacan la mejora en la precisión de la información, la reducción de tiempos en procesos de cuantificación y la optimización en la toma de decisiones. No obstante, su implementación requiere capacitación técnica, inversión en software y cambios en los procesos tradicionales de trabajo (Pérez Arnal, 2018).

2.4 DIMENSIONES BIM

Las dimensiones BIM representan la incorporación progresiva de diferentes tipos de información al modelo digital, ampliando sus capacidades más allá de la representación geométrica de una edificación.

La dimensión 3D corresponde al modelado tridimensional de los elementos y es la base de la metodología. La dimensión 4D es la variable tiempo, que permite relacionar el modelo y el cronograma. La dimensión 5D es la información de costos y presupuestos. La dimensión 6D está relacionada con la sostenibilidad y desempeño ambiental.

Por último, la dimensión 7D está orientada al mantenimiento de la infraestructura durante su vida útil. Todo esto convierte al modelo BIM en una fuente centralizada de información que facilita la coordinación entre disciplinas y mejora la toma de decisiones durante todo el ciclo de vida del proyecto.

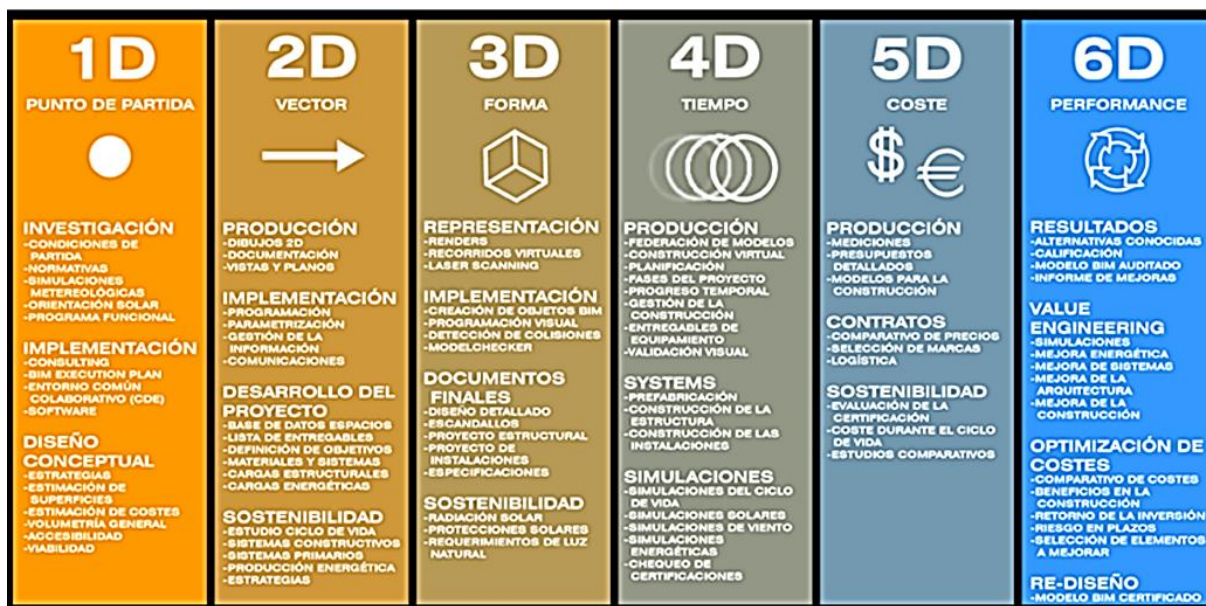
Dentro de estas dimensiones, la 5D constituye el principal objeto de interés del presente trabajo, debido a que permite vincular directamente las cantidades de obra obtenidas del modelo

tridimensional con los análisis de precios unitarios y los costos de construcción. De esta manera, el presupuesto deja de elaborarse a partir de mediciones manuales realizadas sobre planos bidimensionales y pasa a generarse mediante la información contenida en el modelo digital, garantizando una mayor consistencia entre el diseño y la estimación económica.

Asimismo, cualquier modificación efectuada sobre los elementos estructurales se refleja automáticamente en la volumetría y en las cantidades de obra, facilitando la actualización del presupuesto y disminuyendo la posibilidad de errores asociados a la cuantificación manual.

Figura 1.

Dimensiones BIM



Nota. Tomado de Pérez Arnal (2018)

2.5 NIVEL DE DESARROLLO (LEVEL OF DEVELOPMENT - LOD)

El Nivel de Desarrollo o Level of Development (LOD) es un sistema de clasificación utilizado en la metodología BIM para definir el grado de precisión geométrica y la cantidad de información designada para los elementos que conforman un modelo digital. Sirve para definir el nivel de confiabilidad de la información disponible en cada etapa del proyecto, dejándonos saber los usos que pueden darse al modelo. El LOD es un criterio que facilita la comunicación entre los diferentes participantes del proyecto de ser necesario y les garantiza que la

información utilizada corresponda al nivel de desarrollo requerido. Los niveles de desarrollo se clasifican generalmente en LOD100, 200, 300, 350, 400 y 500, incrementando progresivamente el grado de detalle del modelo.

El LOD 100 representa un modelo conceptual empleado en etapas preliminares de planificación; el LOD 200 son las geometrías aproximadas y permite realizar estimaciones iniciales; el LOD 300 son las dimensiones, ubicación y geometría definidas con precisión suficiente para generar documentación técnica y cuantificaciones confiables.

El LOD 350 es la información sobre conexiones e interfaces entre elementos constructivos; el LOD 400 ya es el nivel de detalle requerido para procesos de fabricación y construcción; mientras que el LOD 500 corresponde al modelo final de la obra ejecutada, utilizado principalmente para la operación, mantenimiento y gestión de la infraestructura durante su vida útil.

Considerando los objetivos del presente trabajo, el modelo estructural fue desarrollado hasta un Nivel de Desarrollo LOD 300 para los elementos estructurales objeto de estudio (zapatas, riostras, columnas, vigas y losas), debido a que este nivel proporciona la precisión necesaria para la obtención de cantidades de obra destinadas a la elaboración y comparación de presupuestos.

2.6 CUANTIFICACIÓN DE OBRA (METRADOS)

La cuantificación de obra, también conocida como metrado, es el proceso mediante el cual se determinan las cantidades de los diferentes elementos que conforman un proyecto de construcción, tales como volúmenes, áreas y longitudes. Este procedimiento es una etapa fundamental en la elaboración de presupuestos, porque de precisión depende directamente la confiabilidad del cálculo de costos (Peurifoy et al., 2018).

En los cálculos del sistema tradicional, la cuantificación de obra se realiza a partir de planos bidimensionales, utilizando cálculos manuales y/o apoyados en herramientas digitales básicas. Este enfoque, si bien ha sido ampliamente utilizado, presenta limitaciones asociadas al tiempo requerido para su desarrollo, a la exactitud de los valores resultantes con respecto a la obra final real y a la posibilidad de errores humanos en la interpretación de planos y en los procesos de cálculo (Monteiro & Poças Martins, 2013). Por otro lado, la metodología BIM nos presenta

un enfoque automatizado para la obtención de cantidades de obra el cual es basado en modelos tridimensionales que contienen información técnica detallada de cada uno de los elementos constructivos diseñados.

A través de herramientas como Revit, es posible modelar esos elementos geométricos, podemos extraer de forma precisa los metrados del proyecto y optimizar los tiempos de trabajo en caso de ser necesarias modificaciones. (Sacks et al., 2011).

Diversas investigaciones en el contexto latinoamericano evidencian que la aplicación de BIM en la cuantificación de obra permite mejorar la eficiencia del proceso y reducir tiempos en la obtención de cantidades. En este sentido, se ha determinado que el uso de herramientas BIM puede generar un ahorro significativo de tiempo en comparación con los métodos tradicionales, además de incrementar la confiabilidad de los resultados obtenidos (Creamer Pintado & Creamer Pintado, 2024).

Estudios orientados a la automatización de metrados señalan que el uso de modelos virtuales permite obtener información en tiempo real sobre volúmenes y cantidades de materiales, esto facilita la gestión de la información y mejora la precisión en la estimación de recursos necesarios para el proyecto, así como permiten una actualización constante de cambios realizados en el proyecto de ser necesarios, algo que ocurre en la gran mayoría de proyectos de gran envergadura. (Vargas Vargas, 2021).

También se ha demostrado que la incorporación de herramientas de programación asociadas a esta metodología BIM permite optimizar los procesos de cuantificación mediante la generación automática de metrados, lo que reduce el esfuerzo manual y mejora la productividad en proyectos de construcción, esto sumado a su facilidad de trabajo al poder incorporarse diversas especialidades necesarias al proyecto de forma simultánea, facilita mucho el manejo de un proyecto, el cual mientras mayor sea su escala, mayor será la mejora representativa que genera esta metodología. (Arteaga Cristobal & Valerio Palomino, 2025)

La cuantificación de materiales necesarios para llevar a cabo la obra se convierte en un elemento clave dentro del análisis comparativo entre metodologías tradicionales cuyo núcleo de trabajo se basa principalmente en el cálculo manual de diversos valores y una metodología BIM que centraliza y automatiza la información de forma digital, la integración de información permite una relación más directa entre el modelo, porque las diferencias en la obtención de cantidades influyen directamente en los resultados del presupuesto final. (Sacks et al., 2011)

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Tipo de investigación

Este trabajo corresponde a una investigación de tipo aplicada, debido a que utiliza herramientas tecnológicas y procedimientos técnicos existentes para evaluar la eficiencia de la metodología Building Information Modeling en la elaboración de presupuestos estructurales, comparándola con el método tradicional de análisis de precios unitarios. El trabajo es de carácter comparativo, pues se analizan dos metodologías de presupuestación aplicadas sobre un mismo caso de estudio, lo que permite identificar diferencias relacionadas con la cuantificación de obra, elaboración de presupuestos y resultados económicos obtenidos.

3.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo y comparativo. Es descriptivo porque analiza las características y procedimientos técnicos involucrados en la elaboración de presupuestos mediante metodología BIM y mediante el sistema tradicional análisis de precios unitarios. De igual manera, es comparativo debido a que se establecen diferencias entre ambas metodologías considerando variables relacionadas con cantidades de obra, costos totales y eficiencia en el proceso de presupuestación.

3.2 MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 Metodología de investigación

Para el desarrollo del presente trabajo se emplea el método analítico-comparativo. El método analítico permite descomponer el proceso de cálculo de presupuesto en sus diferentes componentes, tales como modelado estructural, cuantificación de obra, análisis de precios unitarios y estimación de costos. Por otra parte, el método comparativo permite evaluar las diferencias existentes entre la metodología BIM y el método tradicional, aplicando ambos procedimientos sobre la misma estructura y bajo las mismas condiciones técnicas.

3.2.2 Enfoque de investigación

La investigación presenta un enfoque cuantitativo, debido a que se basa en el análisis de datos numéricos obtenidos a partir de la cuantificación de obra y de los presupuestos desarrollados mediante ambas metodologías. Este enfoque permite comparar objetivamente variables relacionadas con volúmenes de hormigón, cantidades de acero de refuerzo, áreas de encofrado y costos totales, facilitando la evaluación de la eficiencia de cada método de presupuestación.

3.2.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación es no experimental y transversal. Se considera no experimental porque las variables de estudio no son manipuladas de manera intencional, sino analizadas mediante la aplicación de metodologías de presupuestación ya existentes. Asimismo, es transversal debido a que el análisis se desarrollará en un único periodo de tiempo, tomando como referencia un caso de estudio específico correspondiente al área estructural de los edificios de cuatro plantas de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1 Población

La población del presente trabajo está conformada por proyectos estructurales de edificaciones de hormigón armado en los cuales se desarrollen procesos de cuantificación de obra y elaboración de presupuestos.

3.3.2 Muestra

La muestra corresponde al área estructural de los edificios de cuatro plantas de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, considerando elementos estructurales como columnas, vigas, losas y otros componentes de hormigón armado necesarios para el análisis comparativo entre ambas metodologías.

3.3.3 Muestreo

El muestreo utilizado en el presente trabajo corresponde a un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que la selección del caso de estudio se realizó considerando la disponibilidad de información técnica, acceso a planos estructurales y viabilidad para el

desarrollo del análisis comparativo entre la metodología BIM y el método tradicional de análisis de precios unitarios.

En este sentido, se seleccionó el área estructural de los edificios de cuatro plantas de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por representar un caso adecuado para la aplicación de ambas metodologías de presupuestación dentro del contexto constructivo ecuatoriano.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1 Técnicas

Para el desarrollo del trabajo se emplearán las siguientes técnicas:

- Observación técnica de planos estructurales.
- Análisis documental de información constructiva y presupuestaria.
- Comparación cuantitativa de resultados obtenidos mediante ambas metodologías.

3.4.2 Instrumentos

Los instrumentos utilizados para la recolección y procesamiento de información serán los siguientes:

- Planos estructurales de la edificación.
- Software Autodesk Revit 2022 para modelado BIM y extracción de cantidades.
- Hojas de cálculo para elaboración de presupuestos.
- Tablas de análisis de precios unitarios obtenidas de obras civiles reales.

3.5 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

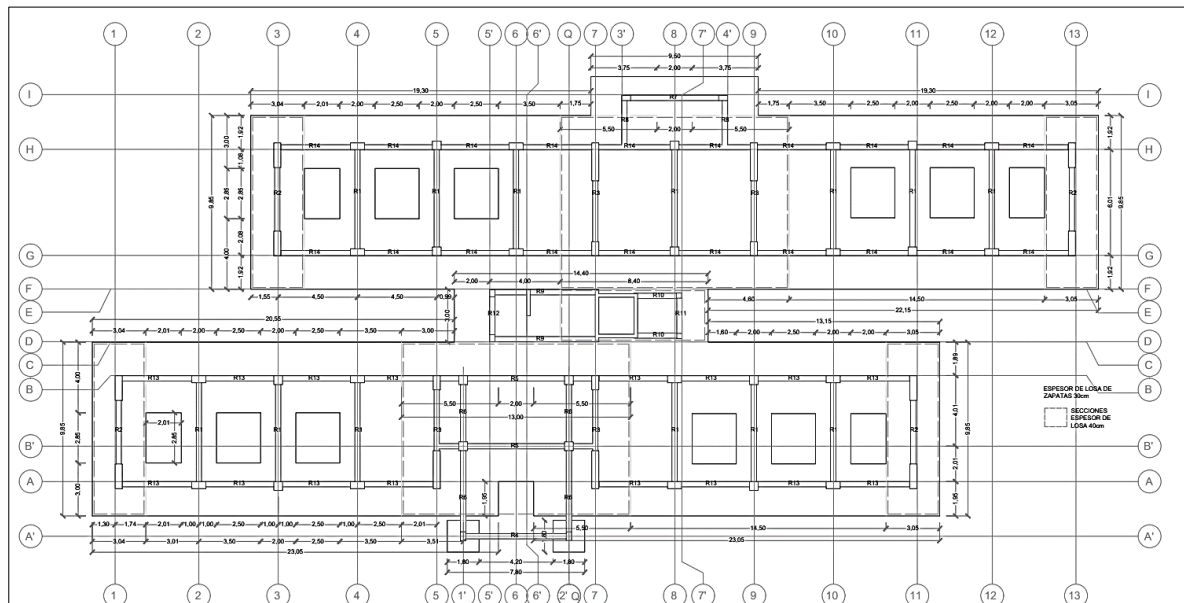
Fase 1. Recolección de información y selección del caso de estudio

Mediante una solicitud formal se obtuvieron por parte de Rectorado, en formato PDF, los planos estructurales con sus especificaciones técnicas, correspondientes a los edificios de cuatro plantas de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Una vez en posesión de la información se procedió a convertirlos a formato .DWG para una mayor facilidad en su manejo. Posterior a esto, se realizará la revisión técnica de la información con el fin de identificar los elementos estructurales que formarán parte del análisis comparativo.

Figura 2.

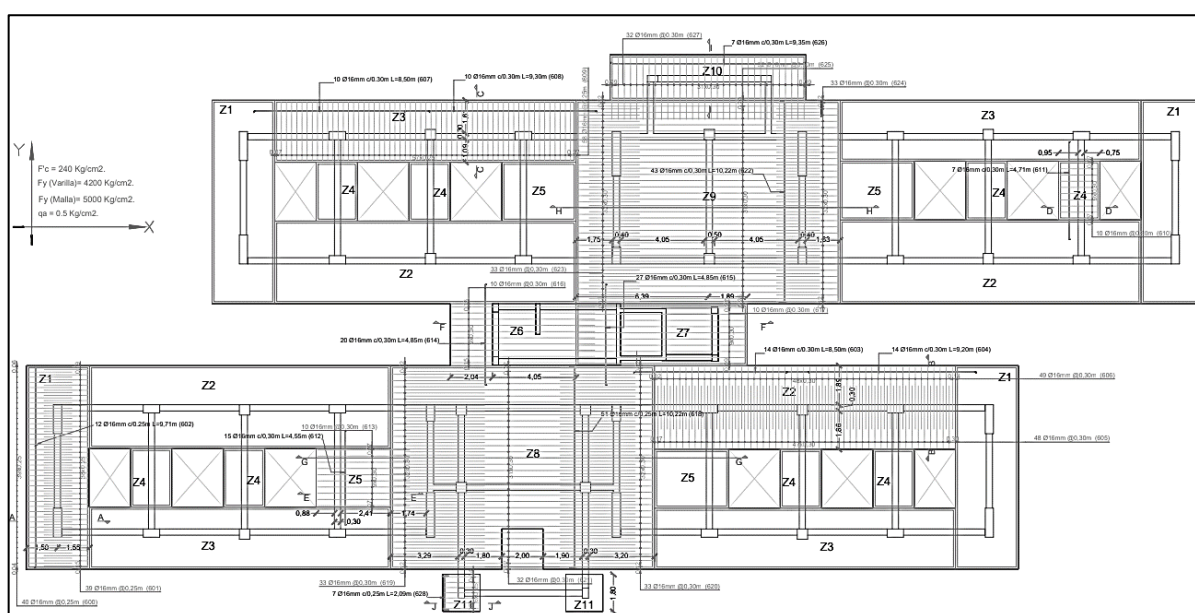
Plano estructural, vista en planta del edificio 4Pl Oeste



Nota. Tomando de planos de Universidad Estatal Península de Santa Elena

Figura 3.

Plano estructural, vista en planta del edificio 4Pl Oeste, zapatas



Nota. Tomando de planos de Universidad Estatal Península de Santa Elena

Fase 2. Modelado estructural en entorno BIM

A partir de los planos estructurales recopilados, se desarrollará el modelo tridimensional de la estructura utilizando el software Revit. En primer lugar, se escalaron los planos .DWG para luego vincularlos al programa Revit (al vincular, cualquier modificación que se realice en el archivo .DWG se reflejará automáticamente en Revit, agilizando muchísimo cualquier variación que se requiera realizar en una obra, aunque en este caso no será necesario. Una vez vinculado, se modeló los modelos 3D sobre la base vinculada del .DWG. Los elementos a modelar son los elementos estructurales como columnas, vigas y losas de hormigón armado.

El entorno BIM permitirá integrar la información geométrica y presupuestaria dentro de un modelo digital que facilitará la obtención automatizada de cantidades de obra necesarias para la elaboración del presupuesto estructural.

Para el modelado se empezó con las cimentaciones, siendo la gran mayoría losas de cimentación y dos zapatas aisladas. Luego se modelaron las riostras respectivas, también se empezó el modelo de las columnas y muros de corte que son respectivos al nivel. Una vez terminada el área de cimentación, se prosiguió con las columnas y vigas de niveles superiores, hasta llegar a la cubierta. Una vez culminado el “esqueleto” de la edificación se modelaron las losas (capa de concreto) y sus nervios (de forma separada pues Revit por default no tiene una función para modelar una losa nervada directamente). Finalmente, y siguiendo el mismo orden se insertaron los aceros a cada elemento.

Figura 4

Modelado 3D del pabellón de aulas en el software REVIT

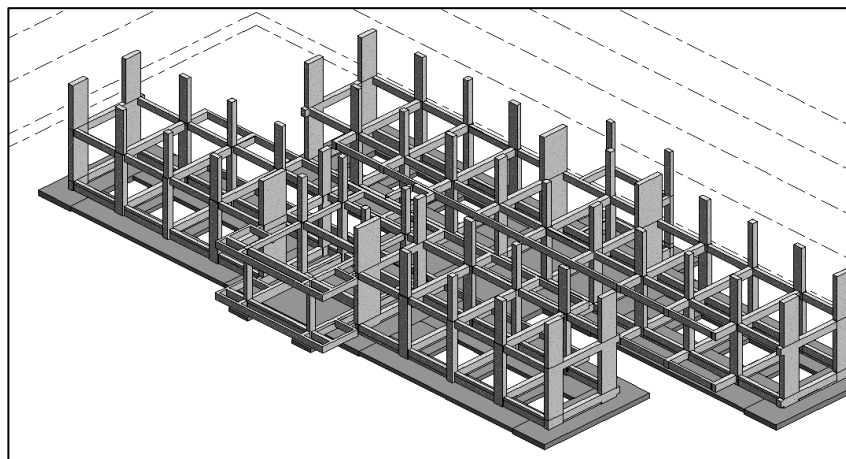
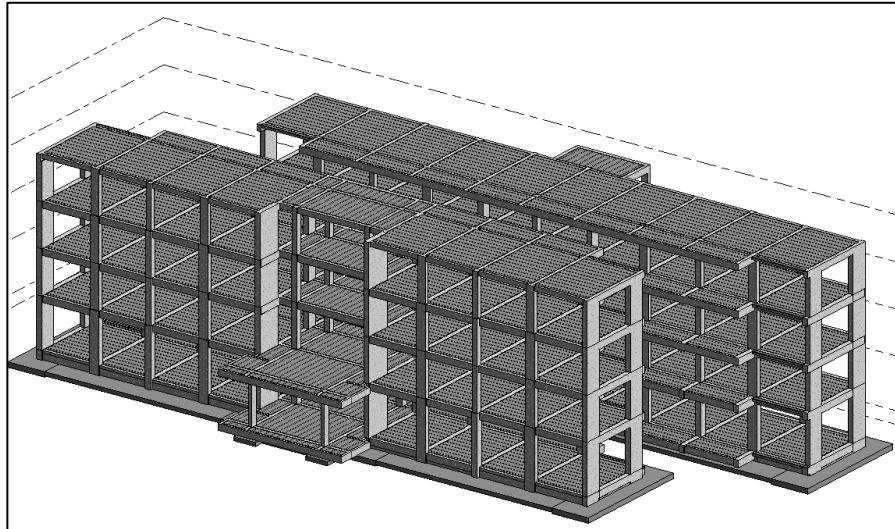


Figura 5.

Modelado 3D del pabellón de aulas en el software REVIT



Fase 3. Obtención de cantidades de obra mediante metodología BIM

Una vez finalizado el modelo estructural, se procederá a extraer las cantidades de obra mediante las herramientas de planificación y cuantificación incluidas en Revit. Se obtendrán datos relacionados con volúmenes de hormigón, cantidades de acero de refuerzo, áreas de encofrado y demás elementos necesarios para la elaboración del presupuesto estructural.

Fase 4. Elaboración del presupuesto mediante metodología BIM

Con las cantidades obtenidas del modelo digital, se elaborará el presupuesto estructural correspondiente utilizando análisis de precios unitarios adaptados al contexto constructivo ecuatoriano. En esta etapa se considerarán materiales, mano de obra, equipos y rendimientos necesarios para la ejecución de los elementos estructurales analizados.

Fase 5. Elaboración del presupuesto mediante el método tradicional

Paralelamente, se desarrollará el presupuesto de la misma estructura utilizando el método tradicional de análisis de precios unitarios. La cuantificación de obra se realizará manualmente a partir de planos bidimensionales, aplicando procedimientos convencionales de metrado y cálculo de cantidades utilizados habitualmente en el sector de la construcción en Ecuador.

Figura 6

Cuantificación de obra aplicando procedimientos convencionales de metrado

C 1					CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS				
CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN						# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
	Seccion (m)		Altura (m)	Volumen (m3)					
TRAMO A	0,40	0,80	3,97	1,2704	TRAMO A	42	2,2	0,617	57,0108
TRAMO B	0,35	0,75	6,86	1,8008		42	1,17	0,617	30,3194
TRAMO C	0,3	0,65	4,57	0,8912		42	0,88	0,617	22,8043
Volumen de hormigón				3,9623		42	1,17	0,617	30,3194
Número de columnas				16,0000	TRAMO B	65	2	0,617	80,2100
Volumen total de hormigón				63,3968		65	0,83	0,617	33,2872
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL						65	1,07	0,617	42,9124
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)	TRAMO C	35	1,78	0,617	38,4391
TRAMO A	14	7,23	2	202,4400		35	0,75	0,617	16,1963
TRAMO B	14	7,86	1,58	173,8632		35	0,94	0,617	20,2993
TRAMO C	14	2,63	1,21	44,5522	Peso total de acero de estribos				371,7980
Peso total de acero longitudinal				420,8554	Peso de acero				792,6534
					Número de columnas				16,0000
					Peso total de Acero				12.682,4549

Fase 6. Comparación y análisis de resultados

Finalmente, se compararon los presupuestos, evaluando diferencias en cantidades de obra, volúmenes de materiales y costos totales obtenidos mediante cada metodología. Estos resultados permitieron identificar las diferencias entre los valores resultantes del método tradicional y la metodología BIM.

3.5.1 Método de análisis de datos

Los datos obtenidos durante el desarrollo del trabajo serán analizados mediante procedimientos cuantitativos y comparativos. Se emplearán tablas comparativas, análisis porcentuales y representación de resultados numéricos para identificar diferencias entre los presupuestos elaborados mediante metodología BIM y el método tradicional. Permitiendo organizar y evaluar de manera sistemática la información obtenida durante el desarrollo de la investigación.

El análisis se enfocará principalmente en comparar:

- volúmenes de hormigón,
- cantidades de acero de refuerzo,
- costos totales del presupuesto estructural.

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL O.E1

4.1.1 Modelado estructural en Revit

Se desarrolló el modelo tridimensional del sistema estructural del edificio de cuatro plantas de la Universidad Estatal Península de Santa Elena mediante Revit, incorporando los elementos estructurales contemplados en el estudio, tales como zapatas aisladas, riostras, columnas, vigas y losa nervada unidireccional. La información geométrica del modelo fue obtenida a partir de los planos estructurales proporcionados para el desarrollo del caso de estudio, procurando mantener las dimensiones, niveles, ubicaciones y características especificadas en la documentación técnica.

Para el desarrollo del modelo se consideraron las dimensiones geométricas de cada elemento estructural, incluyendo su longitud, ancho, altura, sección transversal y ubicación dentro del proyecto

Figura 7

Modelado estructural del pabellón de aulas en el software REVIT

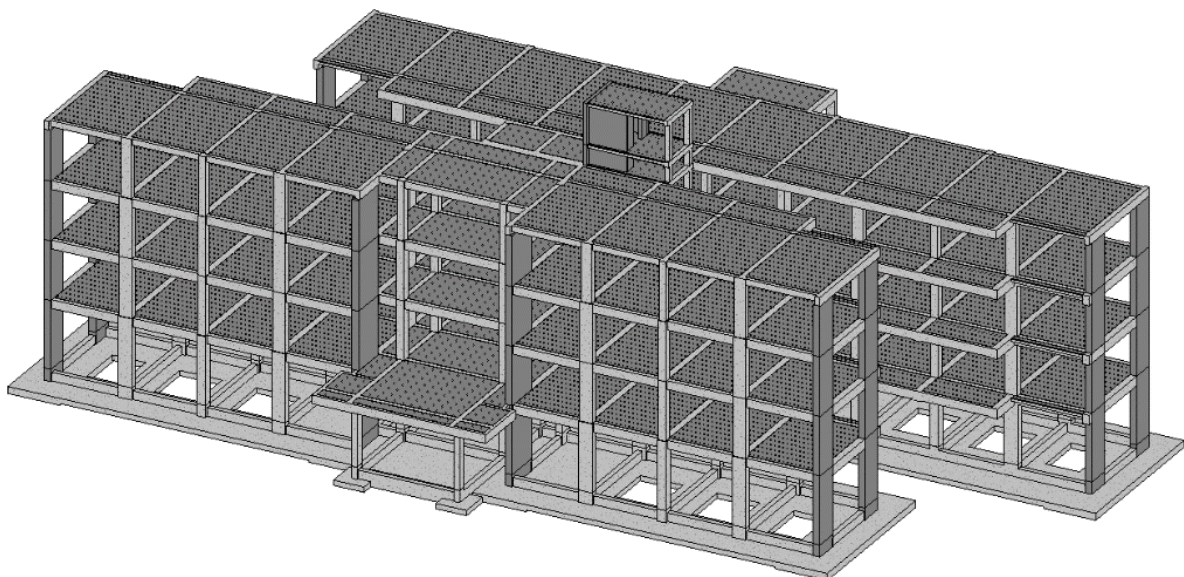
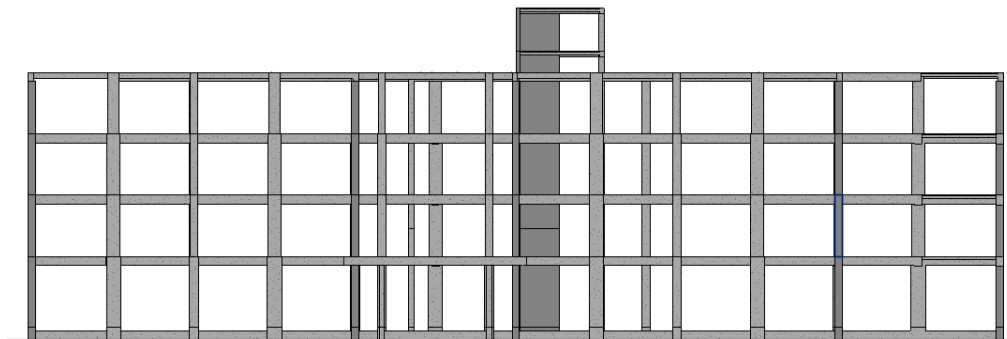


Figura 8

Modelado estructural del pabellón de aulas en el software REVIT



4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL O.E2

4.2.1 Cuantificación de Volúmenes mediante BIM

Figura 9

Volúmenes obtenidos mediante BIM

<Pilares estructurales>		Losas de Cimentación/Zapatas		<Vigas/Riostras de H.A.>		Capa de Losa de Entrepiso (Hormigon)	
A	B	A	B	A	B	A	B
Material: Volumen	Tipo	Tipo	Material: Volumen	Tipo	Material: Volumen	Material: Volumen	Tipo
5.87 m³	20 x 80 cm Asc	1.8 x 1.8 x 0.3 m	1.94 m³	Hormigon Nervios	70.70 m³	1.00 m³	Losa Capa
1.69 m³	20 x 90 cm Asc 2	Losa Z1 3.05x9.85	48.07 m³	Riostra 1 80x30	10.80 m³	0.13 m³	Losa Capa
17.79 m³	20 x 240.0 cm Asc	Losa Z2 4.00x14.6	70.07 m³	Riostra 2 80x30	2.17 m³	0.74 m³	Losa Capa
11.13 m³	20 x 295.9 cm Asc	Losa Z3 3.00x14.6	52.56 m³	Riostra 3 80x30	2.07 m³	0.30 m³	Losa Capa
3.32 m³	30 x 30cm	Losa Z4 2.00x2.85	13.68 m³	Riostra 4 80x30	1.23 m³	0.34 m³	Losa Capa
3.58 m³	30 x 40cm	Losa Z5 3.600x2.85	12.31 m³	Riostra 5 80x30	2.30 m³	0.53 m³	Losa Capa
5.87 m³	30 x 50 cm	Losa Z6 3.00x4.05	3.65 m³	Riostra 6 80x30	2.40 m³	0.19 m³	Losa Capa
10.67 m³	30 x 65cm	Losa Z7 3.00x8.30	9.96 m³	Riostra 7 80x30	0.75 m³	1.63 m³	Losa Capa
28.72 m³	35 x 75cm	Losa Z8 9.85x12.77	50.31 m³	Riostra 8 80x30	0.75 m³	0.31 m³	Losa Capa
10.94 m³	40 x 25cm M	Losa Z9 9.85x12.79	50.39 m³	Riostra 9 80x30	0.68 m³	1.90 m³	Losa Capa
23.97 m³	40 x 40cm	Losa Z10 9.50x2.2	6.27 m³	Riostra 10 80x30	11.79 m³	15.38 m³	Losa Capa
8.95 m³	40 x 60cm M			Riostra 11 50x30	0.23 m³	4.32 m³	Losa Capa
10.44 m³	40 x 70 cm M			Riostra 12 50x30	0.11 m³	0.45 m³	Losa Capa
5.59 m³	40 x 75 cm M			Riostra 13 80x30	9.33 m³	1.83 m³	Losa Capa
42.95 m³	40 x 80 cm			Riostra 14 80x30	11.79 m³	0.63 m³	Losa Capa
19.70 m³	40 x 90cm M			Viga1 40x55 cm	64.18 m³	2.71 m³	Losa Capa
7.39 m³	40 x 135cm M			Viga2 40x55 cm	10.41 m³	4.04 m³	Losa Capa
13.08 m³	40 x 140 cm			Viga3 40x55 cm	7.10 m³	49.13 m³	Losa Capa
23.52 m³	40 x 215 cm			Viga4 30x50 cm	28.19 m³	7.10 m³	Losa Capa
19.39 m³	45 x 45cm			Viga5 30x50 cm	6.90 m³	7.12 m³	Losa Capa
16.31 m³	50 x 50 cm			Viga6 30x50 cm	1.44 m³	2.41 m³	Losa Capa
290.86 m³				Viga7 30x40 cm	3.54 m³	6.05 m³	Losa Capa
				Viga8 30x40 cm	4.12 m³	8.53 m³	Losa Capa
				Viga9 40x55 cm	7.08 m³	3.72 m³	Losa Capa
				Viga10 30x50 cm	3.04 m³	1.25 m³	Losa Capa
				Viga11 30x50 cm	2.26 m³	1.37 m³	Losa Capa
				Viga12 30x50 cm	17.75 m³	123.11 m³	
				Viga13 30x50 cm	14.77 m³		
				Viga14 30x50 cm	4.03 m³		
				Viga15 30x50 cm	3.22 m³		
				Viga16 30x40 cm	1.20 m³		
				Viga17 30x40 cm	1.87 m³		
				Viga18 30x40 cm	5.62 m³		
				Viga19 25x35 cm	3.56 m³		
				Viga20 25x35 cm	3.53 m³		
				Viga21 25x35 cm	0.76 m³		
				Viga22 30x50 cm	1.55 m³		
				Viga 25x30 cm	27.59 m³		
				Viga 30x50 cm	0.00 m³		
				Viga 40x55 cm	25.13 m³		
				Vigueta r.	364.26 m³		

Figura 10

Volúmenes de acero obtenidos mediante BIM

<PLANILLA DE ACEROS>		
A	B	C
Tipo	Diámetro de barra	Volumen de refuerzo
Varilla 20 mm	20 mm	431755.36 cm ³
Varilla 22 mm	22 mm	187282.67 cm ³
Varilla 25 mm	25 mm	465898.19 cm ³
Varilla 10mm	10 mm	4567448.46 cm ³
Varilla 12mm	12 mm	524858.72 cm ³
Varilla 14mm	14 mm	1157965.04 cm ³
Varilla 16mm	16 mm	4398362.42 cm ³
Varilla 18mm	18 mm	2330093.79 cm ³
		14063664.66 cm ³

El modelado tridimensional de los elementos estructurales en Revit generó de forma automática las tablas de planificación correspondientes a la cimentación, vigas, riostras, columnas y losas. Estas tablas permitieron obtener de manera inmediata las cantidades de obra requeridas para la elaboración del presupuesto, incluyendo los volúmenes, áreas y demás parámetros geométricos de cada elemento estructural.

Esto se realizó directamente a partir de la información contenida en el modelo BIM, y esto garantiza que cada modificación efectuada en los elementos estructurales se reflejara de forma instantánea en las tablas de planificación.

Esta característica reduce la necesidad de realizar mediciones manuales y minimiza la posibilidad de errores asociados al proceso tradicional de cuantificación.

Los resultados obtenidos evidencian que el modelo digital constituye una fuente única de información.

En la Figura se presentan las principales tablas de planificación generadas automáticamente por Revit, en las cuales se observan los volúmenes correspondientes a los diferentes elementos estructurales considerados en el estudio.

4.2.2 Cuantificación de Volúmenes mediante el Método Tradicional

La cuantificación de los elementos estructurales mediante el método tradicional se realizó a partir de los planos estructurales del proyecto, aplicando procedimientos manuales de medición y cálculo para cada uno de los componentes considerados en el estudio. Este procedimiento se desarrolló tomando como referencia la información geométrica indicada en los planos, tales como dimensiones, longitudes, alturas, secciones transversales, niveles y distribución de los diferentes elementos estructurales.

Para la determinación de las cantidades de obra se efectuaron cálculos independientes de los volúmenes de hormigón y de las cantidades de acero de refuerzo, considerando las dimensiones, el número de elementos y las especificaciones que se indican en los planos.

Cada tipo de elemento estructural fue analizado de manera individual, elaborándose hojas de cálculo para determinar cantidades correspondientes a zapatas, riostras, vigas, columnas, muros estructurales y losas. Así se pudieron obtener los volúmenes de hormigón y el peso del acero de refuerzo necesarios para la elaboración posterior del presupuesto mediante el análisis de precios unitarios. Los resultados obtenidos son la base para la elaboración del presupuesto convencional y, posteriormente, para su comparación con las cantidades extraídas automáticamente del modelo BIM desarrollado en Revit.

A diferencia del proceso de cuantificación mediante BIM, en el método tradicional las cantidades de obra fueron obtenidas mediante procedimientos manuales de cálculo y verificación, lo que implicó un mayor número de operaciones para determinar las cantidades de cada elemento estructural. No obstante, ambos procedimientos tuvieron como finalidad obtener la información necesaria para la elaboración del presupuesto, permitiendo posteriormente establecer una comparación entre los resultados obtenidos por cada metodología. Permitirá evaluar las diferencias existentes entre ambos métodos.

COLUMNAS

Para la cuantificación de las riostras se realizó previamente la cuantificación de sus dimensiones geométricas a partir de la información contenida en los planos estructurales.

A continuación, se observa una digitalización de los cálculos realizados de forma manual de un elemento de columnas estructurales tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos.

Tabla 1.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de C1

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN				
	Sección (m)		Altura (m)	Volumen (m3)
TRAMO A	0,40	0,80	3,97	1,2704
TRAMO B	0,35	0,75	6,86	1,80075
TRAMO C	0,3	0,65	4,57	0,89115
	Volumen de hormigón			3,9623
	Número de columnas			16
Volumen total de hormigón				63,3968
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL				
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO A	14	7,23	2	202,44
TRAMO B	14	7,86	1,58	173,8632
TRAMO C	14	2,63	1,21	44,5522
	Peso total de acero longitudinal			420,8554
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS				
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO A	42	2,2	0,617	57,0108
	42	1,17	0,617	30,31938
	42	0,88	0,617	22,80432
	42	1,17	0,617	30,31938
TRAMO B	65	2	0,617	80,21
	65	0,83	0,617	33,28715
	65	1,07	0,617	42,91235
TRAMO C	35	1,78	0,617	38,4391
	35	0,75	0,617	16,19625
	35	0,94	0,617	20,2993
	Peso total de acero de estribos			371,79803
	Peso de acero			792,65343
	Número de columnas			16
Peso total de Acero				12682,45488

Seguidamente se observa una digitalización de los cálculos realizados de forma manual de un elemento de columnas estructurales tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos.

Tabla 2.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de C2

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN				
	Sección (m)		Altura (m)	Volumen (m3)
TRAMO D	0,50	0,50	3,97	0,9925
TRAMO E	0,45	0,45	6,86	1,38915
TRAMO F	0,4	0,4	4,57	0,7312
	Volumen de hormigón			3,11285
	Número de columnas			10
Volumen total de hormigón				31,1285
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL				
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO D	12	7,38	2	177,12
TRAMO E	12	7,93	1,58	150,3528
TRAMO F	12	2,53	1,21	36,7356
	Peso total de acero longitudinal			364,2084
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS				
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO D	37	1,8	0,617	41,0922
	37	1,34	0,617	30,59086
	37	1,34	0,617	30,59086
TRAMO E	60	1,6	0,617	59,232
	60	1,2	0,617	44,424
	60	1,2	0,617	44,424
TRAMO F	31	1,4	0,617	26,7778
	31	1,07	0,617	20,46589
	31	1,06	0,617	20,27462
	Peso total de acero de estribos			317,87223
Peso de acero				682,08063
Número de columnas				10
Peso total de Acero				6820,8063

En el siguiente apartado se aprecia una digitalización de los cálculos realizados de forma manual de un elemento de columnas estructurales tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos.

Tabla 3.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de C3

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN				
	Sección (m)		Altura (m)	Volumen (m3)
TRAMO G	0,50	0,50	3,97	0,9925
TRAMO H	0,45	0,45	6,86	1,38915
TRAMO I	0,4	0,4	4,57	0,7312
	Volumen de hormigón			3,11285
	Número de columnas			4
Volumen total de hormigón				12,4514
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL				
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO G	12	7,38	2,47	218,7432
TRAMO H	12	7,93	2	190,32
TRAMO I	12	2,53	1,21	36,7356
	Peso total de acero longitudinal			445,7988
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS				
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO G	37	1,8	0,617	41,0922
	37	1,34	0,617	30,59086
	37	1,34	0,617	30,59086
	60	1,6	0,617	59,232
	60	1,2	0,617	44,424
	60	1,2	0,617	44,424
TRAMO I	31	1,4	0,617	26,7778
	31	1,07	0,617	20,46589
	31	1,06	0,617	20,27462
	Peso total de acero de estribos			317,87223
Peso de acero				763,67103
	Número de columnas			4
Peso total de Acero				3054,68412

Se observa una digitalización de las columnas que no están divididas en tramos, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos.

Tabla 4.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de C4

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN				
	Sección (m)		Altura (m)	Volumen (m3)
TRAMO J	0,40	0,80	14,82	4,7424
	Número de columnas			4
Volumen total de hormigón				18,9696
CALCULO DE ACERO				
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO 1	14	10,37	2	290,36
TRAMO 2	14	6,22	2	174,16
	Peso total de acero longitudinal			464,52
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO J	129	2,2	0,617	175,1046
	129	0,88	0,617	70,04184
	129	1,17	0,617	93,12381
	129	1,17	0,617	93,12381
	Peso total de acero de estribos			431,39406
	Peso de acero			895,91406
	Número de columnas			4
Peso total de Acero				3583,65624

Tabla 5.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de C5*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN				
	Sección (m)		Altura (m)	Volumen (m3)
TRAMO K	0,30	0,50	14,82	2,223
	Número de columnas			2
Volumen total de hormigón				4,446
CALCULO DE ACERO				
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO 1	10	10,34	1,58	163,372
TRAMO 2	10	6,19	1,58	97,802
	Peso total de acero longitudinal			261,174
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO K	125	1,4	0,617	107,975
	125	0,9	0,617	69,4125
	125	0,58	0,617	44,7325
	Peso total de acero de estribos			222,12
	Peso de acero			483,294
	Número de columnas			2
Peso total de Acero				966,588

Tabla 6.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de C6*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN				
	Sección (m)		Altura (m)	Volumen (m3)
TRAMO L	0,30	0,50	4,57	0,6855
	Volumen de hormigón			0,6855
	Número de columnas			2
Volumen total de hormigón				1,371
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL				
TRAMO 1	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
	8	5,36	1,58	67,7504
	Peso total de acero longitudinal			67,7504
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS				
TRAMO 1	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
	34	1,4	0,617	29,3692
	34	0,96	0,617	20,13888
	Peso total de acero de estribos			49,50808
Peso de acero				117,25848
Número de columnas				2
Peso total de Acero				234,51696

Tabla 7.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de C7*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN				
	Sección (m)		Altura (m)	Volumen (m3)
TRAMO EE	0,30	0,40	14,92	1,7904
Número de columnas				2
Volumen total de hormigón				3,5808
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL				
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO 1	10	10,5	1,58	165,9
	10	6,11	1,58	96,538
Peso total de acero longitudinal				262,438
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS				
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO 1	128	0,93	0,617	73,44768
	128	1,28	0,617	101,08928
Peso total de acero de estribos				174,53696
Número de columnas				2
Peso total de Acero				873,94992

Tabla 8.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de C8*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN				
	Sección (m)		Altura (m)	Volumen (m3)
TRAMO EF	0,30	0,30	18,4	1,656
	Número de columnas			2
Volumen total de hormigón				3,312
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL				
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO 1	4	10	1,58	63,2
	4	9,7	1,21	46,948
	4	10,3	1,58	65,096
	4	10,07	1,21	48,7388
Peso total de acero longitudinal				223,9828
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS				
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO 1	159	0,88	0,617	86,33064
	159	1,08	0,617	105,95124
Peso total de acero de estribos				192,28188
Peso de acero				416,26468
Número de columnas				2
Peso total de Acero				832,52936

MUROS

A continuación, una digitalización de los cálculos realizados de forma manual de un elemento de muros de corte tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos

Tabla 9.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de M1

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN				
	Sección (m)		Altura (m)	Volumen (m3)
TRAMO M	0,40	1,40	14,82	8,2992
	Volumen de hormigón			8,2992
	Número de columnas			8
Volumen total de hormigón				66,3936
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL				
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO M	8	7,08	0,617	34,94688
	24	7,4	2,47	438,672
TRAMO N	12	6,96	0,617	51,53184
	16	6,96	1,21	134,7456
TRAMO O	24	2,6	0,617	38,5008
	Peso total de acero longitudinal			698,39712
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS				
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO M	53	1,48	0,617	48,39748
	53	1,13	0,617	36,95213
	53	1,13	0,617	36,95213
	53	1,48	0,617	48,39748
	53	1,13	0,617	36,95213
	53	1,13	0,617	36,95213
	99	1,64	0,617	100,17612
	99	1,64	0,617	100,17612
TRAMO N	74	1,18	0,617	53,87644
	75	1,18	0,617	54,6045
	Peso total de acero de estribos			553,43666
	Peso de acero			1251,83378
	Número de columnas			8
Peso total de Acero				10014,6702

En el siguiente apartado se muestra una digitalización de los cálculos realizados de forma manual de un elemento de muros de corte tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos

Tabla 10.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de M2

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN				
	Sección (m)		Altura (m)	Volumen (m3)
TRAMO M	0,40	2,15	14,82	12,7452
	Volumen de hormigón			12,7452
	Número de columnas			4
Volumen total de hormigón				50,9808
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL				
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO M	6	7,11	1,58	67,4028
	36	7,46	3,85	1033,956
TRAMO N	8	4,43	1,58	55,9952
	24	4,44	2,98	317,5488
TRAMO O	18	5,65	1,58	160,686
	Peso total de acero longitudinal			1635,5888
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS				
	# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
TRAMO M	67	2,02	0,888	120,18192
	67	1,71	0,888	101,73816
	67	1,32	0,888	78,53472
	67	2,02	0,888	120,18192
	67	1,71	0,888	101,73816
	67	1,32	0,888	78,53472
	50	2,5	1,21	151,25
	50	2,5	1,21	151,25
TRAMO N	35	1,4	0,617	30,233
	35	1,08	0,617	23,3226
	35	1,09	0,617	23,53855
	35	1,4	0,617	30,233
	35	1,08	0,617	23,3226
	35	1,09	0,617	23,53855
	Peso total de acero de estribos			1057,5979
	Peso de acero			2693,1867
	Número de columnas			4
Peso total de Acero				10772.747

Tabla 11.*Cálculo del peso de acero de Muro S1*

CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
76	6,72	2,47	1261,4784
98	6,56	0,617	396,65696
Peso total de acero longitudinal			1658,135
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
60	3,23	0,617	119,5746
60	3,42	0,617	126,6084
60	2,84	0,617	105,1368
60	1,44	0,617	53,3088
60	1,06	0,617	39,2412
Peso total de acero de estribos			443,8698
Peso de acero			2102,00516
Número de columnas			1
Peso total de Acero			2102,00516

Tabla 12.*Cálculo del peso de acero de Muro S2*

CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
122	11,16	0,617	840,05784
Peso total de acero longitudinal			840,05784
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
98	3,23	0,617	195,30518
98	3,42	0,617	206,79372
98	2,84	0,617	171,72344
98	1,44	0,617	87,07104
98	1,06	0,617	64,09396
Peso total de acero de estribos			724,98734
Peso de acero			1565,04518
Número de columnas			1
Peso total de Acero			1565,04518

VIGAS

Para la cuantificación de las vigas se realizó previamente la cuantificación de sus dimensiones geométricas a partir de la información contenida en los planos estructurales. En esta se consideró las dimensiones correspondientes al largo, base y altura de

Se observa una digitalización de las vigas que no están divididas en tramos, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos.

Tabla 13.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de VI

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
8,30	0,55	0,4	1,826
	Volumen de hormigón		1,826
	Número de vigas		39
Volumen total de hormigón			71,214
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
4	8,73	1,58	55,1736
2	8,73	1,58	27,5868
2	8,78	2	35,12
2	2	2	8
2	3,1	2	12,4
2	8,73	1,58	27,5868
2	8,73	1,58	27,5868
	Peso total de acero longitudinal		193,454
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
58	1,78	0,617	63,69908
58	1,44	0,617	51,53184
	Peso total de acero de estribos		115,23092
	Peso de acero		308,68492
	Número de vigas		39
Peso total de Acero			12038,71188

Se aprecia una digitalización de las vigas que no están divididas en tramos, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos.

Tabla 14.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V2

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
6,70	0,55	0,4	1,474
	Volumen de hormigón		1,474
	Número de vigas		12
Volumen total de hormigón			17,688
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
5	7,18	2	71,8
5	7,18	2	71,8
2	2,5	1,58	7,9
2	2,8	1,58	8,848
2	2,5	1,58	7,9
2	2,8	1,58	8,848
2	6,6	1,58	20,856
2	6,6	1,58	20,856
Peso total de acero longitudinal			218,808
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
30	1,65	0,617	30,5415
30	1,65	0,617	30,5415
Peso total de acero de estribos			61,083
Peso de acero			279,891
Número de vigas			12
Peso total de Acero			3358,692

A continuación, una digitalización de las vigas que no están divididas en tramos, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos

Tabla 15.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V3

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
8,30	0,55	0,4	1,826
	Volumen de hormigón		1,826
	Número de vigas		6
Volumen total de hormigón			10,956
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	8,78	2	52,68
3	8,78	2	52,68
2	2,25	1,58	7,11
2	3	1,58	9,48
2	2,25	1,58	7,11
2	3	1,58	9,48
2	2,25	2	9
2	3	2	12
Peso total de acero longitudinal			159,540
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
44	1,78	0,617	48,32344
44	0,65	0,617	17,6462
Peso total de acero de estribos			65,96964
Peso de acero			225,50964
Número de vigas			6
Peso total de Acero			1353,0578

Se presenta una digitalización de las vigas que no están divididas en tramos, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos.

Tabla 16.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V4

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
18,46	0,50	0,3	2,769
	Volumen de hormigón		2,769
	Número de vigas		12
Volumen total de hormigón			33,228
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	6,3	1,21	22,869
3	1,6	1,21	5,808
3	7,1	1,21	25,773
3	7,1	1,21	25,773
3	6,3	1,21	22,869
3	1,6	1,21	5,808
2	6,1	1,58	19,276
2	6,1	1,58	19,276
3	1,6	1,21	5,808
3	6,3	1,21	22,869
3	7,1	1,21	25,773
3	7,1	1,21	25,773
3	6,3	1,21	22,869
3	1,6	1,21	5,808
Peso total de acero longitudinal			256,352
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
117	1,48	0,617	106,83972
Peso total de acero de estribos			106,83972
Peso de acero			363,19172
Número de vigas			12
Peso total de Acero			4358,3006

A continuación, una digitalización de las vigas que no están divididas en tramos, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos

Tabla 17.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V5

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
9,41	0,50	0,3	1,4115
	Volumen de hormigón		1,4115
	Número de vigas		6
Volumen total de hormigón			8,469
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	9,89	2	59,34
3	9,89	2	59,34
3	3,5	1,58	16,59
3	3,5	1,58	16,59
3	3,5	1,58	16,59
3	3,5	1,58	16,59
2	3	1,58	9,48
2	3	1,58	9,48
Peso total de acero longitudinal			204,000
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
62	0,6	0,617	22,9524
62	1,48	0,617	56,61592
Peso total de acero de estribos			79,56832
Peso de acero			283,56832
Número de vigas			6
Peso total de Acero			1701,4099

Tabla 18.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V6*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
10,21	0,50	0,3	1,5315
Volumen total de hormigón			1,5315
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	10,55	1,21	38,2965
3	10,55	1,21	38,2965
2	3	1,58	9,48
2	3	1,58	9,48
Peso total de acero longitudinal			95,553
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
75	1,48	0,617	68,487
Peso total de Acero			164,04

Tabla 19.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V7/N1*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
12,02	0,40	0,3	1,4424
Número de vigas			2
Volumen total de hormigón			2,8848
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	7,57	1,21	27,4791
3	7,44	1,21	27,0072
3	7,57	1,21	27,4791
3	7,44	1,21	27,0072
2	2,49	0,888	4,42224
2	2,57	0,888	4,56432
2	2,57	0,888	4,56432
2	3,39	1,21	8,2038
Peso total de acero longitudinal			130,72728
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
82	1,28	0,617	64,76032
Peso de acero			195,4876
Número de vigas			2
Peso total de Acero			390,9752

Sigue una digitalización de las vigas que no están divididas en tramos, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos

Tabla 20.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V7/N2-N3

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
6,16	0,40	0,3	0,7392
	Volumen de hormigón		0,7392
	Número de vigas		4
Volumen total de hormigón			2,9568
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	6,51	1,21	23,6313
3	6,51	1,21	23,6313
2	1,68	0,888	2,98368
2	1,68	0,888	2,98368
2	2,57	0,888	4,56432
2	2,57	0,888	4,56432
2	3,39	1,58	10,7124
	Peso total de acero longitudinal		73,07100
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
41	1,28	0,617	32,38016
	Peso total de acero de estribos		32,38016
	Peso de acero		105,45116
	Número de vigas		4
Peso total de Acero			421,80464

Luego una digitalización de las vigas que no están divididas en tramos, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos

Tabla 21.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V8

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
9,41	0,40	0,3	1,1292
	Volumen de hormigón		1,1292
	Número de vigas		4
Volumen total de hormigón			4,5168
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	9,76	1,21	35,4288
3	9,76	1,21	35,4288
2	2,78	1,58	8,7848
2	2,78	1,58	8,7848
2	2,78	1,58	8,7848
2	2,78	1,58	8,7848
Peso total de acero longitudinal			105,99680
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
64	1,28	0,617	50,54464
Peso total de acero de estribos			50,54464
Peso de acero			156,54144
Número de vigas			4
Peso total de Acero			626,16576

También se observa una digitalización de las vigas que no están divididas en tramos, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos

Tabla 22.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V9

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
8,30	0,55	0,4	1,826
	Volumen de hormigón		1,826
	Número de vigas		6
Volumen total de hormigón			10,956
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
4	8,71	1,58	55,0472
4	8,71	1,58	55,0472
4	3	1,58	18,96
4	2,5	1,58	15,8
4	3	1,58	18,96
4	2,5	1,58	15,8
2	3	1,58	9,48
2	3	1,58	9,48
2	2,5	1,58	7,9
2	2,5	1,58	7,9
Peso total de acero longitudinal			214,37440
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
48	1,78	0,617	52,71648
48	1,43	0,617	42,35088
Peso total de acero de estribos			95,06736
Peso de acero			309,44176
Número de vigas			6
Peso total de Acero			1856,6506

Tabla 23.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V10*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
3,10	0,50	0,3	0,465
Número de vigas			8
Volumen total de hormigón			3,72
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	3,52	1,58	16,6848
3	3,52	1,58	16,6848
2	3	1,58	9,48
Peso total de acero longitudinal			42,84960
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
25	1,48	0,617	22,829
Peso de acero			65,6786
Número de vigas			8
Peso total de Acero			525,4288

Tabla 24.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V11*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
6,00	0,50	0,3	0,9
	Número de vigas		3
Volumen total de hormigón			2,7
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	6,42	1,58	30,4308
3	6,42	1,58	30,4308
2	1,87	1,21	4,5254
2	1,88	1,21	4,5496
2	1,7	1,21	4,114
2	1,7	1,21	4,114
Peso total de acero longitudinal			78,16460
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
38	1,48	0,617	34,70008
	Peso de acero		112,86468
	Número de vigas		3
Peso total de Acero			338,59404

Tabla 25.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V12*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
45,53	0,50	0,3	6,8295
	Número de vigas		3
Volumen total de hormigón			20,4885
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
2	11	1,58	34,76
2	1,88	1,58	5,9408
2	3,3	1,58	10,428
2	12	1,58	37,92
2	3,28	1,58	10,3648
2	7,51	1,58	23,7316
2	7,5	1,58	23,7
2	12	1,58	37,92
2	3,29	1,58	10,3964
2	10,95	1,58	34,602
2	1,88	1,58	5,9408
2	3,3	1,58	10,428
2	1,88	1,58	5,9408
2	11	1,58	34,76
2	3,3	1,58	10,428
2	12	1,58	37,92
2	3,28	1,58	10,3648
2	7,51	1,58	23,7316
2	7,5	1,58	23,7
2	3,29	1,58	10,3964
2	12	1,58	37,92
2	10,95	1,58	34,602
2	3,3	1,58	10,428
2	1,88	1,58	5,9408
2	6,39	1,21	15,4638
2	6,39	1,21	15,4638
Peso total de acero longitudinal			523,19240
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
296	1,48	0,617	270,29536
	Peso de acero		793,48776
	Número de vigas		3
Peso total de Acero			2380,4633

Tabla 26.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V13*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
45,53	0,50	0,3	6,8295
Número de vigas			3
Volumen total de hormigón			20,4885
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
2	1,88	1,58	5,9408
2	11	1,58	34,76
2	3,3	1,58	10,428
2	1,88	1,58	5,9408
2	11	1,58	34,76
2	3,3	1,58	10,428
2	6,39	1,21	15,4638
2	12	1,58	37,92
2	12	1,58	37,92
2	3,28	1,58	10,3648
2	3,28	1,58	10,3648
2	7,51	1,58	23,7316
2	7,51	1,58	23,7316
2	7,5	1,58	23,7
2	7,5	1,58	23,7
2	11,91	1,21	28,8222
2	11,91	1,21	28,8222
2	12	1,58	37,92
2	12	1,58	37,92
2	3,29	1,58	10,3964
2	3,29	1,58	10,3964
2	10,95	1,58	34,602
2	10,95	1,58	34,602
2	1,88	1,58	5,9408
2	1,88	1,58	5,9408
2	6,39	1,21	15,4638
2	3,3	1,58	10,428
2	3,3	1,58	10,428
Peso total de acero longitudinal			580,83680
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
296	1,48	0,617	270,29536
Número de vigas			3
Peso total de Acero			2553,3965

Una vez más, una digitalización de las vigas que no están divididas en tramos, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos

Tabla 27.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V14

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
8,21	0,50	0,3	1,2315
	Volumen de hormigón		1,2315
	Número de vigas		13
Volumen total de hormigón			16,0095
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	8,56	1,21	31,0728
3	8,64	1,58	40,9536
2	1,89	1,58	5,9724
2	3,05	1,58	9,638
2	1,89	1,58	5,9724
2	3,05	1,58	9,638
	Peso total de acero longitudinal		103,24720
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
59	1,48	0,617	53,87644
59	0,6	0,617	21,8418
	Peso total de acero de estribos		75,71824
	Peso de acero		178,96544
	Número de vigas		13
Peso total de Acero			2326,55072

Sigue una digitalización de las vigas que no están divididas en tramos, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos

Tabla 28.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V15

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
6,70	0,50	0,3	1,005
	Volumen de hormigón		1,005
	Número de vigas		4
Volumen total de hormigón			4,02
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	7,18	2	43,08
3	7,18	2	43,08
2	2,1	1,58	6,636
2	2,5	1,58	7,9
2	2,1	1,58	6,636
2	2,5	1,58	7,9
2	6,2	0,888	11,0112
	Peso total de acero longitudinal		126,24320
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
30	1,48	0,617	27,3948
30	0,6	0,617	11,106
	Peso total de acero de estribos		38,5008
	Peso de acero		164,744
	Número de vigas		4
Peso total de Acero			658,976

Se observa una digitalización de las vigas que no están divididas en tramos, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos.

Tabla 29.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V16

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
8,30	0,50	0,3	1,245
	Volumen de hormigón		1,245
	Número de vigas		4
Volumen total de hormigón			4,98
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	8,09	2	48,54
3	8,09	2	48,54
2	2,4	1,58	7,584
2	3	1,58	9,48
2	2,4	1,58	7,584
2	3	1,58	9,48
2	7,4	1,21	17,908
	Peso total de acero longitudinal		149,11600
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
44	1,48	0,617	40,17904
44	0,6	0,617	16,2888
	Peso total de acero de estribos		56,46784
	Peso de acero		205,58384
	Número de vigas		4
Peso total de Acero			822,33536

Tabla 30.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V17*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
6,10	0,40	0,3	0,732
	Número de vigas		2
Volumen total de hormigón			1,464
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	6,51	1,21	23,6313
3	6,51	1,21	23,6313
	Peso total de acero longitudinal		47,26260
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
38	1,28	0,617	30,01088
	Peso de acero		77,27348
	Número de vigas		2
Peso total de Acero			154,54696

Tabla 31.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V18*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
9,00	0,40	0,3	1,08
	Número de vigas		2
Volumen total de hormigón			2,16
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	9,95	1,21	36,1185
3	9,95	1,21	36,1185
2	3,52	1,21	8,5184
2	3,52	1,21	8,5184
2	3,52	1,21	8,5184
2	3,52	1,21	8,5184
	Peso total de acero longitudinal		106,3106
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
68	1,28	0,617	53,70368
	Peso de acero		160,01428
	Número de vigas		2
Peso total de Acero			320,02856

A continuación, una digitalización de las vigas que no están divididas en tramos, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos.

Tabla 32.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V19

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
18,45	0,35	0,25	1,614375
	Volumen de hormigón		1,614375
	Número de vigas		4
Volumen total de hormigón			6,4575
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	7,97	0,888	21,23208
3	11,79	0,888	31,40856
3	9,71	0,888	25,86744
3	9,88	0,888	26,32032
	Peso total de acero longitudinal		104,8284
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
136	1,08	0,617	90,62496
	Peso total de acero de estribos		90,62496
	Peso de acero		195,45336
	Número de vigas		4
Peso total de Acero			781,81344

Veáse una digitalización de las vigas que no están divididas en tramos, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos.

Tabla 33.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V20

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
45,51	0,35	0,25	3,982125
	Volumen de hormigón		3,982125
	Número de vigas		1
Volumen total de hormigón			3,982125
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	12	1,21	43,56
3	8,78	1,21	31,8714
3	11,3	1,21	41,019
3	12	1,21	43,56
3	8,78	1,21	31,8714
3	10	1,21	36,3
3	10,16	1,21	36,8808
3	5,65	1,21	20,5095
3	10,16	1,21	36,8808
3	10,16	1,21	36,8808
3	5,48	1,21	19,8924
	Peso total de acero longitudinal		379,226
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
338	1,08	0,617	225,22968
	Peso total de acero de estribos		225,22968
	Peso de acero		604,45578
	Número de vigas		1
Peso total de Acero			604,45578

Por ultimo en este apartado una digitalización de las vigas que no están divididas en tramos, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos.

Tabla 34.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V21

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
45,51	0,35	0,25	3,982125
	Volumen de hormigón		3,982125
	Número de vigas		1
Volumen total de hormigón			3,982125
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
2	11,4	0,888	20,2464
3	10	1,21	36,3
3	12	1,21	43,56
3	8,78	1,21	31,8714
3	10,16	1,21	36,8808
3	11,3	1,21	41,019
3	5,65	1,21	20,5095
3	10,16	1,21	36,8808
3	12	1,21	43,56
3	8,78	1,21	31,8714
3	10,16	1,21	36,8808
3	5,48	1,21	19,8924
	Peso total de acero longitudinal		399,4725
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
338	1,08	0,617	225,22968
	Peso total de acero de estribos		225,22968
	Peso de acero		624,70218
	Número de vigas		1
Peso total de Acero			624,70218

Tabla 35.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V22*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
6,00	0,35	0,25	0,525
Volumen total de hormigón			0,525
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	6,35	1,21	23,0505
3	6,35	1,21	23,0505
Peso total de acero longitudinal			46,10100
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
42	1,08	0,617	27,98712
Peso total de acero de estribos			27,98712
Peso total de Acero			74,08812

Tabla 36.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V23*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
6,17	0,30	0,25	0,46275
Número de vigas			8
Volumen total de hormigón			3,702
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
2	6,52	1,21	15,7784
2	6,52	1,21	15,7784
1	1,84	1,21	2,2264
1	1,74	1,21	2,1054
Peso total de acero longitudinal			35,88860
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
44	0,98	0,617	26,60504
Peso de acero			62,49364
Número de vigas			8
Peso total de Acero			499,94912

Tabla 37.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V24*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
3,70	0,30	0,25	0,2775
	Número de vigas		12
Volumen total de hormigón			3,33
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
2	3,82	1,21	9,2444
2	3,82	1,21	9,2444
	Peso total de acero longitudinal		18,48880
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
22	0,98	0,617	13,30252
	Peso de acero		31,79132
	Número de vigas		12
Peso total de Acero			381,49584

Tabla 38.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V25*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
2,97	0,30	0,25	0,22275
	Número de vigas		6
Volumen total de hormigón			1,3365
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
2	3,25	0,888	5,772
2	3,25	0,888	5,772
	Peso total de acero longitudinal		11,54400
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
20	0,98	0,617	12,0932
	Peso total de acero de estribos		12,0932
	Peso de acero		23,6372
	Número de vigas		6
Peso total de Acero			141,8232

Tabla 39.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de V26*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
2,96	0,30	0,3	0,2664
	Volumen de hormigón		0,2664
	Número de vigas		8
Volumen total de hormigón			2,1312
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
2	3,31	1,21	8,0102
2	3,31	1,21	8,0102
	Peso total de acero longitudinal		16,02040
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
22	1,08	0,617	14,65992
	Peso total de acero de estribos		14,65992
	Peso de acero		30,68032
	Número de columnas		8
Peso total de Acero			245,44256

Tabla 40.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Vigueta N1*

CÁLCULO DE HORMIGÓN			
Área(m2)	Espesor (m)	Volumen (m3)	
123,22	0,15	18,483	
Volumen de hormigón			18,483
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
245	12	0,888	2610,72
	Peso total de acero longitudinal		2610,72
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
6588	0,25	0,187	307,989
	Peso total de acero de estribos		307,989
Peso total de Acero			2918,70900

Tabla 41.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Vigueta N2 y N3*

CÁLCULO DE HORMIGÓN			
	Área(m2)	Espesor (m)	Volumen (m3)
	114,585	0,15	17,18775
Volumen de hormigón			17,18775
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
215	12	0,888	2291,04
Peso total de acero longitudinal			2291,04
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
5754	0,25	0,187	268,9995
Peso total de acero de estribos			268,9995
Peso total de Acero			2560,0395

Tabla 42.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Vigueta N4*

CÁLCULO DE HORMIGÓN			
	Área(m2)	Espesor (m)	Volumen (m3)
	120,015	0,15	18,00225
Volumen de hormigón			18,00225
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
232	12	0,888	2472,192
Peso total de acero longitudinal			2472,19
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
6050	0,25	0,187	282,8375
Peso total de acero de estribos			282,8375
Peso total de Acero			2755,0295

RIOSTRAS

Para la cuantificación de las riostras se realizó previamente la cuantificación de sus dimensiones geométricas a partir de la información contenida en los planos estructurales. En esta se consideró las dimensiones correspondientes al largo, base y altura de cada elemento

Se observa una digitalización de las riostras, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos.

Tabla 43.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de RI

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
6,40	0,80	0,3	1,536
	Volumen de hormigón		1,536
	Número de riostras		13
Volumen total de hormigón			19,968
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	6,81	2	40,86
2	6,23	0,888	11,06448
3	6,81	2	40,86
	Peso total de acero longitudinal		92,78448
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
30	1,84	0,617	34,0584
30	0,33	0,395	3,9105
	Peso total de acero de estribos		37,9689
	Peso de acero		130,75338
	Número de riostras		13
Peso total de Acero			1699,79394

Tabla 44.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R2*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
6,40	0,80	0,3	1,536
	Número de riostras		4
Volumen total de hormigón			6,144
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	6,81	2	40,86
2	6,23	0,888	11,06448
3	6,81	2	40,86
Peso total de acero longitudinal			92,78448
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
23	1,84	0,617	26,11144
23	0,33	0,395	2,99805
Peso total de acero de estribos			29,10949
Peso de acero			121,89397
Número de riostras			4
Peso total de Acero			487,57588

Tabla 45.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R3*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
6,40	0,80	0,3	1,536
	Número de riostras		4
Volumen total de hormigón			6,144
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	6,52	2	39,12
2	6,23	0,888	11,06448
3	6,52	2	39,12
Peso total de acero longitudinal			89,30448
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
24	1,84	0,617	27,24672
24	0,33	0,395	3,1284
Peso total de acero de estribos			30,37512
Peso de acero			119,6796
Número de riostras			4
Peso total de Acero			478,7184

Tabla 46.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R4*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
6,30	0,80	0,3	1,512
Volumen total de hormigón			1,512
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	6,73	2	40,38
2	6,08	0,888	10,79808
3	6,73	2	40,38
Peso total de acero longitudinal			91,55808
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
30	1,84	0,617	34,0584
30	0,33	0,395	3,9105
Peso total de acero de estribos			37,9689
Peso total de Acero			129,52698

Tabla 47.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R5*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
9,30	0,80	0,3	2,232
Número de riostras			2
Volumen total de hormigón			4,464
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	9,73	2	58,38
2	9,15	0,888	16,2504
3	9,73	2	58,38
Peso total de acero longitudinal			133,01040
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
44	1,84	0,617	49,95232
44	0,33	0,395	5,7354
Peso total de acero de estribos			55,68772
Peso de acero			188,69812
Número de riostras			2
Peso total de Acero			377,39624

Tabla 48.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R6*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
9,35	0,80	0,3	2,244
Número de riostras			2
Volumen total de hormigón			4,488
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	9,78	2	58,68
2	9,15	0,888	16,2504
3	9,78	2	58,68
Peso total de acero longitudinal			133,6104
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
48	1,84	0,617	54,49344
48	0,33	0,395	6,2568
Peso total de acero de estribos			60,75024
Peso de acero			194,36064
Número de riostras			2
Peso total de Acero			388,72128

Tabla 49.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R7*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
6,00	0,80	0,3	1,44
Volumen total de hormigón			1,44
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	6,43	2	38,58
2	5,85	0,888	10,3896
3	6,43	2	38,58
Peso total de acero longitudinal			87,5496
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
28	1,84	0,617	31,78784
28	0,33	0,395	3,6498
Peso total de acero de estribos			35,43764
Peso total de Acero			122,98724

Tabla 50.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R8*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
3,10	0,80	0,3	0,744
	Número de riostras		2
Volumen total de hormigón			1,488
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	3,53	2	21,18
2	2,95	0,888	5,2392
3	3,53	2	21,18
	Peso total de acero longitudinal		47,5992
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
17	1,84	0,617	19,29976
17	0,33	0,395	2,21595
	Peso total de acero de estribos		21,51571
	Peso de acero		69,11491
	Número de riostras		2
Peso total de Acero			138,22982

Tabla 51.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R9*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
6,20	0,50	0,3	0,93
	Número de riostras		2
Volumen total de hormigón			1,86
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	6,5	1,208	23,556
3	6,5	1,208	23,556
	Peso total de acero longitudinal		47,1120
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
38	1,24	0,617	29,07304
	Peso total de acero de estribos		29,07304
	Peso de acero		76,18504
	Número de riostras		2
Peso total de Acero			152,37008

Tabla 52.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R10*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
3,50	0,50	0,3	0,525
	Número de riostras		2
Volumen total de hormigón			1,05
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	3,57	1,208	12,93768
3	3,57	1,208	12,93768
	Peso total de acero longitudinal		25,8754
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
22	1,24	0,617	16,83176
	Peso total de acero de estribos		16,83176
	Peso de acero		42,70712
	Número de riostras		2
Peso total de Acero			85,41424

Tabla 53.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R11-R12*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
2,96	0,50	0,3	0,444
	Número de riostras		2
Volumen total de hormigón			0,888
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	3,26	1,208	11,81424
3	3,26	1,208	11,81424
	Peso total de acero longitudinal		23,6285
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
22	1,24	0,617	16,83176
	Peso total de acero de estribos		16,83176
	Peso de acero		40,46024
	Número de riostras		2
Peso total de Acero			80,92048

A continuación, una digitalización de las riostras, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos.

Tabla 54.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R13

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
18,45	0,80	0,3	4,428
	Volumen de hormigón		4,428
	Número de riostras		4
Volumen total de hormigón			17,712
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	10,04	2	60,24
3	9,98	2	59,88
2	9,5	0,888	16,872
2	9,57	0,888	16,99632
3	11,04	2	66,24
3	10,98	2	65,88
	Peso total de acero longitudinal		286,108
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
96	1,84	0,617	108,98688
96	0,33	0,395	12,5136
	Peso total de acero de estribos		121,50048
	Peso de acero		407,6088
	Número de riostras		4
Peso total de Acero			1630,4352

En el siguiente apartado está una digitalización de las riostras, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos.

Tabla 55.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de R14

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Altura(m)	Base (m)	Volumen (m3)
50,10	0,80	0,3	12,024
	Volumen de hormigón		12,024
	Número de riostras		2
Volumen total de hormigón			24,048
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
3	10,04	2	60,24
3	10,19	2	61,14
3	10,19	2	61,14
3	10,2	2	61,2
3	10,04	2	60,24
2	9,5	0,888	16,872
2	9,57	0,888	16,99632
2	10,38	0,888	18,43488
2	9,5	0,888	16,872
2	9,57	0,888	16,99632
3	11,04	2	66,24
3	11,98	2	71,88
3	11,98	2	71,88
3	11,98	2	71,88
3	11,04	2	66,24
Peso total de acero longitudinal			738,252
CALCULO DE ACERO DE ESTRIBOS			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
240	1,84	0,617	272,4672
240	0,33	0,395	31,284
Peso total de acero de estribos			303,7512
Peso de acero			1042,0027
Número de riostras			2
Peso total de Acero			2084,0054

ZAPATAS

Tabla 56.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z1

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Base (m)	Altura(m)	Volumen (m3)
9,85	3,04	0,4	11,9776
Número de zapatas			4
Volumen total de hormigón			47,9104
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
40	2,4	1,58	151,68
39	2,4	1,58	147,888
Peso total de acero longitudinal			299,56800
CALCULO DE ACERO TRANSVERSAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
12	9,71	1,58	184,1016
Peso de acero			483,6696
Número de zapatas			4
Peso total de Acero			1934,6784

Tabla 57.

Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z2

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Base (m)	Altura(m)	Volumen (m3)
14,59	4,05	0,3	17,72685
Número de zapatas			4
Volumen total de hormigón			70,9074
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
48	3	1,58	227,52
49	3	1,58	232,26
Peso total de acero longitudinal			459,78000
CALCULO DE ACERO TRANSVERSAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
14	8,5	1,58	188,02
14	9,2	1,58	203,504
Peso total de acero transversal			391,524
Peso de acero			851,30400
Número de zapatas			4
Peso total de Acero			3405,216

Tabla 58.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z3*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Base (m)	Altura(m)	Volumen (m3)
14,59	3,00	0,3	13,131
	Número de zapatas		4
Volumen total de hormigón			52,524
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
58	2,86	1,58	262,0904
	Peso total de acero longitudinal		262,09040
CALCULO DE ACERO TRANSVERSAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
10	8,5	1,58	134,3
10	9,3	1,58	146,94
	Peso total de acero transversal		281,24
	Peso de acero		543,33040
	Número de zapatas		4
Peso total de Acero			2173,3216

Tabla 59.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z4*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Base (m)	Altura(m)	Volumen (m3)
2,85	2,00	0,3	1,71
	Número de zapatas		8
Volumen total de hormigón			13,68
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
10	1,86	1,58	29,388
	Peso total de acero longitudinal		29,38800
CALCULO DE ACERO TRANSVERSAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
7	4,71	1,58	52,0926
	Peso total de acero transversal		52,0926
	Peso de acero		81,48060
	Número de zapatas		8
Peso total de Acero			651,8448

Tabla 60.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z5*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Base (m)	Altura(m)	Volumen (m3)
2,85	3,60	0,3	3,078
2,85	1,50	0,4	1,71
Volumen de hormigón			4,788
Número de zapatas			4
Volumen total de hormigón			19,152
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
10	4,46	1,58	70,468
Peso total de acero longitudinal			70,46800
CALCULO DE ACERO TRANSVERSAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
15	4,55	1,58	107,835
Peso de acero			178,30300
Número de zapatas			4
Peso total de Acero			713,212

Tabla 61.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z6-Z7*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Base (m)	Altura(m)	Volumen (m3)
3,00	6,00	0,3	5,4
3,00	8,40	0,4	10,08
Volumen total de hormigón			15,48
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
10	6,93	1,58	109,494
10	8,69	1,58	137,302
Peso total de acero longitudinal			246,79600
CALCULO DE ACERO TRANSVERSAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
20	4,85	1,58	153,26
27	4,85	1,58	206,901
Peso total de acero transversal			360,161
Peso total de Acero			606,957

Tabla 62.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z8*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Base (m)	Altura(m)	Volumen (m3)
9,85	13,00	0,4	51,22
Volumen total de hormigón			51,22
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
33	4,75	1,58	247,665
32	11,15	1,58	563,744
33	4,75	1,58	247,665
Peso total de acero longitudinal			1059,07400
CALCULO DE ACERO TRANSVERSAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
51	10,22	1,58	823,5276
Peso total de acero transversal			823,5276
Peso total de Acero			1882,6016

Tabla 63.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z9*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Base (m)	Altura(m)	Volumen (m3)
9,85	13,00	0,4	51,22
Volumen total de hormigón			51,22
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
33	3,26	1,58	169,9764
32	11,16	1,58	564,2496
33	3,26	1,58	169,9764
Peso total de acero longitudinal			904,20240
CALCULO DE ACERO TRANSVERSAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
43	10,22	1,58	694,3468
Peso total de acero transversal			694,3468
Peso total de Acero			1598,5492

Tabla 64.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z10*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Base (m)	Altura(m)	Volumen (m3)
9,50	2,20	0,3	6,27
Volumen total de hormigón			6,27
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
32	3,28	1,58	165,8368
Peso total de acero longitudinal			165,83680
CALCULO DE ACERO TRANSVERSAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
7	9,35	1,58	103,411
Peso total de acero transversal			103,411
Peso total de Acero			269,2478

Tabla 65.*Cálculo de volumen de hormigón y peso de acero de Z11*

CALCULO DE VOLUMEN DE HORMIGÓN			
Largo (m)	Base (m)	Altura(m)	Volumen (m3)
1,80	1,80	0,3	0,972
Número de zapatas			2
Volumen total de hormigón			1,944
CALCULO DE ACERO LONGITUDINAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
7	2,09	1,58	23,1154
Peso total de acero longitudinal			23,11540
CALCULO DE ACERO TRANSVERSAL			
# Varillas	Altura (m)	Peso (kg/m)	Peso(kg)
7	2,09	1,58	23,1154
Peso total de acero transversal			23,1154
Peso de acero			46,23080
Número de zapatas			2
Peso total de Acero			92,4616

LOSAS

A continuación una digitalización de las losas, cálculos realizados de forma manual de sus elementos estructurales, tanto la volumetría de hormigón estructural como su acero longitudinal y estribos, para luego transformar estos últimos a su valor equivalente a peso en kilogramos.

Tabla 66.

Cálculo de volumen de hormigón de N1

N1			
CÁLCULO DE HORMIGÓN			
	Área(m2)	Espesor (m)	Volumen (m3)
Losa	653,5165	0,05	32,675825
Volumen de hormigón			32,675825

Tabla 67.

Cálculo de volumen de hormigón de Losa N2 y N3

N2 y N3			
CÁLCULO DE HORMIGÓN			
	Área(m2)	Espesor (m)	Volumen (m3)
Losa	607,422	0,05	30,3711
Volumen de hormigón			30,3711

Tabla 68.

Cálculo de volumen de hormigón de Losa N4

N4			
CÁLCULO DE HORMIGÓN			
	Área(m2)	Espesor (m)	Volumen (m3)
Losa	641,5896	0,05	32,07948
Volumen de hormigón			32,07948

Una vez ya determinadas los volúmenes de hormigón y cantidad de acero de refuerzo correspondiente a los elementos estructurales, se procedió a desarrollar el análisis de precios unitarios para las columnas. Este análisis nos permitirá establecer el costo directo asociado a la ejecución de una unidad de obra, considerando los recursos necesarios para su construcción.

Para la elaboración del APU se consideraron tres componentes: equipos y herramientas, mano de obra y materiales. En cada componente se determinaron las unidades de medida, cantidades, precios unitarios y costos correspondientes.

Tabla 69.

Precios unitarios para columnas

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
HORMIGÓN f'c = 240 kg/cm ²	UNIDAD		m ³	
COLUMNAS	RENDIMIENTO			1,300
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Hormigonera	h	1,00	4,38	5,69
Vibrador	h	1,00	4,38	5,69
Herramienta menor (5% MO)	%			2,24
			Subtotal	13,63
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Maestro Mayor	jor	0,10	4,75	0,62
Albañil	jor	1,00	4,28	5,56
Ayudante	jor	5,00	4,23	27,50
Operador vibrador	jor	2,00	4,28	11,13
			Subtotal	44,80
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Cemento	Saco	7,50	8,75	65,63
Arena	m3	0,72	22,50	16,20
Ripio 1/2	m3	0,92	24,00	22,08
Agua	m3	0,20	5,83	1,17
Aditivo Plastificante	kg	1,40	3,55	4,97
			Subtotal	110,04
			Costo Directo	168,47
			Indirectos (25%)	42,12
			Otros Indirectos (3%)	5,05
			Valor Ofertado	215,65

A continuación, se desarrolló el análisis de precios unitarios para las riostras/vigas. Este análisis nos permitirá establecer el costo directo asociado a la ejecución de una unidad de obra, considerando los recursos necesarios para su construcción.

Para la elaboración del APU se consideraron tres componentes: equipos y herramientas, mano de obra y materiales. En cada componente se determinaron las unidades de medida, cantidades, precios unitarios y costos correspondientes.

Tabla 70.

Precios unitarios para riostras/vigas

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
HORMIGÓN f'c = 240 kg/cm ²	UNIDAD		m ³	
RIOSTRAS/VIGAS	RENDIMIENTO		1,500	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Hormigonera	h	1,00	4,38	6,57
Vibrador	h	1,00	4,38	6,57
Herramienta menor (5% MO)	%			2,58
			Subtotal	15,72
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Maestro Mayor	jor	0,10	4,75	0,71
Albañil	jor	1,00	4,28	6,42
Ayudante	jor	5,00	4,23	31,73
Operador vibrador	jor	2,00	4,28	12,84
			Subtotal	51,70
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Cemento	Saco	7,50	8,75	65,63
Arena	m3	0,72	22,50	16,20
Ripio 1/2	m3	0,92	24,00	22,08
Agua	m3	0,20	5,83	1,17
Aditivo Plastificante	kg	1,40	3,55	4,97
			Subtotal	110,04
			Costo Directo	177,46
			Indirectos (25%)	44,37
			Otros Indirectos (3%)	5,32
			Valor Ofertado	227,15

Se desarrolló el análisis de precios unitarios para las losas de entrepiso. Este análisis nos permitirá establecer el costo directo asociado a la ejecución de una unidad de obra, considerando los recursos necesarios para su construcción.

Para la elaboración del APU se consideraron tres componentes: equipos y herramientas, mano de obra y materiales. En cada componente se determinaron las unidades de medida, cantidades, precios unitarios y costos correspondientes.

Tabla 71.

Precios unitarios para losa de entrepiso

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
HORMIGÓN f'c = 240 kg/cm ²	UNIDAD		m ³	
LOSAS ENTREPISO	RENDIMIENTO		2,000	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Hormigonera	h	1,00	4,38	8,76
Vibrador	h	1,00	4,38	8,76
Herramienta menor (5% MO)	%			2,60
			Subtotal	20,12
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Maestro Mayor	jor	0,10	4,75	0,95
Albañil	jor	1,00	4,28	8,56
Ayudante	jor	4,00	4,23	33,84
Operador vibrador	jor	1,00	4,28	8,56
			Subtotal	51,91
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Cemento	Saco	7,50	8,75	65,63
Arena	m3	0,72	22,50	16,20
Ripio 1/2	m3	0,92	24,00	22,08
Agua	m3	0,20	5,83	1,17
Aditivo Plastificante	kg	1,40	3,55	4,97
			Subtotal	110,04
			Costo Directo	182,07
			Indirectos (25%)	45,52
			Otros Indirectos (3%)	5,46
			Valor Ofertado	233,05

Se desarrolló el análisis de precios unitarios para las zapatas y losas de cimentaciones. Este análisis nos permitirá establecer el costo directo asociado a la ejecución de una unidad de obra, considerando los recursos necesarios para su construcción.

Para la elaboración del APU se consideraron tres componentes: equipos y herramientas, mano de obra y materiales. En cada componente se determinaron las unidades de medida, cantidades, precios unitarios y costos correspondientes.

Tabla 72.

Precios unitarios para zapatas y losas de cimentaciones

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
HORMIGÓN f'c = 240 kg/cm ²	UNIDAD		m ³	
ZAPATAS/LOSAS DE CIMENTACION	RENDIMIENTO		1,700	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Hormigonera	h	1,00	4,38	7,45
Vibrador	h	1,00	4,38	7,45
Herramienta menor (5% MO)	%			1,85
			Subtotal	16,74
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Maestro Mayor	jor	0,10	4,75	0,81
Albañil	jor	1,00	4,28	7,28
Ayudante	jor	3,00	4,23	21,57
Operador vibrador	jor	1,00	4,28	7,28
			Subtotal	36,93
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Cemento	Saco	7,50	8,75	65,63
Arena	m3	0,72	22,50	16,20
Ripio 1/2	m3	0,92	24,00	22,08
Agua	m3	0,20	5,83	1,17
Aditivo Plastificante	kg	1,40	3,55	4,97
			Subtotal	110,04
			Costo Directo	163,71
			Indirectos (25%)	40,93
			Otros Indirectos (3%)	4,91
			Valor Ofertado	209,55

Aquí se desarrolló el análisis de precios unitarios para aceros. Este análisis nos permitirá establecer el costo directo asociado a la ejecución de una unidad de obra, considerando los recursos necesarios para su construcción.

Para la elaboración del APU se consideraron tres componentes: equipos y herramientas, mano de obra y materiales. En cada componente se determinaron las unidades de medida, cantidades, precios unitarios y costos correspondientes.

Tabla 73.

Precios unitarios para acero $F_y=4200 \text{ kg/m}^2$

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
ACERO $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$			UNIDAD	kg
			RENDIMIENTO	0,062
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Amoladora	Unidad	1,00	3,13	0,19
Herramienta menor (5% MO)	%			0,03
			Subtotal	0,22
MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Maestro Mayor	jor	0,10	4,75	0,03
Fierrero	jor	1,00	4,28	0,27
Ayudante	jor	1,00	4,23	0,26
			Subtotal	0,56
MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Acero Refuerzo $f_y:4200$	kg	1,05	1,20	1,26
Alambra galvanizado #18	kg	0,05	1,96	0,10
Disco de Corte 7 1/2"	Unidad	0,04	2,17	0,09
			Subtotal	1,44
			Costo Directo	2,22
			Indirectos (25%)	0,56
			Otros Indirectos (3%)	0,07
			Valor Ofertado	2,85

4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL O.E 3

4.3.1 Presupuesto resultante del diseño digital 3D.

Una vez extraídos las cantidades del modelo digital procedemos a ingresar los valores de costos unitarios de los materiales utilizados en el proyecto para que el programa Revit nos calcule el respectivo presupuesto en cuanto al hormigón.

En este sentido, el presupuesto generado representa una estimación económica basada en las cantidades obtenidas del modelo digital y en los precios unitarios establecidos para el análisis. Los resultados obtenidos se representan en la tabla 74, donde detallan los volúmenes totales de hormigón, los precios unitarios considerados y el costo total correspondiente a cada elemento estructural.

Tabla 74.

Presupuesto resultante de hormigón del diseño 3D

VOLUMEN TOTAL DE HORMIGÓN		Pre.Unitario	TOTAL
Columnas	290,86 m3	215,65 \$	62.722,90
Riostras/Vigas	364,26 m3	227,15 \$	82.742,80
LosasCiment.	319,21 m3	209,55 \$	66.890,94
Losas	123,11 m3	233,05 \$	28.690,18
TOTAL HORMIGON ESTRUCTURAL	1097,440 m3		\$ 241.046,82

Una vez extraídos las cantidades del modelo digital procedemos a ingresar los valores de costos de los materiales para que el programa Revit nos calcule el respectivo presupuesto en cuanto al acero de refuerzo.

Tabla 75.

Presupuesto resultante de acero del diseño 3D

	Peso de acero(m3)	Peso de acero(kg)	Pre.Unitario	TOTAL
Varilla 20 mm	431.755,4	3.389,280	2,85	9.659,45
Varilla 22 mm	187.282,7	1.470,169	2,85	4.189,98
Varilla 25 mm	465.898,2	3.657,301	2,85	10.423,31
Varilla 10 mm	4.567.448,5	35.854,470	2,85	102.185,24
Varilla 12 mm	524.858,7	4.120,141	2,85	11.742,40
Varilla 14 mm	1.157.965,0	9.090,026	2,85	25.906,57
Varilla 16 mm	4.398.362,4	34.527,145	2,85	98.402,36
Varilla 18 mm	2.330.093,8	18.291,236	2,85	52.130,02
TOTAL DE ACERO	14.063.664,7	110.399,768		262.509,31

4.3.2 Presupuesto resultante del método tradicional.

Tabla 76.

Presupuesto resultante de hormigón en método tradicional

VOLUMEN TOTAL DE HORMIGÓN		Pre.Unitario	TOTAL
Columnas	286,815 m3	215,65 \$	61.850,71
Riostras/Vigas	427,945 m3	227,15 \$	97.208,95
Zapatas/Losas Cim.	330,308 m3	209,55 \$	69.216,50
Losa	125,498 m3	233,05 \$	29.246,58
TOTAL HORMIGON ESTRUCTURAL	1170,565 m3		\$ 257.522,75

A partir del cálculo de volúmenes basados en el plano 2D de los elementos estructurales y la aplicación de los respectivos análisis de precios unitarios, se obtuvo el presupuesto correspondiente al hormigón armado de la estructura del edificio objeto de estudio.

Los costos fueron determinados considerando los volúmenes calculados para cada elemento estructural y su respectivo precio unitario, conforme a la metodología tradicional de presupuestación.

Como se observa en la Tabla 76, el costo total del hormigón armado asciende a \$257.522,75 lo que corresponde a un volumen total de 1.170,565 m³. Del valor total presupuestado, las riostras y vigas representan el mayor costo, con un valor de \$97.208,95 ya que estas constituyen el elemento con mayor volumen de hormigón dentro de la estructura.

En segundo lugar, se encuentran las losas de cimentación y zapatas, con un costo de \$ 69.216,50 seguidas por las columnas, cuyo presupuesto alcanza \$ 61.850,71. Por su parte, las losas representan los menores valores dentro del presupuesto, con \$29.246,58 respectivamente. Estos resultados reflejan la incidencia económica de cada elemento estructural en función de los volúmenes de hormigón obtenidos mediante el procedimiento tradicional de cuantificación.

En consecuencia, el presupuesto elaborado mediante la metodología convencional constituye la base de comparación para evaluar los resultados obtenidos a partir del diseño digital desarrollado en Revit, permitiendo analizar las posibles diferencias en la cuantificación de materiales y en el costo total del proyecto.

Tabla 77.*Presupuesto resultante de acero en método tradicional*

PESO TOTAL DE ACERO		Pre.Unitario		TOTAL
Columnas	29.049,19	kg	2,85	82.790,18
Vigas	50.497,72	kg	2,85	143.918,49
Zapatas	13.328,09	kg	2,85	37.985,06
Riostras	7.856,10	kg	2,85	22.389,87
Muros	24.454,47	kg	2,85	69.695,23
TOTAL DE ACERO	125.185,55	kg		356.778,83

4.3.3 Comparación de Cantidades.

Para determinar las diferencias en cuanto a cantidades de hormigón se realizó una comparación entre los resultados obtenidos mediante el cálculo tradicional y los obtenidos mediante el modelo desarrollado en Revit.

Esta comparación permite identificar las variaciones existentes entre ambos métodos y evaluar la precisión y eficiencia del modelado BIM aplicado al proyecto.

Tabla 78.*Comparación de cantidad de hormigón*

ELEMENTOS	Cálculo tradicional		Cálculo con Revit	
Columnas	286,815	m3	290,86	m3
Riostras/Vigas	427,945	m3	364,26	m3
Zapatas/Losas Cim.	330,308	m3	319,21	m3
Losa	125,498	m3	123,11	m3
TOTAL HORMIGON	1170,565	m3	1097,440	m3

En cuanto al acero de refuerzo, también se realizó una comparación entre cantidades obtenidas mediante el procedimiento tradicional y las cantidades determinadas a partir del modelo desarrollado en Revit. Esta comparación permite analizar las diferencias existentes en el peso total del acero requerido para la estructura.

Tabla 79.*Comparación de cantidad de acero*

Cálculo tradicional		Cálculo con Revit	
125.185,55	kg	110.399,8	kg

4.3.4 Comparación de Costos.

Tabla 80.

Comparación de costos en hormigón

ELEMENTOS	Cálculo tradicional	Cálculo con Revit
Columnas	\$ 61.850,71	\$ 62.722,90
Riostras/Vigas	\$ 97.208,95	\$ 82.742,80
Zapatas/Losas Cimentación	\$ 69.216,50	\$ 66.890,94
Losa	\$ 29.246,58	\$ 28.690,18
TOTAL HORMIGON	\$ 257.522,75	\$ 241.046,82

Considerando las cantidades de obra obtenidas mediante cada una de las metodologías de cuantificación, se elaboraron los presupuestos correspondientes al hormigón estructural aplicando el mismo valor de precio unitario y así mantener la coherencia entre ambos valores, para que estos reflejen su variación únicamente por los volúmenes con los que se trabaja.

Como resultado, el presupuesto elaborado a partir de la cuantificación realizada mediante el método tradicional alcanzó un costo total de \$ 257.522,75 mientras que el presupuesto obtenido utilizando las cantidades obtenidas por Revit presentó un costo total de \$ 241.046,82.

El presupuesto derivado del modelo BIM resultó inferior al obtenido mediante el método tradicional, reflejando la influencia que tiene la precisión de la cuantificación de los elementos estructurales en la estimación del costo total del proyecto.

En términos económicos, la diferencia entre ambos presupuestos fue de \$ 16.475,92 equivalente a una variación del 6,41% respecto al presupuesto obtenido mediante el método tradicional.

Tabla 81.

Comparación de costos de acero

Cálculo tradicional	Cálculo con Revit
\$ 356.778,83	\$ 262.509,31

De forma similar, el acero estructural presentó diferencias cuantificables entre metodologías, la diferencia entre ambos presupuestos fue de \$ 94.269,52, equivalentes a una variación del 26,42 % respecto al presupuesto obtenido mediante el método tradicional. Este resultado

evidencia que las diferencias en la cuantificación de las cantidades de obra influyen directamente en el costo final estimado del proyecto, lo que constituye uno de los principales objetivos de la presente investigación.

4.4 ANÁLISIS DEL TIEMPO

Para la realización de cada metodología a comparar en este trabajo, se necesitaron distintos periodos de tiempo, los cuales serán descritos a continuación:

El modelado del diseño 3D tuvo dos fases, el modelado de los cuerpos de hormigón, y el modelado de los aceros de refuerzo. Para el primero se necesitó un estimado de dos semanas, con sesiones de trabajo de 6 horas, lo que significa que para el modelo de hormigón se necesitaron 86 horas.

Para el modelado de los aceros, debido a la complejidad de estos se necesitó utilizar el plugin Naviate Rebar y algunos ajustes manuales, lo que tomo otras tres semanas, ahora con periodos de trabajo de 5 horas, dando como resultado la necesidad de 105 horas. Lo que nos da un total de 191 horas de modelado digital de la estructura.

El cálculo de los volúmenes de forma manual tomó 3 semanas, con 6 horas necesarias para cada sesión, lo que resulta en un total de 126 horas. Este cálculo no fue dividido como el anterior, en aceros y hormigón, pues fue realizado por tipo de elementos, dependiendo del plano que se utilizaba, pues estos estaban diferenciados como “Planos de cimentaciones”, “Planos de columnas”, etc.

Es necesario mencionar que, aunque el tiempo utilizando el programa Revit fue mayor, si es necesarios una modificación en el proyecto como la eliminación de áreas, suma de cuerpos o modificaciones, las planillas que nos ofrece el programa son actualizadas de forma automática. Mientras que al realizar alguna modificación y querer re calcular de forma manual, es necesario volver a revisar cada documento y cada cálculo para que tenga relación con los objetos que se modificaran.

Una vez calculados los volúmenes, tomo una hora para cada conjunto de volúmenes el calcular los costos necesarios, pues al usar el mismo APU no era necesario mayor uso de tiempo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permitieron comparar el presupuesto del área estructural elaborado mediante la metodología BIM con el presupuesto desarrollado utilizando el método tradicional de análisis de precios unitarios. A partir de la cuantificación realizada en ambos métodos se obtuvo un volumen total de hormigón de 1170,565 m³ mediante el procedimiento tradicional y 1097,440 m³ mediante Revit, lo que representa una diferencia de 73,125 m³, equivalente aproximadamente al 6,25 % del volumen total. En el área de los aceros estructurales se obtuvo un total de Acero de 125.185,55 kg mediante el procedimiento tradicional y 110.399,8 kg mediante Revit, lo que representa una diferencia de 14.785,79 kg, equivalente aproximadamente al 11,81 % del volumen total.

Esta diferencia se reflejó directamente en el presupuesto, en referencia al hormigón estructural se obtuvo un costo de 257.522,75 dólares con el método tradicional y 241.046,82 dólares mediante BIM, con una variación de 16.475,92 dólares, correspondiente aproximadamente al 6,41 %. En referencia al acero estructural se obtuvo un costo de 356.778,83 dólares con el método tradicional y 262.509,31 dólares mediante BIM, con una variación de 94.269,52 dólares, correspondiente aproximadamente al 26,42 %. Estos resultados permiten aceptar la hipótesis general planteada, evidenciando que la metodología BIM permite obtener una cuantificación más consistente con la geometría incorporada en el modelo digital.

Crear el modelo tridimensional en Revit permitió obtener de forma automática los volúmenes de los elementos estructurales considerados en el estudio. La comparación de estas cantidades evidenció diferencias entre los métodos en todos los elementos analizados. En columnas se obtuvo un volumen de 290,86 m³ mediante BIM frente a 286,815 m³ mediante el método manual; mientras que en riostras y vigas la diferencia fue más significativa, dando como resultado 364,26 m³ en Revit frente a 427,945 m³ obtenidos manualmente. De igual manera, las zapatas y losas de cimentación presentaron valores de 319,21 m³ en BIM y 330,308 m³ mediante el procedimiento tradicional, mientras que en la losa estructural se cuantificaron 123,11 m³ y 125,498 m³, respectivamente. Estas variaciones confirman que la cuantificación obtenida

mediante un modelo BIM proporciona resultados más consistentes al estar directamente vinculada con la geometría real de la estructura.

La elaboración de ambos presupuestos comprobó la existencia de diferencias económicas entre las metodologías analizadas. Las mayores discrepancias se presentaron en los rubros correspondientes a riostras y vigas, donde el presupuesto tradicional fue de 97.208,95 dólares, mientras que el presupuesto elaborado mediante BIM fue de 82.742,80 dólares. En columnas también se observaron diferencias, obteniéndose 61.850,71 dólares mediante el método tradicional y 62.722,90 dólares con Revit. De forma similar, las zapatas y losas de cimentación registraron 69.216,50 dólares frente a 66.890,94 dólares, y la losa estructural presentó un costo de 29.246,58 dólares y 28.690,18 dólares, respectivamente. Estos resultados demuestran que las diferencias en la cuantificación influyen directamente en el valor final del presupuesto.

La integración de la información estructural dentro del modelo digital permitió tener de forma centralizada toda la información respectiva, reduciendo la necesidad de realizar cálculos independientes para cada modificación del proyecto. Aunque el presente trabajo no evaluó variables que estén relacionadas con el tiempo de elaboración o la productividad, los resultados obtenidos evidencian que la metodología BIM facilita un mayor control sobre las cantidades de obra. Concluyendo que la integración de la información en un modelo digital sería una herramienta que mejoraría la elaboración de presupuestos.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda que futuras investigaciones amplíen la aplicación de la metodología BIM incorporando la totalidad de las especialidades que conforman un proyecto de edificación, tales como arquitectura, instalaciones hidrosanitarias, eléctricas y sistemas especiales. Esto permitirá evaluar de manera integral la influencia del modelado de información de la construcción en la elaboración del presupuesto general de una obra y determinar con mayor precisión los beneficios que ofrece esta metodología durante las diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto.

De igual forma, antes de poner en práctica el uso de programas de modelado 3D, se sugiere fuertemente revisar la capacidad de los equipos con los que se trabaja, pues al modelar hormigón no se encontraron inconvenientes, sin embargo, el gran número de varillas a modelar

evidenció que un equipo de gama de entrada no es suficiente para realizar el proceso de forma eficaz.

Dicho lo anterior, se insta a promover el uso y la capacitación en herramientas BIM dentro de las instituciones de educación superior y en el sector de la construcción, con el fin de fortalecer las capacidades técnicas de estudiantes y profesionales en procesos de modelado, cuantificación y presupuestación, cosas que son de utilidad mayor en la vida laboral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade Sevilla, R. A. (2021). *Análisis en la variación en cantidades de obra y presupuesto entre la metodología tradicional y metodología BIM, caso de estudio: edificio de carrera de arquitectura, UNACH*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21346>
- Andrade Valle, A. I., & Peña Guijarro, R. I. (2024). *Comparación de la metodología BIM 5D vs la tradicional en las fases de planificación y diseño. Caso de estudio: Laboratorios de Diseño Gráfico-ESPOCH*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/13467>
- Arteaga Cristobal, W. R., & Valerio Palomino, J. S. (2025). Dynamo a través de BIM para la automatización de metrados estructurales, durante la formulación de un proyecto de edificación educativa en Pasco, 2024. In *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/6034>
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Creamer Pintado, E. L., & Creamer Pintado, E. P. (2024). *Eficiencia en los procesos de cuantificación de obra: análisis comparativo entre el uso de la metodología BIM vs métodos tradicionales en proyectos arquitectónicos*. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/44967>
- Daniel W. Halpin, & Bolivar A. Senior. (2010). *Construction Management* (Fourth Edition). https://dosen.upiyai.ac.id/v5/dokumen/materi/190004/18_20221015061652_construction-management%20daniel%20halpin%20Book-1-92.pdf
- Flores Malave, E. D. (2023). *Diseño de ingeniería de instalaciones hidrosanitarias y eléctrica en pabellón de aulas para la Universidad Estatal Península de Santa Elena con sistema inteligente ecoamigable*. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9216>
- Godoy Egas, L. C., & Novoa Salazar, S. N. (2022). *Aplicación de la metodología BIM con enfoque en ingeniería estructural, hidrosanitaria y de costos. Caso de aplicación: nuevo Terminal Aduanero de Carga Ecuador del Centro Binacional de Atención en Frontera Rumichaca (CEBAF)*. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/25790>

- Gómez Parrales, W. A., & Reyes Tomalá, D. G. (2022). *Diseño de ingenierías de pabellón de aulas para la Universidad Estatal Península de Santa Elena con sistema inteligente ecoamigable*. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8435>
- Kirkham, Richard. (2007). *Ferry and Brandon's Cost Planning of Buildings* . Wiley. <https://www.wiley.com/en-hk/Ferry+and+Brandon's+Cost+Planning+of+Buildings%2C+8th+Edition-p-9781118659373>
- Monteiro, A., & Poças Martins, J. (2013). A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design. *Automation in Construction*, 35, 238–253. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2013.05.005>
- Pérez Arnal, I. (2018, July 15). *¿Por qué no empezamos desde el principio?* <https://www.bimcommunity.com/es/por-que-no-empezamos-desde-el-principio/>
- Peurifoy, R. L., Schexnayder, C. J., Schmitt, R. L., & Shapira, A. (2018). Construction Planning, Equipment, & Methods. In *Nucl. Phys.* (Vol. 13, Number 1).
- Sacks, R., Eastman, C., Lee, C., & Teicholz, P. (2011). *BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers* (Third Edition).
- Smith, P. (2014). BIM & the 5D Project Cost Manager. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 475–484. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2014.03.053>
- Torres, M., Emmanuel, S., Mosquera, T., & Orlando, D. (2024). *ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA METODOLOGÍA DE PRESUPUESTO TRADICIONAL Y PRESUPUESTO BIM*.
- Vargas Vargas, W. D. (2021). *Automatización de gestión de información para metrados a partir de modelos virtuales del componente estructural en la etapa de elaboración de un proyecto de edificación y un proyecto de obra vial*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/16191>

ANEXOS

Figura 11

Cimentación, vista en planta del diseño 3D

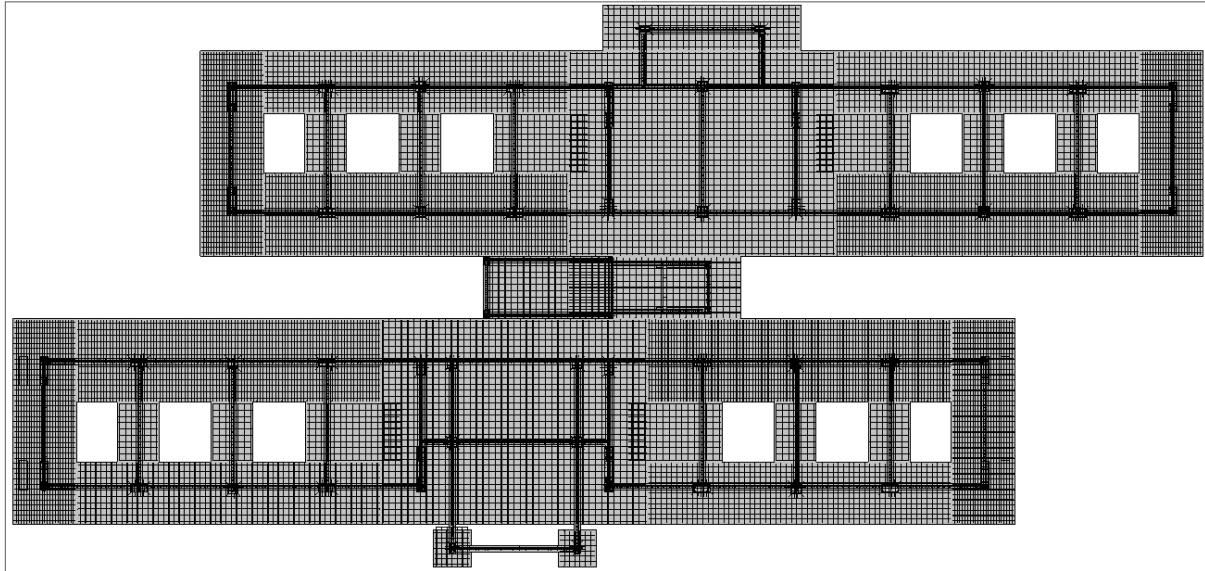


Figura 12

Planta baja, vista en planta del diseño 3D

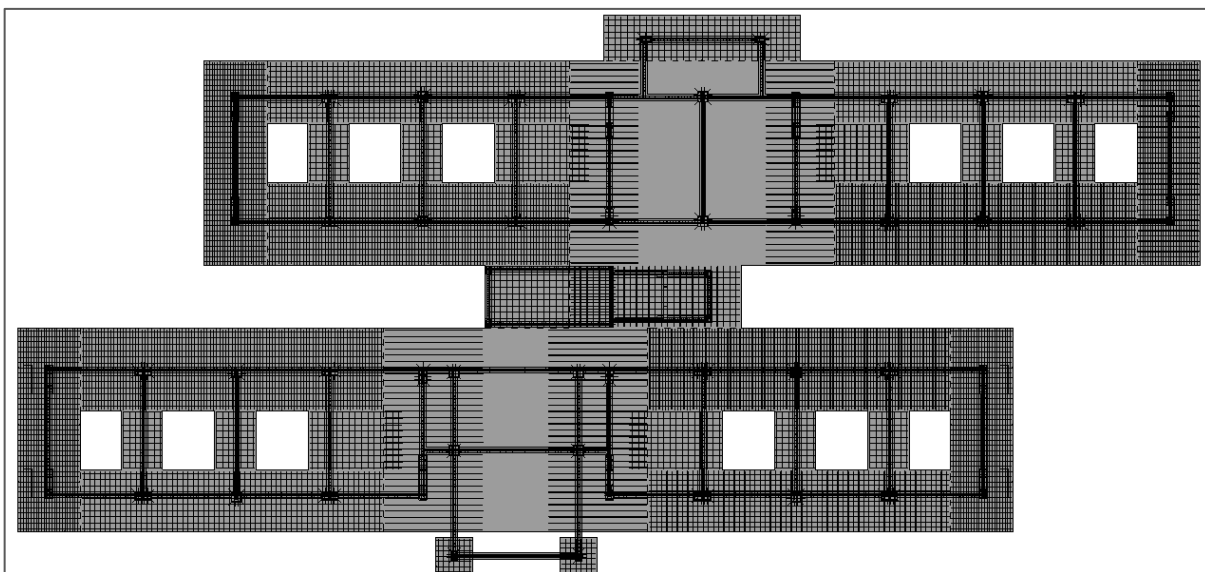


Figura 13

Segunda planta, vista en planta del diseño 3D

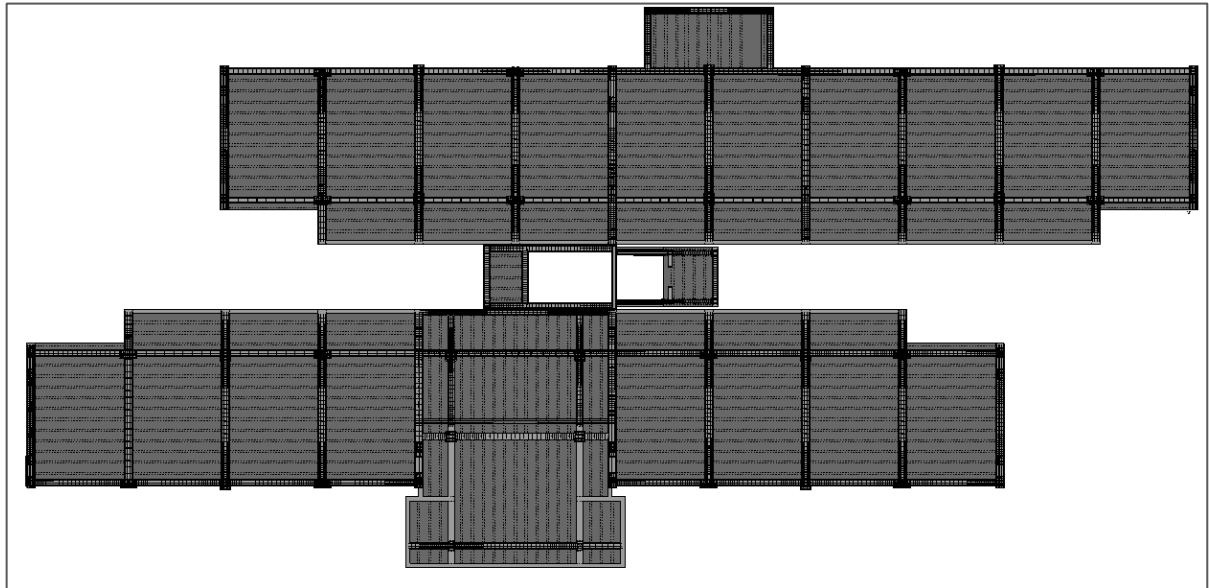


Figura 14

Tercera planta, vista en planta del diseño 3D

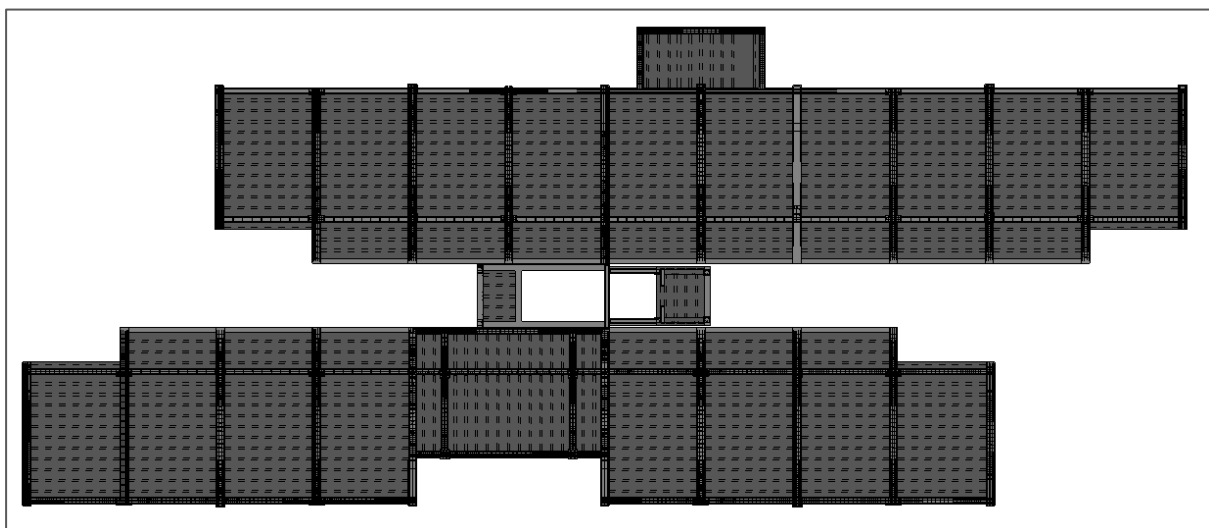


Figura 15

Cuarta planta, vista en planta del diseño 3D

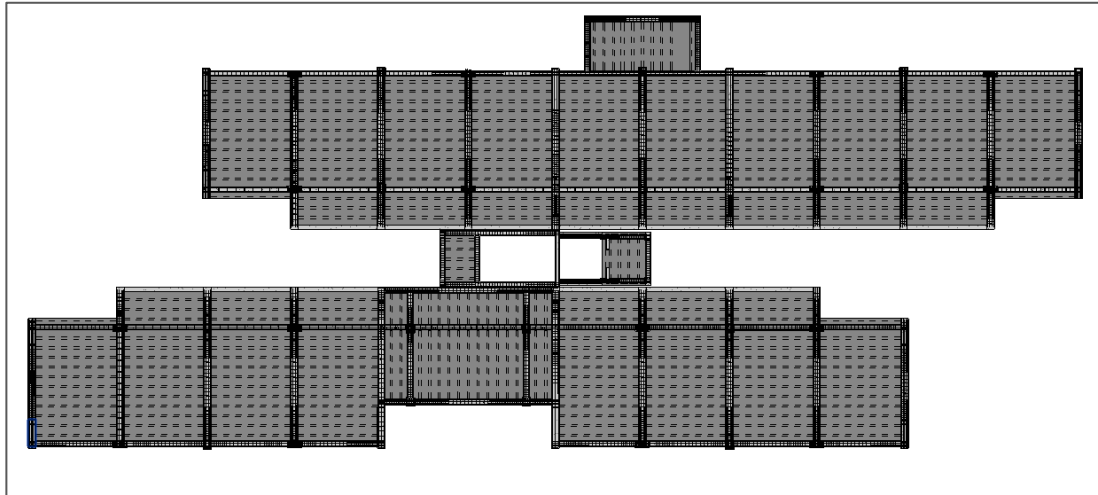


Figura 16

Tabla de pesos de acero utilizada

Grado 4200 kg/cm ²	Ø 10mm	Ø 12mm	Ø 14mm	Ø 16mm	Ø 18mm	Ø 20mm	Ø 22mm	Ø 25mm
Unit weight (kg/m)	0.617	0.888	1.208	1.578	1.998	2.466	2.984	3.853

Nota. Tomando de planos de Universidad Estatal Península de Santa Elena

Figura 17

Vista real de la estructura analizada



Figura 18

Vista modelada de la estructura analizada

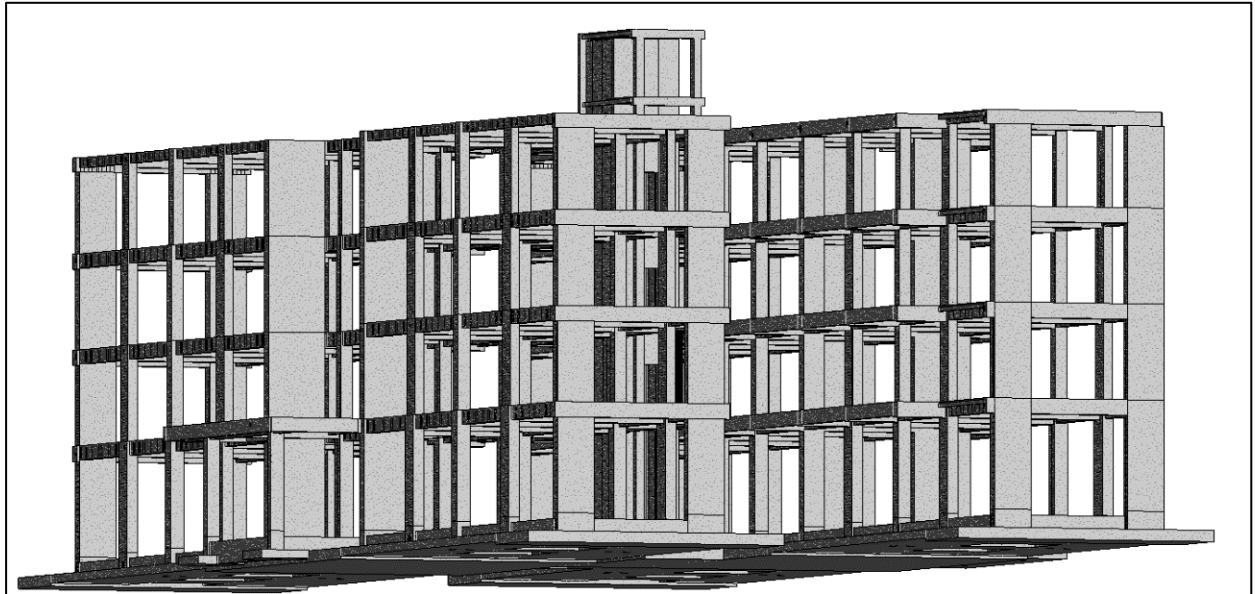


Figura 19

Vista alterna real de la estructura analizada



Figura 20

Vista alterna modelada de la estructura analizada

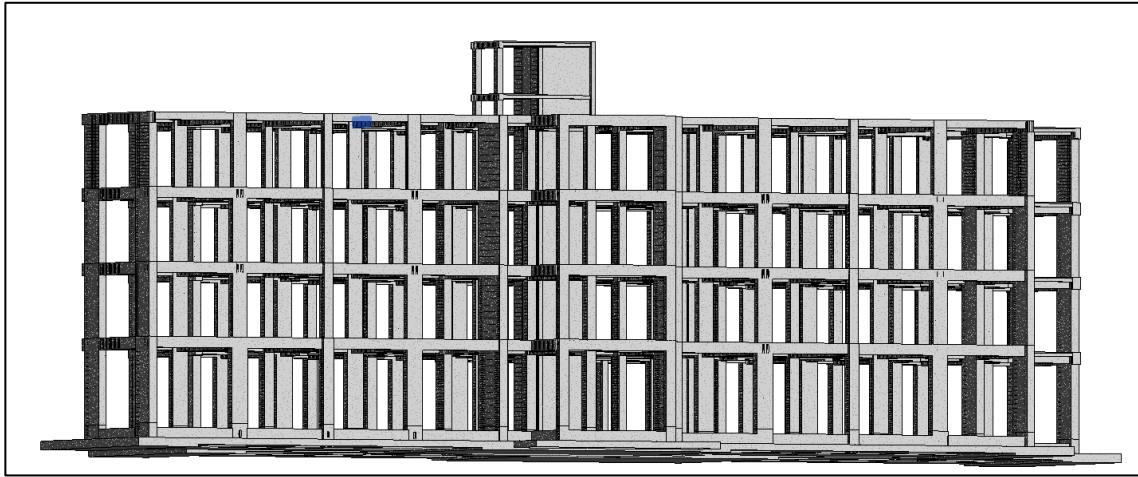


Figura 21

Vista interna real de la estructura analizada



Figura 22

Vista interna modelada de la estructura analizada

