



## **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

OPTIMIZACIÓN DEL COSTO Y TIEMPO EN LA ELABORACIÓN DEL  
EXPEDIENTE TÉCNICO DE LA I.E. 32386 CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LA  
METODOLOGÍA BIM, HUÁNUCO, 2024

**Línea de investigación:**  
**Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y  
geotecnia**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

### **Autor**

Estrella Camavilca, Melvin Antonio

### **Asesor**

Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

ORCID: 0000-0002-0684-5114

### **Jurado**

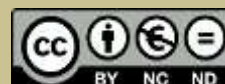
Madrid Saldaña, Cesar Karlo

Yucra Ayala, Maddeley Elizabeth

Yupari Silva, Emilio Gustavo

**Lima - Perú**

**2026**



# Optimización del costo y tiempo en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386 con la implementación de la metodología BIM, Huánuco, 2024.

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="https://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	1%
5	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%
8	<a href="https://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="https://s701e818940989375.jimcontent.com">s701e818940989375.jimcontent.com</a> Fuente de Internet	<1%
10	<a href="https://www.mef.gob.pe">www.mef.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1%
11	<a href="https://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1%



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

OPTIMIZACIÓN DEL COSTO Y TIEMPO EN LA ELABORACIÓN DEL EXPEDIENTE  
TÉCNICO DE LA I.E. 32386 CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA  
BIM, HUÁNUCO, 2024

**Línea de Investigación:**

Desarrollo Urbano – Rural, Catastro, Prevención de riesgos, Hidráulica y Geotécnica

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Estrella Camavilca, Melvin Antonio

**Asesor:**

Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

ORCID: 0000-0002-0684-5114

**Jurado:**

Madrid Saldaña, Cesar Karlo

Yucra Ayala, Maddeley Elizabeth

Yupari Silva, Emilio Gustavo

Lima - Perú

2026

### **Dedicatoria**

Dedico a Dios por darme la fuerza necesaria para cumplir todas mis metas. A mis padres Antonio y Erlinda por ser mi mayor motivo de superación y brindarme el amor y ejemplo que han sido una guía para poder alcanzar los logros más importantes de mi vida

### **Agradecimiento**

Agradezco familiares, amigos, ingenieros y arquitectos por sus enseñanzas, consejos y por compartir sus experiencias profesionales y conocimientos conmigo lo que ha permitido mi desarrollo y crecimiento como persona y profesional.

## ÍNDICE

Resumen.....	14
Abstract.....	15
I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Descripción y formulación del problema .....	16
<i>1.1.1 Realidad problemática .....</i>	<i>16</i>
<i>1.1.2 Formulación del problema.....</i>	<i>18</i>
1.2 Antecedentes.....	18
<i>1.2.1 Antecedentes nacionales .....</i>	<i>18</i>
<i>1.2.2 Antecedentes internacionales.....</i>	<i>21</i>
1.3 Objetivos.....	24
<i>1.3.1 Objetivo general.....</i>	<i>24</i>
<i>1.3.2 Objetivos específicos.....</i>	<i>24</i>
1.4 Justificación .....	24
<i>1.4.1 Justificación Teórica .....</i>	<i>24</i>
<i>1.4.2 Justificación Práctica .....</i>	<i>25</i>
<i>1.4.3 Justificación Social .....</i>	<i>25</i>
<i>1.4.4 Limitación de la investigación.....</i>	<i>25</i>
1.5 Hipótesis .....	27
<i>1.5.1 Hipótesis General .....</i>	<i>27</i>
<i>1.5.2 Hipótesis Específicas .....</i>	<i>27</i>
II. MARCO TEORICO .....	28

2.1 Expedientes Técnicos .....	28
2.1.1 <i>Ciclo de un proyecto</i> .....	30
2.1.2 <i>Etapa de Estudio</i> .....	31
2.1.3 <i>Anteproyecto de Arquitectura y Estructura</i> .....	32
2.1.4 <i>Componente expediente Técnico de Obra</i> .....	33
2.2 Expediente técnico Método Tradicional: .....	37
2.2.1 <i>Tipos de expediente técnico:</i> .....	37
2.2.2 <i>Métodos de elaboración del expediente técnico:</i> .....	38
2.2.3 <i>Clasificaciones del expediente técnico:</i> .....	38
2.2.4 <i>Fases del expediente técnico:</i> .....	38
2.2.5 <i>Métodos de elaboración y ejecución del expediente técnico:</i> .....	39
2.2.6 <i>Normativa</i> .....	39
2.2.7 <i>Elaboración del expediente definitivo tras la aprobación del anteproyecto</i> .	39
2.2.8 <i>Debilidades de la metodología tradicional</i> .....	42
2.2.9 <i>Problema frecuente en la etapa de planificación y programación</i> .....	44
2.2.10 <i>Problemas de Coordinación y Comunicación</i> .....	44
2.3 Metodología Building Information Modeling (BIM) .....	44
2.4 Usos BIM .....	45
2.5 Beneficios del uso de BIM .....	46
2.5.1 <i>Transformación digital</i> .....	47
2.5.2 <i>Integración</i> .....	48

2.5.3	<i>Calidad</i> .....	48
2.5.4	<i>Eficiencia</i> .....	48
2.5.5	<i>Mejor comunicación</i> .....	48
2.5.6	<i>Diseño para fabricación y ensamblaje</i> .....	49
2.5.7	<i>Supervisión del avance de obra</i> .....	49
2.5.8	<i>Rendimiento</i> .....	49
2.5.9	<i>Impacto en el medioambiente</i> .....	49
2.5.10	<i>Transparencia</i> .....	49
2.6	Falencias o desventajas del uso de BIM .....	50
2.6.1	<i>Altos costos iniciales y curva de aprendizaje</i> .....	50
2.6.2	<i>Dependencia de personal capacitado</i> .....	50
2.6.3	<i>Problemas de interoperabilidad</i> .....	50
2.6.4	<i>Complejidad y exceso de datos</i> .....	51
2.6.5	<i>Dependencia tecnológica y riesgos de seguridad</i> .....	51
2.6.6	<i>Resistencia al cambio</i> .....	51
2.7	Marco normativo del BIM .....	51
2.7.1	<i>Normativa internacional</i> .....	51
2.7.2	<i>Normativa Técnica Peruana BIM – ISO 19650-1:2021 y ISO 19650-2</i> .....	53
2.8	Plan BIM Perú.....	55
2.9	Uso de BIM y aplicaciones en el país.....	56
2.9.1	<i>Uso de BIM en edificios y viviendas multifamiliares</i> .....	56

2.9.2	<i>Uso de BIM en instituciones educativas</i>	57
2.10	Herramientas tecnológicas y digitales para la aplicación de BIM	59
2.10.1	<i>Modelado en Revit</i>	59
2.10.2	<i>Detección de incompatibilidades</i>	60
2.10.3	<i>Metrados y Cálculo de Costos</i>	60
2.10.4	<i>Otras herramientas en el entorno BIM</i>	61
2.11	Desafíos Para Implantar BIM en el Perú	61
III.	MÉTODO	64
3.1	Tipo de investigación	64
3.2	Ámbito temporal y espacial	65
3.3	Variables	66
3.3.1	<i>Variables Independientes:</i>	66
3.3.2	<i>Variables Dependientes:</i>	66
3.4	Población y Muestra	67
3.5	Instrumentos	67
3.6	Procedimientos	68
3.6.1	<i>Obtención de Datos y Modelado</i>	68
3.6.2	<i>Cálculos y Simulaciones</i>	69
3.6.3	<i>Elaboración del Expediente Técnico</i>	70
3.6.4	<i>Resultados y Análisis Comparativo</i>	70
3.6.5	<i>Contenidos de los Entregables del Expediente Técnico</i>	71

3.7	Análisis de datos .....	73
IV.	RESULTADOS .....	74
4.1	Implementación de la metodología de BIM .....	84
4.2	Proceso de importación de los planos de las especialidades .....	85
4.2.1	<i>Colocación de parámetros</i> .....	86
4.2.2	<i>Criterios para el modelado</i> .....	89
4.2.3	<i>Modelado de la estructura</i> .....	91
4.2.4	<i>Volumetría</i> .....	96
4.3	Evaluación de los costos con el método tradicional y BIM.....	124
4.4	Cronograma en la ejecución del expediente técnico de la I.E. 32386 .....	130
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	134
VI.	CONCLUSIONES .....	138
VII.	RECOMENDACIONES.....	140
VIII.	REFERENCIAS .....	141
IX.	ANEXOS .....	149

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Programa arquitectónico de la infraestructura educativa.</i> .....	41
Tabla 2. <i>Levantamiento topográfico de las coordenadas UTM (WGS 84)</i> .....	75
Tabla 3. <i>Comparación de Interferencias entre AutoCAD y BIM</i> .....	110
Tabla 4. <i>Comparación de metrados entre BIM y la Metodología Tradicional (AutoCAD) para Arquitectura y Estructuras.</i> .....	122
Tabla 5. <i>Resumen de los costos de Arquitectura con BIM y Método Tradicional</i> .....	125
Tabla 6. <i>Resumen de los costos de Estructuras con BIM y Método Tradicional – Bloque C</i> 127	
Tabla 7. <i>Resumen del presupuesto de la Partida de Arquitectura - Bloque C</i> .....	128
Tabla 8. <i>Resumen del presupuesto de la Partida de Estructuras - Bloque C</i> .....	130
Tabla 9. <i>Comparación del cronograma de la ejecución con el BIM y la Metodología.</i> .....	131
Tabla 10. <i>Resultado comparativo del cronograma realizado con BIM y Método.</i> .....	132

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Nivel de adopción BIM en edificaciones Urbanas en Lima 2023.</i> .....	20
Figura 2. <i>Implementación del BIM hasta el 2022, Chile.</i> .....	23
Figura 3. <i>Key Stakeholders del BIM, Chile.</i> .....	26
Figura 4. <i>Fases de un proyecto</i> .....	31
Figura 5. <i>Procedimiento de la elaboración de un expediente técnico</i> .....	41
Figura 6. <i>Metodología Building Information Modeling (BIM)</i> .....	45
Figura 7. <i>Esquema general del desarrollo de información según EN-ISO 19650-1</i> .....	53
Figura 8. <i>Otros conceptos de la Norma Técnica Peruana (NTP) 19650-1:2021</i> .....	54
Figura 9. <i>Hitos del Plan BIM en el Perú</i> .....	56
Figura 10. <i>Ubicación del proyecto I.E. N° 32386 Daniel Fonseca Tarazona</i> .....	65
Figura 11. <i>Ubicación del proyecto I.E. N° 32386 Daniel Fonseca Tarazona</i> .....	66
Figura 12. <i>Vista del area total del colegio mediante las coordenadas UTM</i> .....	74
Figura 13. <i>Vista del bloque “C” del plano de distribución de la edificación de la I.E.</i> .....	76
Figura 14. <i>Vista del primer piso, bloque “C” - Arquitectura</i> .....	77
Figura 15. <i>Vista del Segundo piso, bloque “C” - Arquitectura</i> .....	78
Figura 16. <i>Vista de la planta techo bloque “C” - Arquitectura</i> .....	79
Figura 17. <i>Vista de los planos estructurales, bloque “C” – Planta de cimentación</i> .....	80
Figura 18. <i>Vista de los planos estructurales, bloque “C” – Planta techo</i> .....	81
Figura 19. <i>Vista de los planos estructurales primer piso, bloque “C” – Vigas</i> .....	82
Figura 20. <i>Vista de los planos estructurales segundo piso, bloque “C” – Vigas</i> .....	83

Figura 21. <i>Importación – Plano de estructuras Bloque C</i> .....	85
Figura 22. <i>Importación – Plano de arquitectura – Bloque C</i> .....	86
Figura 23. <i>Parámetros – Plano de estructuras - columnas</i> .....	87
Figura 24. <i>Parámetros – Plano de estructuras – zapatas</i> .....	88
Figura 25. <i>Parámetros – Plano de arquitectura – piso machimbrado</i> .....	88
Figura 26. <i>Parámetros – Plano de arquitectura – piso microcemento</i> .....	89
Figura 27. <i>Propiedades de las columnas – estructuras</i> .....	90
Figura 28. <i>Propiedades de recubrimiento en columnas – estructuras</i> .....	91
Figura 29. <i>Vista del modelado de la I.E. en N° 32386 – Revit - Arquitectura</i> .....	92
Figura 30. <i>Vista del modelado de la I.E. en N° 32386 – Revit - Estructura</i> .....	93
Figura 31. <i>Columnas, vigas y losas, zapatas</i> .....	94
Figura 32. <i>Cimentación junto con el modelado de acero en zapatas corridas – Bloque C</i> ...94	
Figura 33. <i>Modelado de arquitectura – muro kk cabeza, tarrajeo interior – Bloque C</i> .....	95
Figura 34. <i>Modelado de arquitectura – puertas y ventanas – Bloque C</i> .....	96
Figura 35. <i>Volumetría de estructuras</i> .....	97
Figura 36. <i>Volumetría de arquitectura</i> .....	98
Figura 37. <i>Incompatibilidad en los cimientos corridos corte BC 5 y BC 2 presentan un NFC, -1.20 y -0.80 respectivamente.</i> .....	100
Figura 38. <i>Incompatibilidad de las placas P1 y P2 con respecto a la altura, en el corte BC5.</i> .....	101
Figura 39. <i>Incompatibilidad de los elementos de Zapatas y Uña de Falso Piso en la Vereda Exterior (EJE 2').</i> .....	103

Figura 40. <i>Incompatibilidad significativa entre los planos de estructura y arquitectura, específicamente en relación con la representación de los muros.</i> .....	105
Figura 41. <i>Incompatibilidad significativa entre el falso piso con el sobrecimiento armado ubicado en eje 1.</i> .....	106
Figura 42. <i>Incompatibilidad significativa entre la uña de falso piso y el cimiento armado en el EJE 2 - corte A-A y corte C-C.</i> .....	108
Figura 43. <i>Desajuste en el eje de la armadura entre zapatas y columnas</i> .....	109
Figura 44. <i>Comparación de Interferencias entre AutoCAD y BIM</i> .....	111
Figura 45. <i>Análisis del metrado con BIM - Arquitectura</i> .....	112
Figura 46. <i>Metrado de muros</i> .....	113
Figura 47. <i>Análisis del metrado con BIM - Estructuras</i> .....	114
Figura 48. <i>Metrado de columnas, sobrecimientos y zapatas</i> .....	115
Figura 49. <i>Resultado comparativo del BIM y Método convencional – Arquitectura - Tarrajeo muro interior</i> .....	116
Figura 50. <i>Resultado comparativo del BIM y Método convencional – Arquitectura – Tarrajeo muro exterior.</i> .....	117
Figura 51. <i>Resultado comparativo del BIM y Método convencional – Arquitectura – muro ladrillos</i> .....	118
Figura 52. <i>Resultado comparativo del BIM y Método convencional – Estructuras – Acero en Sobrecimientos</i> .....	119
Figura 53. <i>Resultado comparativo del BIM y Método convencional – Estructuras – Acero en Zapatas</i> .....	120

Figura 54. <i>Resultado comparativo del BIM y Método convencional – Estructuras – Acero en Columnas.</i> .....	121
Figura 55. <i>Comparación de metrados entre BIM y la Metodología Tradicional (AutoCAD) para Arquitectura y Estructuras.</i> .....	122
Figura 56. <i>Análisis de los costos mediante el S10 del proyecto de la I.E.</i> .....	125
Figura 57. <i>Resumen del presupuesto de la Partida de Arquitectura - Bloque C</i> .....	129
Figura 58. <i>Resumen del presupuesto de la Partida de estructuras- Bloque C</i> .....	130
Figura 59. <i>Resultado comparativo del cronograma realizado con BIM y Método tradicional.</i> .....	133

## RESUMEN

**Objetivo:** Analizar la optimización del costo y tiempo en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024, mediante la implementación de la metodología BIM.

**Método:** El estudio utilizó un enfoque cuantitativo y un diseño cuasi-experimental. Se compararon los resultados obtenidos a través de la implementación de BIM con los métodos tradicionales en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386. La recolección de datos se centró en áreas de incompatibilidades, metrados y costos, permitiendo así evaluar la efectividad de BIM en cada una de estas áreas. **Resultados:** La implementación de BIM permitió una reducción del 76.74% en las incompatibilidades, mejorando la integración y coordinación del proyecto. En términos de metrados, se logró una variación positiva del 29.74% en la parte arquitectónica, mientras que en la parte estructural se observó una variación negativa del 19.82%, lo que indica una optimización de las mediciones. En cuanto a los costos, BIM presentó un incremento en la Especialidad de Arquitectura de S/ 2,840.35, pero logró una ligera mejora de 1 día en el tiempo estimado de ejecución. **Conclusiones:** La implementación de BIM en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386 optimizó de manera significativa la detección de incompatibilidades, la precisión de los metrados y, en menor medida, los costos y tiempos. BIM resultó ser una herramienta eficaz para mejorar la planificación y ejecución de proyectos, especialmente en el ámbito de la infraestructura educativa pública.

*Palabras clave:* optimización de costos, metodología BIM, expediente técnico

## ABSTRACT

**Objective:** The main objective of this study was to analyze the optimization of cost and time in the development of the technical file for I.E. 32386, Huánuco, 2024, through the implementation of BIM methodology. **Method:** The study employed a quantitative approach and a quasi-experimental design. The results obtained through BIM implementation were compared with traditional methods used in preparing the technical file for I.E. 32386. Data collection focused on areas of incompatibilities, measurements, and costs, allowing for the assessment of BIM effectiveness in each area. **Results:** BIM implementation resulted in a 76.74% reduction in incompatibilities, improving project integration and coordination. In terms of measurements, there was a 29.74% positive variation in architecture, while in the structural area, a negative variation of 19.82% was observed, indicating optimized measurements. Regarding costs, BIM resulted in an increase of S/ 2,840.35 in the Architecture Specialty, but achieved a slight improvement of 1 day in the estimated execution time. **Conclusions:** The implementation of BIM in the preparation of the technical file for I.E. 32386 significantly optimized the detection of incompatibilities, the accuracy of measurements, and, to a lesser extent, cost and time. BIM proved to be an effective tool for improving project planning and execution, particularly in the context of public educational infrastructure.

*Keywords:* cost optimization, BIM methodology, technical file

## I. INTRODUCCIÓN

La creación del expediente técnico en proyectos de construcción es un proceso fundamental que asegura el adecuado desarrollo de las obras. En particular, en proyectos educativos como el de la I.E. 32386 en Huánuco, la elaboración del expediente técnico bien estructurado es crucial para cumplir con los requerimientos que requiere la institución. Sin embargo, los métodos tradicionales de planificación suelen presentar problemas, como la ausencia de un flujo integrado de información, fallos humanos. Frente a esta situación, la metodología Building Information Modeling (BIM) ha emergido como una herramienta innovadora que optimiza la gestión, permitiendo la creación de representaciones digitales que consolidan toda la información del proyecto y mejoran la toma de decisiones, reduciendo tanto los costos como los tiempos de ejecución.

El desafío principal en este contexto es la ineficiencia del proceso tradicional de elaboración del expediente técnico, que frecuentemente conlleva sobrecostos y demoras. Los métodos convencionales no aprovechan al máximo las posibilidades de digitalización y gestión integrada de la información. Esto genera una planificación ineficaz, falta de coordinación entre los involucrados y, en muchos casos, la importancia de ejecutar ajustes mientras se lleva a cabo el proyecto, lo que aumenta los costos. La aplicación del BIM, con su capacidad para centralizar y automatizar la información, promete ofrecer una optimización notable en el rendimiento de los proyectos educativos, optimizando la creación de expedientes técnicos y facilitando su gestión en todas sus fases.

La incorporación del BIM en el sector educativo en el Perú, y específicamente en la I.E. 32386 de Huánuco, representa una oportunidad con el propósito de hacer más eficiente el proceso en la creación de expedientes técnicos. La metodología BIM ofrece ventajas claras en términos de reducción de costos y tiempos, permitiendo que los proyectos sean ejecutados con

mayor precisión y dentro de los plazos establecidos. Este estudio busca explorar cómo la implementación de BIM puede innovar en los métodos utilizados para la gestión de proyectos de infraestructura educativa en la región, contribuyendo a un mejor aprovechamiento de los recursos y a la creación de espacios educativos de mayor calidad.

## **1.1 Descripción y formulación del problema**

### ***1.1.1 Realidad problemática***

A nivel nacional, el sector de infraestructura educativa evidencia un uso limitado de tecnologías digitales en la gestión y elaboración de expedientes técnicos. Pese a los avances tecnológicos disponibles, la mayoría de los proyectos continúa desarrollándose mediante metodologías tradicionales, lo que genera una escasa integración de la información entre las distintas especialidades involucradas. Esta situación repercute negativamente en la calidad, eficiencia y control de los proyectos, ocasionando deficiencias técnicas, retrasos y sobrecostos durante su ejecución.

En los últimos años, los proyectos de infraestructura educativa promovidos por el Estado han incrementado significativamente su nivel de complejidad, tanto en el diseño arquitectónico como en la incorporación de diversas especialidades técnicas. Entidades como PRONIED y PROINVERSIÓN han pasado de ejecutar instituciones educativas convencionales a proyectos de gran envergadura, como los Colegios de Alto Rendimiento (COAR), los cuales integran múltiples bloques funcionales y sistemas técnicos. Esta complejidad exige una mayor coordinación y precisión en la elaboración de los expedientes técnicos, lo cual no siempre se logra bajo esquemas de trabajo tradicionales (Moreira, 2020).

Uno de los principales problemas en la formulación de expedientes técnicos radica en la falta de vinculación e interoperabilidad entre las especialidades de arquitectura, estructuras e instalaciones. Esta desconexión genera inconsistencias en los diseños, errores en los metrados, deficiencias en los análisis de precios unitarios y presupuestos imprecisos, lo que

prolonga el tiempo de elaboración y aprobación del expediente técnico. Como consecuencia, los proyectos suelen acumular múltiples observaciones técnicas que retrasan su viabilidad y ejecución.

Alfaro (2019) señala que, si bien el Estado busca optimizar la ejecución de los proyectos de infraestructura en términos de tiempo, costo y calidad, el uso de metodologías convencionales en la elaboración de expedientes técnicos propicia errores en la cuantificación de partidas y estimaciones presupuestales, generando variaciones económicas significativas durante la ejecución del proyecto. Estas deficiencias afectan directamente la eficiencia del gasto público y el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Asimismo, cuando las observaciones técnicas no son levantadas adecuadamente en la etapa de formulación, durante la ejecución se presentan problemas como retrasos de obra, ampliaciones de plazo, adicionales, deductivos y, en casos críticos, paralizaciones de proyectos. Esta situación ha derivado en la existencia de numerosos centros educativos inconclusos o paralizados a nivel nacional, afectando directamente a la población estudiantil y evidenciando una gestión ineficiente de los recursos públicos.

En este contexto, la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) se presenta como una alternativa viable para optimizar la elaboración de expedientes técnicos en proyectos de infraestructura educativa. BIM permite la integración de todas las especialidades en un modelo digital coordinado, facilitando la detección temprana de interferencias, la precisión en los metrados, el control del presupuesto y la reducción de tiempos en la elaboración del expediente técnico. Por ello, resulta pertinente analizar la optimización del costo y tiempo en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386 mediante la implementación de la metodología BIM, contribuyendo a mejorar la eficiencia y calidad de los proyectos educativos en la región de Huánuco.

### **1.1.2 Formulación del problema**

En proyectos de centros educativos, se ha observado que los costos de las infraestructuras terminan ejecutándose por encima del costo aprobado mediante resolución y con un tiempo prolongado a lo aprobado en el cronograma debido a un ineficiente diseño y un presupuestado con incertidumbre en la fase de desarrollo del expediente técnico. Por lo tanto, la problemática que se requiere resolver es:

#### **1.1.2.1 Problema General**

¿De qué manera la aplicación de la metodología BIM optimiza el tiempo y costo en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024?

#### **1.1.2.2 Problemas Específicos**

¿Qué incompatibilidades se presentan al implementar la metodología BIM en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024, en comparación con los métodos tradicionales empleados en el diseño y la planificación del proyecto?

¿De qué manera la implementación de BIM optimizará el metrado en el expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024?

¿Cómo puede la implementación de BIM mejorar la estimación de costos y la programación en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024?

## **1.2 Antecedentes**

### **1.2.1 Antecedentes nacionales**

Los estudios nacionales han destacado el impacto positivo de la implementación de BIM en la optimización de costos, la reducción de errores y la mejora en la planificación y ejecución de proyectos de construcción. Gómez (2021), en su estudio sobre la implementación de BIM en el proyecto Edificio Multifamiliar Paseo Pacasmayo, concluyó que la metodología permitió detectar interferencias entre disciplinas desde la etapa de planificación, lo que evitó

problemas durante la ejecución. Además, la implementación de BIM permitió reducir el plazo de ejecución en 4 semanas, lo que representó un ahorro de S/. 19,944.52. De manera similar, Ojeda (2021) abordó la gestión de plazos de ejecución y la dificultad de actualizar y coordinar distintas fases del proyecto mediante métodos tradicionales. Según su estudio, BIM ofrece una solución más dinámica y eficiente al integrar todos los aspectos del proyecto en una plataforma digital que se actualiza en tiempo real, mejorando la coordinación y facilitando el seguimiento del avance. Este enfoque redujo significativamente los retrasos en comparación con los cronogramas manuales tradicionales.

Otros estudios también abordaron cómo BIM contribuye a la optimización de los costos y la detección temprana de problemas. Llanque (2021), en su estudio sobre el Hotel Tacna Heroica, identificó que la implementación de BIM resultó en un ahorro significativo en el presupuesto. El estudio encontró un ahorro de S/. 30,642.35, lo que representó el 4.48% del presupuesto total, gracias a la precisión en la cuantificación de las partidas y la reducción de errores. Por su parte, Espinel y Miranda (2021), centrados en la identificación de incompatibilidades en el Proyecto Multifamiliar Residencial Ibiza en Lima, concluyeron que BIM permitió detectar 345 incompatibilidades entre las disciplinas, lo que evitó un gasto de S/. 71,328.65 en reparaciones futuras y la adición de 56 días a los plazos de ejecución, lo que demuestra la capacidad de BIM para mejorar la eficiencia en la ejecución de proyectos complejos.

La detección de incompatibilidades y la mejora de la planificación y ejecución de proyectos también son aspectos claves que han sido evaluados por los estudios de Montalván y Ruiz (2022), en su análisis del proyecto I.E. Secundario Santa Magdalena Sofía en Chiclayo, detectaron 223 incompatibilidades y 121 RI's, lo que permitió una mejor gestión de las interferencias y garantizó una ejecución más fluida. Este estudio concluyó que el uso de BIM generó importantes ahorros tanto en tiempo como en costos. De igual forma, Deza (2020), en

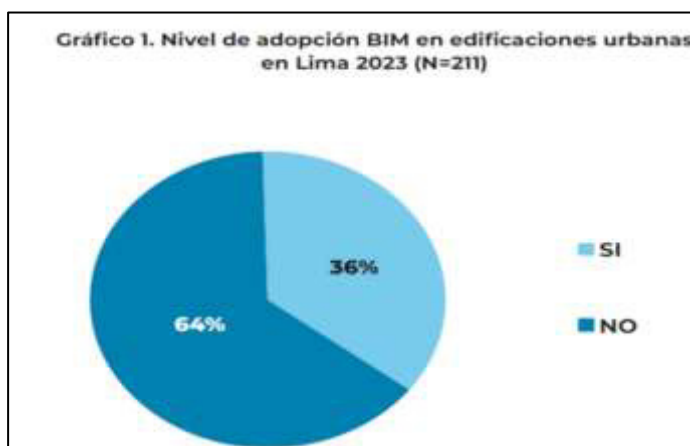
su investigación sobre el uso de BIM y el método del Valor Ganado en viviendas multifamiliares, encontró que el modelado BIM permitió identificar metrados excesivos que resultaron en un excedente de S/. 15,263.46, lo que representó un 0.88% del presupuesto. Además, BIM facilitó la corrección de incompatibilidades, lo que evitó retrasos y errores en los planos 2D.

Por último, la adopción de BIM en proyectos de gran escala en la región han mostrado un crecimiento progresivo. La Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) ha realizado un estudio de seguimiento de tres años sobre la implementación del software. En el 2023, encontraron que el 36% de los proyectos encuestados (equivalente a 75 de 211 proyectos) utilizó BIM en alguna fase del desarrollo. Este estudio evidencia el crecimiento paulatino de la adopción de BIM, aunque todavía persisten desafíos para su implementación en todos los proyectos del sector de la construcción.

En la figura 1 muestra el nivel de adopción de BIM en edificaciones urbanas en Lima durante 2023, según la PUCP.

### Figura 1

*Nivel de adopción BIM en edificaciones Urbanas en Lima 2023.*



*Nota.* PUCP. “Tercer estudio de adopción BIM en Proyectos de Edificación, Lima”. 2023.

Se observa en la figura 1, que la adopción de BIM, no tiene una implementación adecuada en los proyectos de edificaciones, debido a que al año 2023, solo se ha visto esta adopción reflejada en un 36%, mientras que el 64% no ha implementado el BIM. En contraste, Chile lidera la implementación de esta metodología en Latinoamérica. Según la Comisión Interministerial BIM (CIBIM), el 68% de los proyectos en ese país incorpora BIM en su desarrollo, evidenciando una mayor integración en comparación con otras regiones.

### ***1.2.2 Antecedentes internacionales***

Varios estudios internacionales destacan los beneficios de la implementación de la metodología BIM en la construcción, enfocándose en la optimización de costos, la reducción de riesgos e incertidumbres, y la mejora en la planificación y control de los proyectos.

En este sentido, Kaneta et al. (2016) coinciden en que BIM contribuye significativamente a la reducción de riesgos en proyectos de construcción. Kaneta y Furusaka (2016) analizan el impacto de BIM en Japón y Singapur, destacando que, en Singapur, donde el gobierno lidera su implementación, BIM facilita un mejor control de los proyectos públicos, lo que reduce los riesgos e incertidumbres asociados. En Japón, la adopción es más lenta debido a la falta de conocimiento y participación del cliente sobre su valor. En términos generales, Trejo (2018) refuerza esta idea, concluyendo que un flujo de información continuo desde el inicio es esencial para minimizar riesgos y optimizar los procesos de planificación, control de tiempo y costos en los proyectos. Ambos estudios coinciden en que el modelo centralizado de BIM facilita la toma de decisiones, mejora la coordinación entre los involucrados y reduce las incertidumbres en la ejecución.

En cuanto a la optimización de costos y la mejora de la precisión en la planificación, Ramírez (2018) y Alonso (2022) presentan hallazgos similares. Ramírez (2018) compara BIM con las metodologías tradicionales en la estimación de cantidades de obra y presupuestos,

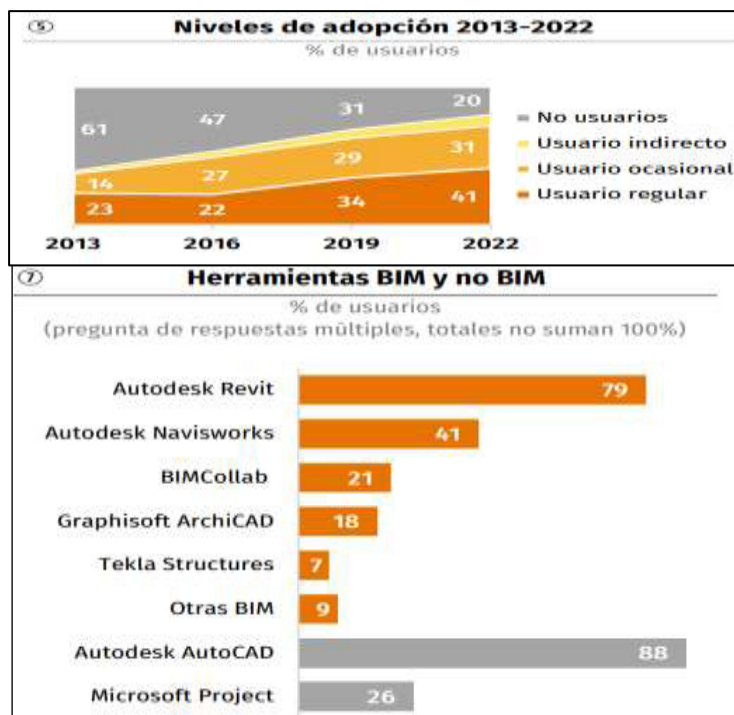
identificando una variación del 11,38% en los costos directos entre ambas metodologías, así como un incremento del 4,33% respecto al presupuesto inicial. Esto demuestra que el uso de un modelo tridimensional único mejora la precisión en la cuantificación de las partidas y evita inconsistencias propias de los planos 2D. De manera similar, Alonso (2022) observa que la adopción de BIM en licitaciones públicas ha sido promovida por las normativas europeas y la creación de una Comisión BIM en España, lo que facilita la optimización de los costos en proyectos públicos mediante la implementación obligatoria de esta metodología. Ambos estudios concluyen que la implementación de BIM permite una planificación más precisa, optimizando la gestión económica de los proyectos.

Por otro lado, Loyola (2022) y Ministerio de Obras Públicas de Chile (2017) también han identificado la importancia del sector público en la adopción de BIM, aunque desde perspectivas diferentes. Loyola (2022) resalta que en Chile la adopción de BIM ha aumentado significativamente, especialmente en el sector público, y destaca que más de la mitad de los profesionales que utilizan BIM han experimentado mejoras en la precisión de los presupuestos, la reducción de errores en la documentación y una mayor optimización de la comunicación entre los especialistas. Ministerio de Obras Públicas de Chile (2017), por su parte, señala que, aunque el 70% de las empresas aún no participan en proyectos con BIM, el 30% restante ha logrado implementar esta metodología en al menos el 50% de sus proyectos, lo que evidencia un avance parcial en su adopción. Ambos estudios subrayan que la adopción de BIM sigue creciendo, pero aún existen desafíos relacionados con la capacitación y la integración de esta tecnología en el sector privado.

Mediante la figura 2, ilustra la implementación del BIM en Chile hasta el año 2022, mostrando el avance y la adopción de esta metodología en el sector de la construcción en dicho país.

**Figura 2**

*Implementación del BIM hasta el 2022, Chile.*



*Nota.* Encuesta nacional BIM 2022, Facultad de Arquitectura-Universidad de Chile.

De la figura 2, se observa que, en los últimos 10 años de evaluación, la cantidad de profesionales con experiencia en BIM se ha duplicado, aumentando del 38% al 79%. Según el informe de la encuesta, los usuarios frecuentes pasaron del 24% al 39%, mientras que los ocasionales crecieron del 16% al 29%. No obstante, el grupo de usuarios indirectos ha mostrado un incremento sostenido, avanzando del 1.8% desde su inicio al 9% en la actualidad. En contraste, el porcentaje de profesionales sin experiencia en BIM ha disminuido de manera significativa, reduciéndose del 59% al 22% durante los últimos años.

Asimismo, en el 2022 se lograron avances significativos, como parte de los planes futuros, que busca integrar la metodología BIM en la Dirección de Obras Municipales (DOM) en línea para el año 2025, logrando resultados, de haber conseguido optimizar el tiempo, reducir costos y mejorar la calidad en la ejecución de los proyectos de construcción

### 1.3 **Objetivos**

#### 1.3.1 *Objetivo general*

Analizar si la aplicación de la metodología BIM optimiza el tiempo y costo en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024.

#### 1.3.2 *Objetivos específicos*

Identificar las incompatibilidades significativas que surgen al implementar la metodología BIM en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024, en comparación con los métodos tradicionales utilizados en el diseño y la planificación del proyecto

Realizar la optimización del metrado en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386 con la implementación de BIM, Huánuco, 2024.

Evaluar cómo la implementación de BIM puede optimizar la estimación de costos y la programación en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024.

### 1.4 **Justificación**

#### 1.4.1 *Justificación Teórica*

La implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling) ha demostrado ser una herramienta eficaz para optimizar los procesos en la construcción, particularmente en la elaboración del expediente técnico. Esta investigación busca aportar conocimiento relevante sobre cómo BIM puede reducir los costos directos de infraestructura en comparación con los métodos tradicionales utilizados en la elaboración del expediente técnico. Además, se evaluará el impacto de BIM en la reducción del tiempo y los costos asociados al proceso, mejorando la precisión y eficiencia en la planificación y ejecución de proyectos de construcción. Al contrastar los beneficios de BIM frente a los enfoques convencionales, este estudio contribuirá a una comprensión más profunda de su potencial para

transformar la industria de la construcción, proporcionando soluciones más rentables y eficientes.

#### ***1.4.2 Justificación Práctica***

La Institución Educativa N°32386 Daniel Fonseca Tarazona en el distrito de Llata-Huanuco, debido a que presentan varios bloques, proyecto de mediana envergadura, menos tiempo de elaboración del expediente se optó el cambio de metodología del método tradicional a metodología BIM en su elaboración del expediente técnico, dando resultados positivos como una reducción del costo directo en un 1.25% del costo obtenido manualmente (método tradicional), también cumpliendo con la meta del cronograma establecido para la entrega del expediente definitivo, generando un beneficio a favor de la empresa privada y estado peruano que conllevo a iniciar la ejecución de obra.

#### ***1.4.3 Justificación Social***

Muchos proyectos al no presentar un expediente técnico debidamente elaborados, e la fase de ejecución presentan problemas como: mayores metrados, adicionales, deductivos, ampliaciones de plazos, todo ello genera un sobre costo, retraso de obra y hasta una paralización de obra. Como el presente proyecto de investigación es sobre una institución educativa genera que muchos alumnos de centro poblado de Llata-Huanuco tienen un retraso en los estudios y hasta pueden perder por un año su educación, sin embargo, como profesionales es dar solución, y la solución es implementar la metodología BIM y evitar posibles pérdidas de costo/beneficios.

#### ***1.4.4 Limitación de la investigación***

La metodología BIM, cuyas siglas en inglés corresponden a Building Information Modeling, tiene como objetivo optimizar la gestión de proyectos de construcción en todas sus fases. Su implementación se fundamenta en el uso de plataformas digitales especializadas que

trabajan de forma dinámica. Estas herramientas permiten desarrollar modelos tridimensionales compuestos por elementos parametrizados, los cuales se actualizan en tiempo real y facilitan la coordinación de los distintos procesos involucrados en el ciclo de vida del proyecto, es un conjunto de etapas donde se emplean varios softwares como: Archicad, revit, tecla, etc.

La figura 3 identifica a los principales actores involucrados en la implementación del BIM en Chile, destacando su rol y participación dentro del proceso de adopción de esta metodología en el sector construcción.

### Figura 3

*Key Stakeholders del BIM, Chile.*



*Nota.* “Plan BIM” por El Ministerio de Obras Publicas (Chile), 2017

La figura 3, ilustra los diversos actores involucrados en la implementación de BIM a lo largo del ciclo de vida de un proyecto. Cada uno de estos actores, como el Document Controller, Construction Team, y Maintenance Team, tiene un papel crucial en la gestión, coordinación y mantenimiento del proyecto, interactuando en distintos puntos clave para asegurar el éxito de la metodología BIM en todas las etapas del proyecto, desde su diseño hasta su operación y mantenimiento

## 1.5 Hipótesis

### 1.5.1 Hipótesis General

La implementación de la metodología BIM en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, en 2024, optimiza significativamente los costos y reduce el tiempo de ejecución en comparación con los métodos tradicionales.

### 1.5.2 Hipótesis Específicas

La implementación de la metodología BIM en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024, revela incompatibilidades significativas en comparación con los métodos tradicionales utilizados en el diseño y la planificación del proyecto.

La implementación de la metodología BIM en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024, optimiza el metrado de los elementos constructivos, mejorando la precisión y reduciendo los errores en comparación con los métodos tradicionales.

La implementación de la metodología BIM en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024, optimiza tanto la estimación de costos como la programación de las actividades, mejorando la precisión y reduciendo los tiempos de ejecución en comparación con los métodos tradicionales.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1 Expedientes técnicos

El sector de la construcción representa un pilar fundamental en el avance y crecimiento de una sociedad. En los campos de la arquitectura e ingeniería, esta industria agrupa a múltiples compañías responsables de la planificación, desarrollo y materialización de diversas edificaciones. Su alcance involucra aspectos creativos, financieros y técnicos, abarcando desde los estudios iniciales y la fase conceptual hasta el diseño detallado, la formulación y la ejecución de cada proyecto (Ministerio de Economía y Finanzas, 2020).

Todo proyecto inicia con los estudios básicos y/o estudios específicos siendo algunos de ellos más importantes como: Topografía y estudio de mecánica de suelos.

Consecutivamente procede el anteproyecto de la especialidad de arquitectura y estructura. En ellos Se presentan todos los aspectos esenciales del proyecto desde una perspectiva formal, funcional, constructiva, económica y temporal. En esta etapa, se han evaluado todas las condiciones que deben enmarcar la propuesta, pero, a pesar de considerar estos factores, siempre habrá innumerables alternativas para enfrentar el problema arquitectónico y estructural. Ante esta infinitud de soluciones, será por medio de la norma técnica peruana, experiencia y criterio los especialistas de arquitectura y estructura deberán llegar a una conclusión ((Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021).

Arrunategui y Miranda (2021) sostienen que, culminado los anteproyectos de la especialidad de arquitectura y estructura con sus respectivas memorias, se procede con los detalles técnicos y los dibujos de ejecución de la obra en cada una de las especialidades en el caso de proyectos de Instituciones Educativas son el diseño arquitectónico y estructural, además de las características sanitarias y eléctricas, instalaciones Comunicación e instalaciones Mecánicas. Los documentos de especificaciones técnicas son fundamentales en un contrato de

construcción, ya que establecen los estándares, requisitos y métodos que se implementarán en cada etapa del proyecto.

A continuación, se procede con la elaboración del presupuesto, para obtener el presupuesto es necesario cuantificarlo y, para ello, se debe segmentar en partidas. Para efectuar la medición, es fundamental establecer una unidad, la cual puede ser metro lineal, metro cuadrado, metro cúbico, bolsas, pie, unidad, global, entre otras. La elección de la unidad dependerá tanto de la naturaleza de la actividad como de la cantidad requerida.

Pomayay (2020) para elaborar un presupuesto preciso, es imprescindible aplicar los reglamentos y normativas establecidas por las entidades estatales. En este contexto, se empleará el Reglamento Nacional de Metrados. Para el análisis de precios unitarios (APU) se detalla a cada unidad de obra se le analiza de manera individual para identificar sus características constructivas y los elementos de costo que la conforman. Esto permite calcular su precio antes de la ejecución, justificando de manera lógica su valor monetario. El proceso se lleva a cabo siguiendo las condiciones contractuales, los planos, las especificaciones técnicas del proyecto y las particularidades de la obra. Los Análisis de Precios Unitarios (APUs) se presentan en una planilla donde se detallan los componentes de costo utilizados en la construcción de la partida, junto con sus respectivos rendimientos, insumos, materiales, herramientas y sus cotizaciones con sus costos actuales del mercado al momento de la elaboración y presentación del presupuesto. Según la contraloría general de la república los precios de los materiales deben ser tres meses antes y después de la fecha base del presupuesto. Del metrado y Evaluación detallada de los costos individuales de cada unidad de obra.

Anrade (2020) indica que una vez se obtenga la estimación económica del costo total de un proyecto que puede ser de manera indirecta obtenemos la fórmula polinómica, para finalizar se debe presentar los gastos generales, cronograma GANT y cronograma valorizado.

Ramos y Tolentino (2020) sostiene que todos los documentos mencionados van a formar el expediente técnico. En proyectos de obras públicas, una entidad es responsable de la elaboración del expediente técnico (administración directa) o una empresa privada (consultor de obra), sin embargo, la empresa privada que elabora debe ganarse la buena pro, también la OSCE es la entidad responsable de señalar que el expediente técnico puede ser elaborado por el ejecutor de la obra en modalidades como "llave en mano" o "concurso oferta". En estos escenarios, el consultor de obra debe desempeñar simultáneamente las funciones de consultor y ejecutor.

### ***2.1.1 Ciclo de un proyecto***

Andrades y Flores (2020) un proyecto requiere seguimiento diario para minimizar el riesgo de confusión y desorganización. Además, necesita una gestión adecuada para garantizar que comience y finalice según lo previsto en el cronograma. Por ello, su inicio debe estar bien planificado para ser supervisado durante toda su ejecución, asegurando que el resultado final cumpla con las expectativas establecidas desde el inicio.

Para el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) un proyecto se divide en tres fases:

**Pre inversión:** Es la fase donde se puede identificar un problema determinado, luego analizar y evaluar para obtener opciones de solución que, en última instancia, conduzcan a una mayor rentabilidad social. En esta etapa se determina la viabilidad del proyecto.

**Inversión:** Es la etapa en la que se inicia la ejecución del proyecto según los lineamientos aprobados. Durante este proceso, se comparan los costos previstos con los reales para garantizar un control efectivo del proyecto, que comienza en esta fase y concluye con su vida útil.

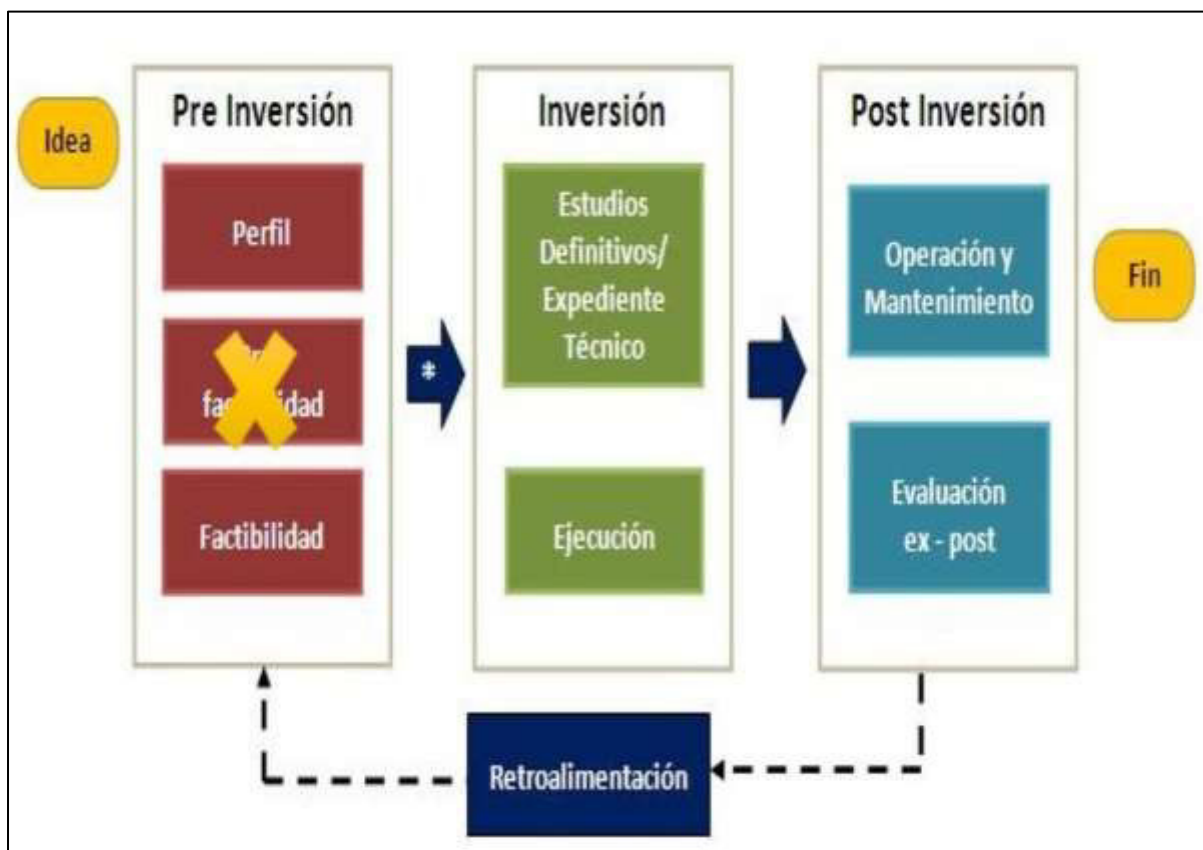
**Post inversión:** En esta fase, el bien ya está en funcionamiento y satisface la necesidad prevista, cumpliendo así el objetivo planteado. No obstante, esto no implica descuidar el

control, sino, por el contrario, se debe mantener una supervisión constante sobre los aspectos financieros, los plazos, la calidad, los efectos socioeconómicos y ambientales, así como la operación y el mantenimiento del proyecto.

La figura 4 describe las fases principales de un proyecto, detallando cada etapa desde la planificación hasta la ejecución, para proporcionar un marco claro del proceso constructivo.

**Figura 4**

*Fases de un proyecto*



*Nota.* Ministerio de Economía y Finanzas, 2023.

### 2.1.2 *Etapa de Estudio*

Cusirimay (2022) Todo proyecto comienza con los estudios que deben ser realizados por profesionales especializados en su carrera, con sus respectivas colegiaturas y trayectoria

requerida para afrontar y desempeñarse en el proyecto. La Organización Supervisora de las Contrataciones del Estado (OSCE) divide los estudios en dos:

Estudios básicos, son esenciales en todos los proyectos: análisis de suelos, levantamiento topográfico, estudio de mecánica de rocas, evaluación de impacto ambiental, entre otros.

Estudio Específico, son específicos para cada proyecto: análisis de canteras, estabilidad de taludes, concentración de partículas en el agua, estudio hidráulico, niveles de precipitación, comportamiento de arcillas expansivas, evaluación de acuíferos, calidad del agua, estudios sanitarios, identificación de zonas arqueológicas, entre otros.

Todo estudio debe contener su debido sustento, no es válido una estimación y apreciación de algún estudio.

### ***2.1.3 Anteproyecto de Arquitectura y Estructura***

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2021) está compuesto por un conjunto de representaciones gráficas, como dibujos, planos o maquetas, que describen la distribución de plantas, cortes y elevaciones de la edificación. Aunque el diseño se elabora a escala, debe ajustarse a los estudios previos y cumplir con las normativas vigentes. Su finalidad principal es comunicar la concepción general del proyecto en análisis. Para reforzar esta presentación, se acompaña de una memoria descriptiva. Los elementos que conforman el anteproyecto pueden variar según el caso, pero generalmente incluyen los siguientes componentes:

- **Conceptualización:** Explica al cliente o entidad el proceso seguido para llegar a la solución planteada, exponiendo los conceptos y fundamentos que respaldan las decisiones adoptadas.

- Plantas arquitectónicas: Constituyen la base del diseño y el croquis principal, desempeñando un papel esencial tanto en el anteproyecto como en la planificación de los servicios.
- Secciones: Representan dos cortes esenciales, uno en sentido transversal y otro en sentido longitudinal, proporcionando una visión detallada del proyecto.
- Alzados o fachadas: Incluyen los dibujos de la fachada principal y, dependiendo del diseño, pueden contemplar la representación de la fachada posterior.
- Planta de azoteas: Elemento clave para evaluar el sistema de desagüe pluvial, donde se deben analizar las pendientes y la ubicación de los bajantes propuestos.
- Planta de cimentación y drenaje: Representa gráficamente la distribución de la cimentación, el sistema de drenaje y la ubicación de los registros sanitarios de la construcción.

Para el anteproyecto de la especialidad de estructura las distribuciones y áreas de los ambientes ya deben estar definidos, el especialista de estructura necesita los planos de ubicación y arquitectura, estudio de suelo y tipo de edificación. Para poder definir los elementos estructurales, se debe proceder a pre dimensionar cada elemento estructural según la norma técnica de Edificación, como resultado se obtiene la memoria de cálculo.

Para garantizar la aprobación del anteproyecto sin modificaciones significativas, es fundamental que responda a las necesidades de los beneficiarios y contemple aspectos técnicos que optimicen la calidad de la construcción o permitan su actualización.

#### ***2.1.4 Componente expediente Técnico de Obra***

Ministerio de Economía y Finanzas (2020) un expediente técnico es un compendio de documentos de carácter técnico que sirven para garantizar la correcta planificación y ejecución de una obra. Para su aprobación, debe contar con la validación de los profesionales

responsables de su elaboración. Durante su desarrollo, es esencial incluir documentos clave que varían según el tipo de proyecto, pero que, como mínimo, deben contener información fundamental para garantizar su viabilidad y cumplimiento de los estándares establecidos: estudios preliminares (topografía, suelos y ambientales); planos (ubicación, arquitectura, estructuras, eléctricas, comunicaciones y mecánicas) los cuales deben ir acompañados de sus memorias respectivas; además dicho proyecto debe contener sus metrados junto a su memoria de cálculo, asimismo la fórmula polinómica y el cronograma gantt y los cronogramas de las valorizaciones.

2.1.4.1 **Memoria descriptiva.** Arevalo y Soto (2022) representa una exposición general del proyecto a ejecutar, proporcionando una visión integral y una justificación técnica basada en la evaluación de la infraestructura. Debe detallar las consideraciones técnicas específicas según el tipo de obra a realizar, estableciendo los lineamientos y procedimientos necesarios para su desarrollo conforme a lo indicado en el expediente técnico.

2.1.4.2 **Especificaciones técnicas.** Anrade (2020) Corresponde al conjunto de normas y documentos que detallan los trabajos a realizar, el método de construcción de cada partida que integra el presupuesto de obra, así como la calidad de los materiales. Además, incluye los sistemas de control de calidad según la naturaleza del trabajo, los procedimientos constructivos, los métodos de medición y las condiciones de pago necesarias para la correcta ejecución del proyecto.

2.1.4.3 **Planos de ejecución de obra.** Ramos y Tolentino (2020) Deben representar con precisión cada uno de los elementos físicos del proyecto. Incluyen vistas en planta, perfiles, cortes y detalles que permiten visualizar gráficamente la distribución, dimensiones y componentes de la obra. Es fundamental que la leyenda en los planos sea uniforme, incluyendo los datos de la Unidad Ejecutora responsable de su elaboración y revisión. Asimismo, los planos de las diferentes especialidades deben contener información clara y suficiente, en concordancia con los trabajos a realizar en el campo. Deben ser comprensibles, con acotaciones adecuadas, escalas precisas y datos técnicos pertinentes, ya que constituyen el sustento para la elaboración de los metrados.

2.1.4.4 **Planilla de Metrado.** Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2021) es un documento que detalla cada partida del proyecto para determinar la cantidad de obra a ejecutar. Debe cumplir con la norma de metrados e incluir un resumen con nombre de la partida, unidad de medida y cantidad. Además, debe ser lo más precisa posible y, cuando se requiera, acompañarse de esquemas base para facilitar la medición.

**2.1.4.5 Análisis de precios unitarios.** Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2021) permite determinar el costo parcial de cada partida, considerando materiales, mano de obra y equipos. Su estructura depende de factores como altitud, accesibilidad y clima, debiendo ajustarse a los rendimientos del mercado. Los costos de insumos deben estar sustentados en cotizaciones y, cuando sea necesario, incluir gastos adicionales como fletes o envíos.

**2.1.4.6 Presupuesto de obra.** Arrunategui y Miranda (2021) establece el Valor Referencial para la contratación, basado en precios de mercado, considerando partidas, metrados, costos unitarios, gastos generales e impuestos. Se elabora con software especializado como S10, asegurando precisión y seguimiento del proceso constructivo. Incluye subpresupuestos por componentes y detalla insumos necesarios en materiales, mano de obra y equipos. En proyectos educativos, abarca infraestructura, equipamiento, supervisión y contingencias.

**2.1.4.7 Fórmula polinómica.** Regulada por el Decreto Ley N° 21825 y el Decreto Supremo N° 011-79-VC, es un método para actualizar costos en contratos de obra. Su aplicación es obligatoria en proyectos por contrato, pero no se considera en obras ejecutadas por Administración Directa.

**2.1.4.8 Análisis de gastos generales.** Ley de Contrataciones del Estado (2018) estas partidas varían según la modalidad de ejecución: Contrata o Administración Directa. En el caso de Contrata, incluye Gastos Generales Indirectos y Directos, Financieros, de Licitación y Contratación, además de pruebas y controles de calidad.

2.1.4.9 **Cronograma PERT-CPM y GANTT.** Villamizar y Peñaranda (2020) el enfoque PERT-CPM facilita la organización, programación y control de las actividades de un proyecto, identificando su ruta crítica. Con esta información, se diseña el Cronograma Gantt para monitorear el progreso de la obra. En la modalidad por Contrata, se incorpora el Cronograma Valorizado de Avance, mientras que en Administración Directa, se suman los cronogramas de recursos humanos, materiales y servicios.

2.1.4.10 **Calendario de avance de obra valorizado.** Villamizar y Peñaranda (2020) es un documento que detalla la programación financiera de la ejecución de la obra en períodos específicos. Distribuye los costos de cada partida conforme al cronograma PERT-CPM y GANTT, estableciendo los montos valorizados mensuales y sus porcentajes respectivos.

## 2.2 Expediente técnico Método Tradicional

Ramos y Tolentino (2020) indican que la entidad debe elaborar directamente los documentos técnicos necesarios para la construcción. En el caso del expediente técnico, este debe ser desarrollado por profesionales especializados, quienes, al utilizar la metodología BIM, disponen de los recursos humanos y logísticos adecuados para asegurar una planificación y ejecución eficiente del proyecto, optimizando tanto los costos como los tiempos.

Rodriguez (2024) la elaboración del expediente técnico recae mayormente en un consultor externo (proyectista). Este profesional asume total responsabilidad ante la entidad por la calidad del documento, incluyendo la corrección de observaciones formuladas por la supervisión o la entidad correspondiente.

### 2.2.1 *Tipos de expediente técnico*

El expediente técnico es un conjunto de documentos que contienen toda la información necesaria para la ejecución de un proyecto de construcción. Los tipos más comunes son: el expediente técnico completo, que incluye todos los detalles del proyecto, y el expediente

técnico simplificado, utilizado para proyectos de menor complejidad. La diferencia principal radica en la extensión de los estudios y la documentación requerida, ajustándose a la magnitud del proyecto (Cabanillas, 2023).

### ***2.2.2 Métodos de elaboración del expediente técnico***

En el método tradicional, la elaboración del expediente técnico sigue una secuencia de pasos establecidos que incluyen la recopilación de información preliminar, el diseño de planos y la elaboración de presupuestos. Este proceso se basa en el uso de herramientas manuales y software específico para cada disciplina, sin la integración de metodologías digitales como BIM. El objetivo es garantizar la viabilidad técnica y económica del proyecto antes de su ejecución (Cabrera y Martínez, 2022).

### ***2.2.3 Clasificaciones del expediente técnico***

El expediente técnico se clasifica principalmente en tres tipos: expediente de diseño, que incluye todos los detalles del diseño arquitectónico y estructural; expediente de costos, que cubre el presupuesto detallado y la estimación de recursos; y expediente de ejecución, que abarca los planos y documentos necesarios para la ejecución de las obras en el terreno. Cada clasificación tiene una función específica, contribuyendo al seguimiento y control del proyecto (Reyes, 2023).

### ***2.2.4 Fases del expediente técnico***

El expediente técnico se desarrolla en varias fases que garantizan la calidad y precisión del proyecto. Las principales fases incluyen: fase de planificación, donde se recopila la información preliminar y se definen los objetivos del proyecto; fase de diseño, que abarca la creación de planos y especificaciones técnicas; fase de presupuesto, donde se detallan los costos de materiales, mano de obra y equipos; y finalmente, fase de ejecución, que incluye la implementación de los documentos en el sitio de construcción (Cabanillas, 2023).

### ***2.2.5 Métodos de elaboración y ejecución del expediente técnico***

Consultores externos (Proyectista): la entidad delega la elaboración del expediente técnico a un proyectista contratado. Este consultor es responsable de corregir observaciones, finalizar el documento y gestionar su aprobación ante la supervisión o entidad correspondiente.

Concurso Oferta o Llave en mano: el mismo consultor que elabora el expediente técnico es quien ejecuta el proyecto. No se permiten adicionales por errores en el expediente, y el ejecutor es responsable de corregir, finalizar y gestionar su aprobación ante la supervisión o entidad correspondiente.

### ***2.2.6 Normativa***

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2021) el proyectista inicia los expedientes técnicos con estudios básicos como topografía y mecánica de suelos. Luego desarrolla los anteproyectos de arquitectura y estructura en AutoCAD (2D), distribuyendo los ambientes conforme a las normas técnicas peruanas y elaborando la memoria descriptiva. Posteriormente, el especialista en estructuras predimensiona los elementos estructurales y finaliza la memoria de cálculo. Finalmente, la supervisión o entidad evalúa, observa y aprueba el anteproyecto según las normativas vigentes.

### ***2.2.7 Elaboración del expediente definitivo tras la aprobación del anteproyecto***

Tras la aprobación del anteproyecto, el proyectista desarrolla el expediente definitivo, incorporando todas las especialidades: arquitectura, estructura, instalaciones eléctricas, sanitarias, telecomunicaciones y mecánicas. En el método tradicional, los planos en AutoCAD (2D) se completan junto con las memorias de cálculo y descriptiva. Ante observaciones, especialmente por incompatibilidades entre planos, el proyectista debe corregirlas hasta obtener la aprobación de la supervisión o entidad. En paralelo, se elaboran las especificaciones técnicas.

Arrunategui y Miranda (2021) la elaboración del expediente técnico continúa con los metrados, los cuales, en proyectos educativos, se organizan por bloques o módulos según cada especialidad. En este proyecto de investigación, se dividen en los módulos A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K y Exteriores, detallados en el cuadro N°1. El consultor presenta los metrados manuales para su revisión por la supervisión o entidad, quienes pueden emitir observaciones de fondo y forma antes de su aprobación.

Observación de FONDO: se refieren a discrepancias en cantidades, volúmenes, áreas o metros lineales, donde el metrado no coincide con los planos según la partida y su unidad de medida. Estas correcciones afectan directamente el monto del presupuesto, ya que al ajustar los metrados iniciales, se modifica el costo total del proyecto.

Observación de FORMA: corresponden a discrepancias en nombres de partidas, ítems o unidades entre los metrados, Análisis de Precios Unitarios (APU), Especificaciones Técnicas y presupuesto. No afectan el monto del presupuesto y se corrigen ajustando la coherencia entre documentos. En el método tradicional, los metrados suelen elaborarse utilizando el software Excel.

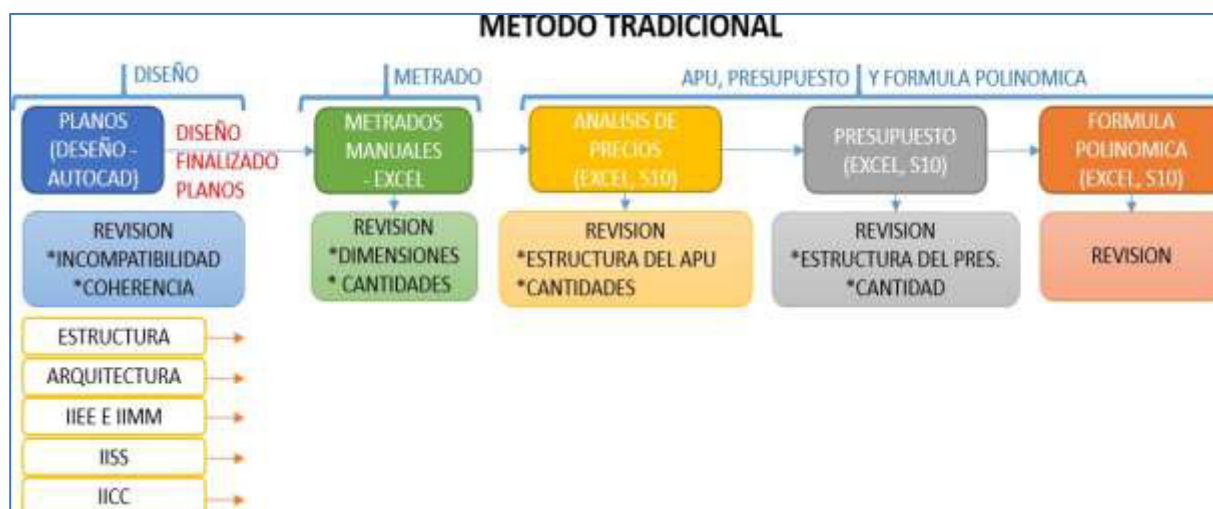
A partir del metrado y el análisis de precios unitarios, se elabora el presupuesto utilizando herramientas como Excel o S10. Este presupuesto debe ser coherente con el metrado, el análisis de precios unitarios (APU) y las especificaciones técnicas en cuanto a cantidades, ítems, nombres de partidas y unidades de medida. De forma indirecta, también se determinan los insumos y la fórmula polinómica.

Villamizar y Peñaranda (2020) al final, a partir del presupuesto y los rendimientos obtenidos del análisis de precios unitarios (APU), se genera el cronograma Gantt utilizando el software Microsoft Project. Antes de esto, se elaboró el cronograma PERT-PM. A partir del cronograma Gantt, se obtiene el cronograma valorizado. En la figura 5 se muestra todo el proceso de elaboración de un expediente técnico de manera tradicional.

A continuación, la figura 5 detalla el procedimiento para la elaboración de un expediente técnico, describiendo paso a paso las actividades y procesos necesarios para su correcta realización.

**Figura 5**

*Procedimiento de la elaboración de un expediente técnico*



*Nota.* Elaboración propia, 2023.

En la siguiente tabla 1, se presenta el desarrollo del proyecto arquitectónico de la infraestructura educativa.

**Tabla 1.**

*Programa arquitectónico de la infraestructura educativa*

<b>ARQUITECTONICO (MODULOS Y AMBIENTES)</b>	
<b>MODULOS</b>	<b>AMBIENTES</b>
MODULO A	03 AULA
MODULO B	02 AULA + AREA ADMINISTRATIVA
MODULO C	02 AULAS
	BIBLIOTECA / AULA DE INNOVACION PEDAGOGICA + CONECTIVIDAD
MODULO D	SS.HH. PROFESORES, SS.HH. PROFESORAS, VEST/DUCHAS-HOMBRES, VEST/DUCHAS-MUJERES
MODULO E	CASETA DE VIGILANCIA
MODULO F	SUM / TALLER CREATIVO /COMEDOR
	SS.HH. NIÑAS, SS.HH. NIÑOS
<b>PROGRAMA ARQUITECTONICO (MODULOS Y AMBIENTES)</b>	

MODULO G	COCINA + ALMACEN + DEPOSITO DE GAS
MODULO H	CASETA DE BOMBAS/TANQUE ELEVADO (8.40 m3)
MODULO I	LOSA DEPORTIVA
MODULO J	PORTICO - AREA DE INGRESO PRINCIPAL
MODULO K	CERCO PERIMETRICO 240.27 mt
OBRAS EXTERIORES	CIRCULACION + VEREDAS + RAMPAS + AREA DE INGRESO PRINCIPAL - ATRIO + AREA VERDE (GRASS)/ JARDINERAS

*Nota.* Programa Nacional de Infraestructura Educativa (PRONIED), 2023

Como se explica en la tabla 1, se presenta el programa Arquitectónico de la infraestructura educativa, que detalla los módulos y ambientes que componen el proyecto. Esta tabla desglosa las áreas específicas dentro de cada módulo que se ejecutaron de la infraestructura educativa, lo cual es fundamental para la planificación y ejecución del proyecto arquitectónico.

### ***2.2.8 Debilidades de la metodología tradicional***

Según Andrade (2020), la elaboración de un expediente técnico es un proceso continuo, en el cual cada etapa depende de la finalización de la anterior. Además, para iniciar una nueva etapa, es necesario validar completamente la etapa previa. Este enfoque genera una prolongación en el tiempo de desarrollo del expediente técnico, ya que cada fase debe ser aprobada antes de continuar con la siguiente. Sin embargo, una de las principales debilidades de la metodología tradicional radica en las incompatibilidades entre los planos y los errores en los cálculos de costos debido a la falta de integración entre las diferentes disciplinas del proyecto, lo que puede generar retrasos significativos.

Una de las fuentes más comunes de incompatibilidad es la falta de coordinación entre los planos de las diversas especialidades, como la arquitectura, estructura e instalaciones. Estos planos son elaborados por equipos diferentes en fases separadas, lo que implica que las incompatibilidades no se detectan hasta las etapas finales. El proceso de verificación de compatibilidad entre planos generalmente se hace manualmente, mediante revisiones físicas de los planos y reuniones entre los equipos. La herramienta más utilizada para la elaboración de

planos es AutoCAD (2D), que no permite una visualización integrada ni facilita la coordinación entre las distintas especialidades, lo que aumenta el riesgo de errores y retrabajos (Gómez et al., 2023).

Respecto a los metrados y el cálculo de costos, la metodología tradicional también presenta varias limitaciones. Los metrados se realizan a partir de los planos 2D y, en muchos casos, se utilizan herramientas básicas como hojas de cálculo (Excel) o programas como CYPE (en su versión más simple), que permiten realizar cálculos de forma manual, pero sin la capacidad de realizar actualizaciones automáticas ni integradas. Esto provoca que, si se realizan cambios en los planos, los metrados no se actualicen automáticamente, lo que genera discrepancias entre las estimaciones iniciales y los cálculos finales (Rodríguez, 2022).

El cálculo de costos en el método tradicional se realiza también de forma manual, utilizando presupuestos unitarios basados en la experiencia y estimaciones previas. Si bien existen programas como Presto o Arquímedes que ayudan a elaborar presupuestos detallados, su uso no está siempre integrado en el flujo de trabajo, y su dependencia de los metrados manuales aumenta el riesgo de errores en la estimación final. Además, la falta de actualización automática entre los diferentes documentos del expediente técnico (planos, memorias de cálculo, presupuestos) obliga a los proyectistas a realizar verificaciones y ajustes de forma manual, lo que alarga los tiempos de desarrollo y genera costos adicionales (Gómez et al., 2023).

En cuanto a la revisión y corrección de los expedientes técnicos, este proceso se lleva a cabo de forma fragmentada, con revisiones periódicas entre los equipos de trabajo y la supervisión. La falta de herramientas integradas impide que los errores se detecten de manera temprana, lo que retrasa la aprobación de los expedientes y aumenta los costos asociados a la revisión y los retrabajos.

### ***2.2.9 Problema frecuente en la etapa de planificación y programación***

Andrades y Flores (2020) en la etapa de diseño, donde se elaboran los planos, cada especialidad se trabaja de manera independiente y al momento de compatibilizar se presentan múltiples observaciones conllevando a innumerables levantamientos de observaciones y alargando el tiempo de elaboración del diseño, adicional a ello el equipo de costos va avanzando con los metrados, con una incertidumbre de modificación de planos.

### ***2.2.10 Problemas de Coordinación y Comunicación***

La ausencia de coordinación y comunicación entre los especialistas durante la etapa de diseño provoca la creación de planos con interferencias.

## **2.3 Metodología Building Information Modeling (BIM)**

Arevalo y Soto (2022) las soluciones tecnológicas utilizadas en la creación y gestión de modelos digitales en la construcción a lo largo de su ciclo de vida—que abarca planificación, diseño, construcción, uso, mantenimiento y deconstrucción—se conocen como tecnología BIM. Estas herramientas funcionan como una base de datos y están compuestas por una serie de aplicaciones y programas especializados.

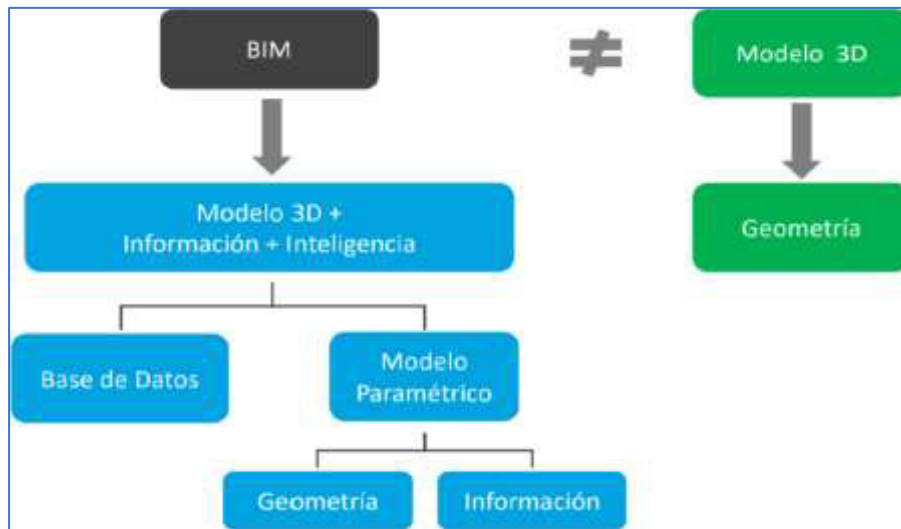
En cuanto a los procesos, las metodologías asociadas a esta tecnología permiten que los involucrados en la construcción generen y compartan conocimiento dentro de un entorno colaborativo, lo que optimiza la eficiencia en todos los aspectos relacionados con los edificios e infraestructuras.

En la actualidad la metodología BIM aún es asociado con un modelo 3D, sin embargo, la metodología BIM no solo es un modelado en 3D, también es adicional información e inteligencia, donde contiene una base de datos y un modelo paramétrico, a su vez el modelado paramétrico contiene un modelado geométrico e informativo como lo detalla Mourgues, 2010.

En la siguiente Figura 6 se representa la metodología Building Information Modeling (BIM), la cual se aplica en el desarrollo del expediente técnico del proyecto

**Figura 6**

*Metodología Building Information Modeling (BIM)*



*Nota.* Mourgues, 2010.

La metodología BIM destaca la importancia de la colaboración entre todos los participantes en proyectos de construcción para lograr un desarrollo y operación eficientes de los mismos.

## 2.4 Usos BIM

Guía Nacional BIM (2023) a la hora de desarrollar un Expediente Técnico con el uso de tecnologías de modelado, es fundamental definir cuáles serán los métodos específicos que se emplearán en función de los requisitos de información y objetivos de gestión. Estos métodos se conocen como "usos BIM" y se estructuran a través de procesos aplicables en cada fase del desarrollo del expediente. Dichos usos explican las diferentes formas en que los actores del proyecto pueden aplicar el modelado digital, siempre garantizando una comunicación fluida y un intercambio constante de información. Este proceso debe llevarse a cabo dentro de un entorno de datos comunes (CDE), lo que asegura que la información disponible sea de calidad,

bien comprendida por todas las partes involucradas y que permita tomar decisiones basadas en datos confiables.

Espinel y Miranda (2021) los usos BIM cubren una amplia gama de aplicaciones, que van desde el levantamiento de condiciones del entorno con tecnologías avanzadas como drones y escaneo láser, hasta el análisis estructural y energético de las instalaciones. Estas herramientas permiten, por ejemplo, analizar el comportamiento de un sistema estructural, evaluar las propiedades lumínicas y energéticas de los espacios y prever posibles interferencias entre las diferentes especialidades del proyecto. Además, facilita la coordinación entre las distintas partes del diseño y la ejecución, optimizando tanto la planificación de la fase de construcción como los procesos de fabricación y logística en la obra. Cada uso BIM es adaptado según las necesidades del proyecto, lo que aumenta la eficiencia en la gestión y construcción de infraestructuras.

Andrades y Flores (2020) es importante destacar que la implementación de estos usos debe ser gradual y alineada con el nivel de madurez de la gestión de la información BIM en la organización. En las primeras etapas de adopción, se recomienda aplicar usos más básicos, como el levantamiento de condiciones, la coordinación de la información y la estimación de costos. A medida que la entidad o empresa adquiere experiencia y recursos, se pueden incorporar usos más avanzados que permitan una gestión más especializada. La transición debe considerar las lecciones aprendidas y el crecimiento progresivo en el manejo de los recursos BIM, garantizando una integración efectiva y eficiente en el desarrollo del Expediente Técnico.

## **2.5 Beneficios del uso de BIM**

Cusirimay (2022) el concepto de BIM va más allá del uso de herramientas tecnológicas; su principal objetivo es gestionar la información de manera eficiente. Para lograr esto, es crucial cumplir con ciertos estándares, como nomenclaturas precisas, cantidad adecuada,

calidad, accesibilidad, transparencia y seguridad de la información, asegurando que esté disponible en el momento adecuado. Esto permite tomar decisiones más informadas a lo largo de todo el proceso de elaboración del Expediente Técnico.

Pinto y Istaña (2021) la implementación de BIM genera una serie de beneficios en la planificación y ejecución de proyectos. Desde la identificación de los requisitos iniciales hasta la conclusión del proyecto, cubriendo todas las etapas de su concepción, desarrollo y disposición, BIM mejora la forma en que se lleva a cabo cada fase. Este enfoque contribuye a optimizar la coordinación entre los diferentes equipos de trabajo y facilita el control del flujo de información, lo que resulta en una ejecución más precisa y eficiente del proyecto.

Amaya y Sierra (2021) adoptar la metodología BIM ofrece ventajas clave, entre las que destaca la mejora en la eficiencia de los procesos. Facilita la colaboración entre los distintos participantes del proyecto y reduce la posibilidad de errores y retrasos. Además, permite una visualización detallada y en tiempo real del proyecto, lo que ayuda en la planificación, control de costos y toma de decisiones. También favorece la sostenibilidad y la innovación, al ofrecer herramientas para realizar simulaciones y análisis que optimizan los resultados del proyecto.

### ***2.5.1 Transformación digital***

Durante la elaboración del Expediente Técnico, los involucrados suelen manejar distintas versiones de documentos debido a la falta de intercambio de información digital. Adoptar BIM implica abandonar el uso de documentos físicos y optar por la transmisión de datos en tiempo real. Esto asegura mayor transparencia, mejor control de calidad, mayor rapidez en el procesamiento de la información y un intercambio de datos que puede ser auditado (Guía Nacional BIM, 2023).

### ***2.5.2 Integración***

permite combinar y mejorar tanto la información gráfica como la no gráfica con diversos tipos de datos. Esto incluye detalles sobre edificios, infraestructuras, datos topográficos, estudios geotécnicos (como el análisis de mecánicas de suelos), costos de infraestructura, cronogramas, entre otros (Guía Nacional BIM, 2023).

### ***2.5.3 Calidad***

La calidad de los entregables del Expediente Técnico se ve mejorada al permitir el análisis y control de los estándares de calidad, así como la verificación del cumplimiento de las normativas correspondientes. También facilita la identificación de interferencias e incompatibilidades en el diseño, lo que mejora la calidad mediante el trabajo colaborativo y reduce la necesidad de modificaciones durante la ejecución de la obra o cambios físicos posteriores (Guía Nacional BIM, 2023).

### ***2.5.4 Eficiencia***

Facilita la reducción de costos y tiempos en la elaboración del Expediente Técnico. Además, contribuye a generar ahorros en los recursos públicos y privados durante el desarrollo del expediente, al optimizar la gestión de la información (Guía Nacional BIM, 2023).

### ***2.5.5 Mejor comunicación***

es uno de los mayores desafíos para las entidades y empresas, tanto públicas como privadas, al desarrollar expedientes técnicos, especialmente cuando se trata de explicar soluciones complejas a los ciudadanos y demás participantes. En este contexto, el uso de BIM facilita la visualización clara de la intención del diseño, permite identificar riesgos potenciales y detallar las acciones que se tomarán para mitigar impactos negativos o interrupciones (Guía Nacional BIM, 2023).

### ***2.5.6 Diseño para fabricación y ensamblaje***

Se analiza cada uno de los componentes constructivos del proyecto, desde su diseño hasta el control de calidad. Además, al planificar el montaje, se considera que los elementos serán ensamblados en el lugar de la construcción, lo que contribuye a mejorar la calidad del producto final instalado (Guía Nacional BIM, 2023).

### ***2.5.7 Supervisión del avance de obra***

La integración de los datos de diseño, costos y programación en un solo modelo de información permite la simulación gráfica en tiempo real del avance de la ejecución de obra. Al agregar la dimensión del tiempo al modelo, se garantiza la evaluación de la edificabilidad y la planificación del flujo de trabajo, lo que permite una visualización y comunicación más sencilla de los aspectos secuenciales, específicos y temporales del progreso de la obra (Guía Nacional BIM, 2023).

### ***2.5.8 Rendimiento***

Facilita una mayor productividad en la creación de los expedientes técnicos, optimizando tanto el tiempo como los costos durante su desarrollo (Guía Nacional BIM, 2023).

### ***2.5.9 Impacto en el medioambiente***

Al optimizar el proceso de diseño y ejecución de la obra, se genera una menor cantidad de residuos de construcción, promoviendo un entorno más sostenible. Además, al evaluar diversas soluciones de proyecto mediante simulaciones de rendimiento, es posible predecir el consumo de energía y las emisiones de carbono a lo largo del ciclo de vida del proyecto, favoreciendo la elección de opciones más ecológicas (Guía Nacional BIM, 2023).

### ***2.5.10 Transparencia***

Los beneficios de BIM mencionados previamente favorecen una mayor transparencia en la toma de decisiones durante todo el proceso de elaboración del expediente técnico y la

ejecución del proyecto. Esto se alcanza al implementar procesos coherentes para crear, compartir y gestionar la información del expediente técnico (Guía Nacional BIM, 2023).

## **2.6 Falencias o desventajas del uso de BIM**

El uso de Building Information Modeling (BIM) ha revolucionado la industria de la construcción, también existen diversas limitaciones y desafíos asociados con su implementación. A continuación, se describen algunas de las principales desventajas:

### ***2.6.1 Altos costos iniciales y curva de aprendizaje***

La adopción de BIM implica una inversión considerable en software especializado y capacitación del personal. Los costos iniciales asociados con la compra de licencias de programas como Revit o ArchiCAD, junto con la necesidad de formación continua, pueden ser una barrera importante, especialmente para empresas más pequeñas o proyectos con presupuestos limitados. Además, la curva de aprendizaje para los profesionales que no están familiarizados con las herramientas digitales puede ser extensa y ralentizar la transición.

### ***2.6.2 Dependencia de personal capacitado***

La implementación exitosa de BIM depende en gran medida de contar con profesionales altamente capacitados. Sin embargo, no hay expertos en BIM en muchas regiones, lo que puede dificultar la contratación de personal adecuado o crear una desigualdad en la calidad de los proyectos.

### ***2.6.3 Problemas de interoperabilidad***

Aunque BIM ha sido diseñado para mejorar la integración entre disciplinas, uno de los mayores problemas sigue siendo la interoperabilidad entre los diferentes programas de software utilizados en el proceso de construcción. A menudo, los equipos de trabajo utilizan plataformas diferentes, lo que puede dar lugar a errores de compatibilidad al compartir modelos y datos, afectando la calidad del producto final (Azhar, 2018).

#### ***2.6.4 Complejidad y exceso de datos***

Los modelos BIM pueden llegar a ser extremadamente complejos debido a la gran cantidad de información que deben manejar. La gestión de grandes volúmenes de datos y la necesidad de actualizar los modelos de forma constante puede generar dificultades a medida que se integran más especialidades en el proyecto, lo que aumenta la carga de trabajo y puede retrasar la toma de decisiones.

#### ***2.6.5 Dependencia tecnológica y riesgos de seguridad***

El uso de BIM depende completamente de tecnologías digitales, lo que significa que cualquier fallo técnico, ya sea un error en los servidores o problemas de conectividad, puede interrumpir el flujo de trabajo. Además, el almacenamiento de datos en plataformas digitales plantea riesgos relacionados con la seguridad informática, ya que los modelos pueden ser objeto de ataques cibernéticos si no se aplican las medidas adecuadas de protección.

#### ***2.6.6 Resistencia al cambio***

La implementación de BIM puede enfrentar resistencia cultural dentro de las organizaciones, especialmente en aquellas que están acostumbradas a trabajar con métodos tradicionales. El cambio a un sistema completamente digitalizado que requiere una transformación profunda de los procesos puede generar tensiones entre los equipos y ralentizar la adopción.

### **2.7 Marco normativo del BIM**

#### ***2.7.1 Normativa internacional***

La Organización Internacional de Normalización (ISO) - 19650 es una entidad no gubernamental ubicada en Suiza, encargada de desarrollar normas internacionales que garanticen la calidad, seguridad y eficiencia de productos y servicios. Su objetivo es facilitar el comercio global y ofrecer normas comunes entre diferentes países. Estas normas se conocen como Normas ISO y aplican a todas las industrias. La serie de normas ISO 19650 es un

conjunto de estándares internacionales que establecen los principios, requisitos y conceptos para la adquisición, gestión y uso de la información en proyectos a lo largo de su ciclo de vida.

Está principalmente dirigida a:

- Profesionales involucrados en las fases de diseño, construcción y puesta en marcha de proyectos, conocidos como la fase de desarrollo según la ISO.

- Agentes responsables de actividades relacionadas con la gestión de proyectos, que incluyen operación y mantenimiento, definidos como la fase de operación según la ISO.

La serie EN ISO 19650 consta de varias normas:

- La norma EN ISO 19650-1 establece los principios y conceptos clave para los procesos de desarrollo y gestión de la información a lo largo del ciclo de vida de cualquier proyecto de construcción.

- La norma EN ISO 19650-2 define los procesos de desarrollo y gestión de la información durante la fase de ejecución.

- La norma EN ISO 19650-3 establece los procesos de uso y gestión de la información en la fase de operación.

- La norma EN ISO 19650-4 regula el intercambio de información en BIM durante las fases de desarrollo y operación, actualmente en desarrollo.

- La norma EN ISO 19650-5 establece los requisitos para la seguridad de la información.

- Una definición precisa de la información necesaria para el cliente, la empresa o la entidad, incluyendo los métodos, procesos, plazos y protocolos para desarrollar y verificar esta información.

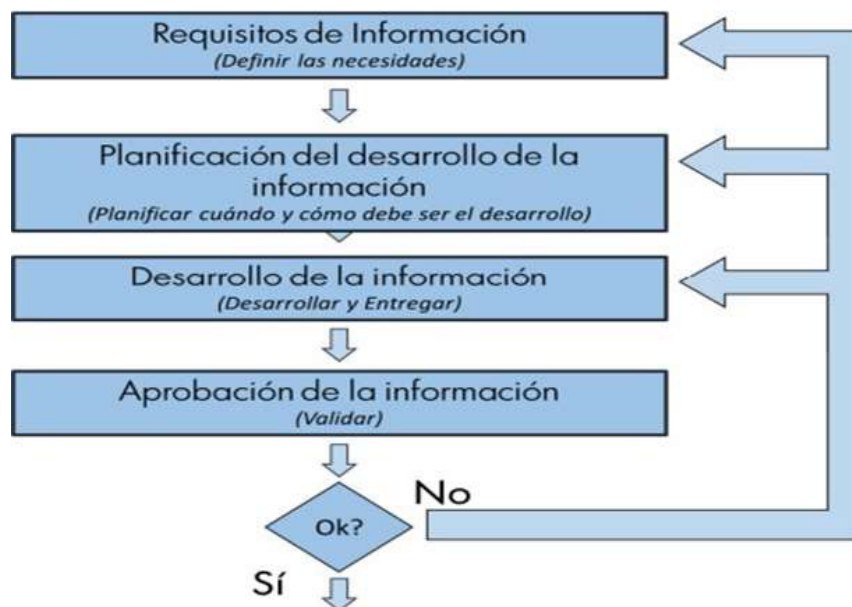
- La cantidad y calidad de la información generada es adecuada para satisfacer las necesidades definidas.

- Transferencias de información eficientes y efectivas entre los diferentes profesionales que participan en las distintas fases del ciclo de vida del proyecto, especialmente entre diseño, ejecución y operación.

En la Figura 7 se muestra el esquema general del desarrollo de información según la norma EN-ISO 19650-1, que establece el marco para la gestión eficiente de la información en proyectos BIM.

### Figura 7

*Esquema general del desarrollo de información según EN-ISO 19650-1*



*Nota.* EN-ISO 19650-1

La serie de Normas ISO 19650 es un conjunto de estándares internacionales que establecen los principios, conceptos y requisitos para la gestión de la información en el uso de BIM.

#### **2.7.2 Normativa Técnica Peruana BIM – ISO 19650-1:2021 y ISO 19650-2:2021**

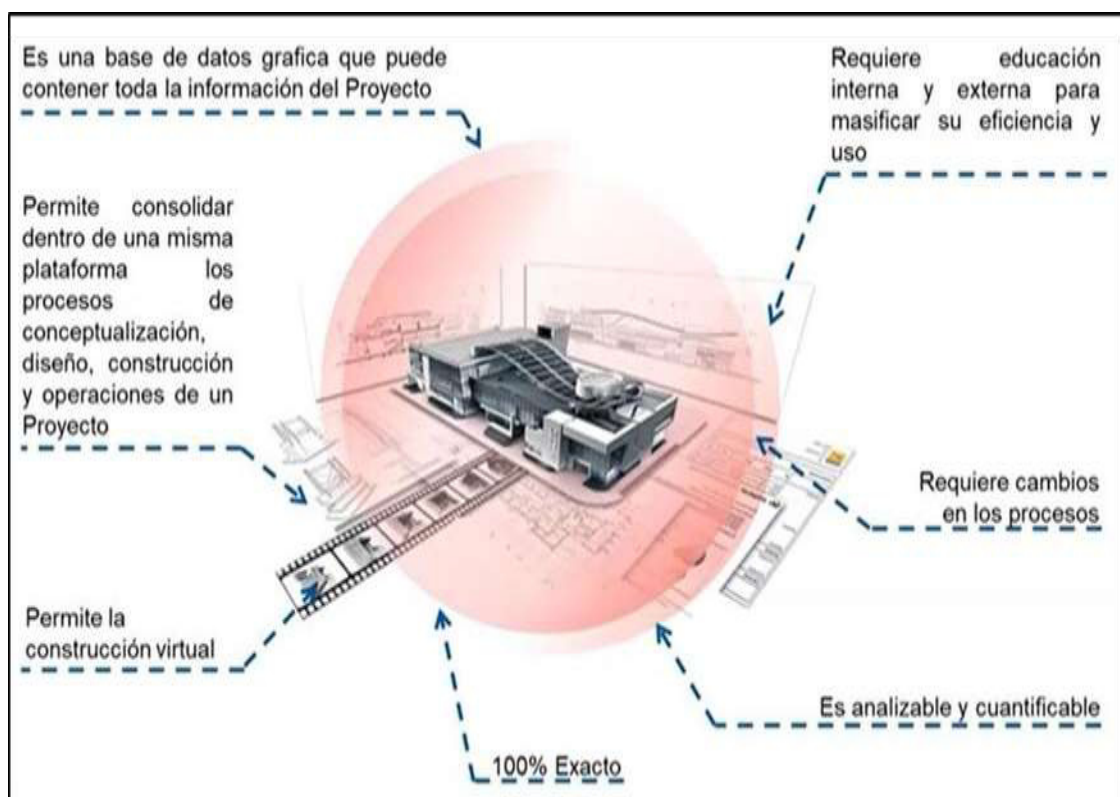
La presente norma técnica peruana (NTP) ISO 19650-parte 1-2021 y ISO 19650-2:2021, es un estándar peruano que deriva del ISO Internacional 19650- parte 1 y parte 2, Estas

Normas Técnicas Peruanas (NTP) proporcionan estructura y coherencia a la gestión de la información en las inversiones realizadas con BIM en el país, facilitando la producción e intercambio de información de manera efectiva y eficiente. Estas normas están relacionadas con el proceso de gestión de la información BIM para inversiones, y han sido utilizadas para desarrollar los documentos y herramientas del Plan BIM.

La Norma Técnica Peruana (NTP) 19650-1:2021 define BIM como el uso de una representación digital compartida de un activo construido (como una institución educativa, hospital, carretera, puente, entre otros) para apoyar los procesos de diseño, construcción y operación, con el objetivo de proporcionar una base confiable para la toma de decisiones. También presenta los siguientes conceptos ver figura 8.

### Figura 8

*Otros conceptos de la Norma Técnica Peruana (NTP) 19650-1:2021*



*Nota.* Norma Técnica Peruana (NTP) 19650-1:2021

## 2.8 Plan BIM Perú

Andrades y Flores (2020) la industria de la construcción es uno de las industrias que menos ha evolucionado con respecto a la implementación de la tecnología, diversas empresas y entidades continúan realizando sus labores sin ninguna innovación y/o implementación de una tecnología para sus procesos de diseño, construcción y operación. En las últimas décadas, el gobierno peruano ha implementado acciones para mejorar la calidad de la infraestructura pública, como en el ámbito de educación implementar servicios generales, administración, residencia y polideportivos, etc. Todo ello con el objetivo principal es incrementar y optimizar los servicios ofrecidos a los ciudadanos.

El Plan BIM Perú se basa principalmente en el estándar ISO 19650 de la Organización Internacional de Normalización (ISO) y lo integra con los procesos a lo largo del ciclo de inversión.

El Plan BIM Perú es una iniciativa política incluida en el Plan Nacional de Competitividad y Productividad (PNCP), promovido por el Ministerio de Economía y Finanzas. Este plan establece una estrategia para la adopción gradual de la metodología BIM, enfocándose en la creación de un marco normativo e institucional que facilite su implementación. Además, define una estrategia para desarrollar estándares y metodologías aplicables a las inversiones públicas (Decreto Supremo N° 237-2019-EF). La política establece objetivos y acciones para implementar BIM progresivamente en las inversiones públicas hasta el año 2030, abarcando todas las entidades y empresas públicas que formen parte del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.

En la figura 9, se formula la línea de tiempo del Plan BIM Perú es promover el desarrollo adecuado de las inversiones, optimizando la calidad y eficiencia a lo largo del ciclo de inversión pública.

## Figura 9

*Hitos del Plan BIM en el Perú.*

Fecha	Hito
Septiembre de 2019	Proyecto de Decreto Supremo que regula la metodología BIM
Marzo de 2020	Plan de implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú
Julio de 2021	Estándares y requerimientos BIM elaborados, capacitaciones y proyectos piloto.
Julio de 2025	BIM aplicado en proyectos del Gobierno Nacional y Gobiernos Regionales en tipologías seleccionadas
Julio de 2030	BIM aplicado de manera obligatoria en todo el sector público

*Nota.* Nota técnica de introducción BIM, Ministerio de Economía y Financia.

## 2.9 Uso de BIM y aplicaciones en el país

El uso de Building Information Modeling (BIM) ha experimentado un creciente interés en muchos países, incluyendo el peruano, donde se está adoptando gradualmente para mejorar la eficiencia, precisión y colaboración en los proyectos de construcción. A continuación, se presenta una clasificación del uso de BIM en el país, centrada en las estructuras más comunes donde se aplica esta metodología, destacando en particular el uso en instituciones educativas, que es el núcleo de la presente investigación.

### 2.9.1 Uso de BIM en edificios y viviendas multifamiliares

En el ámbito de la construcción de edificios y viviendas multifamiliares, BIM se ha consolidado como una herramienta fundamental para optimizar el diseño y la gestión de proyectos. En proyectos residenciales, BIM permite la creación de modelos tridimensionales

detallados que facilitan la planificación de las instalaciones, la gestión de recursos y la simulación de construcciones.

En este tipo de estructuras, se ha comenzado a utilizar BIM principalmente para:

- \* Optimizar los procesos de planificación y coordinación entre las diversas disciplinas involucradas (arquitectura, estructura, instalaciones, etc.).

- \* Detección de interferencias y reducción de errores durante la fase de diseño, lo que mejora la calidad del proyecto y reduce el riesgo de cambios costosos durante la construcción.

- \* Simulaciones energéticas y análisis de sostenibilidad, lo que permite la optimización del consumo de recursos y la reducción de la huella de carbono en los edificios.

En algunas ciudades de Perú, proyectos de viviendas multifamiliares han comenzado a integrar BIM para lograr mayores ahorros de tiempo y presupuesto, destacando su aplicabilidad en proyectos de gran escala y con una complejidad técnica moderada.

### ***2.9.2 Uso de BIM en instituciones educativas***

El uso de BIM en instituciones educativas ha cobrado relevancia en los últimos años debido a la necesidad de optimizar los recursos en la construcción y mejorar la gestión de los proyectos. En este contexto, BIM se está utilizando principalmente en las siguientes áreas:

**Diseño arquitectónico y funcional:** La implementación de BIM permite una planificación más eficiente de los espacios educativos, asegurando la adecuada distribución de aulas, zonas comunes y accesibilidad para estudiantes con discapacidades. El modelado 3D facilita la visualización detallada de los diseños antes de la construcción, permitiendo hacer ajustes antes de que se inicie la obra, reduciendo significativamente los costos por cambios inesperados.

**Gestión de los costos y tiempos:** Al utilizar BIM, es posible obtener estimaciones precisas de costos y planificar los tiempos de ejecución con mayor exactitud. El software BIM permite

integrar presupuestos en tiempo real, lo que facilita la actualización constante de las cifras según los cambios en el diseño o en los materiales utilizados, ayudando a los gestores a tomar decisiones informadas sobre la viabilidad económica del proyecto.

**Mantenimiento y operación post-construcción:** Uno de los mayores beneficios de BIM en las instituciones educativas es la gestión a largo plazo del mantenimiento y las instalaciones de los edificios. Con la información digitalizada contenida en el modelo BIM, los administradores pueden acceder fácilmente a datos sobre los materiales utilizados, sistemas de HVAC, electrificación, y otros aspectos cruciales para el mantenimiento continuo de las instalaciones.

**Colaboración y coordinación entre partes interesadas:** En los proyectos educativos, BIM facilita una mayor colaboración entre los diseñadores, contratistas, proveedores y las autoridades educativas. Al usar una plataforma compartida, los equipos pueden coordinarse mejor y evitar errores derivados de la falta de comunicación, lo que mejora la calidad del proyecto y la satisfacción del cliente (en este caso, los usuarios finales, que son las instituciones educativas).

**Proyectos destacados en el país:** En Perú, algunas instituciones educativas están implementando BIM en nuevas construcciones y en la renovación de infraestructuras. Por ejemplo, las escuelas Bicentenario han comenzado a usar BIM para el diseño de su infraestructura moderna, optimizando tanto la planificación como la ejecución del proyecto y hasta mejoran la eficiencia y la sostenibilidad en el sector educativo.

## 2.10 Herramientas tecnológicas y digitales para la aplicación de BIM

El empleo de herramientas tecnológicas en la metodología Building Information Modeling (BIM) es crucial para la optimización y precisión en los proyectos de construcción. Estas herramientas permiten integrar de manera eficiente todos los aspectos del proceso constructivo, asegurando que cada etapa se gestione adecuadamente. A continuación, se describen las herramientas más utilizadas, con énfasis en Revit, analizando sus ventajas y limitaciones, y abordando cómo se determinan las incompatibilidades, los metrados y el cálculo de costos.

### 2.10.1 Modelado en Revit

Revit es una de las aplicaciones más empleadas para el modelado BIM, especialmente en los ámbitos de la arquitectura, estructura y mep (mecánico, eléctrico y plomería). Su principal ventaja es la capacidad de modelar en 3D de manera paramétrica, lo que significa que cualquier cambio realizado en el modelo se refleja de inmediato en todas las partes relacionadas. Este proceso asegura una coordinación continua y una actualización automática en todos los elementos del proyecto.

#### 2.10.1.1 Ventajas.

**Modelo paramétrico:** Los ajustes realizados en una parte del modelo impactan a todas las partes interconectadas, lo que mantiene la coherencia de todo el proyecto.

**Integración multidisciplinaria:** El software facilita la colaboración entre las diferentes áreas de diseño (arquitectura, ingeniería, instalaciones), lo que mejora la coordinación y disminuye los errores en las fases de diseño y ejecución.

**Simulaciones y análisis:** Además de modelar, Revit permite realizar análisis como energéticos, de iluminación y de accesibilidad, lo que proporciona una visión más completa del desempeño del edificio.

2.10.1.2 **Limitaciones.** Curva de aprendizaje elevada: Revit tiene una curva de aprendizaje considerable, lo que dificulta su adopción rápida, especialmente en equipos que no están familiarizados con BIM.

Problemas de interoperabilidad: Aunque Revit se integra con otros programas de BIM, en algunos casos puede haber problemas de compatibilidad con ciertas herramientas, lo que puede retrasar el flujo de trabajo en equipos multidisciplinarios.

Requisitos técnicos: La gestión de modelos grandes en Revit demanda equipos con altas capacidades de hardware, lo cual implica un costo adicional en términos de infraestructura tecnológica.

### ***2.10.2 Detección de incompatibilidades***

La capacidad de detectar incompatibilidades entre las distintas partes del proyecto es una de las mayores fortalezas de BIM. En Revit, esta tarea se realiza mediante herramientas que permiten identificar los conflictos entre disciplinas como las instalaciones eléctricas, las estructuras o la arquitectura, evitando errores costosos durante la construcción.

Detección de conflictos: Revit, en colaboración con otras herramientas como Navisworks, facilita la detección automática de interferencias entre los sistemas del proyecto, utilizando técnicas de clash detection. Este tipo de tecnología permite identificar problemas en fases tempranas, reduciendo los costos derivados de cambios imprevistos.

### ***2.10.3 Metrados y Cálculo de Costos***

La generación de metrados y la estimación de costos es otro aspecto crucial que BIM optimiza. A través de Revit, los metrados se extraen automáticamente del modelo 3D, eliminando la posibilidad de errores humanos y mejorando la precisión de los cálculos.

**Metrados automáticos:** Revit puede calcular, de manera automática, las cantidades de materiales necesarias para el proyecto, actualizándolas cada vez que se modifica el modelo. Esto asegura que los metrados sean siempre consistentes con el diseño final.

**Estimación de costos:** Además de los metrados, Revit se puede integrar con software de estimación de costos como Navisworks o CostX, lo que permite calcular el presupuesto de manera precisa. Estas herramientas proporcionan estimaciones que se actualizan en tiempo real a medida que el diseño avanza, lo que permite a los gestores del proyecto realizar ajustes en el presupuesto y tiempos de forma eficiente.

#### ***2.10.4 Otras herramientas en el entorno BIM***

Además de Revit, existen otras aplicaciones que complementan la metodología BIM, tales como Navisworks para la gestión de modelos y la detección de interferencias, o BIM 360, que permite la colaboración en la nube. Estas plataformas facilitan el intercambio de información entre los equipos de trabajo, mejorando la coordinación y reduciendo los errores.

### **2.11 Desafíos Para Implantar BIM en el Perú**

Anrade (2020) Para adoptar la metodología BIM en Perú, es fundamental que las empresas privadas y entidades cumplan con una serie de requisitos que aseguren el éxito de su implementación y un uso eficiente de la misma. A continuación, se presenta los principales requisitos que son necesario:

**Comunicación:** Hoy en día existen muchos profesionales (ingenieros, arquitectos, gestores, supervisores, contratistas, etc.) que aún están acostumbrados en trabajar bajo sus propios métodos. De una manera independiente, provocando una falta de comunicación a lo largo de todo el proyecto (diseño, construcción y ejecución). Todo ello genera un sin número de problemas especialmente en la planificación y desarrollo de la inversión, generando posteriormente una pérdida considerable de tiempo y dinero. Es necesario disponer de un

sistema de comunicación eficiente, que permita intercambiar información y transferir datos de manera rápida y efectiva (Anrade, 2020).

Actualmente, se están introduciendo nuevas herramientas, procesos y tecnologías que facilitan a la industria de la construcción avanzar hacia un futuro digital. Un claro ejemplo de ello es que en la actualidad se guarda información en las nubes, conocido también como nube de cómputo o simplemente “la nube”, ello genera el desprendimiento de todo documento físico (Anrade, 2020).

**Tecnología:** Con el pasar de los años la tecnología es fundamental en toda industria y se está incorporando a la industria de la construcción, se debe disponer de un hardware y software adecuados que puedan respaldar las herramientas tecnológicas asociadas al uso del BIM (Guía Nacional BIM, 2023).

**Estandarización:** La información producida por un profesional debe ser compartida de manera directa y todos los profesionales debe tener acceso, para ello, todos los documentos deben estar estandarizados (Guía Nacional BIM, 2023).

**Capacitación:** Todos los profesionales involucrados en el proceso deben tener conocimiento suficiente para utilizar y aplicar de manera correcta las herramientas y métodos que se emplean, para así contar con un equipo eficaz (Guía Nacional BIM, 2023).

Es por este motivo que el gobierno peruano a partir del año 2018 ha implementado por primera vez la metodología de trabajo colaborativo, conocida como BIM (Building Information Modeling), está alineada con lo establecido en el numeral 4 del párrafo 8.2 del artículo 8, así como con la Cuarta Disposición Complementaria Final del Reglamento del Decreto Legislativo N° 1252, que crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones, aprobado por el Decreto Supremo N° 284-2018-EF.

Actualmente, está en vigor la norma técnica peruana NTP-ISO 1950-1:2021, y a través de la resolución directoral N°0002-2021-EF/63.01, la Dirección General de Programación Multianual de Inversiones aprobó el Plan de Implementación y la Hoja de Ruta del Plan de Ejecución BIM (PEB). Este documento incluye un análisis del estado actual de la industria de la construcción en el país, así como de la adopción de BIM. Además, establece objetivos y acciones a corto, mediano y largo plazo, organizados en cuatro líneas estratégicas:

- Fomentar el liderazgo en el sector público
- Crear un marco colaborativo
- Incrementar la capacidad de la industria
- Comunicar la visión de forma efectiva

### III. MÉTODO

#### 3.1 Tipo de investigación

La investigación se clasifica como aplicada, ya que su principal propósito es resolver problemas prácticos relacionados con la optimización de costos y tiempos en la elaboración de un expediente técnico mediante la metodología BIM, para ello se utilizó el Revit como herramienta digital para la elaboración del expediente. Según Hernández y Mendoza (2023), este tipo de investigación busca proporcionar soluciones inmediatas a desafíos reales, utilizando teorías ya existentes para transformar la práctica profesional con el uso del Revit para realizar el modelamiento de cada una de las especialidades del proyecto, teniendo como finalidad la identificación de compatibilidades, estimación de metrados y la mejora en la gestión del tiempo y costo de ejecución.

El enfoque cuantitativo es el más adecuado para este estudio, dado que se enfoca en la medición de variables objetivas, tales como los costos y tiempos, a través de la comparación entre la metodología tradicional y el uso del Revit como herramienta del BIM. De acuerdo con Hernández y Mendoza (2023), el enfoque cuantitativo permite la recolección de datos numéricos que, a través de herramientas estadísticas, permiten el análisis comparativo y la identificación de la eficiencia que se logró con el Revit en comparación con el tradicional.

El diseño corresponde al no experimental, de tipo transversal comparativo, ya que no se manipulan deliberadamente las variables independientes ni se conforman grupos de control y experimental. En lugar de eso, se analiza un único caso la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, aplicando dos enfoques diferentes (metodología tradicional y metodología BIM con Revit). Esto permitió realizar una comparación técnica en un solo momento del tiempo. Esta estrategia metodológica es adecuada para describir y comparar los efectos observados en términos de costo y tiempo entre ambas metodologías, sin recurrir a manipulaciones

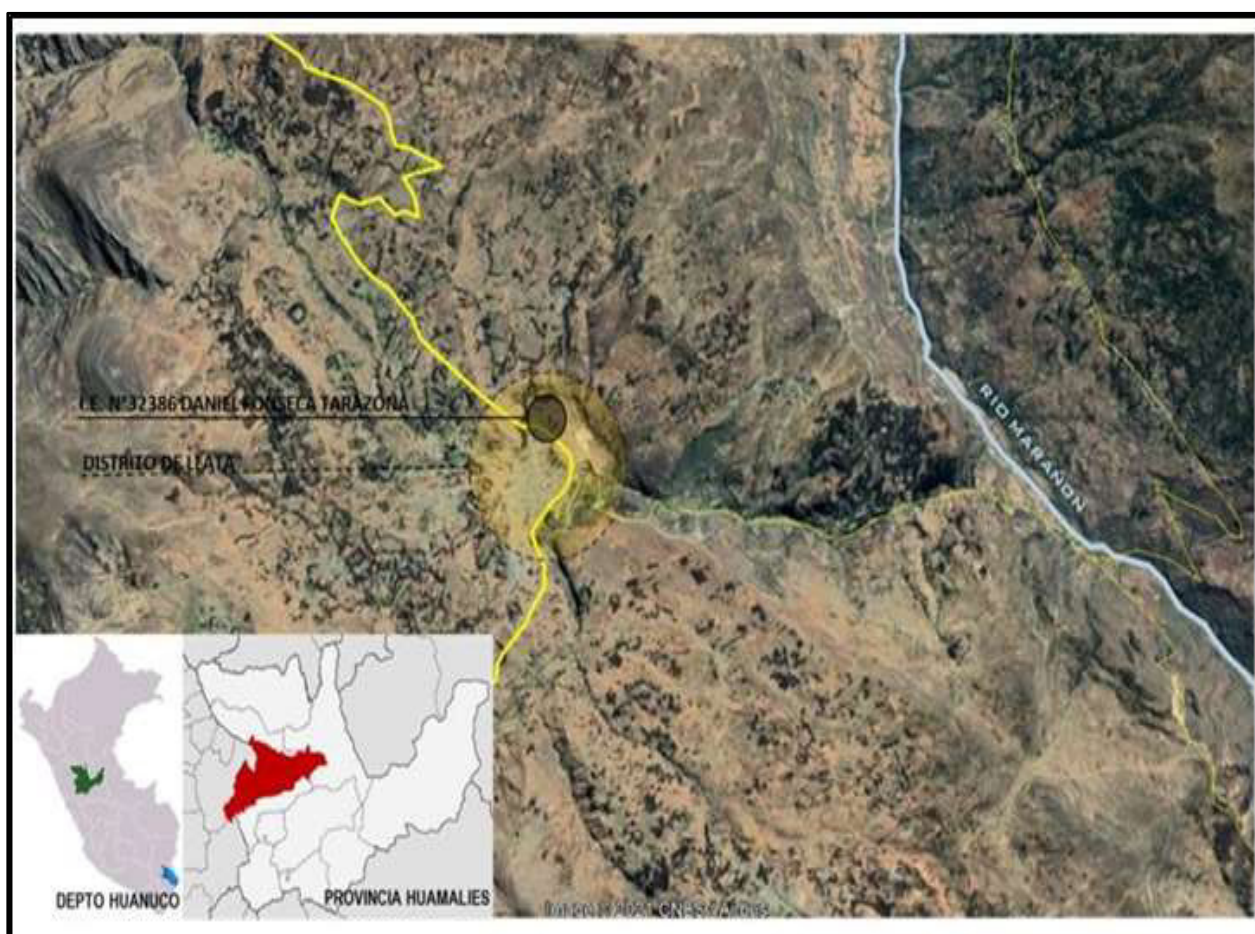
experimentales. Según Hernández y Mendoza (2023), el diseño transversal comparativo permite observar las diferencias entre enfoques aplicados a una misma realidad, lo que es coherente con los objetivos del presente estudio.

### 3.2 **Ámbito temporal y espacial**

Área Geográfica: La I.E. Nro. 32386 Daniel Fonseca Tarazona, se ubica en el distrito de Llata, provincia de Huamalíes, departamento de Huánuco a una distancia aproximada de 400 m de la plaza de Armas de Llata. El ámbito de estudio a evaluar se encuentra a una altitud aproximada de 3436 m.s.n.m., el cual tiene las siguientes coordenadas: Longitud: -76.81692, Latitud: -9.547506, tal como se muestra en la figura 10 y 11.

#### **Figura 10**

*Ubicación del proyecto I.E. N° 32386 Daniel Fonseca Tarazona*



*Nota.* PRONIED, 2023.

**Figura 11.**

*Ubicación del proyecto I.E. N° 32386 Daniel Fonseca Tarazona*



*Nota.* PRONIED, 2023.

### 3.3 Variables

#### 3.3.1 Variables Independientes:

Implementación de la metodología BIM: implica el uso de herramientas digitales (Revit) para gestionar y visualizar información precisa de un proyecto de construcción. Esta metodología facilita la colaboración entre los distintos actores y contribuye a mejorar la eficiencia, minimizar errores y optimizar los procesos constructivos (Andrades y Flores, 2020).

#### 3.3.2 Variables Dependientes:

Optimización del costo y tiempo en la elaboración del expediente técnico: busca mejorar la eficiencia en la gestión de recursos y tiempos durante la creación de documentos y planos de construcción. Mediante la implementación de metodologías como BIM, se reduce el

tiempo y los costos asociados, mejorando la precisión y minimizando errores en el proceso (Pomayay, 2020).

### 3.4 Población y Muestra

Según Hernández y Mendoza (2023), hace referencia al conjunto total de elementos o sujetos que comparten características específicas y que son objeto de estudio. En este caso, la población podría estar compuesta por los proyectos de construcción o las instituciones educativas, como la I.E. 32386 en Huánuco, que aplican la metodología BIM, específicamente utilizando el Revit para la elaboración del expediente técnico. Esta población es el grupo del cual se extraerán los datos para analizar la optimización de costos y tiempos en los proyectos. El uso del Revit en la elaboración del expediente técnico garantizó una integración más precisa de todos los elementos del proyecto, desde la planificación hasta su ejecución.

La muestra se refiere a un subconjunto representativo de la población total, seleccionado para realizar el estudio. En este caso, la muestra podría estar compuesta por un número específico de proyectos de construcción o instituciones, como algunas de las que implementan la metodología BIM mediante el Revit para la elaboración del expediente técnico en la I.E. 32386 en Huánuco, de acuerdo a Hernández y Mendoza (2023). La muestra seleccionada permitió realizar un análisis más detallado y específico sobre la optimización de costos y tiempos en la elaboración de los expedientes técnicos, centrado en las ventajas de usar Revit frente a la metodología tradicional.

### 3.5 Instrumentos

La técnica utilizada en esta investigación es el análisis cuantitativo mediante el modelado computacional. A través de los softwares AutoCAD y Revit, se generaron modelos digitales del expediente técnico, lo que permitió obtener datos numéricos sobre la optimización de costos y tiempos. Revit es la herramienta fundamental del BIM, permitió crear modelos 3D

que permitieron la detección de incompatibilidades, la medición precisa de metrados y la estimación de costos en tiempo real. Los modelos digitales fueron analizados mediante simulaciones para comparar los resultados obtenidos en el diseño con las estimaciones tradicionales, proporcionando una evaluación objetiva de la eficiencia en los procesos de construcción.

Los instrumentos empleados en esta investigación consisten en los softwares de modelado y simulación, específicamente AutoCAD y Revit. Estos programas fueron utilizados para generar representaciones digitales detalladas del expediente técnico, lo cual permitió analizar de manera precisa los costos y tiempos de construcción mediante simulaciones. El uso del Revit como parte del BIM facilitó la comparación entre el enfoque tradicional y el enfoque optimizado por el BIM, permitiendo obtener datos cuantificables que son fundamentales para evaluar la eficiencia y optimización de los procesos constructivos.

### **3.6 Procedimientos**

El Expediente Técnico se desarrolló partiendo del estudio de preinversión a nivel de perfil, aprobado y con declaración de viabilidad, cuyo propósito es la construcción de la institución educativa, donde se planificó la edificación considerando y anticipando las condiciones arquitectónicas, estructurales, los servicios básicos y otros aspectos que aseguren una adecuada respuesta a las necesidades de la población estudiantil del área

#### ***3.6.1 Obtención de Datos y Modelado***

La investigación comenzó con la revisión y análisis del expediente técnico preliminar, basado en un estudio de preinversión aprobado a nivel de perfil. El objetivo era comprender las condiciones del proyecto y las especificaciones del expediente para la construcción de la Institución Educativa (I.E. 32386). A partir de este punto, se establecieron los parámetros iniciales sobre los cuales trabajaría el expediente técnico. Sin embargo, el enfoque de mi

investigación no solo consistió en estudiar estos documentos, sino en optimizar el proceso de elaboración del expediente mediante la aplicación de la metodología BIM, utilizando la herramienta Revit.

El primer paso fue realizar la inspección ocular del terreno y la revisión de los planos existentes. Durante esta fase, me aseguré de recopilar toda la información necesaria sobre el sitio de construcción, verificando las condiciones actuales del terreno, como la topografía, los servicios existentes y otros factores relevantes para el desarrollo del expediente técnico. Esta información fue fundamental para integrar los datos al modelo BIM en Revit, generando una representación precisa y detallada del terreno y los elementos existentes.

### **3.6.2 Cálculos y Simulaciones**

Una vez completado el modelo 3D en Revit, comencé con los cálculos y simulaciones necesarios para optimizar el diseño del expediente técnico. Utilizando Revit, generé los metrados de los materiales y elementos estructurales de la obra, lo que facilitó la estimación de las cantidades de materiales requeridos para la construcción. Estos metrados proporcionaron una base confiable para calcular los costos y determinar la viabilidad económica del proyecto.

Además de Revit, utilicé Navisworks, una herramienta complementaria dentro del entorno BIM, para realizar simulaciones detalladas y detectar incompatibilidades entre las diferentes disciplinas del proyecto (arquitectura, estructura, instalaciones eléctricas, sanitarias, etc.). A través de la funcionalidad de clash detection de Navisworks, pude identificar conflictos potenciales antes de la construcción, evitando retrabajos costosos y garantizando una ejecución más eficiente.

En cuanto al cálculo de costos, empleé herramientas integradas dentro de Revit para la estimación de costos BIM, como el uso de Navisworks y en ocasiones CostX para realizar un presupuesto detallado. Estos cálculos de costos me permitieron realizar comparaciones precisas

entre los costos estimados utilizando el enfoque tradicional y aquellos derivados del uso de BIM con Revit.

### ***3.6.3 Elaboración del Expediente Técnico***

Con los cálculos, los metrados y las simulaciones listas, pasé a la elaboración del expediente técnico, siguiendo las directrices del Perfil del Proyecto de Inversión. En esta fase, mi tarea fue integrar toda la información generada por el modelo BIM en el expediente formal, que incluiría los planos actualizados del proyecto, las memorias de cálculo, las especificaciones técnicas y la planificación de la ejecución de la obra.

La coherencia entre los modelos generados en Revit y los documentos impresos del expediente técnico fue fundamental. Para asegurarme de que todos los elementos estuvieran correctamente reflejados en los documentos, utilicé las herramientas de Revit para verificar que no hubiera incompatibilidades entre las especialidades del proyecto (como arquitectura, estructura e instalaciones), lo que me permitió realizar ajustes antes de la aprobación final del expediente.

### ***3.6.4 Resultados y Análisis Comparativo***

Una vez completado el expediente técnico, se procedió con el análisis comparativo entre la metodología tradicional y la metodología BIM con Revit. En este punto, se analizó cómo el uso de BIM permitió la optimización de los costos y la reducción de los tiempos de ejecución del proyecto. Los resultados mostraron una mejora significativa en la precisión de los cálculos de costos y una mayor eficiencia en la planificación de la obra, debido a la detección temprana de errores y a la optimización de recursos.

La simulación de tiempos realizada en Revit también permitió identificar áreas de mejora en la programación de la obra, mientras que los metrados automáticos obtenidos del

modelo BIM facilitaron la estimación precisa de los materiales y costos, contribuyendo a una reducción considerable en las desviaciones presupuestarias y de tiempo.

### ***3.6.5 Contenidos de los Entregables del Expediente Técnico***

De acuerdo a los Términos y Referencia la empresa privada deberá presentar lo siguiente:

El primer entregable del proyecto consiste en la inspección inicial del terreno realizada por el equipo técnico, con el propósito de evaluar las condiciones del área y recopilar la información necesaria para la elaboración del expediente técnico. Este entregable incluye la presentación de la ficha de los profesionales involucrados, documentación legal del terreno, un informe sobre vulnerabilidad y riesgos, una constancia de inspección firmada por el director de la institución educativa, y fotografías comentadas del terreno. Además, se llevan a cabo estudios básicos como el levantamiento topográfico y el análisis de la mecánica de suelos, así como la tramitación de permisos y licencias, que incluyen la evaluación ambiental y la solicitud de factibilidad de servicios. También se aplica la metodología BIM, creando un modelo 3D que mejora la eficiencia y el manejo del proyecto, definiendo los alcances y responsabilidades en el proceso de ejecución.

El segundo entregable consiste en la elaboración del anteproyecto arquitectónico y estructural, que debe alinearse con las metas establecidas en el perfil del proyecto declarado viable. El anteproyecto arquitectónico deberá considerar criterios y volumetrías adecuados a la categoría de la Institución Educativa, integrándose al contexto urbano y bioclimático del área. Debe cumplir con los requisitos del Reglamento Nacional de Edificaciones, incluyendo aspectos de seguridad y accesibilidad, especialmente para personas con discapacidad. Los documentos mínimos incluyen una memoria descriptiva general, planos arquitectónicos de localización, distribución, cortes y elevaciones. Por otro lado, el anteproyecto estructural será

desarrollado por el especialista en estructuras, quien determinará el diseño preliminar de los elementos estructurales, considerando los estudios básicos del terreno, y propondrá la cimentación más adecuada. También incluirá recomendaciones de seguridad y un proceso constructivo detallado para asegurar la estabilidad de la obra. Los documentos mínimos del anteproyecto estructural incluyen una memoria descriptiva general y planos detallados de distribución y cortes.

El tercer entregable incluye el desarrollo integral del proyecto, abarcando las especialidades de Arquitectura, Estructura, Instalaciones Sanitarias, Eléctricas, Mecánicas y de Comunicaciones, todas compatibles entre sí. El ejecutor del proyecto coordinará estas especialidades para evitar discrepancias y entregará a la entidad pública para su revisión. Se debe cumplir con las normativas vigentes y presentar todos los documentos necesarios para la revisión técnica. El arquitecto diseñará el proyecto según las metas establecidas, y los especialistas estructurales y de instalaciones se encargarán de la cimentación y sistemas correspondientes, cumpliendo con las especificaciones técnicas y normativas aplicables.

En el cuarto entregable se deberá presentar el Estudio Definitivo o Expediente Técnico completo, que abarque infraestructura, mobiliario y equipamiento, debidamente compatibilizado. Este entregable incluirá los metrados y el presupuesto, que deben contar con al menos dos cotizaciones tanto para infraestructura como para mobiliario y equipamiento. Se incluirán las especificaciones técnicas para todas las especialidades pertinentes, como Estructura, Arquitectura, Instalaciones Sanitarias, Eléctricas, Mobiliario, Comunicaciones, entre otras. Además, se debe entregar el metrado específico por especialidad y un presupuesto detallado que incluya la consolidación de costos y la comparación de los mismos con los precios de la zona.

El Quinto Entregable corresponde a la entrega del Expediente Técnico Definitivo. Una vez que se apruebe el cuarto entregable y se devuelva el expediente técnico original, firmado y sellado, el Ejecutor del Proyecto deberá presentar el expediente definitivo, debidamente foliado (1 original y 2 copias) a través de mesa de partes. Además, se deberá entregar un DVD con los archivos digitales completos del estudio definitivo y otro con la documentación final escaneada. Este expediente incluirá el Estudio de Suelos, Impacto Ambiental, Memoria Descriptiva, Especificaciones Técnicas, Planos de Ejecución de Obra, Metrados, Presupuesto de Obra, Valor Referencial, Fecha del Presupuesto, Análisis de Precios, Calendario de Avance de Obra Valorizado y Fórmulas Polinómicas.

### **3.7 Análisis de datos**

Posteriormente después del comparativo de la METODOLOGIA TRADICIONAL y METODOLOGIA BIM se obtiene un monto optimo del costo directo de la Infraestructura, debido a que los metrados son más precisos y con un menor incertidumbre, el tiempo de la elaboración del expediente técnico es menor debido a que el diseño de las especialidades se trabaja de manera conjunta en un modelado 3D, adicional a ello, al tener un menor tiempo en la elaboración del expediente técnico, conlleva, a un menor costo del expediente técnico.

La revisión del diseño de las especialidades es integro, donde genera que los metrados se obtiene de manera directa con solo exportar datos del modelado 3D.

#### IV. RESULTADOS

La presente investigación se desarrolló en el área comprendida entre los jirones San Martín y Víctor E. Vivar, en el distrito de Llata, región de Huánuco. El objetivo fue analizar la optimización del costo y tiempo en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386 con la implementación de la metodología BIM, Huánuco, 2024. Para lo cual primero he realizado el diseño de la ubicación geográfica de la zona de estudio, la cual se detalló mediante las coordenadas UTM, las cuales se presentan a continuación, tal como se evidencia en la figura 12.

**Figura 12**

*Vista del área total del colegio mediante las coordenadas UTM*



*Nota.* Elaboración propia

En la siguiente Tabla 2 se presentan los resultados del levantamiento topográfico que permitieron la ubicación precisa del terreno para el desarrollo del proyecto.

**Tabla 2**

*Levantamiento topográfico de las coordenadas UTM (WGS 84)*

Vértice	Lado	Distancia (m)	Ángulo interno	Coordenadas	
				Norte	Este
A	A-B	11.15	88°17'58"	8944071.124	300547.860
B	B-C	2.00	270°21'50"	8944082.273	300547.727
C	C-D	2.15	90°00'00"	8944082.236	300545.727
D	D-E	0.60	270°00'00"	8944084.386	300545.688
E	E-F	4.95	90°00'00"	8944084.375	300545.088
F	F-G	0.60	90°00'00"	8944089.324	300545.997
G	G-H	70.10	270°00'00"	8944089.335	300545.597
H	H-I	40.45	89°32'30"	8944159.423	300544.311
I	I-J	25.95	84°45'01"	8944159.842	300584.759
J	J-K	26.90	187°31'46"	8944133.978	300582.652
K	K-L	15.85	182°33'44"	8944107.11	300584.000
L	L-M	17.65	185°16'20"	8944091.333	300585.502
M	M-N	7.05	91°08'12"	8944073.990	300588.781
N	N-A	34.05	170°32'39"	8944072.543	300581.881

*Nota.* Elaboración propia

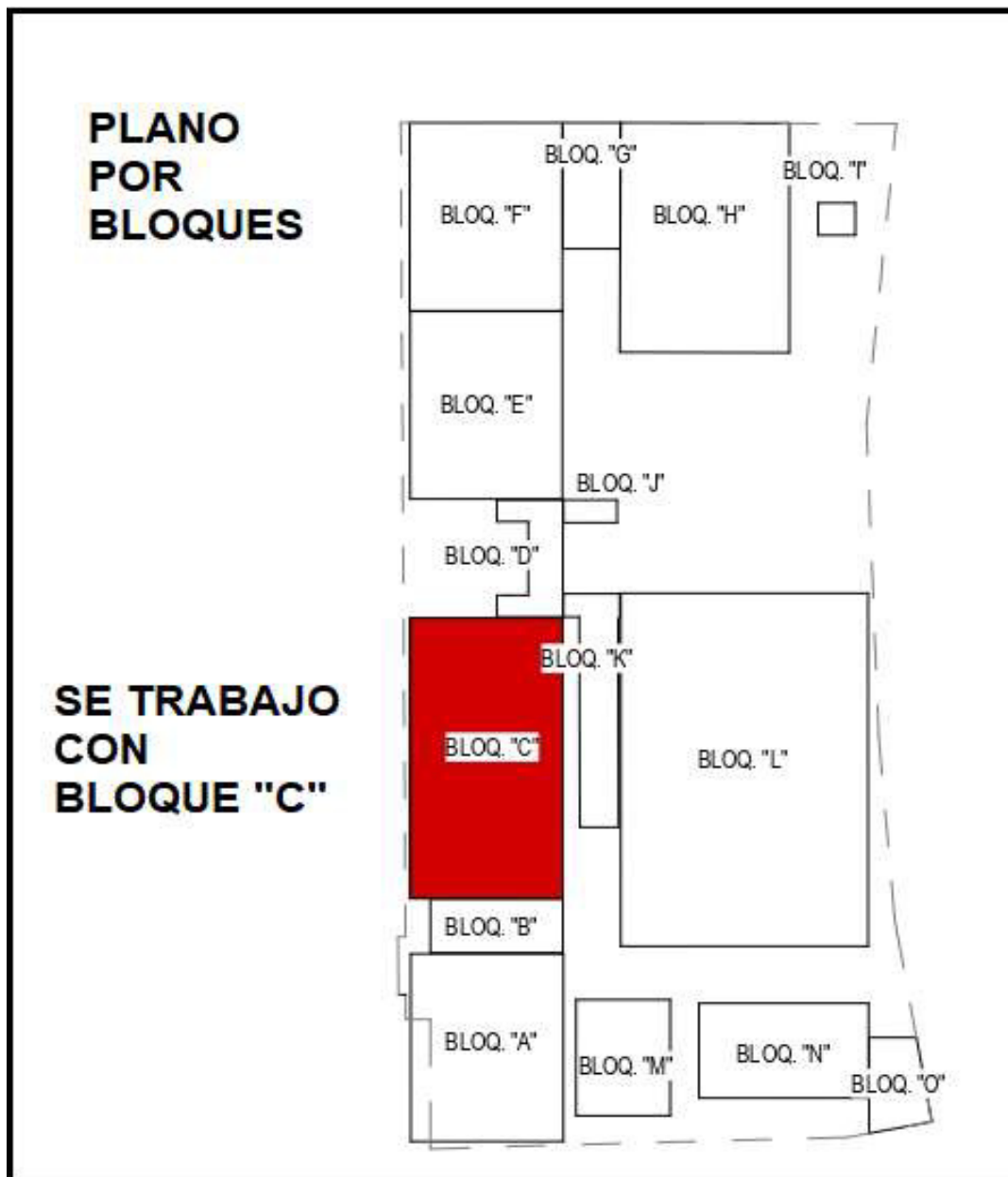
El expediente técnico elaborado con la metodología tradicional de la I.E. N° 32386, fue presentado en 15 bloques, el cual fue realizado en el Autocad y para la implementación de la metodología BIM, se utilizó el bloque "C", al cual se desarrollaron las especialidades de

arquitectura y estructuras; con la finalidad de demostrar que el BIM si optimiza los tiempos y costos en la elaboración del expediente técnico de la I.E. en estudio.

La figura 13 muestra la vista del bloque “C” del plano de distribución de la edificación de la infraestructura educativa, detallando la organización espacial de sus ambientes.

### Figura 13

*Vista del bloque “C” del plano de distribución de la edificación de la I.E.*

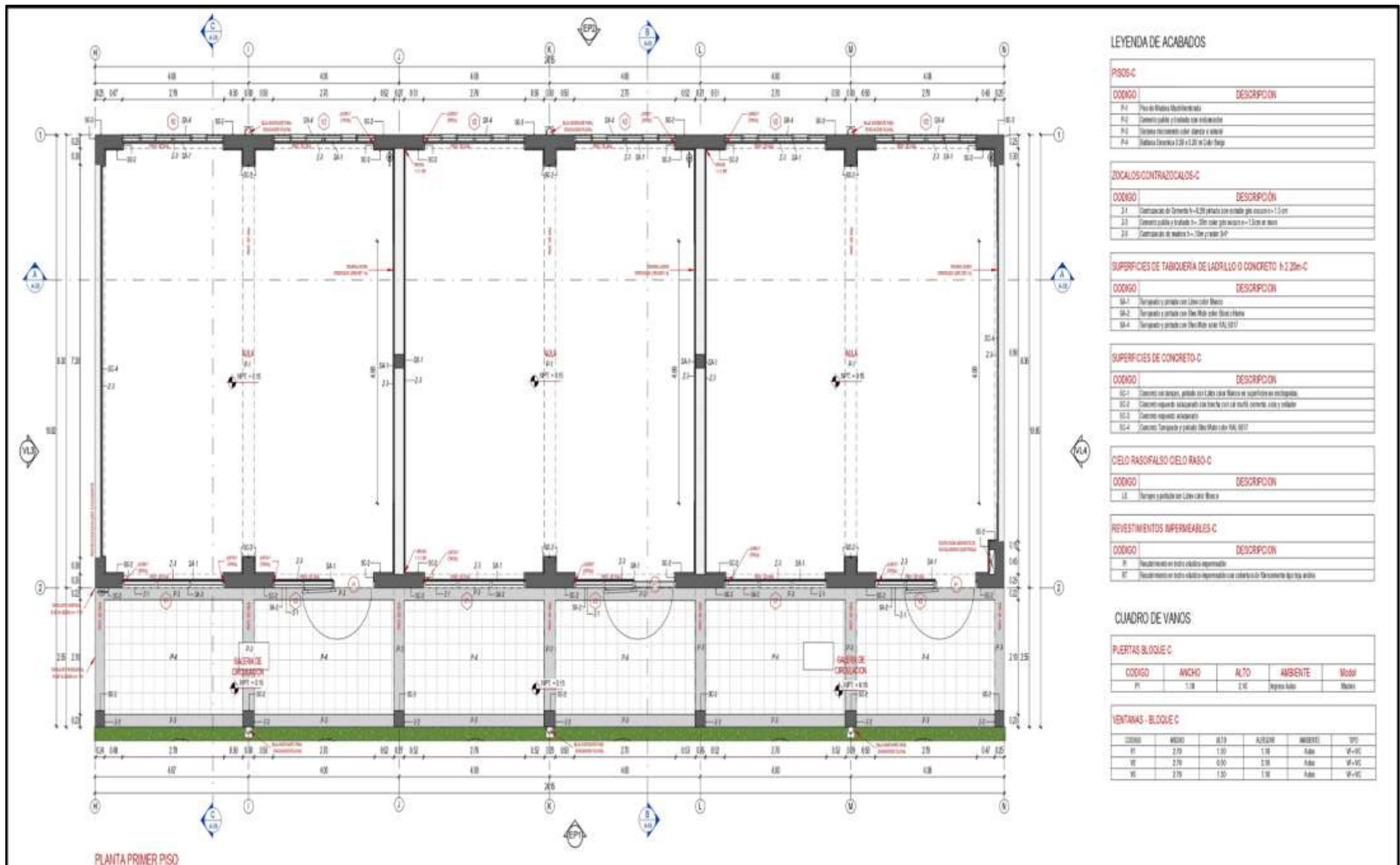


*Nota.* Elaboración propia

La figura 14 presenta la vista arquitectónica del primer piso del bloque “C”, destacando la distribución funcional de los espacios, de la I.E. en estudio.

**Figura 14**

*Vista del primer piso, bloque “C” - Arquitectura*

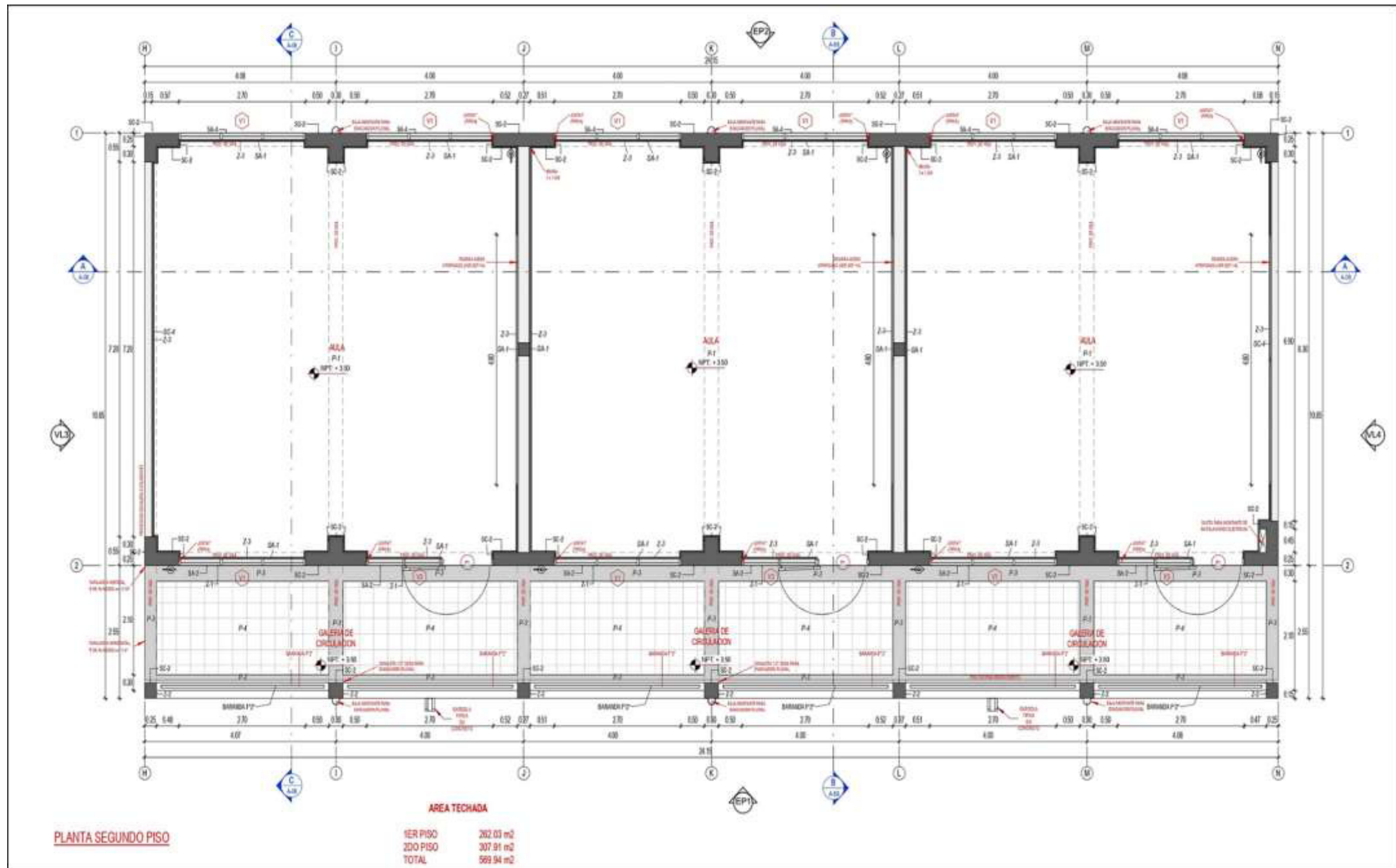


Nota. Elaboración propia

En la Figura 15, se evidencia la vista arquitectónica del segundo piso del bloque “C”, ilustrando la organización de los ambientes en ese nivel.

**Figura 15**

*Vista del Segundo piso, bloque “C” - Arquitectura*

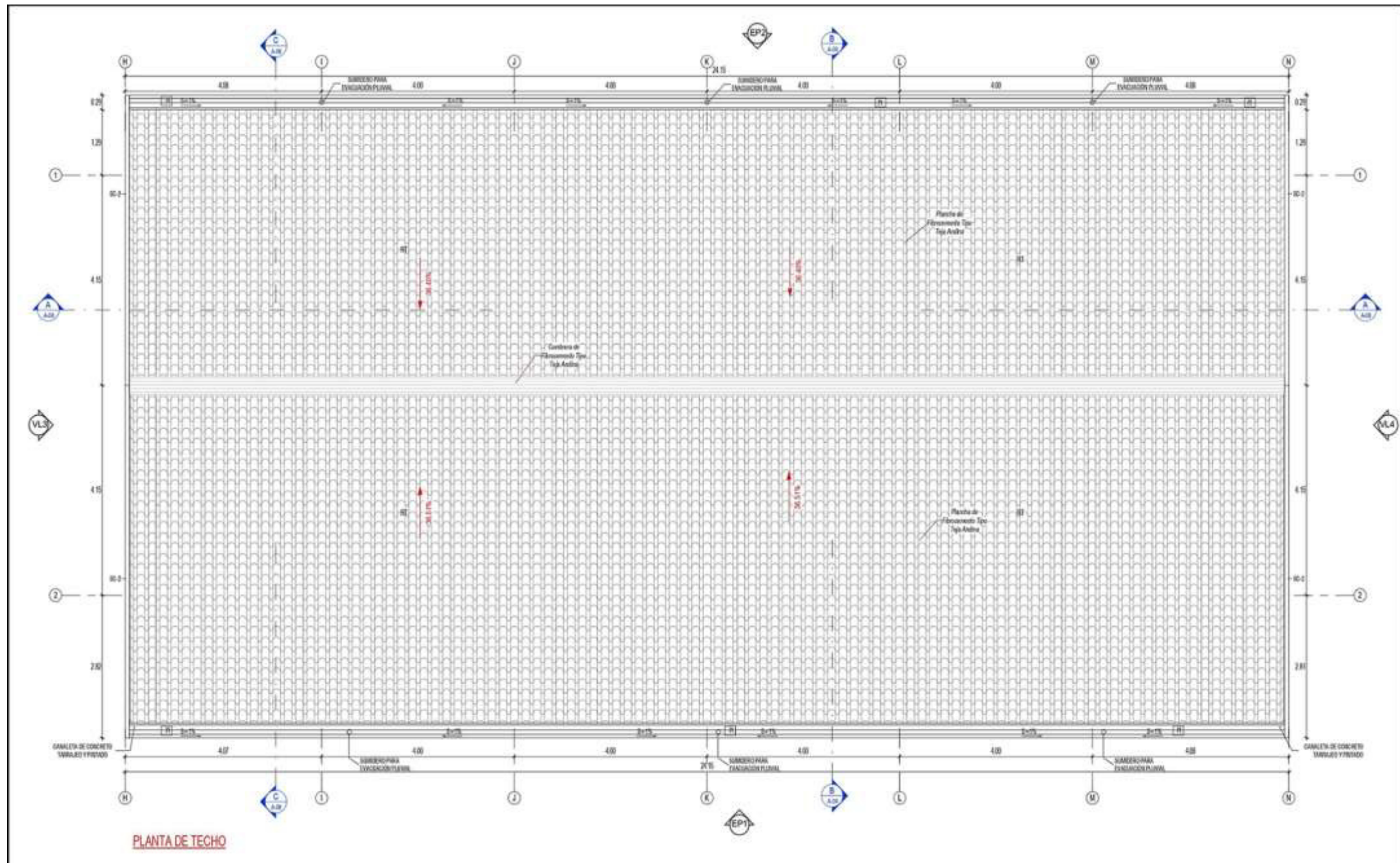


*Nota.* Elaboración propia

En la figura 16 corresponde a la planta de techo del bloque “C”, detallando la disposición arquitectónica y los elementos estructurales de esta sección del colegio.

**Figura 16**

*Vista de la planta techo bloque “C” - Arquitectura*

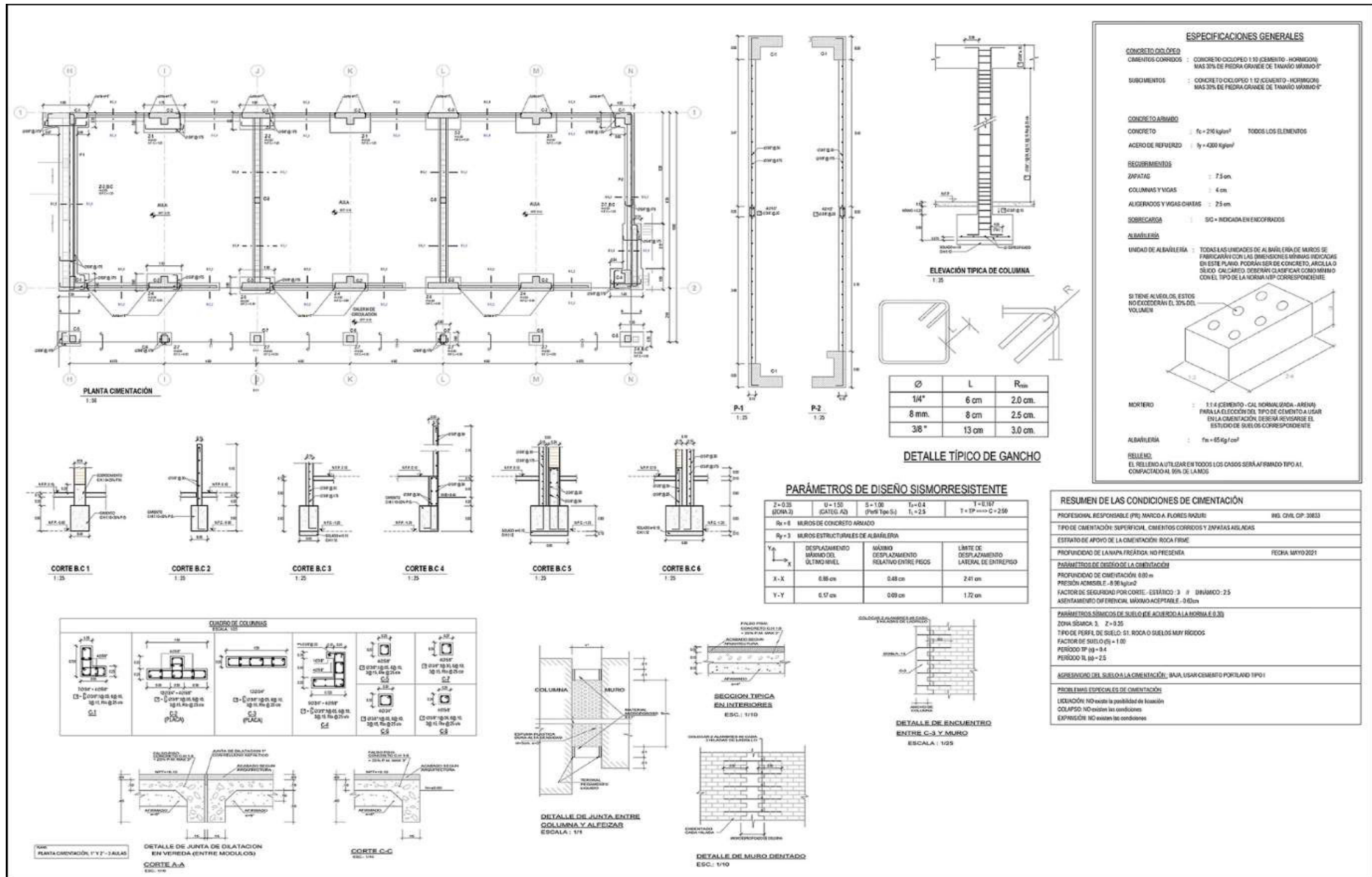


*Nota. Elaboración propia*

Los planos estructurales del bloque “C”, específicamente la planta de cimentación, se reflejan en la Figura 17, detallando los elementos fundamentales para la estabilidad del colegio.

Figura 17

Vista de los planos estructurales, bloque “C” – Planta de cimentación

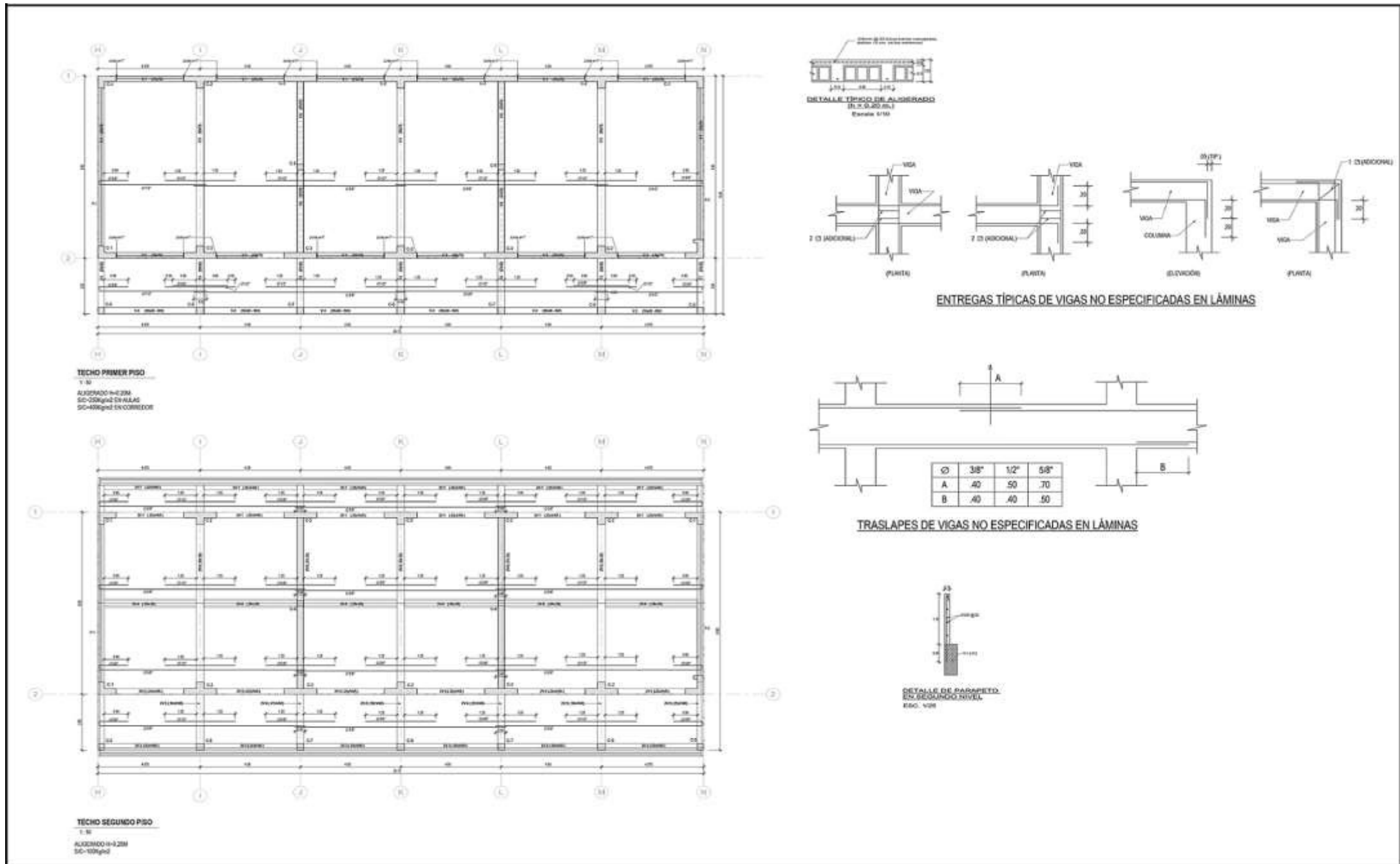


Nota. Elaboración propia

Los planos estructurales del bloque “C”, correspondientes a la planta techo, se encuentran en la Figura 18, detallando los componentes estructurales clave de esta área.

**Figura 18**

*Vista de los planos estructurales, bloque “C” – Planta techo*

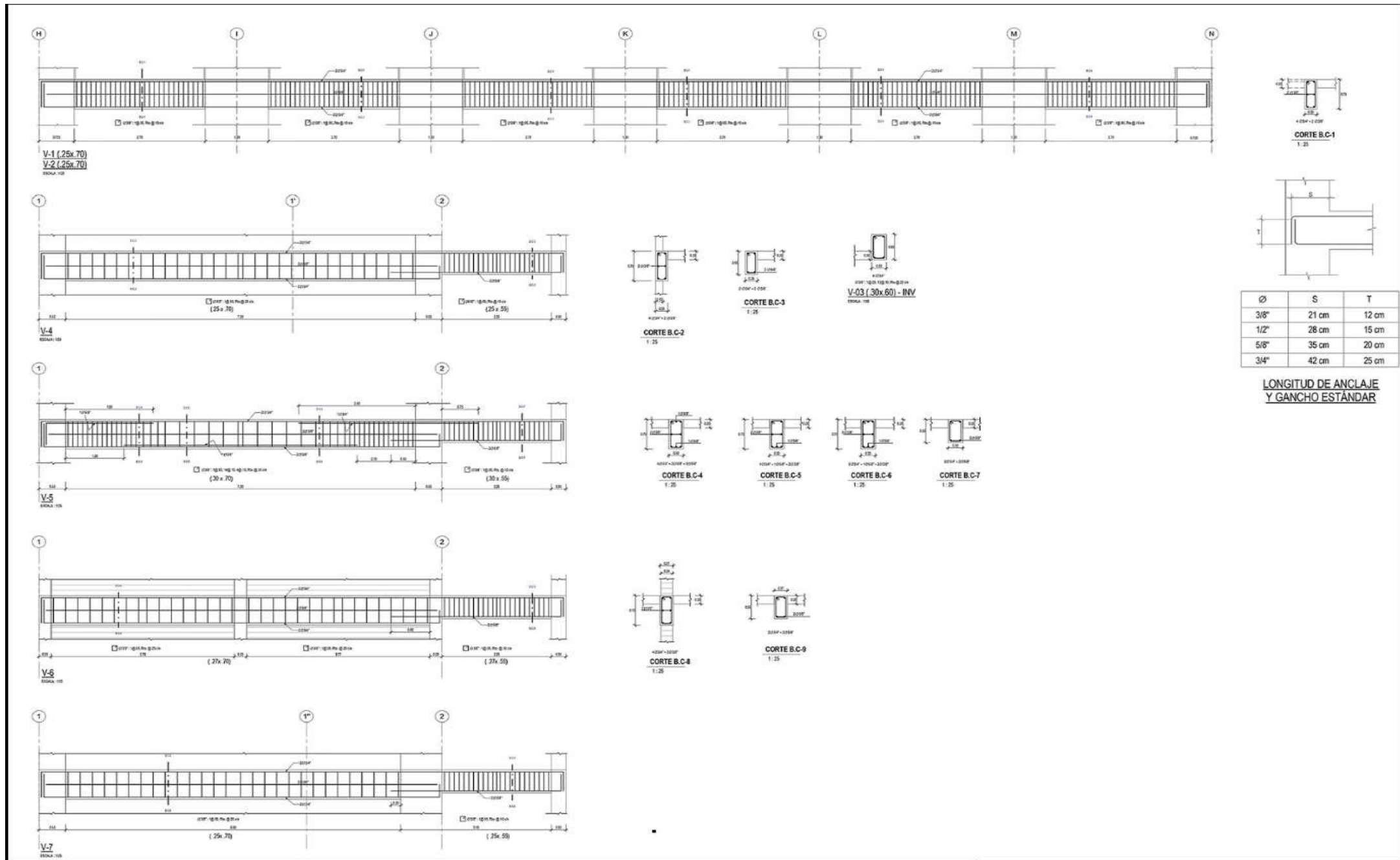


Nota. Elaboración propia

Los planos estructurales del primer piso, bloque “C”, correspondientes a las vigas, se ilustran en la Figura 19, mostrando los elementos estructurales esenciales para la resistencia de la I. E.

**Figura 19**

*Vista de los planos estructurales primer piso, bloque “C” – Vigas*

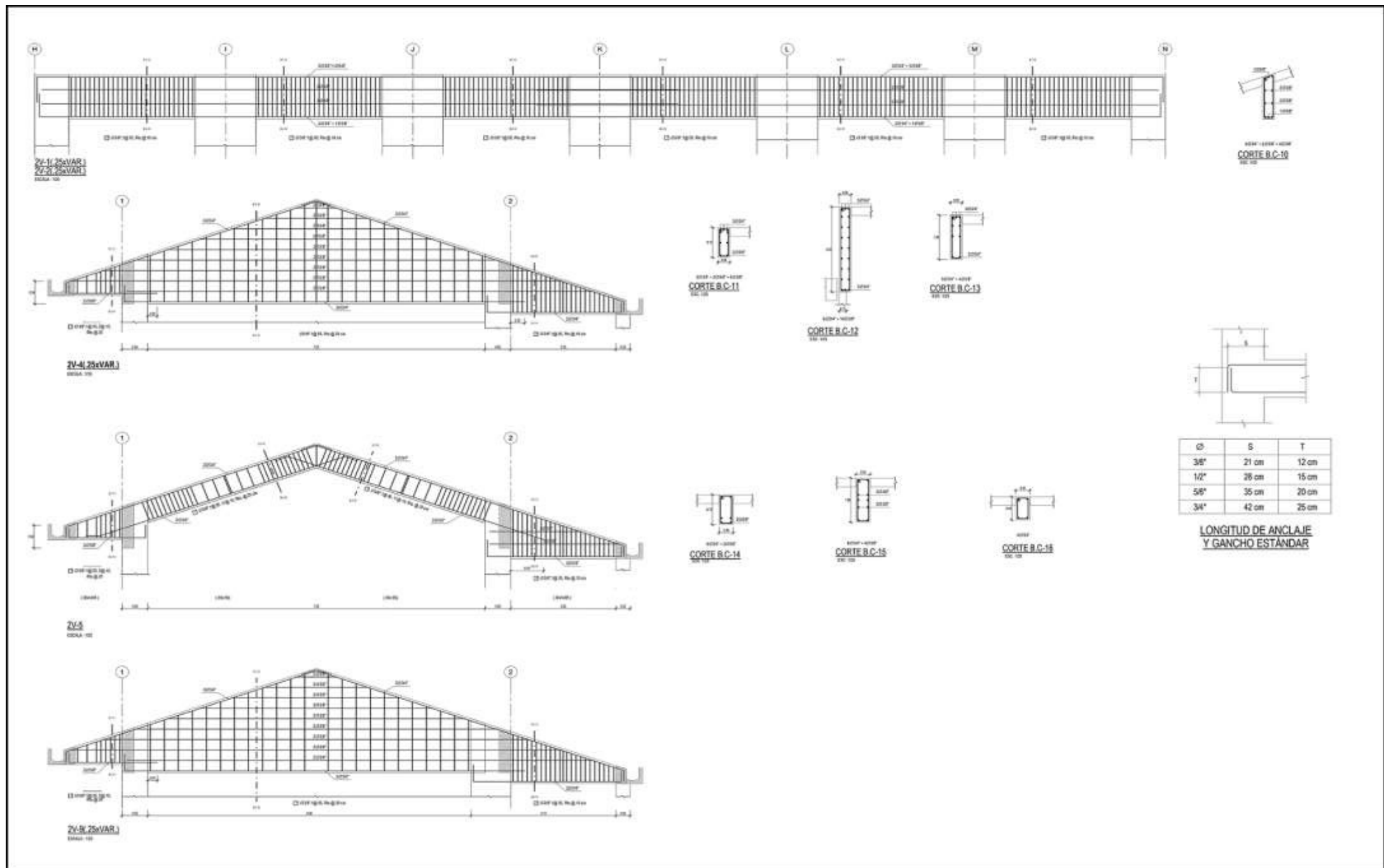


Nota. Elaboración propia

Los planos estructurales del segundo piso, bloque “C”, correspondientes a las vigas, se detallan en la Figura 20, mostrando los elementos clave para la estabilidad estructural de la I. E.

**Figura 20**

*Vista de los planos estructurales segundo piso, bloque “C” – Vigas*



Nota. Elaboración propia

#### 4.1 Implementación de la metodología de BIM

Modelamiento con el BIM: El proceso de modelado en el software Revit para un proyecto de construcción comienza con la configuración de las plantillas de trabajo. Estas plantillas son fundamentales, ya que permiten organizar y definir los parámetros iniciales del proyecto, asegurando una estructura coherente para el modelado. En esta fase, se establecen aspectos clave como unidades de medida, tipos de vistas y estándares gráficos, que serán utilizados a lo largo de todo el proceso de diseño. Una vez configuradas las plantillas, se procede al desarrollo de las familias, que son los componentes básicos del modelo BIM. Las familias incluyen elementos constructivos como muros, losas, zapatas y otros componentes arquitectónicos y estructurales. La creación de familias implica definir sus características geométricas y los atributos necesarios, como materialidad, dimensiones, propiedades físicas y técnicas, lo que permite una simulación precisa y detallada del proyecto.

Otro aspecto fundamental en el modelado BIM es la definición del Nivel de Desarrollo (LOD, por sus siglas en inglés). En este caso, el LOD se establece en 300, lo cual indica que el modelo debe contener información detallada sobre la geometría y las características de los elementos, de forma que pueda ser utilizado no solo para la visualización y coordinación, sino también para la planificación de la construcción y la gestión del proyecto. Un LOD 300 asegura que todos los elementos del modelo estén representados con un nivel de precisión suficiente para ser implementados en la fase de ejecución, permitiendo la extracción de datos como cantidades, materiales y costos.

Finalmente, con las familias definidas y el LOD establecido, se inicia el diseño de la estructura. En esta etapa, se modelan los elementos estructurales, tales como columnas, vigas y zapatas, siguiendo las directrices del proyecto. La información generada en esta fase es crucial para garantizar que la estructura sea segura y viable desde el punto de vista constructivo. El modelado en Revit permite simular no solo la geometría, sino también los comportamientos

estructurales, contribuyendo a una mejor coordinación entre disciplinas (arquitectura, ingeniería, instalaciones) y la detección temprana de posibles conflictos. A continuación, se presenta el desarrollo detallado del modelado.

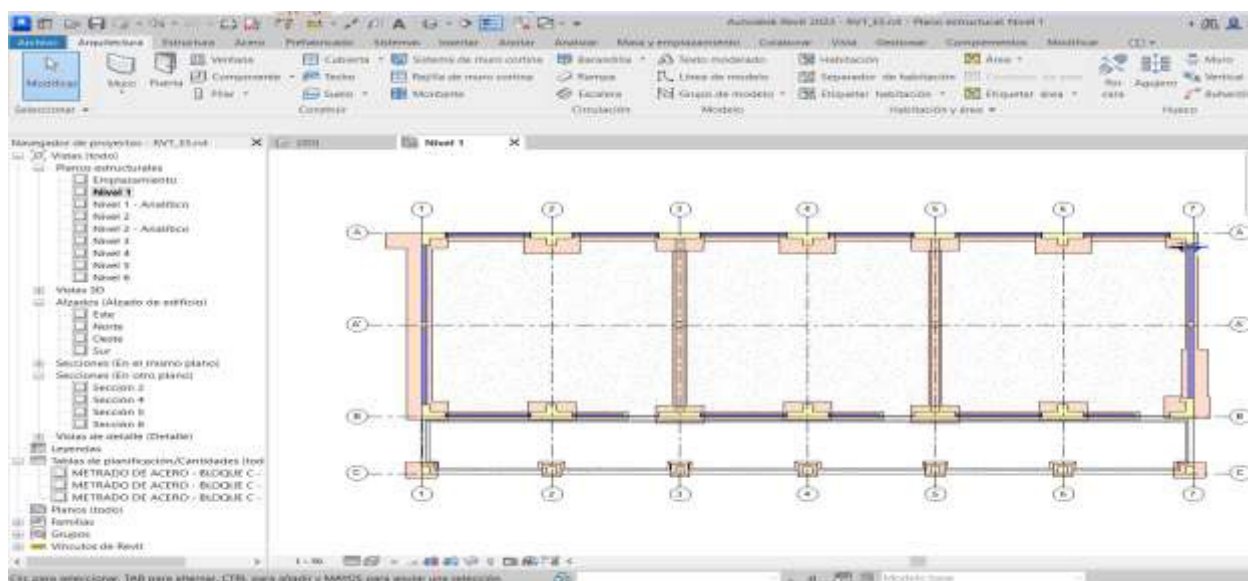
#### 4.2 Proceso de importación de los planos de las especialidades

Comienza con la exportación de los planos elaborados en el software AutoCAD. En esta etapa, es esencial seleccionar cuidadosamente los elementos digitales de AutoCAD que se van a importar al modelo BIM. Se debe prestar especial atención a no incluir regiones o espacios no deseados, ya que estos pueden interferir con la precisión y el flujo del proceso de modelado. Al importar, es recomendable que solo se seleccione un elemento digitalizado a la vez, para evitar la inclusión de capas o entidades que puedan generar errores o inconsistencias en el modelo BIM. Este paso es fundamental para asegurar la integridad del modelo y la correcta coordinación entre las diferentes especialidades involucradas.

El proceso de importación del plano de estructuras del bloque “C” se representa en la Figura 21, evidenciando la integración del modelo estructural

**Figura 21**

*Importación – Plano de estructuras Bloque C*

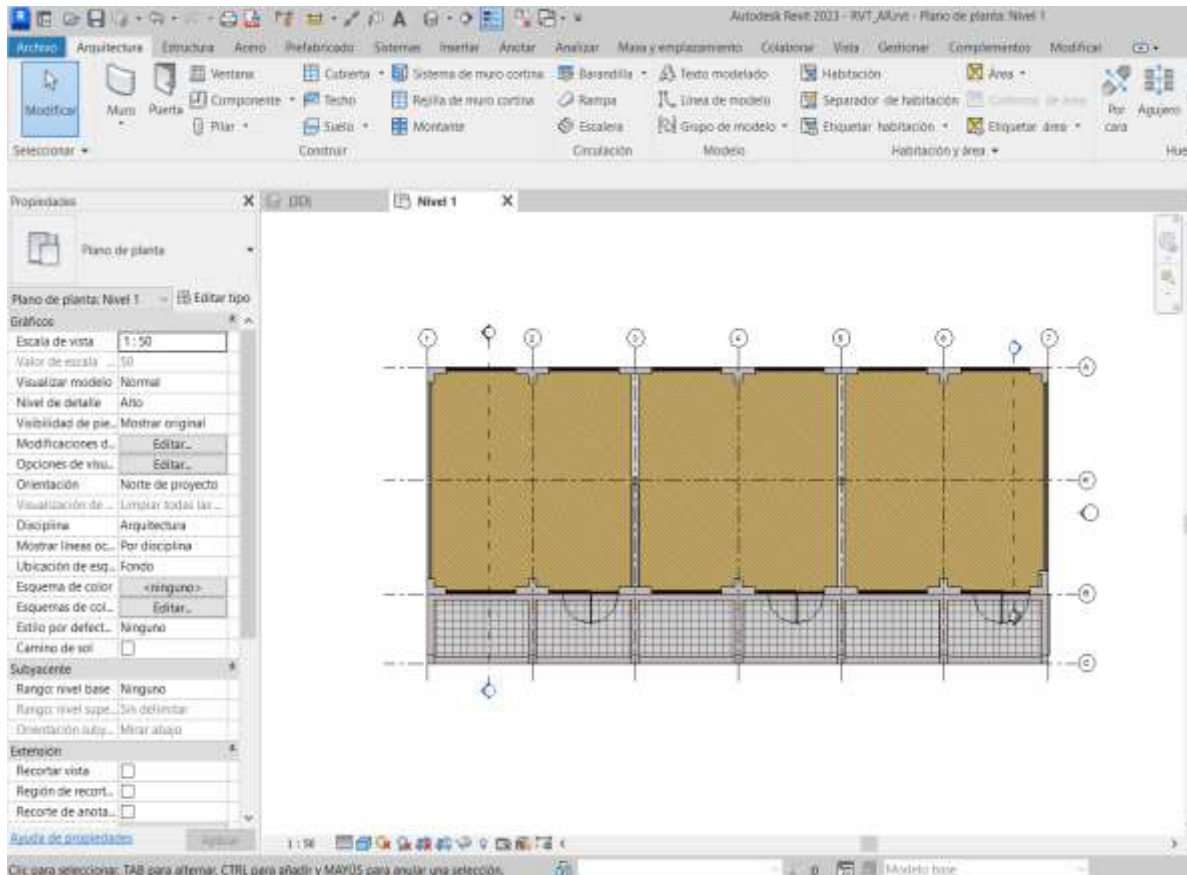


*Nota.* Elaboración propia

El proceso de importación del plano arquitectónico del bloque “C” se muestra en la Figura 22, evidenciando la incorporación del diseño en la plataforma de modelado.

**Figura 22**

*Importación – Plano de arquitectura – Bloque C*



*Nota.* Elaboración propia

#### **4.2.1 Colocación de parámetros**

Durante la fase de colocación en el modelado, se inicia el replanteo del área correspondiente a la Institución Educativa en estudio. Este paso consiste en superponer las líneas de rejillas, las grillas y los niveles del modelo en el sistema tridimensional, garantizando la correcta ubicación de los elementos en los ejes X, Y y Z. Esta disposición precisa es esencial para asegurar que todos los componentes del modelo estén alineados correctamente, lo que

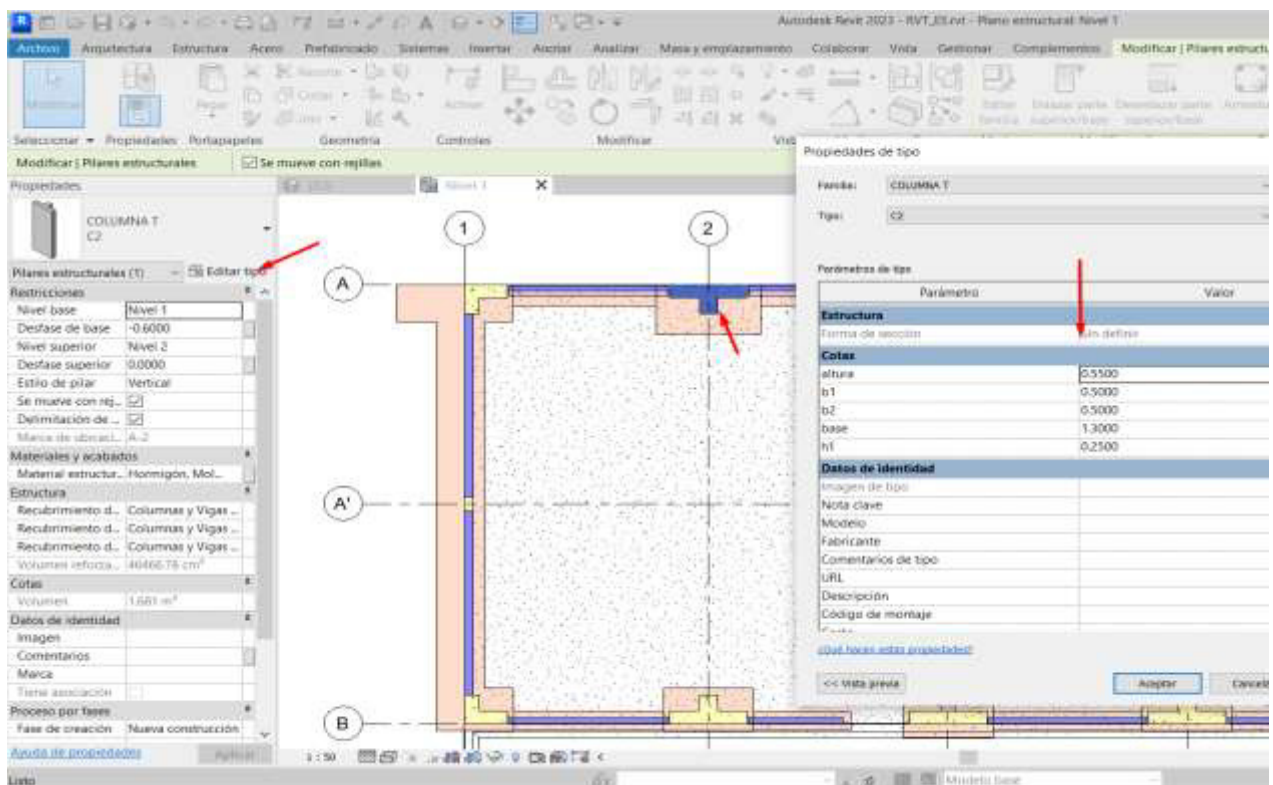
facilita la exactitud en la representación del diseño en relación con el terreno o el espacio físico de la I.E.

Una vez completada la colocación y la alineación de los elementos de referencia, se procede a eliminar los parámetros de posición utilizados en la representación gráfica en 2D de AutoCAD. Este paso resulta crucial para asegurar que el modelo BIM en Revit sea completamente autónomo y exclusivo, sin depender de los datos 2D importados. Al eliminar las referencias gráficas de AutoCAD, se minimiza la posibilidad de redundancias y errores que puedan afectar la calidad y la precisión del modelo tridimensional, asegurando que las coordenadas y la información del modelo sean propias del entorno BIM.

Los parámetros del plano de estructuras relacionados con las columnas se especifican en la figura 23

**Figura 23**

*Parámetros – Plano de estructuras - columnas*

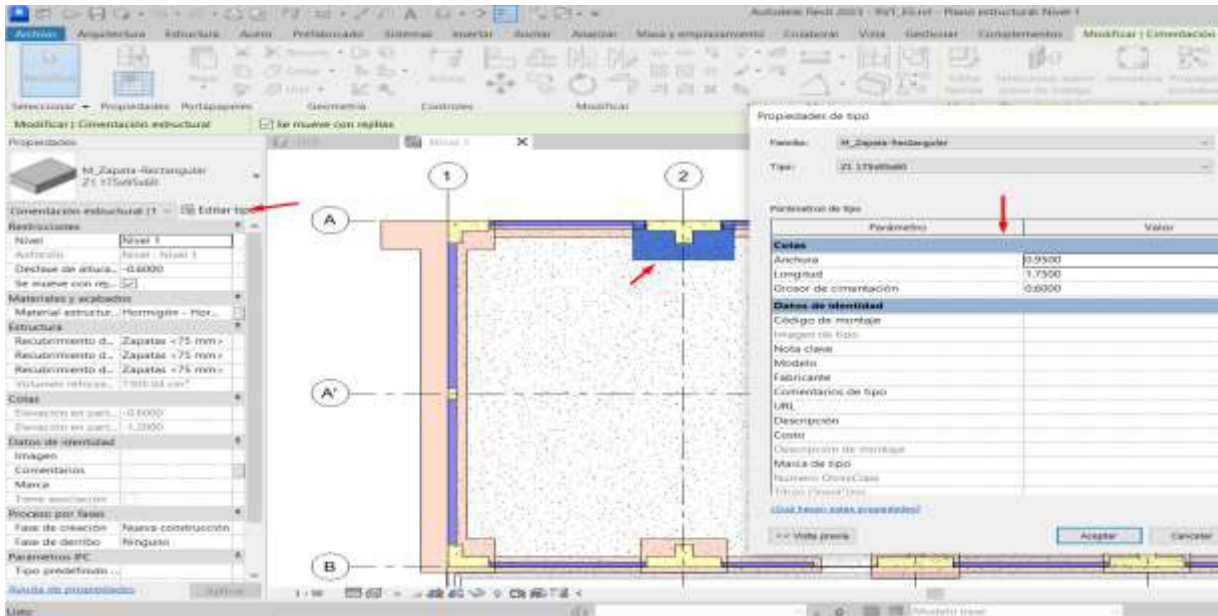


*Nota.* Elaboración propia

Los parámetros del plano de estructuras correspondientes a las zapatas se detallan en la figura 24, facilitando la gestión y configuración técnica de estos elementos estructurales.

**Figura 24**

*Parámetros – Plano de estructuras – zapatas*

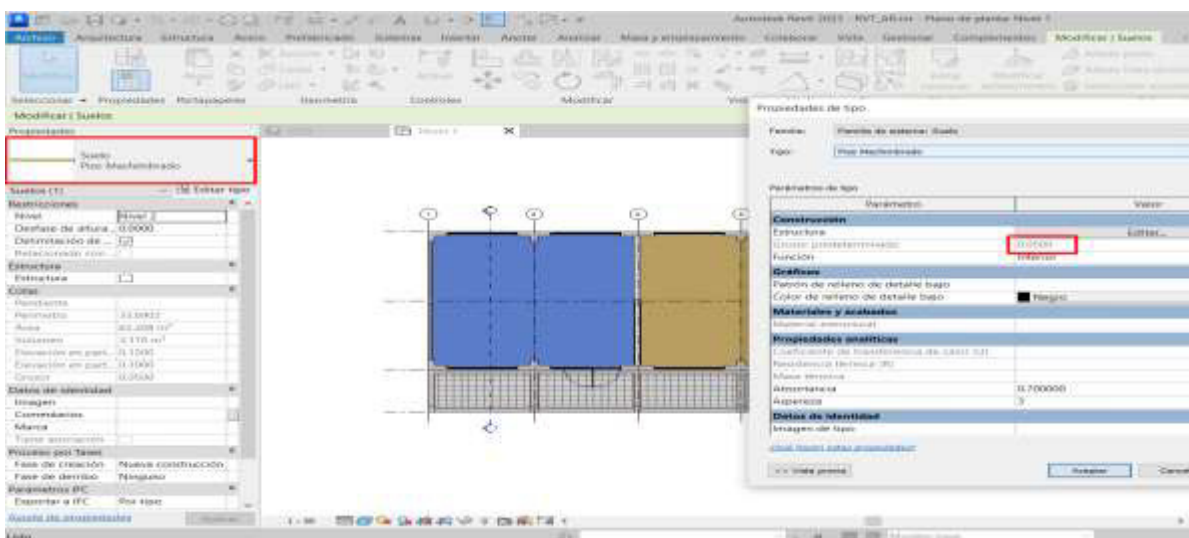


*Nota.* Elaboración propia

La figura 25 corresponde a los parámetros del plano arquitectónico vinculados al piso machihembrado.

**Figura 25.**

*Parámetros – Plano de arquitectura – piso machimbrado*

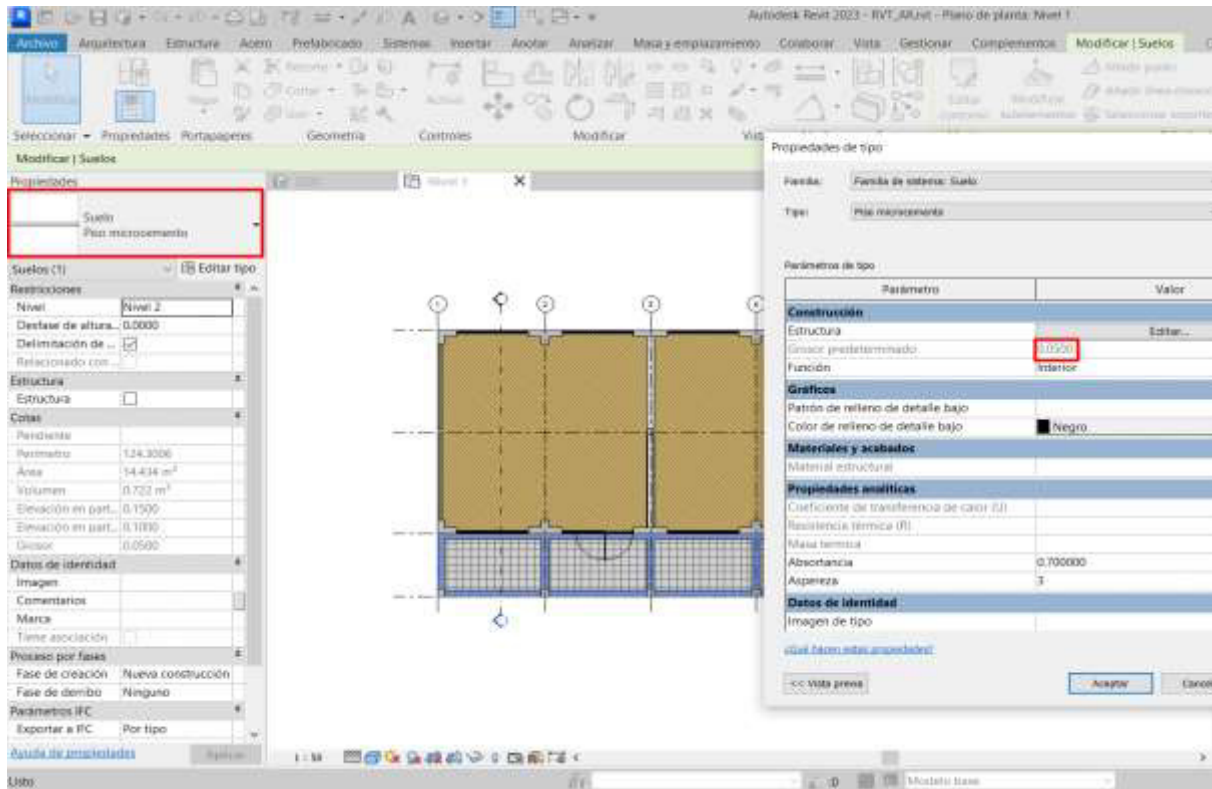


*Nota.* Elaboración propia

La figura 26 evidencia los parámetros del plano arquitectónico asociados al piso de microcemento

**Figura 26**

*Parámetros – Plano de arquitectura – piso microcemento*



*Nota.* Elaboración propia

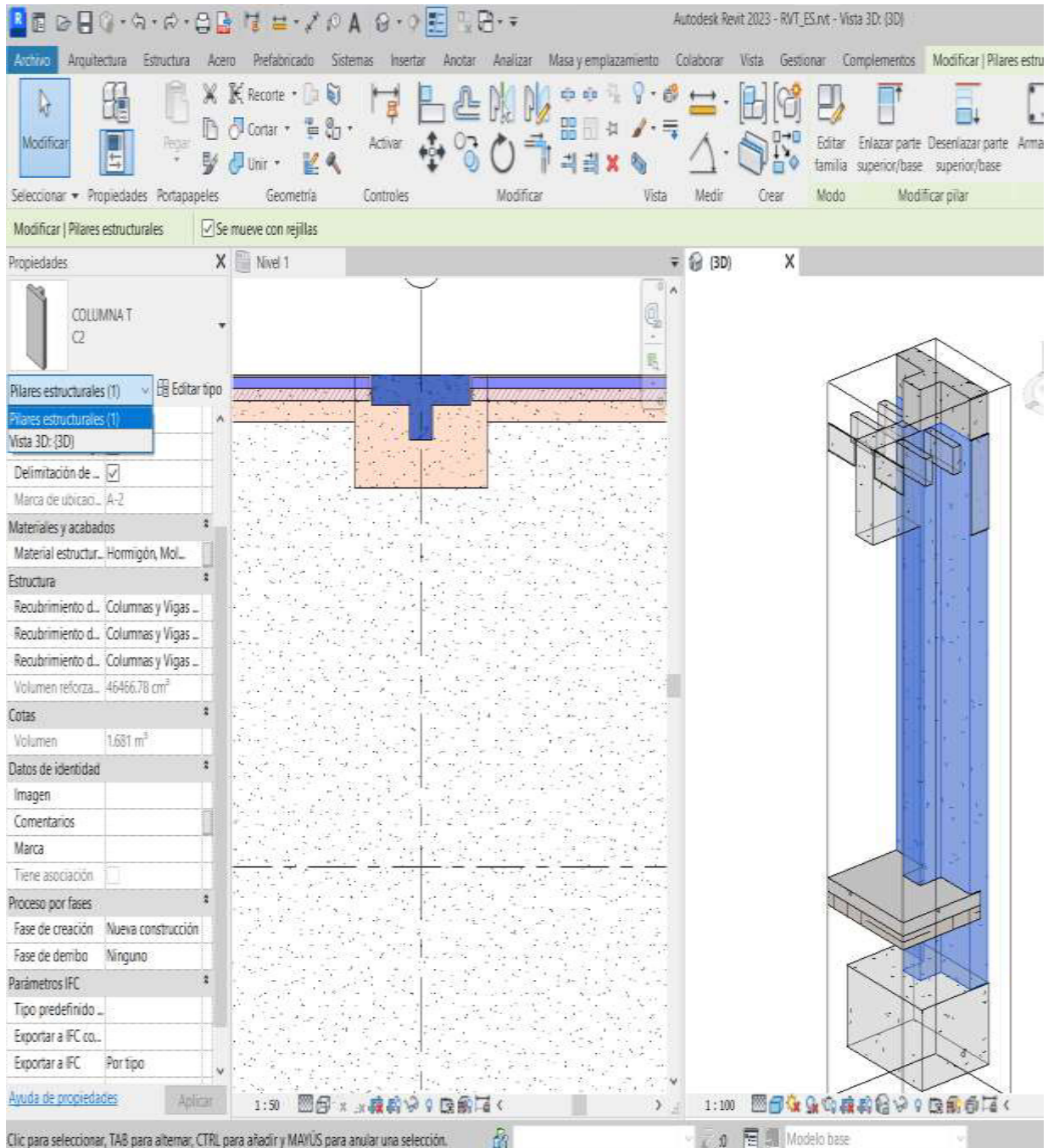
#### 4.2.2 Criterios para el modelado

Son los procedimientos y directrices que deben ser seguidos rigurosamente para lograr un modelado que cumpla con los requerimientos del proyecto. Estos criterios son esenciales para asegurar que el modelo esté construido de acuerdo con los estándares establecidos, lo que, a su vez, permitirá obtener con precisión la cantidad de materiales necesarios para cada partida. El cumplimiento de estos criterios no solo asegura la calidad y exactitud del modelo, sino que también facilita la planificación eficiente de recursos y la estimación de costos, lo que resulta fundamental para la correcta ejecución del proyecto.

La figura 27 corresponde a las propiedades definidas para los elementos estructurales tipo columna, según los parámetros establecidos en el entorno de modelado.

**Figura 27**

*Propiedades de las columnas – estructuras*

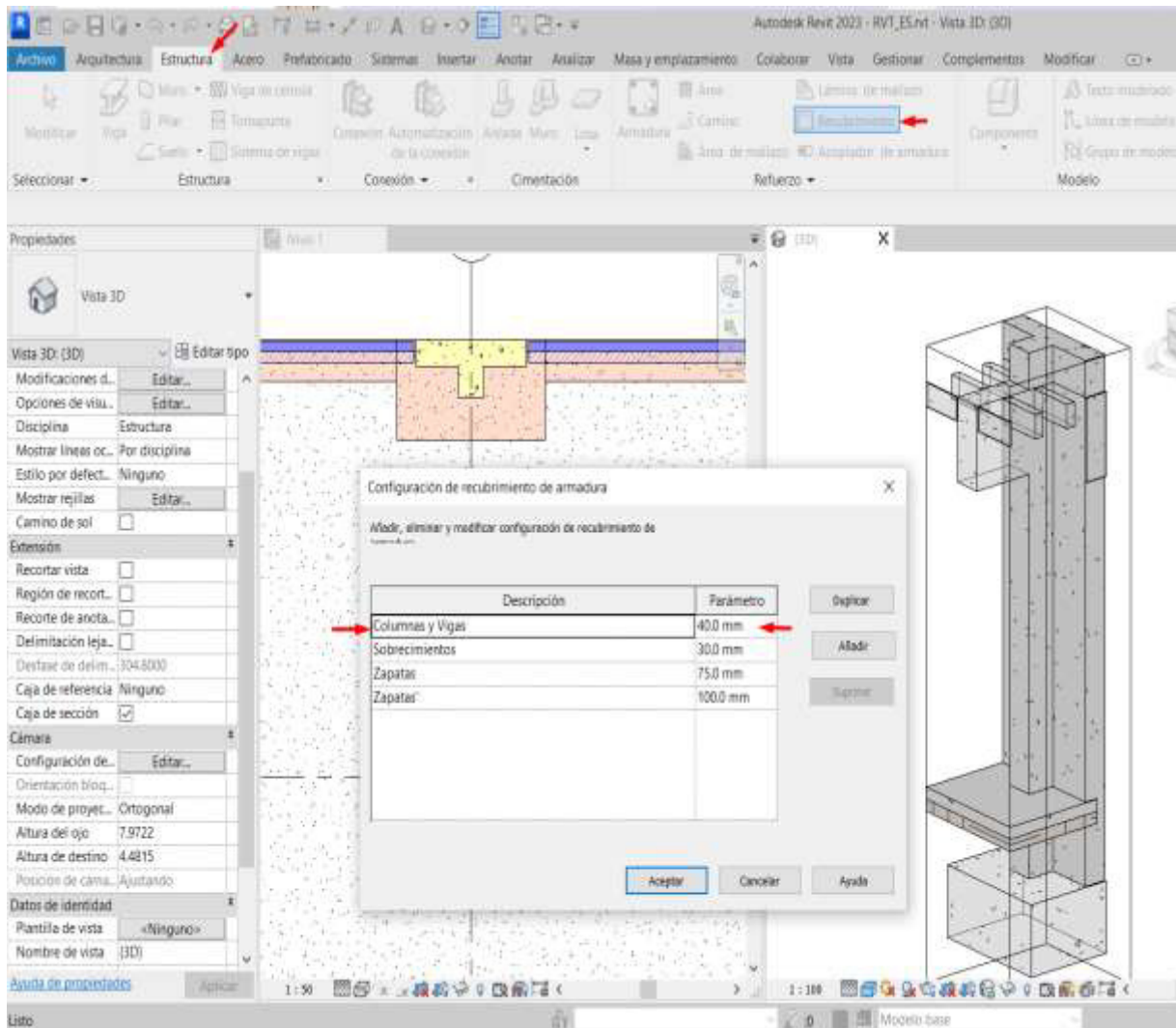


*Nota.* Elaboración propia

La figura 28 muestra las propiedades de recubrimiento aplicadas a las columnas estructurales, configuradas según los requisitos técnicos del modelo estructural.

**Figura 28**

*Propiedades de recubrimiento en columnas – estructuras*



*Nota.* Elaboración propia

### 4.2.3 Modelado de la estructura

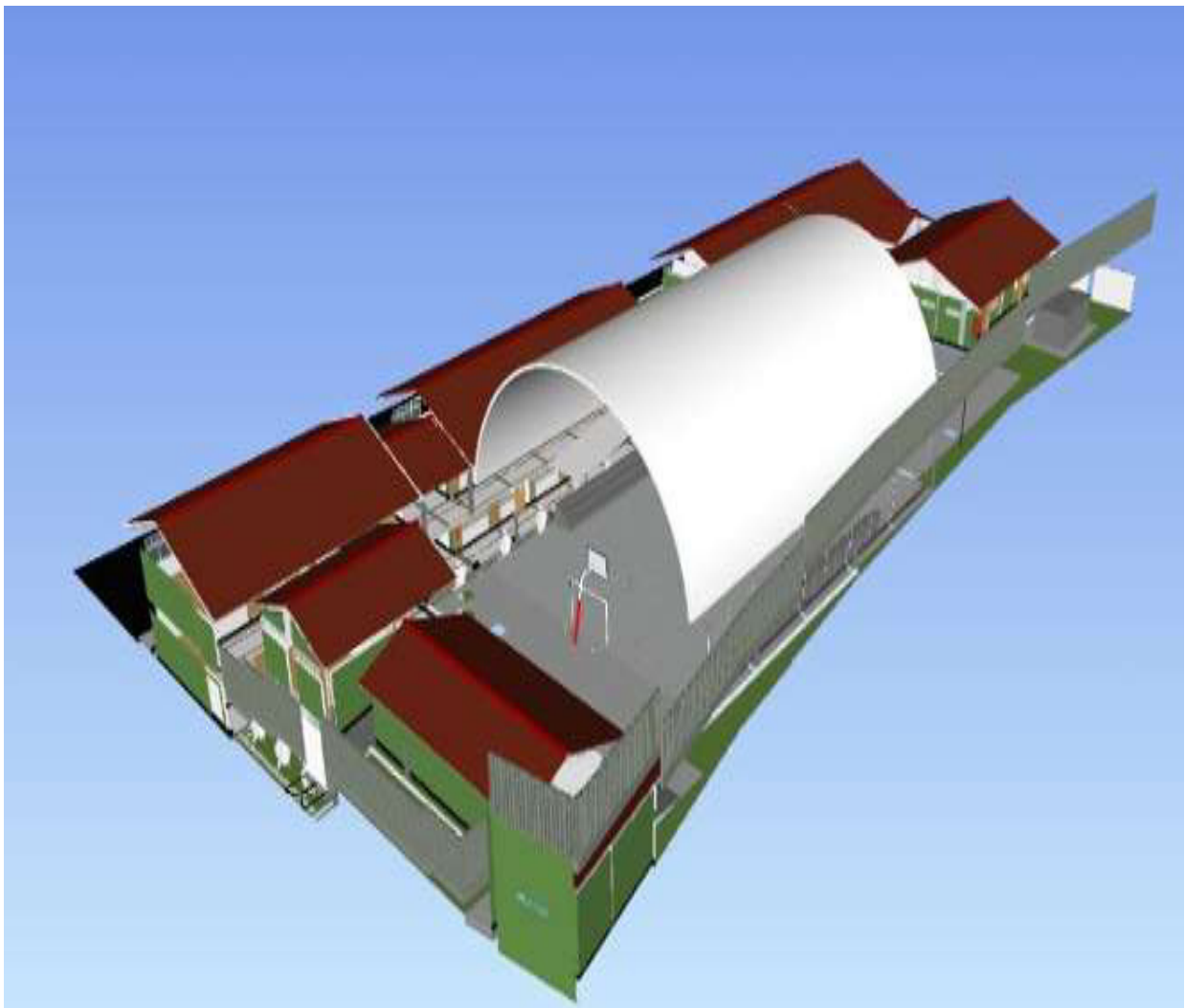
Una vez definidos los ejes de cimentación, el siguiente paso en el proceso de modelado es configurar las dimensiones y características de la estructura, tales como la altura y la cantidad de pisos del edificio. En el caso específico de la Institución Educativa en estudio, el diseño contempla una edificación de dos pisos y un techo. A partir de esta información, se procede a

modelar los elementos estructurales esenciales, como la zapata, el sobrecimiento, las columnas, las vigas y la losa. Este modelado asegura que la distribución y la integridad estructural estén correctamente representadas en el modelo tridimensional, permitiendo una visualización precisa y una coordinación eficiente entre las diferentes especialidades del proyecto.

El modelado arquitectónico de la infraestructura educativa N° 32386 en Revit se representa en la figura 29, destacando la configuración y detalle del proyecto.

### **Figura 29**

*Vista del modelado de la I.E. en N° 32386 – Revit - Arquitectura*

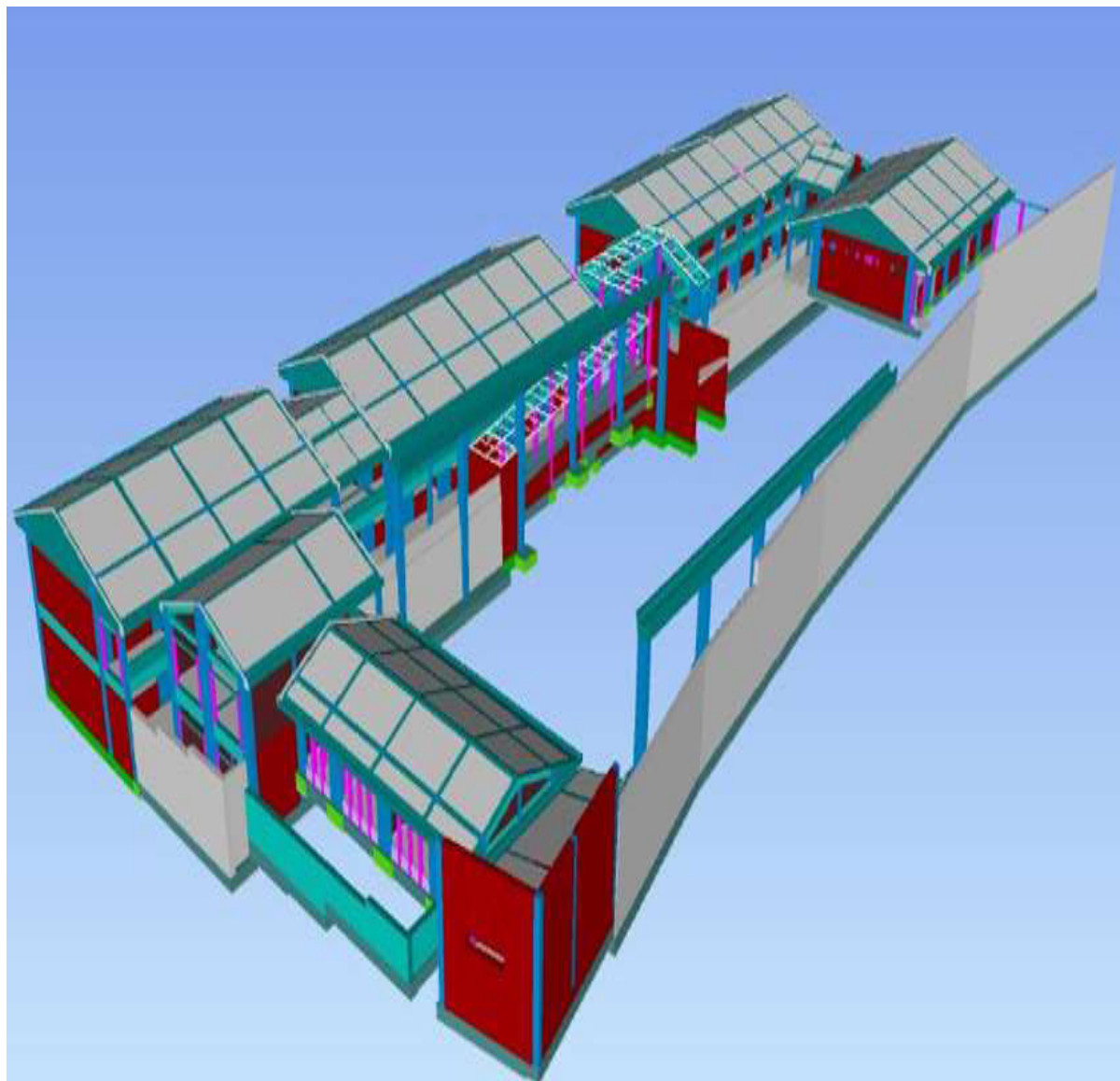


*Nota.* Elaboración propia

El modelado estructural de la infraestructura educativa N° 32386 en Revit se refleja en la Figura 30, evidenciando los componentes estructurales del proyecto.

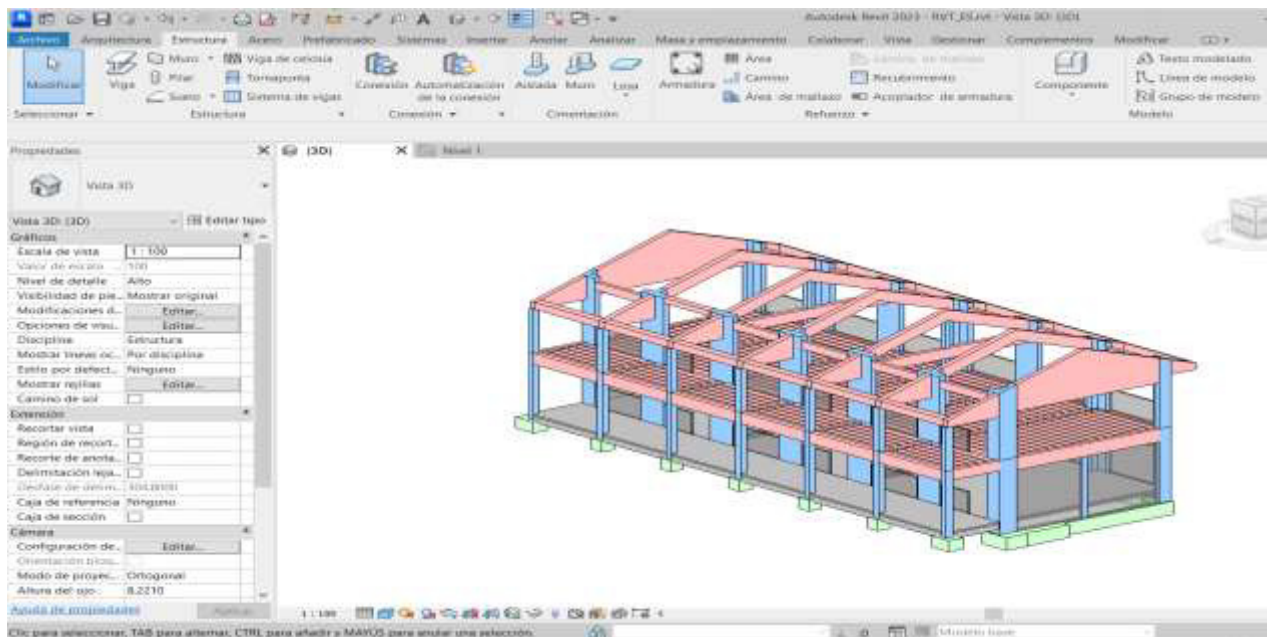
### Figura 30

*Vista del modelado de la I.E. en N° 32386 – Revit - Estructura*



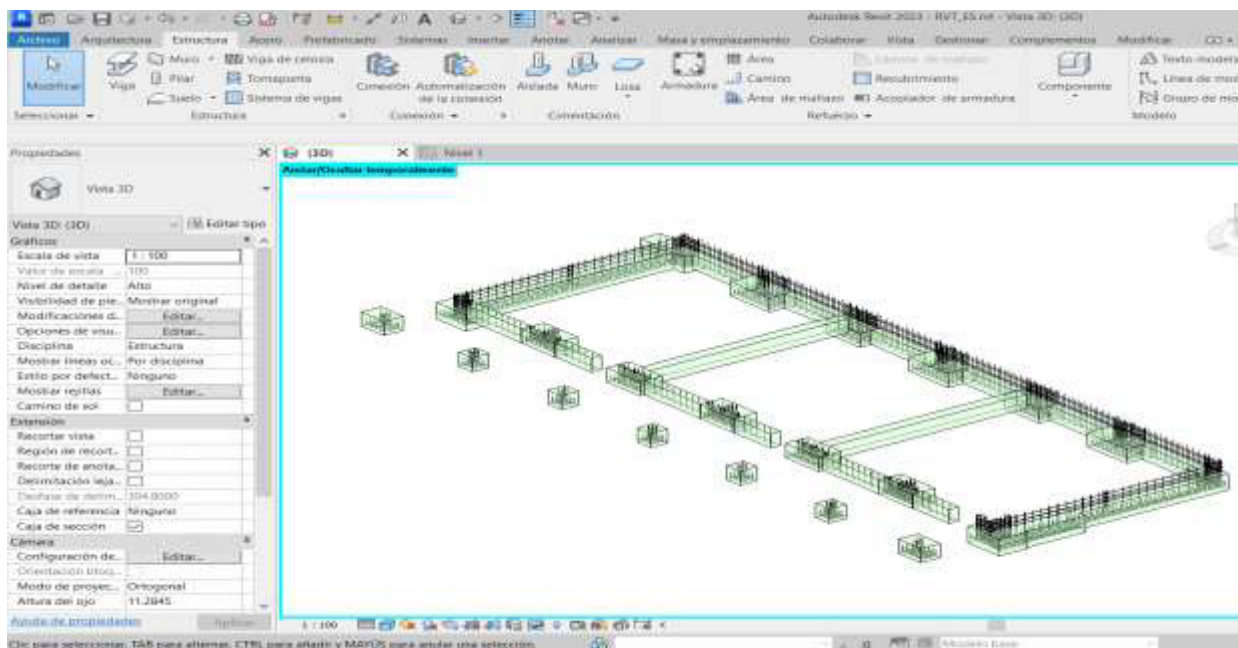
*Nota.* Elaboración propia

A continuación, se presenta el modelado de la especialidad de estructuras – Bloque C. en las siguientes figuras. en la figura 31 se detallan los componentes estructurales clave del proyecto, incluyendo columnas, vigas, losas y zapatas.

**Figura 31***Columnas, vigas y losas, zapatas*

*Nota.* Elaboración propia

La figura 32 detalla la cimentación y el modelado del acero en las zapatas corridas del bloque C, mostrando la integración estructural en esta sección del proyecto.

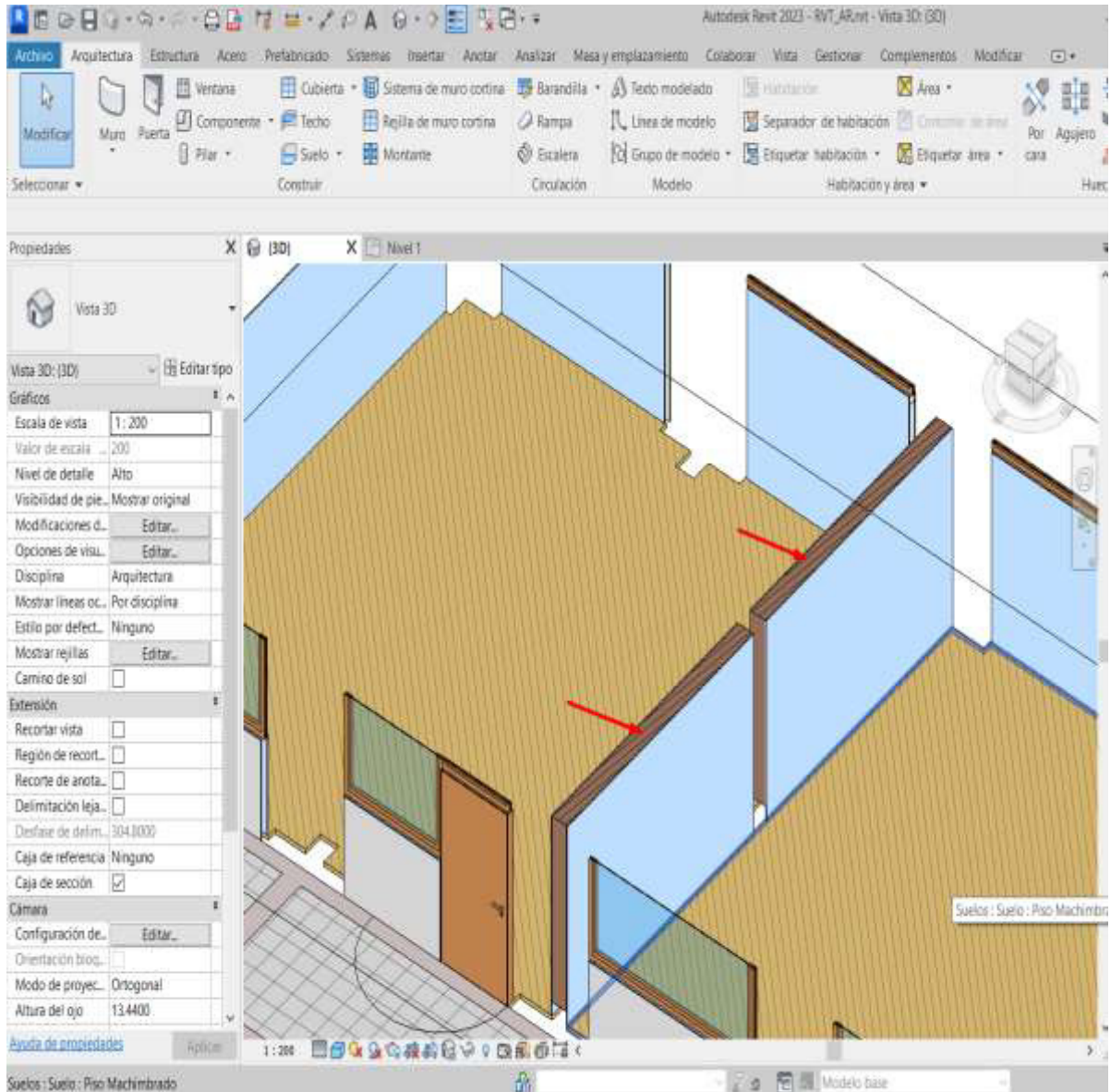
**Figura 32***Cimentación junto con el modelado de acero en zapatas corridas – Bloque C*

*Nota.* Elaboración propia

La figura 33 ilustra el modelado arquitectónico del muro “kk cabeza” y el tarrajeo interior del bloque C, reflejando los acabados y detalles constructivos de esta área.

**Figura 33**

*Modelado de arquitectura – muro kk cabeza, tarrajeo interior – Bloque C*

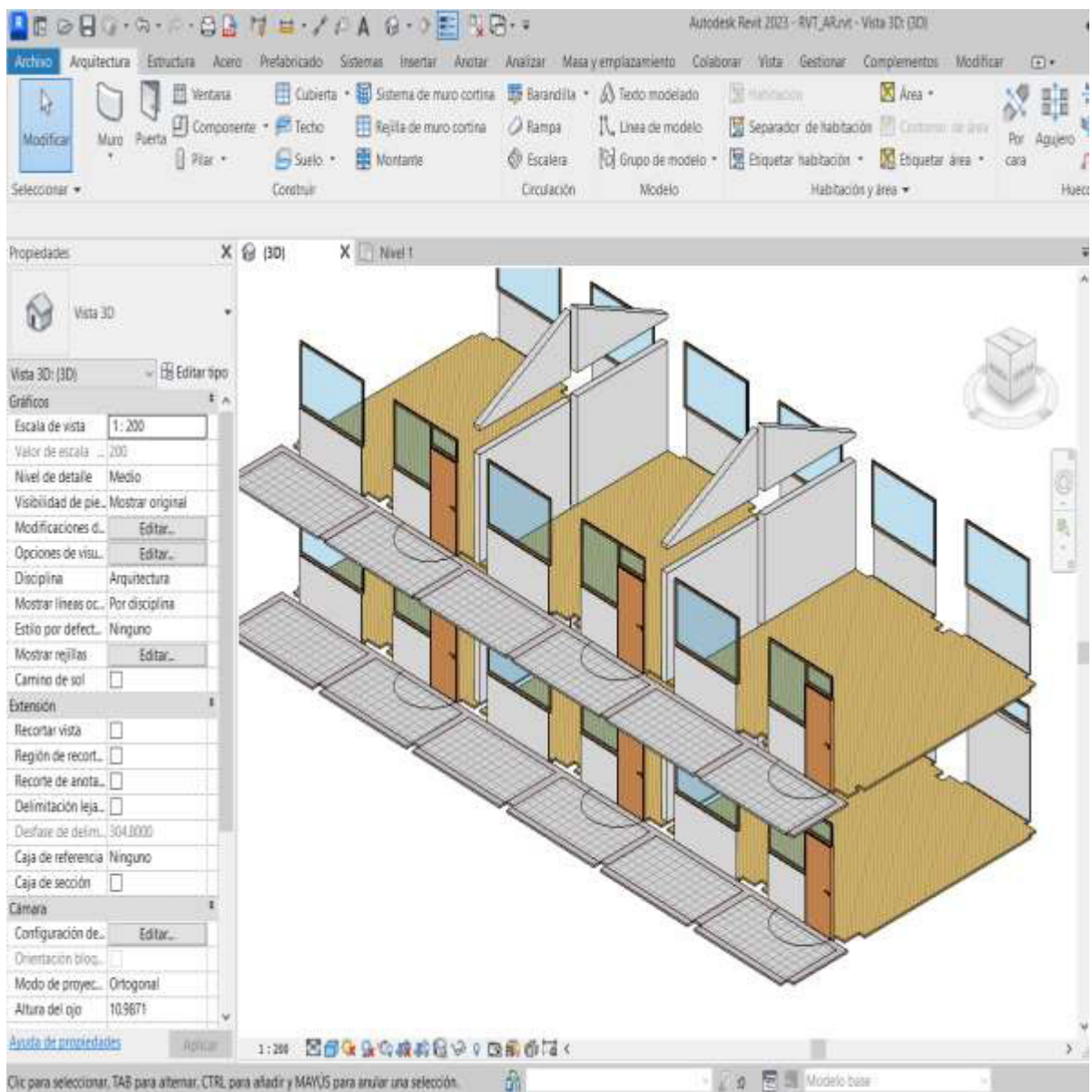


*Nota.* Elaboración propia

La Figura 34 muestra el modelado arquitectónico de puertas y ventanas del bloque C, destacando la ubicación y características de estos elementos en el diseño.

**Figura 34**

*Modelado de arquitectura – puertas y ventanas – Bloque C*



*Nota.* Elaboración propia

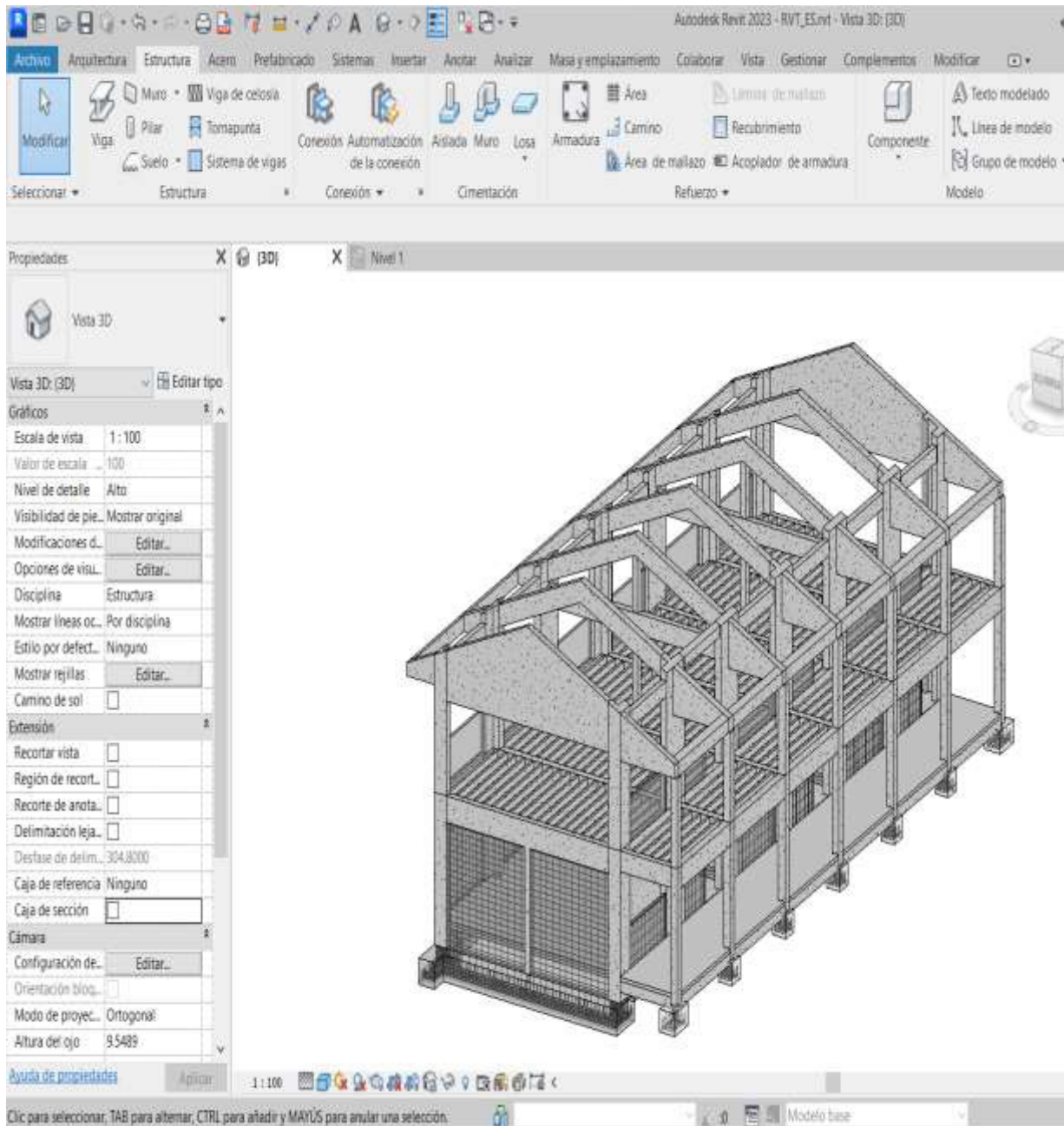
#### **4.2.4 Volumetría**

A continuación, se presenta la representación volumétrica de la Institución Educativa (I.E.) de Llata, donde se detallan las dimensiones y la distribución espacial del edificio, proporcionando una visión clara de su estructura en tres dimensiones.

La figura 35 representa la volumetría de las estructuras, evidenciando la distribución y dimensiones de los elementos estructurales del proyecto.

**Figura 35**

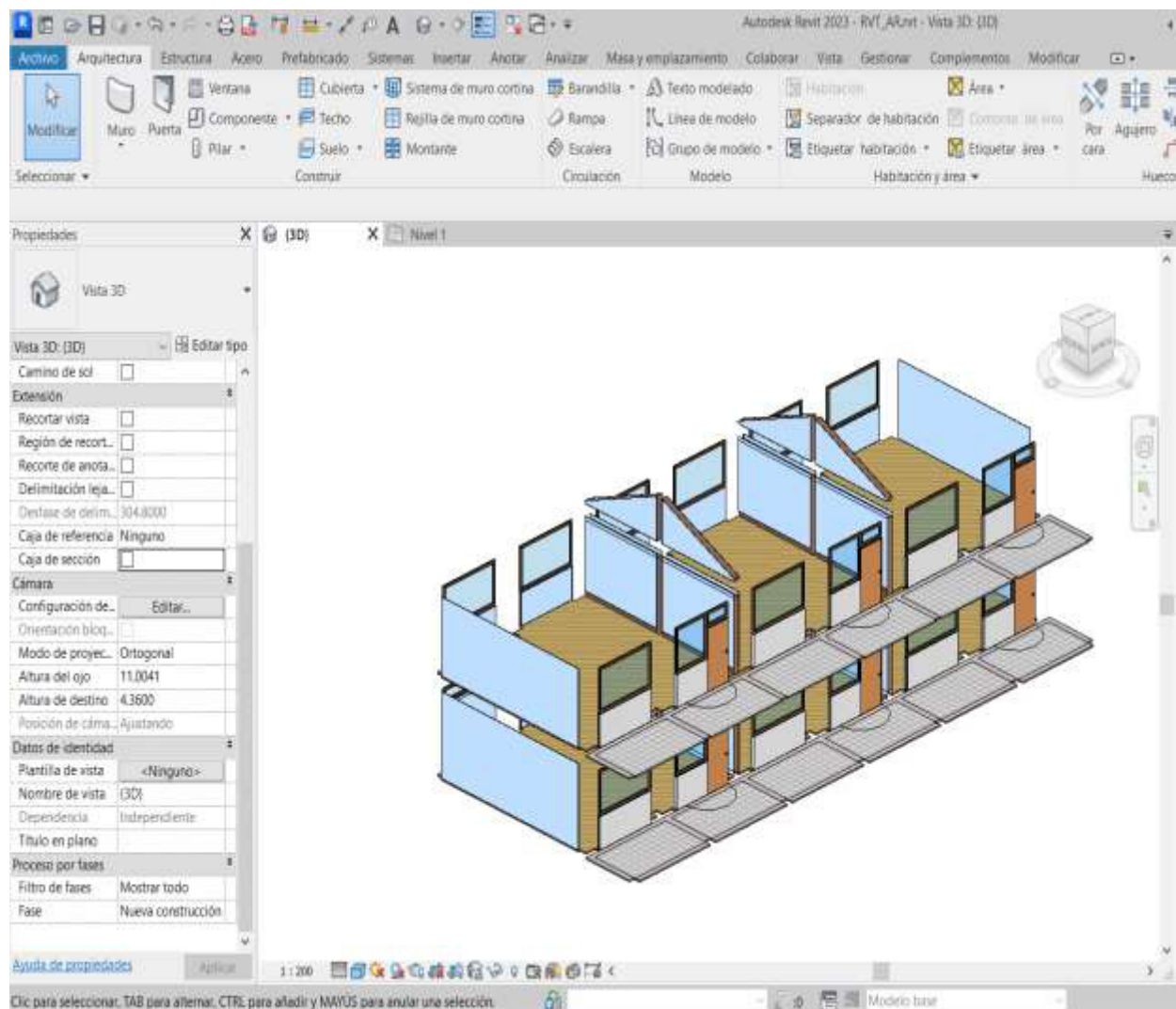
*Volumetría de estructuras*



*Nota.* Elaboración propia

La figura 36 ilustra la volumetría arquitectónica, mostrando la forma y configuración espacial del proyecto.

Figura 36

*Volumetría de arquitectura*

*Nota.* Elaboración propia

La implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling) en proyectos de infraestructura tiene el potencial de transformar significativamente los procesos de planificación, diseño y ejecución de obras. Sin embargo, la transición hacia el uso de BIM puede enfrentar diversas barreras y desafíos, especialmente cuando se busca integrar un sistema digital moderno con un expediente técnico elaborado bajo métodos tradicionales.

El primer objetivo específico se centró en identificar las posibles incompatibilidades entre el expediente técnico existente de la I.E. 32386 con la implementación del BIM, considerando tanto las limitaciones estructurales como los obstáculos técnicos que podrían surgir al integrar estos dos enfoques.

En la práctica, la incompatibilidad puede manifestarse de diferentes formas, desde la falta de estandarización de los datos y la no disponibilidad de información suficiente hasta dificultades técnicas en la digitalización de ciertos componentes del expediente. La identificación de estas incompatibilidades resulta crucial, ya que permite reconocer los puntos débiles en la infraestructura de datos existentes, y proporciona una base sólida para realizar ajustes y optimizar el proceso de integración de BIM.

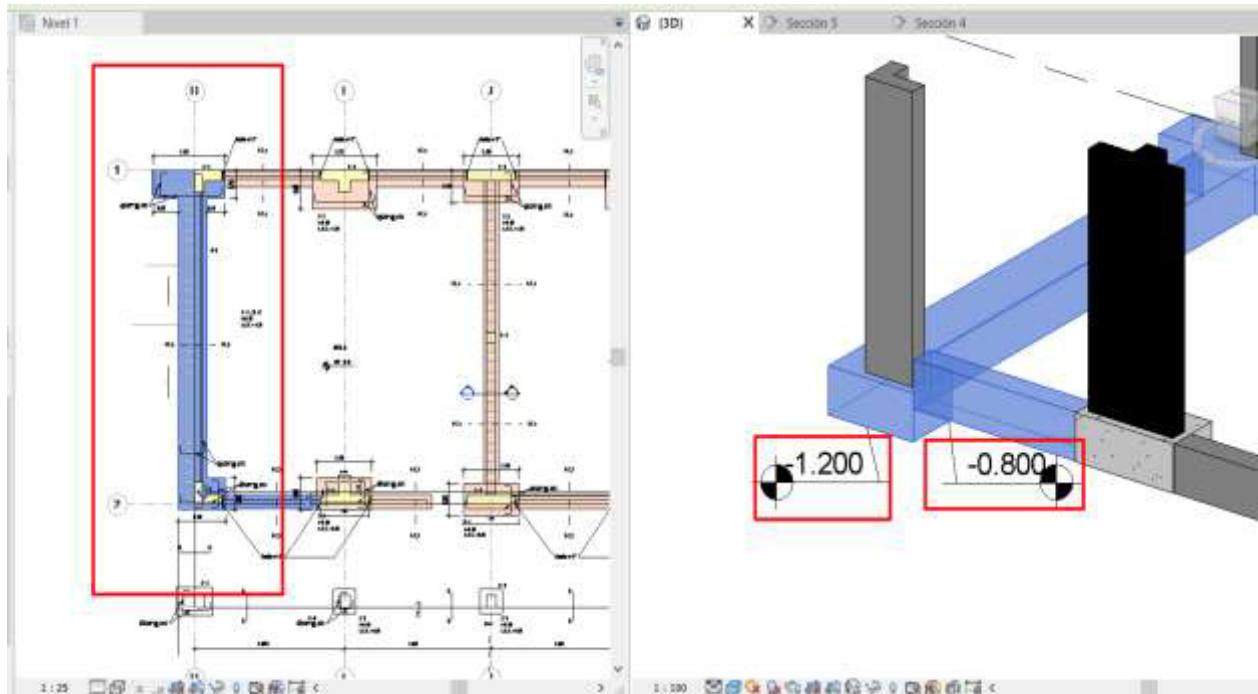
Primera Incompatibilidad: Estructura y Cimientos Corridos Simples: Discrepancias en los Niveles de los Elementos Estructurales.

Las discrepancias en los detalles estructurales han generado incompatibilidades significativas. En el caso del expediente técnico de la I.E. 32386, se observó que ciertos elementos de la estructura, como los cimientos corridos simples, presentan diferencias entre los niveles indicados en los planos tradicionales y los que serían necesarios para la correcta implementación de BIM. Estas diferencias son cruciales, ya que afectan tanto a la precisión del modelo 3D como a la ejecución de la obra.

En este contexto, se identificó una incompatibilidad relacionada con los niveles de los cimientos, específicamente en los cortes BC 5 y BC 2, donde los planos tradicionales especifican una cota de -1.20 m (NFC) para el corte BC 5 y -0.80 m para el corte BC 2, tal como se evidencia en la figura 37.

**Figura 37**

*Incompatibilidad en los cimientos corridos corte BC 5 y BC 2 presentan un NFC, -1.20 y -0.80 respectivamente.*



*Nota.* Elaboración propia

Interpretación: En la figura 37, se aprecia la revisión detallada de los planos tradicionales del expediente técnico reveló una discrepancia crítica en los niveles de los cimientos corridos. Específicamente, los cortes BC 5 y BC 2 presentan niveles de fondo de zapata (NFC) de -1.20 m y -0.80 m respectivamente, lo que genera una incompatibilidad significativa entre los elementos estructurales que deben estar alineados en el modelo BIM.

Esta diferencia de niveles entre los dos cortes mencionados impacta la correcta colocación y diseño de los cimientos dentro del modelo 3D, dificultando la creación de un modelo unificado. El desfase en los niveles de los cimientos puede resultar en una planificación incorrecta de los materiales, las cargas estructurales y la ejecución de los trabajos, lo que aumenta el riesgo de errores en la obra física.

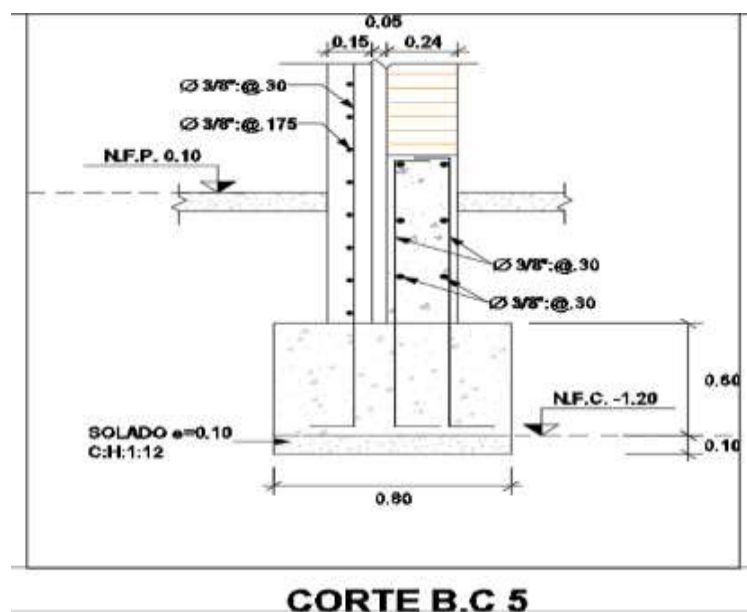
Segunda Incompatibilidad: Falta de detalle en las alturas de las placas P1 y P2, y ambigüedad en el detalle BC 5.

Uno de los aspectos más críticos es la correcta definición y detallado de los elementos estructurales. La información detallada sobre alturas, cotas y límites es esencial para la creación de modelos 3D precisos y funcionales. En el expediente técnico de la I.E. 32386, se detectaron deficiencias importantes en cuanto a la especificación de las alturas de las placas P1 y P2, así como ambigüedad en el detalle del corte BC 5, que no especifica claramente si las cotas proporcionadas corresponden a la altura total hasta el techo o si están limitadas a algún nivel intermedio, tal como se evidencia en la figura 38.

Este tipo de omisiones y falta de precisión técnica puede generar incompatibilidades a la hora de integrar el expediente técnico con el modelo BIM, ya que los elementos estructurales deben estar perfectamente definidos y alineados para garantizar la coherencia y precisión en el diseño y ejecución del proyecto.

### Figura 38

*Incompatibilidad de las placas P1 y P2 con respecto a la altura, en el corte BC5.*



*Nota.* Elaboración propia

Interpretación: En la figura 38, se aprecia el análisis del expediente técnico reveló que en los detalles y la ambigüedad en la especificación de las alturas de las placas P1 y P2, así como la falta de claridad en el corte BC 5, representan incompatibilidades clave en la integración del expediente técnico tradicional con la metodología BIM. Para asegurar una correcta implementación de BIM y evitar problemas durante la ejecución del proyecto, es fundamental que los detalles técnicos, como las alturas y cotas, sean revisados y especificados de manera precisa. Esto permitirá que el modelo BIM refleje fielmente la realidad del proyecto, optimizando la planificación, la coordinación y la ejecución en todas las etapas de la construcción.

Tercera incompatibilidad: Elementos de Zapatas y Uña de Falso Piso en la Vereda Exterior (EJE 2').

En el caso de la I.E. 32386, se ha identificado una incompatibilidad relevante entre los elementos de zapatas y la uña de falso piso ubicada en la vereda exterior, específicamente en el EJE 2'. Este tipo de incompatibilidad tiene implicaciones directas tanto en el diseño como en la ejecución del proyecto, ya que involucra la superposición de elementos estructurales que no se han coordinado adecuadamente entre sí.

Los elementos de zapatas, que forman parte fundamental de la cimentación, y la uña de falso piso en la vereda exterior, deben ser planificados y modelados de manera precisa para evitar interferencias que puedan afectar la estabilidad de la estructura y el acabado exterior del proyecto.

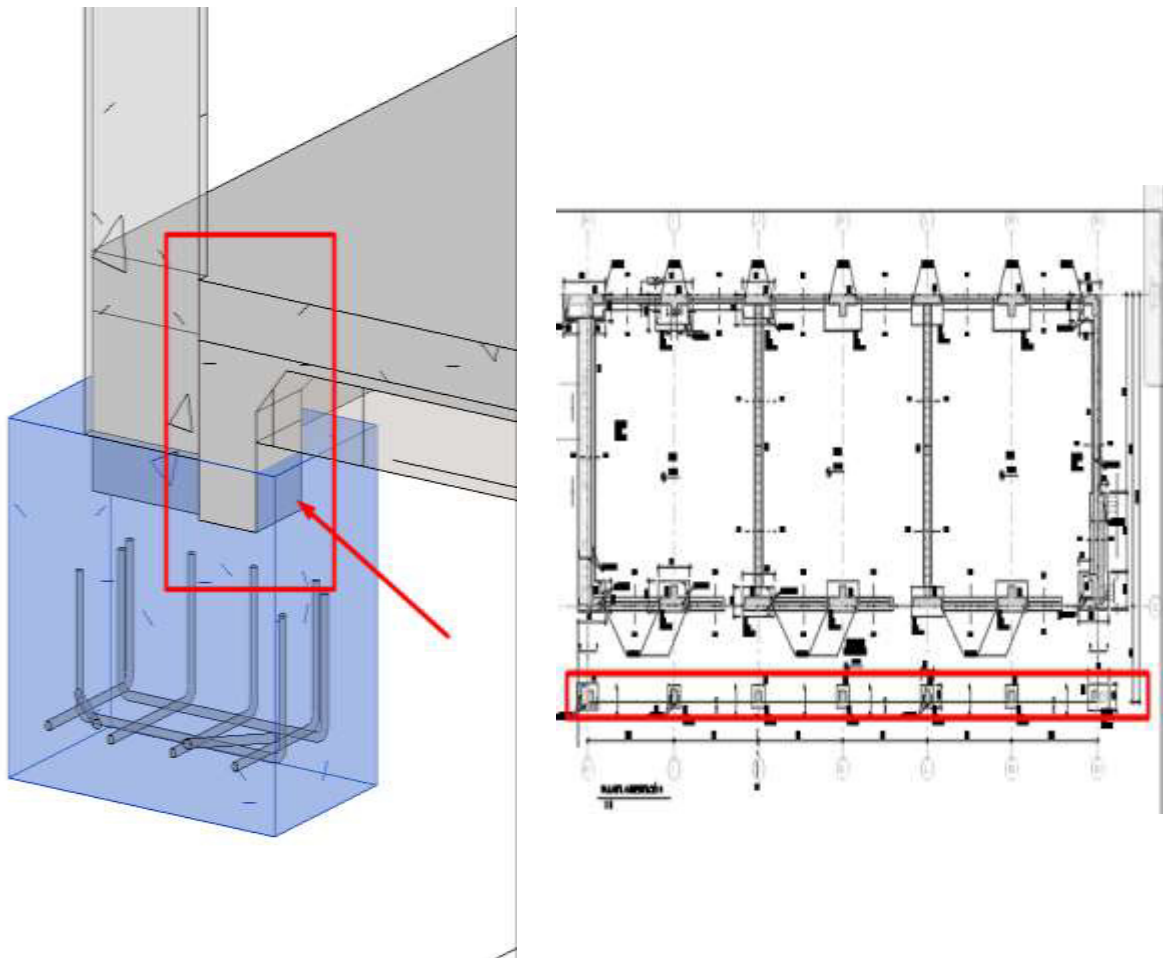
La falta de coordinación entre los elementos de cimentación y los detalles de terminación, como la uña de falso piso, pone en evidencia la necesidad de revisar y ajustar tanto los planos estructurales como los planos de acabado antes de implementar BIM. Además, la coordinación temprana entre los equipos de diseño estructural y de acabados es fundamental

para evitar estos tipos de incompatibilidades que podrían generar retrasos y costos adicionales durante la fase de construcción.

En la figura 39 señala la incompatibilidad entre las zapatas y la uña de falso piso en la vereda exterior (EJE 2'), identificando un punto crítico que requiere corrección en el diseño estructural.

### Figura 39

*Incompatibilidad de los elementos de Zapatas y Uña de Falso Piso en la Vereda Exterior (EJE 2').*



*Nota.* Elaboración propia

Interpretación: En la figura 39, se aprecia la incompatibilidad entre las zapatas y la uña de falso piso ubicada en el EJE 2' evidencia un desfase en la coordinación entre los elementos estructurales y los detalles de acabado exterior, lo que puede afectar tanto la ejecución de la

obra como la precisión del modelo BIM. Para garantizar la correcta implementación de BIM y evitar conflictos durante la construcción, es esencial que los planos de cimentación y de acabado sean revisados y ajustados para asegurar que todos los elementos se integren adecuadamente en el modelo digital. Este proceso de revisión es crucial para optimizar la planificación, reducir los costos y mejorar la calidad final del proyecto.

Cuarta incompatibilidad: Diferencia entre el sobrecimiento de concreto simple y el muro de concreto en la planta arquitectónica.

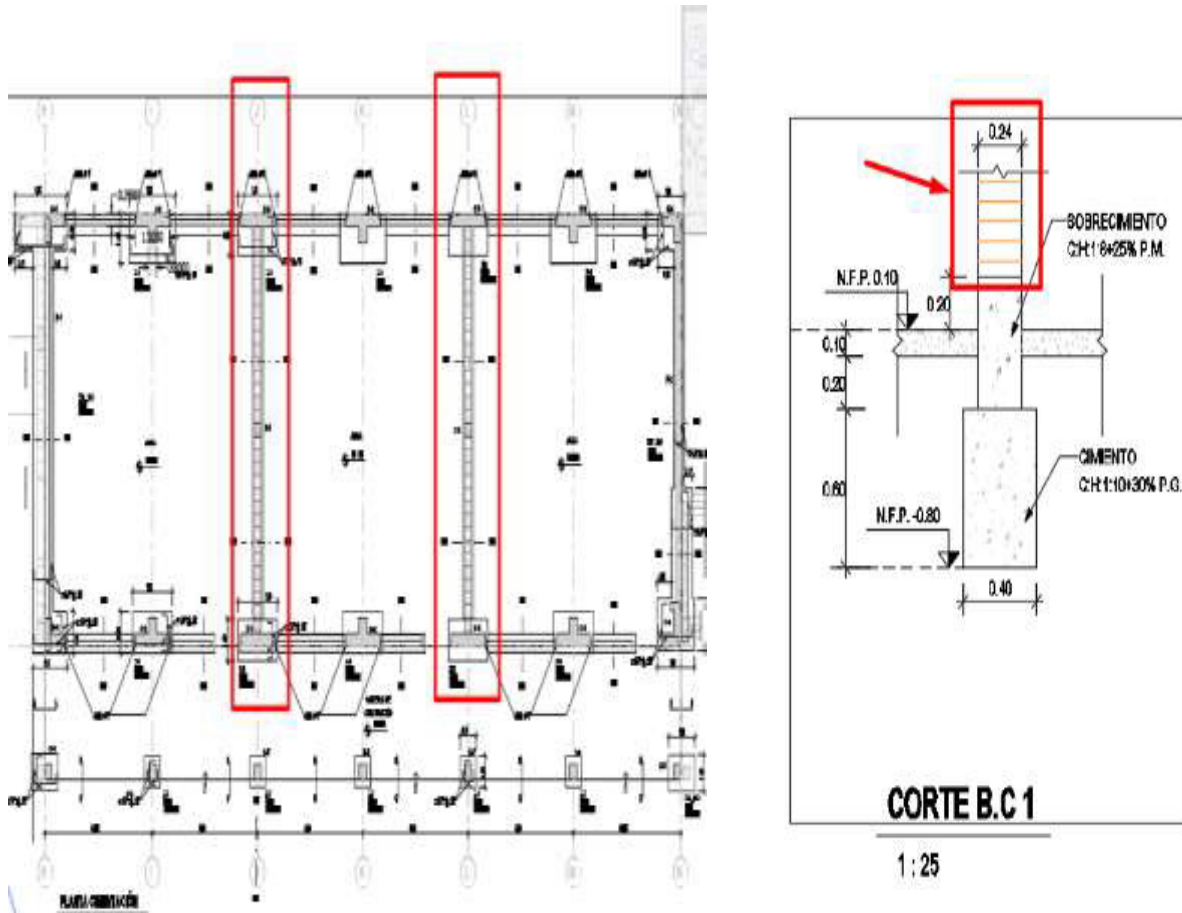
La revisión de los planos del proyecto ha mostrado una discrepancia entre las representaciones gráficas de los muros en los planos estructurales y arquitectónicos. En el plano estructural, se especifica un sobrecimiento de concreto simple con una altura de 50 cm, al que se le adiciona un pegado de ladrillo de soga, lo que indica que la construcción del muro en esta área debería ser de bajo nivel, y que su altura no alcanza hasta el techo.

Sin embargo, en los planos arquitectónicos, se representa un muro de concreto continuo de piso a techo, lo que implica una construcción completamente diferente en términos de altura, materiales y características estructurales. Esta contradicción entre los planos genera una incompatibilidad que debe ser resuelta para evitar conflictos durante la fase de construcción, ya que la base estructural no coincide con la representación arquitectónica del muro.

La figura 40 evidencia una incompatibilidad significativa entre los planos de estructura y arquitectura, particularmente en la representación de los muros, lo que demanda una coordinación detallada para su corrección.

**Figura 40**

*Incompatibilidad significativa entre los planos de estructura y arquitectura, específicamente en relación con la representación de los muros.*



*Nota.* Elaboración propia

Interpretación: En la figura 40, se aprecia que la discrepancia entre el sobrecimiento de concreto simple descrito en el plano estructural y el muro de concreto de piso a techo representado en el plano arquitectónico constituye una incompatibilidad crítica para la correcta integración de los documentos técnicos y la implementación de la metodología BIM. Para resolver esta incompatibilidad, es fundamental que los planos sean revisados y ajustados de manera que los elementos estructurales y arquitectónicos sean consistentes, lo que garantizará una correcta representación en el modelo digital y permitirá una ejecución más eficiente del proyecto, minimizando errores y optimizando los recursos disponibles.

Quinta incompatibilidad: Entre el falso piso y el sobrecimiento armado en el eje 1.

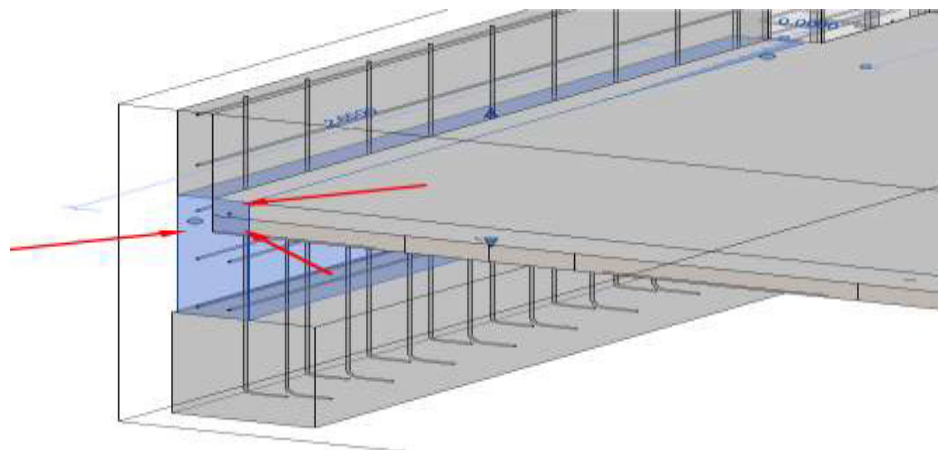
El análisis detallado de los planos reveló que el sobrecimiento armado en el EJE 1 se extiende hasta la cota +0.10 m, lo que genera una interferencia directa con el falso piso y el material de afirmado que se había proyectado. El sobrecimiento armado debería estar por debajo de esta cota para permitir la correcta instalación del falso piso, pero debido a que el sobrecimiento llega hasta el nivel indicado, no se deja espacio suficiente para la ejecución del falso piso de acuerdo con los planos originales.

Esta incompatibilidad entre el sobrecimiento armado y el falso piso puede derivar en varios problemas en la ejecución del proyecto, como la necesidad de modificar las cotas o incluso los materiales del falso piso, lo que podría generar ajustes adicionales en el presupuesto y los tiempos de construcción. Además, si esta interferencia no se resuelve antes de la modelización en BIM, el modelo digital reflejaría una situación incorrecta, lo que dificultaría la planificación y la coordinación de las fases posteriores del proyecto.

La Figura 41 revela una incompatibilidad significativa entre el falso piso y el sobrecimiento armado ubicado en el eje 1.

#### **Figura 41**

*Incompatibilidad significativa entre el falso piso con el sobrecimiento armado ubicado en eje 1.*



*Nota.* Elaboración propia

Interpretación: En la figura 41, se aprecia que la interferencia entre el falso piso y el sobrecimiento armado en el EJE 1, causada por el sobrecimiento armado que alcanza la cota +0.10 m, representa una incompatibilidad significativa que debe ser corregida antes de proceder con la implementación de la metodología BIM. Para evitar retrasos y costos adicionales, es fundamental revisar y ajustar las cotas del sobrecimiento y el diseño del falso piso, asegurando que ambos elementos se integren correctamente en el modelo y en la obra. Esta corrección garantizará que el proyecto avance de manera fluida y sin contratiempos, optimizando los recursos y el tiempo de ejecución.

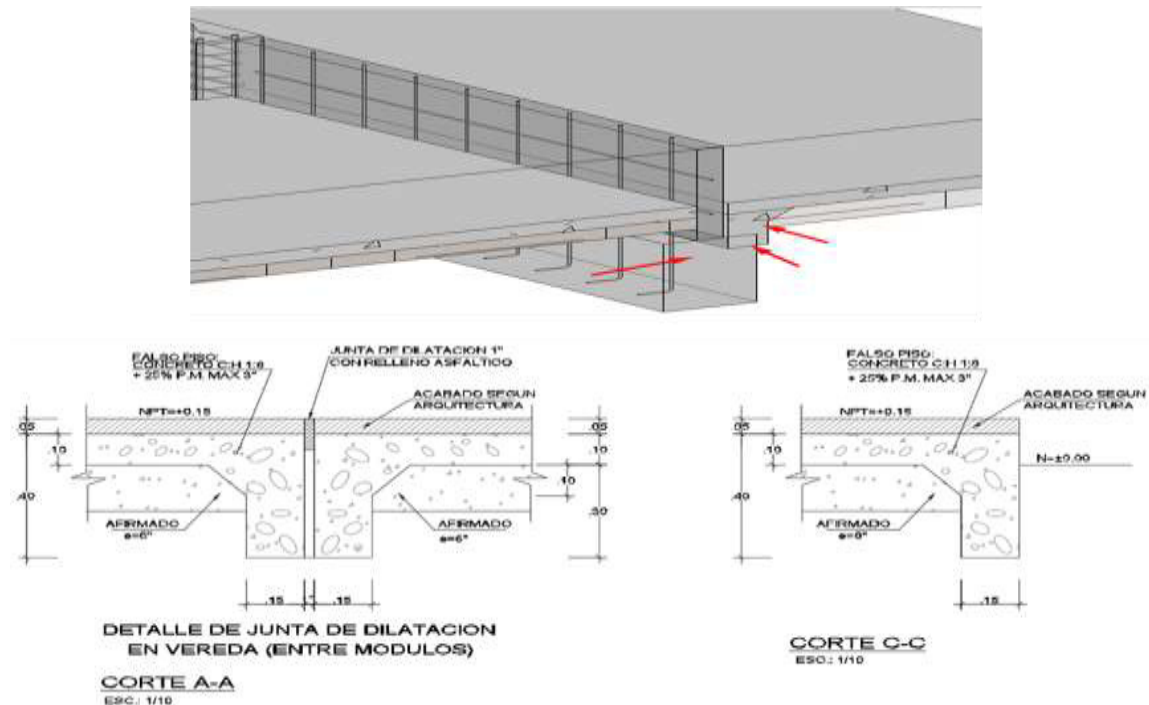
Sexta incompatibilidad: Interferencia entre la Uña de Falso Piso y el Cimiento Armado en el EJE 2.

El análisis de los planos y detalles de la I.E. 32386 reveló que la uña de falso piso en la vereda exterior, con una altura de 30 cm, entra en conflicto con la ubicación del cimiento armado en el EJE 2. Según los detalles de corte A-A y C-C, la uña de falso piso ocupa una altura significativa, que coincide con el espacio destinado para el cimiento armado en el mismo eje. Este desajuste genera una interferencia entre los dos elementos, ya que no se puede ejecutar la uña de falso piso y el cimiento armado en el mismo nivel sin comprometer la estabilidad de la estructura ni la correcta ejecución de los acabados exteriores.

La figura 42 muestra una incompatibilidad significativa entre la uña de falso piso y el cimiento armado en el EJE 2, específicamente en los cortes A-A y C-C, señalando áreas que requieren ajuste en el diseño estructural.

**Figura 42**

*Incompatibilidad significativa entre la uña de falso piso y el cimiento armado en el EJE 2 - corte A-A y corte C-C.*



*Nota.* Elaboración propia

Interpretación: En la figura 42, se aprecia en el contexto de BIM, una representación precisa de los elementos involucrados permitiría identificar rápidamente estas interferencias, lo que facilitaría la toma de decisiones para corregirlas antes de la ejecución física. La coordinación temprana entre los equipos de diseño estructural y de acabados es esencial para evitar este tipo de conflictos, lo que contribuiría a optimizar el tiempo y los recursos del proyecto.

Séptima incompatibilidad: Incompatibilidad significativa a en los recubrimientos genera un desajuste en la ubicación de la armadura de acero, particularmente en las zapatas de tipo excéntrico y en los aceros verticales de las columnas.

El análisis de las especificaciones y los planos del proyecto reveló una discrepancia importante entre los recubrimientos establecidos para las zapatas y las columnas. Mientras que

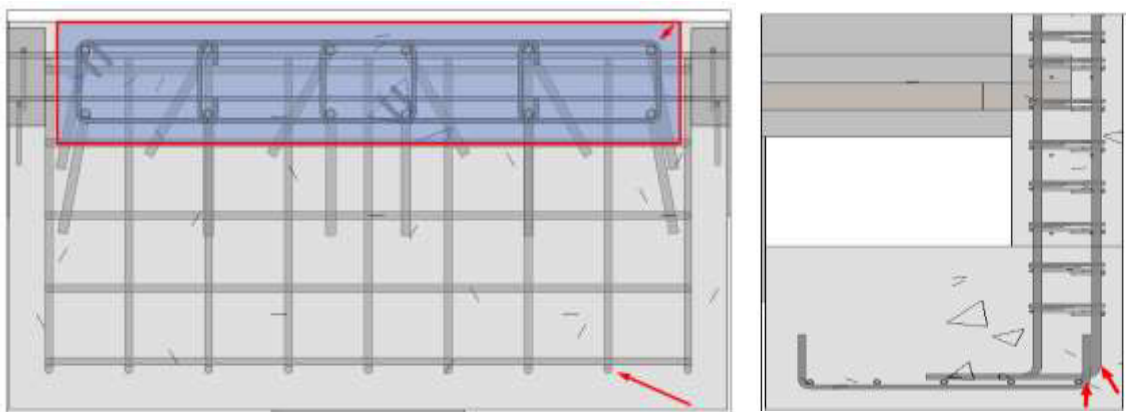
el recubrimiento de las zapatas está fijado en 7.5 cm, el de las columnas es de solo 4 cm. Este desajuste en los recubrimientos genera una interferencia significativa, especialmente en las zapatas de tipo excéntrico, donde los aceros verticales de las columnas no se alinean con los aceros negativos de la zapata.

Como resultado, los aceros verticales de las columnas quedan fuera de su eje con respecto a los aceros negativos de la zapata, lo que podría afectar la distribución de las cargas verticales y, en consecuencia, la estabilidad de la estructura. Esta incompatibilidad también afectaría el modelo BIM, ya que no se reflejaría adecuadamente la relación entre los elementos de cimentación y las columnas, dificultando la detección de interferencias durante la fase de planificación.

La figura 43 evidencia un desajuste en el eje de la armadura entre zapatas y columnas, lo que implica la necesidad de una corrección para garantizar la continuidad estructural.

### Figura 43

*Desajuste en el eje de la armadura entre zapatas y columnas*



*Nota.* Elaboración propia

Interpretación: En la figura 43, se aprecia este tipo de incompatibilidad también se refleja en la integración del modelo BIM, donde la representación digital de los elementos estructurales no coincidiría con la realidad de la obra. Si no se corrige, podría haber problemas

durante la ejecución, como la necesidad de reubicación de los aceros o ajustes en los recubrimientos, lo que podría generar retrasos y aumentar los costos.

La diferencia en los recubrimientos de las zapatas y las columnas, de 7.5 cm y 4 cm respectivamente, genera un desajuste en la alineación de los aceros verticales de las columnas con los aceros negativos de las zapatas, lo que representa una incompatibilidad significativa en el diseño estructural. Para solucionar esta incompatibilidad y garantizar la correcta implementación del proyecto en el modelo BIM, es necesario ajustar las especificaciones de los recubrimientos y revisar la disposición de la armadura de acero en las zapatas y las columnas. Esta corrección no solo optimizará la ejecución de la obra, sino que también evitará problemas de estabilidad estructural y redundará en una mayor eficiencia en los recursos y tiempos de construcción.

En la tabla 3 y figura 44 se presenta la comparación de interferencias detectadas entre los modelos realizados en AutoCAD y BIM, destacando las ventajas del modelado colaborativo para la identificación de conflictos.

**Tabla 3**

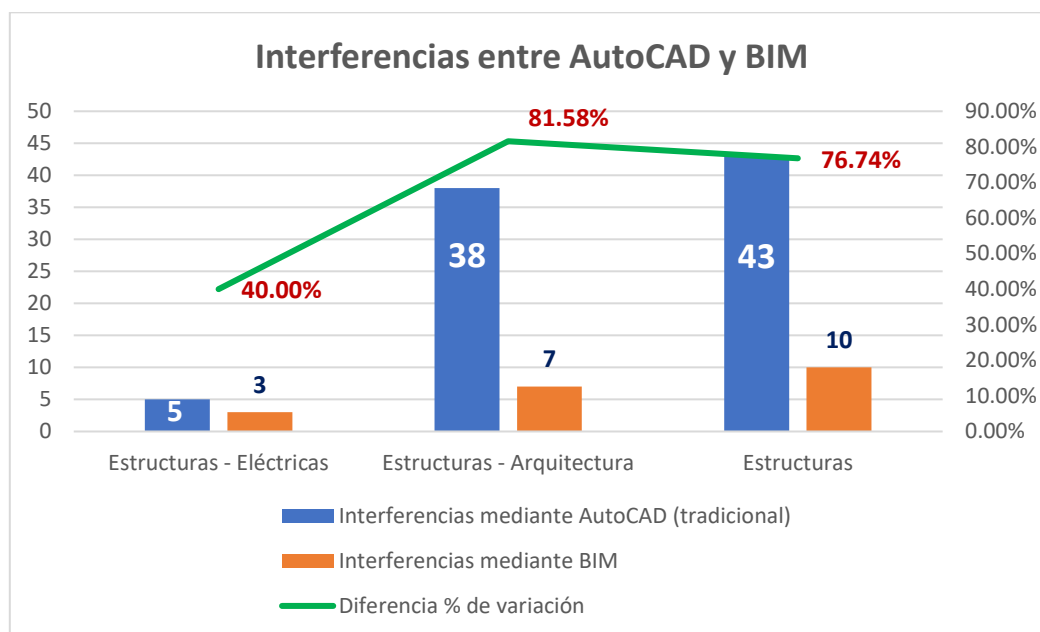
*Comparación de Interferencias entre AutoCAD y BIM*

ITEM	Interferencias mediante AutoCAD (tradicional)	Interferencias mediante BIM	Diferencia % de variación
Estructuras - Eléctricas	5	3	40.00%
Estructuras - Arquitectura	38	7	81.58%
Estructuras	43	10	76.74%
<b>TOTAL</b>	<b>86</b>	<b>20</b>	<b>76.74%</b>

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 44**

*Comparación de Interferencias entre AutoCAD y BIM*



*Nota.* Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 3 y figura 44, se aprecia que la implementación de BIM ha logrado una reducción significativa en las incompatibilidades en comparación con el uso tradicional de AutoCAD. En términos generales, el uso de BIM permitió una disminución del 76.74% en las interferencias totales del proyecto, lo que se traduce en una mayor eficiencia en la coordinación y en la detección de errores antes de la construcción. Esto evidencia cómo BIM facilita una mejor integración de las disciplinas, reduciendo el riesgo de conflictos durante la fase de ejecución del proyecto.

El segundo objetivo específico tiene como finalidad la optimización del metrado en la elaboración del expediente técnico de la Institución Educativa 32386, ubicada en Huánuco, 2024, a través de la implementación de la metodología BIM.

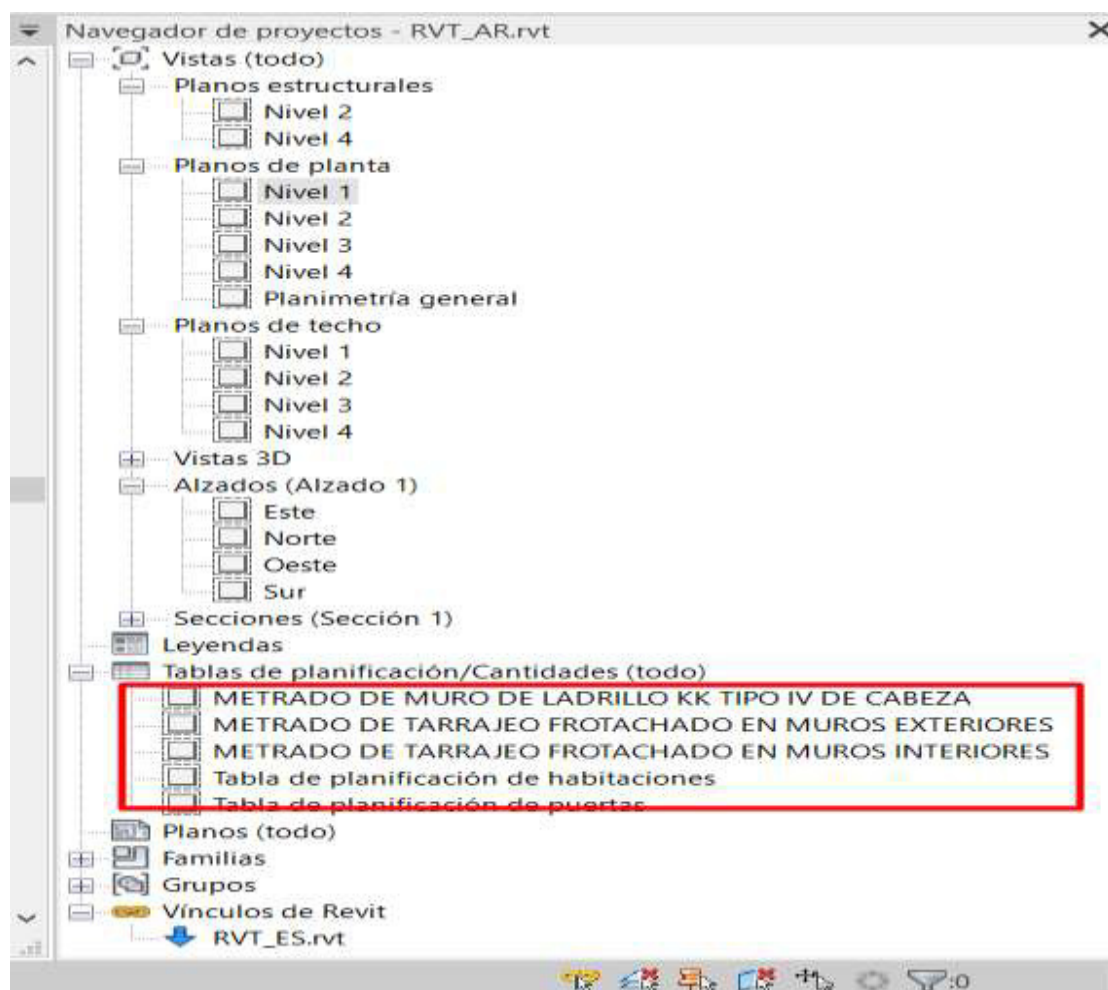
La optimización del metrado busca mejorar la precisión y eficiencia en la cuantificación de los materiales necesarios para la ejecución del proyecto, minimizando el margen de error y los posibles desperdicios. En el contexto tradicional, los procesos de metrado suelen ser

manuales, lo que puede generar imprecisiones y demoras. Con la adopción de BIM, se pretende automatizar y agilizar este proceso, obteniendo metrados más precisos y confiables, lo cual impactará directamente en la planificación de costos y en la programación de la obra. A través de la modelización digital, BIM facilita la actualización constante de los datos y permite una mejor toma de decisiones en cuanto a la selección y cantidad de materiales a utilizar, optimizando los recursos y reduciendo los tiempos de ejecución del proyecto.

La Figura 45 corresponde al análisis del metrado realizado con BIM en la disciplina de arquitectura, facilitando la cuantificación precisa de materiales y elementos constructivos.

### Figura 45

#### *Análisis del metrado con BIM - Arquitectura*



*Nota.* Elaboración propia

La figura 46 muestra el metrado de muros obtenido a través del modelo BIM, permitiendo una estimación detallada de cantidades para la planificación del proyecto.

**Figura 46**

*Metrado de muros*

The screenshot shows a software interface with a table titled "<METRADO DE TARRAJEO FROTACHADO EN MUROS INTERIORES>". The table has columns for 'Tarafejo', 'Nivel', 'Eje', and 'Area'. The data is organized by level (1st and 2nd) and wall segments (EJE H, I, J, K, L, M, N, Y).

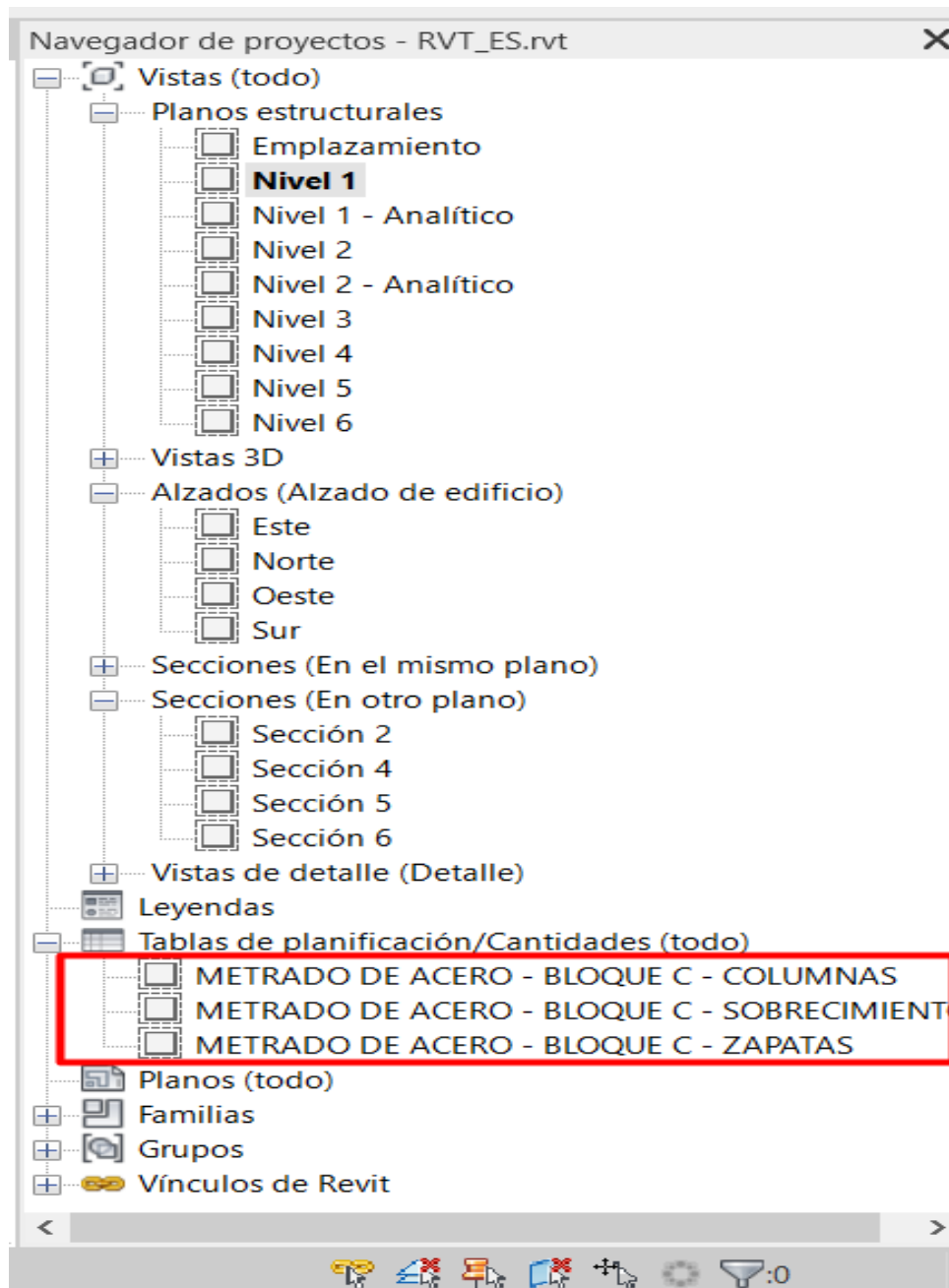
Tarafejo	Nivel	Eje	Area
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO EN EJE H INTERIOR, ENTRE EJE 1-2	20.52 m²
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO ENTRE EJE H Y I INTERIOR, EJE 2-2	2.92 m²
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO ENTRE EJE I Y J INTERIOR, EJE 2-2	1.73 m²
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO ENTRE EJE J Y K INTERIOR, EJE 2-2	2.92 m²
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO ENTRE EJE K Y L INTERIOR, EJE 2-2	1.73 m²
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO ENTRE EJE L Y M INTERIOR, EJE 2-2	2.92 m²
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO ENTRE EJE M Y N INTERIOR, EJE 2-2	1.73 m²
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO EN EJE N INTERIOR, ENTRE EJE 1-2	19.66 m²
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO ENTRE EJE M Y N INTERIOR, EJE 1-1	5.57 m²
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO ENTRE EJE L Y M INTERIOR, EJE 1-1	5.57 m²
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO ENTRE EJE K Y L INTERIOR, EJE 1-1	5.57 m²
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO ENTRE EJE J Y K INTERIOR, EJE 1-1	5.57 m²
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO ENTRE EJE I Y J INTERIOR, EJE 1-1	5.57 m²
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO ENTRE EJE H Y I INTERIOR, EJE 1-1	5.57 m²
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO EJE J-J	19.63 m²
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO EJE J-J	19.63 m²
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO EJE L-L	19.63 m²
Tarafejo interior	1º Nivel	MURO EJE L-L	19.63 m²
1º Nivel: 18			166.04 m²
Tarafejo interior	2º Nivel	MURO EN EJE H INTERIOR, ENTRE EJE 1-2	18.72 m²
Tarafejo interior	2º Nivel	MURO ENTRE EJE H Y I INTERIOR, EJE 2-2	2.92 m²
Tarafejo interior	2º Nivel	MURO ENTRE EJE I Y J INTERIOR, EJE 2-2	1.73 m²
Tarafejo interior	2º Nivel	MURO ENTRE EJE J Y K INTERIOR, EJE 2-2	2.92 m²
Tarafejo interior	2º Nivel	MURO ENTRE EJE K Y L INTERIOR, EJE 2-2	1.73 m²
Tarafejo interior	2º Nivel	MURO ENTRE EJE L Y M INTERIOR, EJE 2-2	2.92 m²
Tarafejo interior	2º Nivel	MURO ENTRE EJE M Y N INTERIOR, EJE 2-2	1.73 m²
Tarafejo interior	2º Nivel	MURO EN EJE N INTERIOR, ENTRE EJE 1-2	17.94 m²
Tarafejo interior	2º Nivel	MURO ENTRE EJE M Y N INTERIOR, EJE 1-1	2.92 m²
Tarafejo interior	2º Nivel	MURO ENTRE EJE L Y M INTERIOR, EJE 1-1	2.92 m²
Tarafejo interior	2º Nivel	MURO ENTRE EJE K Y L INTERIOR, EJE 1-1	2.92 m²
Tarafejo interior	2º Nivel	MURO ENTRE EJE J Y K INTERIOR, EJE 1-1	2.92 m²
Tarafejo interior	2º Nivel	MURO ENTRE EJE I Y J INTERIOR, EJE 1-1	2.92 m²
Tarafejo interior	2º Nivel	MURO ENTRE EJE H Y I INTERIOR, EJE 1-1	2.92 m²
Tarafejo interior	2º Nivel	MURO EJE J-J	24.40 m²
Tarafejo interior	2º Nivel	MURO EJE L-L	24.40 m²
Tarafejo interior	2º Nivel	MURO EJE L-L	24.40 m²

*Nota.* Elaboración propia

La figura 47 corresponde al análisis del metrado realizado con BIM en la especialidad de estructuras, permitiendo una cuantificación precisa de los elementos estructurales del proyecto.

**Figura 47**

*Análisis del metrado con BIM - Estructuras*



*Nota.* Elaboración propia



La figura 49 presenta el resultado comparativo (-109.72 m<sup>2</sup>) entre el método BIM y el método convencional para el tarrajeo de muro interior en arquitectura, evidenciando diferencias en precisión y eficiencia.

**Figura 49**

*Resultado comparativo del BIM y Método convencional – Arquitectura - Tarrajeo muro interior*

METRADO DE TARRAJEO FROTACHADO EN MUROS INTERIORES					METRADO CON LA METODOLOGIA TRADICIONAL	
Tarrajeo	Nivel	Eje	und	Área		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO EN EJE H INTERIOR, ENTRE EJE 1-2	m2	20.52		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO ENTRE EJE H Y I INTERIOR, EJE 2-2	m2	2.92		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO ENTRE EJE I Y J INTERIOR, EJE 2-2	m2	1.73		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO ENTRE EJE J Y K INTERIOR, EJE 2-2	m2	2.92		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO ENTRE EJE K Y L INTERIOR, EJE 2-2	m2	1.73		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO ENTRE EJE L Y M INTERIOR, EJE 2-2	m2	2.92		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO ENTRE EJE M Y N INTERIOR, EJE 2-2	m2	1.73		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO EN EJE N INTERIOR, ENTRE EJE 1-2	m2	19.66		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO ENTRE EJE M Y N INTERIOR, EJE 1-1	m2	5.57		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO ENTRE EJE L Y M INTERIOR, EJE 1-1	m2	5.57		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO ENTRE EJE K Y L INTERIOR, EJE 1-1	m2	5.57		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO ENTRE EJE J Y K INTERIOR, EJE 1-1	m2	5.57		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO ENTRE EJE I Y J INTERIOR, EJE 1-1	m2	5.57		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO ENTRE EJE H Y I INTERIOR, EJE 1-1	m2	5.57		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO EJE J-J	m2	19.63		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO EJE J-J	m2	19.63		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO EJE L-L	m2	19.63		
Tarrajeo interior	1° Nivel	MURO EJE L-L	m2	19.63		
1° Nivel: 18				166.07	1° nivel	119.99
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO EN EJE H INTERIOR, ENTRE EJE 1-2	m2	18.72		
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO ENTRE EJE H Y I INTERIOR, EJE 2-2	m2	2.92		
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO ENTRE EJE I Y J INTERIOR, EJE 2-2	m2	1.73		
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO ENTRE EJE J Y K INTERIOR, EJE 2-2	m2	2.92		
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO ENTRE EJE K Y L INTERIOR, EJE 2-2	m2	1.73		
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO ENTRE EJE L Y M INTERIOR, EJE 2-2	m2	2.92		
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO ENTRE EJE M Y N INTERIOR, EJE 2-2	m2	1.73		
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO EN EJE N INTERIOR, ENTRE EJE 1-2	m2	17.94		
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO ENTRE EJE M Y N INTERIOR, EJE 1-1	m2	2.92		
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO ENTRE EJE L Y M INTERIOR, EJE 1-1	m2	2.92		
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO ENTRE EJE K Y L INTERIOR, EJE 1-1	m2	2.92		
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO ENTRE EJE J Y K INTERIOR, EJE 1-1	m2	2.92		
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO ENTRE EJE I Y J INTERIOR, EJE 1-1	m2	2.92		
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO ENTRE EJE H Y I INTERIOR, EJE 1-1	m2	2.92		
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO EJE J-J	m2	24.4		
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO EJE J-J	m2	24.4		
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO EJE L-L	m2	24.4		
Tarrajeo interior	2° Nivel	MURO EJE L-L	m2	24.4		
2° Nivel: 18				165.73	2° nivel	102.09
<b>Total general</b>			<b>m2</b>	<b>331.80</b>	<b>Total</b>	<b>222.08</b>
					<b>Diferencia</b>	<b>-109.72</b>

*Nota.* Elaboración propia

La figura 50 evidencia que el análisis comparativo es de -8.26 m<sup>2</sup> entre la metodología BIM y el método convencional aplicado al tarrajeo del muro exterior en arquitectura.

**Figura 50**

*Resultado comparativo del BIM y Método convencional – Arquitectura – Tarrajeo muro exterior.*

Partida: Tarrajeo frotachado en muros exteriores					METRADO CON LA METODOLOGIA TRADICIONAL	
Tarrajeo	Nivel	Eje	Und	Área		
Tarrajeo exterior Tipo	1º Nivel	MURO ENTRE EJE H Y I EXTERIOR EJE 2-2	m2	5.70		
Tarrajeo exterior Tipo	1º Nivel	MURO ENTRE EJE I Y J EXTERIOR EJE 2-2	m2	5.70		
Tarrajeo exterior Tipo	1º Nivel	MURO ENTRE EJE J Y K EXTERIOR EJE 2-2	m2	5.70		
Tarrajeo exterior Tipo	1º Nivel	MURO ENTRE EJE K Y L EXTERIOR EJE 2-2	m2	5.70		
Tarrajeo exterior Tipo	1º Nivel	MURO ENTRE EJE L Y M EXTERIOR EJE 2-2	m2	5.70		
Tarrajeo exterior Tipo	1º Nivel	MURO ENTRE EJE M Y N EXTERIOR EJE 2-2	m2	5.70		
Tarrajeo exterior Tipo	1º Nivel	MURO ENTRE EJE M Y N EXTERIOR EJE 2-2	m2	1.73		
Tarrajeo exterior Tipo	1º Nivel	MURO ENTRE EJE L Y M EXTERIOR EJE 2-2	m2	2.92		
Tarrajeo exterior Tipo	1º Nivel	MURO ENTRE EJE K Y L EXTERIOR EJE 2-2	m2	1.73		
Tarrajeo exterior Tipo	1º Nivel	MURO ENTRE EJE J Y K EXTERIOR EJE 2-2	m2	2.92		
Tarrajeo exterior Tipo	1º Nivel	MURO ENTRE EJE I Y J EXTERIOR EJE 2-2	m2	1.73		
Tarrajeo exterior Tipo	1º Nivel	MURO ENTRE EJE H Y I EXTERIOR EJE 2-2	m2	2.92		
1º Nivel: 12				48.15	1º piso	42.43
Tarrajeo exterior Tipo	2º Nivel	MURO ENTRE EJE H Y I EXTERIOR EJE 2-2	m2	3.05		
Tarrajeo exterior Tipo	2º Nivel	MURO ENTRE EJE I Y J EXTERIOR EJE 2-2	m2	3.05		
Tarrajeo exterior Tipo	2º Nivel	MURO ENTRE EJE J Y K EXTERIOR EJE 2-2	m2	3.05		
Tarrajeo exterior Tipo	2º Nivel	MURO ENTRE EJE K Y L EXTERIOR EJE 2-2	m2	3.05		
Tarrajeo exterior Tipo	2º Nivel	MURO ENTRE EJE L Y M EXTERIOR EJE 2-2	m2	3.05		
Tarrajeo exterior Tipo	2º Nivel	MURO ENTRE EJE M Y N EXTERIOR EJE 2-2	m2	3.05		
Tarrajeo exterior Tipo	2º Nivel	MURO ENTRE EJE M Y N EXTERIOR EJE 2-2	m2	1.73		
Tarrajeo exterior Tipo	2º Nivel	MURO ENTRE EJE L Y M EXTERIOR EJE 2-2	m2	2.92		
Tarrajeo exterior Tipo	2º Nivel	MURO ENTRE EJE K Y L EXTERIOR EJE 2-2	m2	1.73		
Tarrajeo exterior Tipo	2º Nivel	MURO ENTRE EJE J Y K EXTERIOR EJE 2-2	m2	2.92		
Tarrajeo exterior Tipo	2º Nivel	MURO ENTRE EJE I Y J EXTERIOR EJE 2-2	m2	1.73		
Tarrajeo exterior Tipo	2º Nivel	MURO ENTRE EJE H Y I EXTERIOR EJE 2-2	m2	2.92		
2º Nivel: 12				32.25	2º piso	29.71
<b>Total general</b>			<b>m2</b>	<b>80.40</b>	<b>Total</b>	<b>72.14</b>
					<b>Diferencia</b>	<b>-8.26</b>

*Nota.* Elaboración propia

Como se observa en la figura 51, se presenta el resultado comparativo (3.70 m<sup>2</sup>) entre la metodología BIM y el método convencional en la construcción del muro de ladrillos en arquitectura.

**Figura 51**

*Resultado comparativo del BIM y Método convencional – Arquitectura – muro ladrillos*

Partida: Muro de ladrillo KK Tipo IV de cabeza				METRADO CON LA METODOLOGIA TRADICIONAL	
Nivel	Eje	Und	Área		
MURO EN EJE J, ENTRE EJE 1					
1º Nivel	MURO EN EJE J, ENTRE EJE 1	m2	9.25		
2º Nivel	MURO EN EJE J, ENTRE EJE 1	m2	12.45		
MURO EN EJE J, ENTRE EJE 2					
1º Nivel	MURO EN EJE J, ENTRE EJE 2	m2	9.25		
2º Nivel	MURO EN EJE J, ENTRE EJE 2	m2	12.45		
MURO EN EJE K, ENTRE EJE 1					
1º Nivel	MURO EN EJE K, ENTRE EJE 1	m2	9.25		
2º Nivel	MURO EN EJE K, ENTRE EJE 1	m2	12.45		
MURO EN EJE K, ENTRE EJE 2					
1º Nivel	MURO EN EJE K, ENTRE EJE 2	m2	9.25		
2º Nivel	MURO EN EJE K, ENTRE EJE 2	m2	12.45		
<b>Total general</b>		<b>m2</b>	<b>86.80</b>	<b>Total</b>	<b>90.50</b>
				<b>Diferencia</b>	<b>3.70</b>

*Nota.* Elaboración propia

Como se evidencia en la figura 52, se comparan los resultados entre la metodología BIM y el método convencional en la aplicación de acero en sobrecimientos, resultando un área de 68.33 m<sup>2</sup>.

Figura 52

Resultado comparativo del BIM y Método convencional – Estructuras – Acero en Sobrecimientos

Partida: Acero de sobrecimientos - Bloque C																			
Categoría de anfitrión	Eje	Despiece de acero 1				Despiece de acero 2			Diámetro de barra	Cantidad	Longitud de barra	Peso Nominal	Ø3/8"	Ø1/2"	Ø5/8"	Ø3/4"	Parcial	METRADO CON LA METODOLOGIA TRADICIONAL	
		A (m)	B (m)	C (m)	D	A (m)	B (m)	C (m)											
Eje 1																			
Muro	Eje 1	0.13 m	0.04 m	3.27 m	0.13 m				3/8"	10	3.51 m	0.56	19.673	0.000	0.000	0.000	19.673		
Muro	Eje 1	0.13 m	0.04 m	3.27 m	0.13 m				3/8"	10	3.52 m	0.56	19.729	0.000	0.000	0.000	19.729		
Muro	Eje 1	0.13 m	0.04 m	3.27 m	0.13 m				3/8"	10	3.52 m	0.56	19.729	0.000	0.000	0.000	19.729		
Muro	Eje 1	0.13 m	0.04 m	3.27 m	0.13 m				3/8"	10	3.52 m	0.56	19.729	0.000	0.000	0.000	19.729		
Muro	Eje 1	0.13 m	0.04 m	3.27 m	0.13 m				3/8"	10	3.52 m	0.56	19.729	0.000	0.000	0.000	19.729		
Muro	Eje 1	0.13 m	0.04 m	3.27 m	0.13 m				3/8"	10	3.52 m	0.56	19.729	0.000	0.000	0.000	19.729		
Muro	Eje 1					0.11 m	1.21 m	0.13 m	3/8"	10	1.39 m	0.56	7.807	0.000	0.000	0.000	7.807		
Muro	Eje 1					0.11 m	1.21 m	0.13 m	3/8"	10	1.39 m	0.56	7.807	0.000	0.000	0.000	7.807		
Muro	Eje 1					0.11 m	1.21 m	0.13 m	3/8"	10	1.39 m	0.56	7.807	0.000	0.000	0.000	7.807		
Muro	Eje 1					0.11 m	1.21 m	0.13 m	3/8"	10	1.39 m	0.56	7.807	0.000	0.000	0.000	7.807		
Muro	Eje 1					0.11 m	1.21 m	0.13 m	3/8"	10	1.39 m	0.56	7.807	0.000	0.000	0.000	7.807		
Muro	Eje 1	0.25 m	23.97 m	0.25 m	0.00 m				3/8"	2	24.44 m	0.56	27.373	0.000	0.000	0.000	27.373		
Muro	Eje 1	23.88 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m				3/8"	1	23.88 m	0.56	13.371	0.000	0.000	0.000	13.371		
Pilar estructural	Eje 1	0.25 m	23.97 m	0.25 m	0.00 m				3/8"	2	24.44 m	0.56	27.373	0.000	0.000	0.000	27.373		
Pilar estructural	Eje 1	23.88 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m				3/8"	1	23.88 m	0.56	13.371	0.000	0.000	0.000	13.371		
Muro	Eje 1	2.57 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m				3/8"	7	2.57 m	0.56	10.074	0.000	0.000	0.000	10.074		
Muro	Eje 1	2.57 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m				3/8"	7	2.57 m	0.56	10.074	0.000	0.000	0.000	10.074		
Muro	Eje 1	2.57 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m				3/8"	7	2.57 m	0.56	10.074	0.000	0.000	0.000	10.074		
Muro	Eje 1	2.57 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m				3/8"	7	2.57 m	0.56	10.074	0.000	0.000	0.000	10.074		
Muro	Eje 1	2.57 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m				3/8"	7	2.57 m	0.56	10.074	0.000	0.000	0.000	10.074		
Muro	Eje 1	2.57 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m				3/8"	7	2.57 m	0.56	10.074	0.000	0.000	0.000	10.074		
22											141.55 m						307.092	Eje 1	312.4
Eje 2																			
Cimentación estructural	Eje 2	0.13 m	0.04 m	1.97 m	0.13 m				3/8"	10	2.22 m	0.56	12.453	0.000	0.000	0.000	12.453		
Cimentación estructural	Eje 2	0.13 m	0.04 m	1.97 m	0.13 m				3/8"	10	2.22 m	0.56	12.453	0.000	0.000	0.000	12.453		
Cimentación estructural	Eje 2	0.13 m	0.04 m	1.97 m	0.13 m				3/8"	10	2.22 m	0.56	12.453	0.000	0.000	0.000	12.453		
Cimentación estructural	Eje 2	0.13 m	0.04 m	1.97 m	0.13 m				3/8"	6	2.22 m	0.56	7.472	0.000	0.000	0.000	7.472		
Cimentación estructural	Eje 2	0.13 m	0.04 m	1.97 m	0.13 m				3/8"	6	2.22 m	0.56	7.472	0.000	0.000	0.000	7.472		
Cimentación estructural	Eje 2	0.13 m	0.04 m	1.97 m	0.13 m				3/8"	6	2.22 m	0.56	7.472	0.000	0.000	0.000	7.472		
Muro	Eje 2	1.52 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m				3/8"	5	1.52 m	0.56	4.242	0.000	0.000	0.000	4.242		
Muro	Eje 2	1.52 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m				3/8"	5	1.52 m	0.56	4.242	0.000	0.000	0.000	4.242		
Muro	Eje 2	1.52 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m				3/8"	5	1.52 m	0.56	4.242	0.000	0.000	0.000	4.242		
Muro	Eje 2	2.59 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m				3/8"	5	2.59 m	0.56	7.252	0.000	0.000	0.000	7.252		
Muro	Eje 2	2.59 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m				3/8"	5	2.59 m	0.56	7.252	0.000	0.000	0.000	7.252		
Muro	Eje 2	2.59 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m				3/8"	5	2.59 m	0.56	7.252	0.000	0.000	0.000	7.252		
12											25.66 m						94.257	Eje 2	157.28
Total (kg)												167.21 m					401.349	Total	469.68
																	Diferencia	68.33	

Nota. Elaboración propia

Figura 53

Resultado comparativo del BIM y Método convencional – Estructuras – Acero en Zapatas

Partida: Acero en Zapatas – Bloque C													METRADO CON LA METODOLOGIA			
Categoría de asignación	Zapata	DESPECE DE ACERO			Inclinación de bar	Cantidad	Alto de bar	Peso Nominal	#3/8"	#1/2"	#5/8"	#3/4"	Parcial			
		A (m)	B (m)	C (m)												
<b>Z-01</b>																
Orientación estructural	Z-01	0.20 m	0.80 m	0.20 m	5/8"	10	1.15 m	1.55	0.000	0.000	17.842	0.000	17.842			
Orientación estructural	Z-01	0.20 m	1.60 m	0.20 m	5/8"	6	1.95 m	1.55	0.000	0.000	18.145	0.000	18.145			
Orientación estructural	Z-01	0.20 m	0.80 m	0.20 m	5/8"	10	1.15 m	1.55	0.000	0.000	17.842	0.000	17.842			
Orientación estructural	Z-01	0.20 m	1.60 m	0.20 m	5/8"	6	1.95 m	1.55	0.000	0.000	18.145	0.000	18.145			
Orientación estructural	Z-01	0.20 m	0.80 m	0.20 m	5/8"	10	1.15 m	1.55	0.000	0.000	17.841	0.000	17.841			
Orientación estructural	Z-01	0.20 m	1.60 m	0.20 m	5/8"	6	1.95 m	1.55	0.000	0.000	18.145	0.000	18.145			
							9.11 m						107.960	Z-01	102.3	
<b>Z-02</b>																
Orientación estructural	Z-02	0.20 m	0.65 m	0.20 m	5/8"	9	1.00 m	1.55	0.000	0.000	13.965	0.000	13.965			
Orientación estructural	Z-02	0.20 m	1.35 m	0.20 m	5/8"	5	1.70 m	1.55	0.000	0.000	13.183	0.000	13.183			
Orientación estructural	Z-02	0.20 m	0.65 m	0.20 m	5/8"	9	1.00 m	1.55	0.000	0.000	13.965	0.000	13.965			
Orientación estructural	Z-02	0.20 m	1.35 m	0.20 m	5/8"	5	1.70 m	1.55	0.000	0.000	13.183	0.000	13.183			
							5.40 m						54.296	Z-02	56.42	
<b>Z-03-B.C</b>																
Orientación estructural	Z-03-B.C	0.20 m	8.31 m	0.20 m	5/8"	5	8.66 m	1.55	0.000	0.000	67.121	0.000	67.121			
Orientación estructural	Z-03-B.C	0.18 m	0.72 m	0.20 m	5/8"	40	1.96 m	1.55	0.000	0.000	65.455	0.000	65.455			
Orientación estructural	Z-03-B.C	0.20 m	1.22 m	0.20 m	5/8"	5	1.57 m	1.55	0.000	0.000	12.176	0.000	12.176			
Orientación estructural	Z-03-B.C	0.20 m	1.87 m	0.20 m	5/8"	4	2.22 m	1.55	0.000	0.000	13.771	0.000	13.771			
Orientación estructural	Z-03-B.C	0.20 m	0.72 m	0.20 m	5/8"	3	1.07 m	1.55	0.000	0.000	4.980	0.000	4.980			
Orientación estructural	Z-03-B.C	0.20 m	0.58 m	0.20 m	5/8"	3	0.94 m	1.55	0.000	0.000	4.352	0.000	4.352			
Orientación estructural	Z-03-B.C	0.20 m	0.58 m	0.20 m	5/8"	4	0.94 m	1.55	0.000	0.000	5.803	0.000	5.803			
							16.45 m						173.658	Z-03-B.C	185.57	
<b>Z-04</b>																
Orientación estructural	Z-04	0.20 m	0.65 m	0.20 m	5/8"	9	1.00 m	1.55	0.000	0.000	13.965	0.000	13.965			
Orientación estructural	Z-04	0.20 m	1.35 m	0.20 m	5/8"	5	1.70 m	1.55	0.000	0.000	13.183	0.000	13.183			
Orientación estructural	Z-04	0.20 m	0.65 m	0.20 m	5/8"	9	1.00 m	1.55	0.000	0.000	13.965	0.000	13.965			
Orientación estructural	Z-04	0.20 m	1.35 m	0.20 m	5/8"	5	1.70 m	1.55	0.000	0.000	13.183	0.000	13.183			
Orientación estructural	Z-04	0.20 m	0.65 m	0.20 m	5/8"	9	1.00 m	1.55	0.000	0.000	13.965	0.000	13.965			
Orientación estructural	Z-04	0.20 m	1.35 m	0.20 m	5/8"	5	1.70 m	1.55	0.000	0.000	13.183	0.000	13.183			
							8.11 m						81.494	Z-04	84.81	
<b>Z-05</b>																
Orientación estructural	Z-05	0.20 m	0.65 m	0.20 m	5/8"	9	1.00 m	1.55	0.000	0.000	13.965	0.000	13.965			
Orientación estructural	Z-05	0.20 m	1.35 m	0.20 m	5/8"	5	1.70 m	1.55	0.000	0.000	13.183	0.000	13.183			
Orientación estructural	Z-05	0.20 m	0.65 m	0.20 m	5/8"	9	1.00 m	1.55	0.000	0.000	13.965	0.000	13.965			
Orientación estructural	Z-05	0.20 m	1.35 m	0.20 m	5/8"	5	1.70 m	1.55	0.000	0.000	13.183	0.000	13.183			
							5.40 m						54.296	Z-05	56.42	
<b>Z-06-B.C</b>																
Orientación estructural	Z-06-B.C	0.25 m	0.55 m	0.25 m	5/8"	6	1.00 m	1.55	0.000	0.000	9.310	0.000	9.310			
Orientación estructural	Z-06-B.C	0.25 m	0.85 m	0.25 m	5/8"	4	1.20 m	1.55	0.000	0.000	8.067	0.000	8.067			
Orientación estructural	Z-06-B.C	0.25 m	0.55 m	0.25 m	5/8"	6	1.00 m	1.55	0.000	0.000	9.310	0.000	9.310			
Orientación estructural	Z-06-B.C	0.25 m	0.85 m	0.25 m	5/8"	4	1.20 m	1.55	0.000	0.000	8.067	0.000	8.067			
							4.60 m						34.754	Z-06-B.C	33.18	
<b>Z-07</b>																
Orientación estructural	Z-07	0.25 m	0.45 m	0.25 m	5/8"	4	0.90 m	1.55	0.000	0.000	5.587	0.000	5.587			
Orientación estructural	Z-07	0.25 m	0.45 m	0.25 m	5/8"	4	0.90 m	1.55	0.000	0.000	5.587	0.000	5.587			
Orientación estructural	Z-07	0.25 m	0.45 m	0.25 m	5/8"	4	0.90 m	1.55	0.000	0.000	5.587	0.000	5.587			
Orientación estructural	Z-07	0.25 m	0.45 m	0.25 m	5/8"	4	0.90 m	1.55	0.000	0.000	5.587	0.000	5.587			
Orientación estructural	Z-07	0.25 m	0.45 m	0.25 m	5/8"	4	0.90 m	1.55	0.000	0.000	5.587	0.000	5.587			
Orientación estructural	Z-07	0.25 m	0.45 m	0.25 m	5/8"	4	0.90 m	1.55	0.000	0.000	5.587	0.000	5.587			
Orientación estructural	Z-07	0.25 m	0.45 m	0.25 m	5/8"	4	0.90 m	1.55	0.000	0.000	5.587	0.000	5.587			
Orientación estructural	Z-07	0.25 m	0.45 m	0.25 m	5/8"	4	0.90 m	1.55	0.000	0.000	5.587	0.000	5.587			
							9.01 m						55.870	Z-07	59.51	
<b>Z-07-B.C</b>																
Orientación estructural	Z-07-B.C	0.20 m	0.92 m	0.20 m	5/8"	4	1.27 m	1.55	0.000	0.000	7.888	0.000	7.888			
Orientación estructural	Z-07-B.C	0.20 m	8.30 m	0.20 m	5/8"	3	8.65 m	1.55	0.000	0.000	40.256	0.000	40.256			
Orientación estructural	Z-07-B.C	0.20 m	3.04 m	0.20 m	5/8"	2	3.19 m	1.55	0.000	0.000	10.498	0.000	10.498			
Orientación estructural	Z-07-B.C	0.20 m	0.88 m	0.20 m	5/8"	1	1.34 m	1.55	0.000	0.000	1.915	0.000	1.915			
Orientación estructural	Z-07-B.C	0.20 m	0.88 m	0.20 m	5/8"	4	1.34 m	1.55	0.000	0.000	7.663	0.000	7.663			
Orientación estructural	Z-07-B.C	0.20 m	0.62 m	0.20 m	5/8"	4	0.97 m	1.55	0.000	0.000	6.021	0.000	6.021			
Orientación estructural	Z-07-B.C	0.18 m	0.32 m	0.20 m	5/8"	27	0.66 m	1.55	0.000	0.000	27.493	0.000	27.493			
Orientación estructural	Z-07-B.C	0.18 m	0.72 m	0.20 m	5/8"	13	1.06 m	1.55	0.000	0.000	21.283	0.000	21.283			
Orientación estructural	Z-07-B.C	0.20 m	1.32 m	0.20 m	5/8"	6	1.67 m	1.55	0.000	0.000	15.544	0.000	15.544			
							20.13 m						138.512	Z-07-B.C	146.01	
<b>Total (kg)</b>														<b>700.390</b>	<b>Total</b>	<b>704.06</b>
															<b>Diferencia</b>	<b>3.67</b>

Nota. Elaboración propia



Las figuras 49, 50, 51, 52, 53, 54, muestran el caso de la I.E. 32386, sobre la optimización del metrado que no solo apunta a obtener un cálculo más preciso de los materiales necesarios, sino también a reducir el margen de error y los posibles desperdicios en la ejecución del proyecto. Además, la utilización de BIM facilita la detección temprana de posibles incompatibilidades o imprecisiones en el diseño, lo que contribuye a un ahorro de tiempo y recursos. La implementación de BIM en el metrado también mejora la visibilidad y la transparencia del proyecto, lo cual resulta crucial para la correcta planificación de costos y tiempos.

En la tabla 4 y figura 55 se obtuvo la comparación de metrados entre BIM y la metodología tradicional para arquitectura (29.74%) y estructuras (-19.82%).

**Tabla 4**

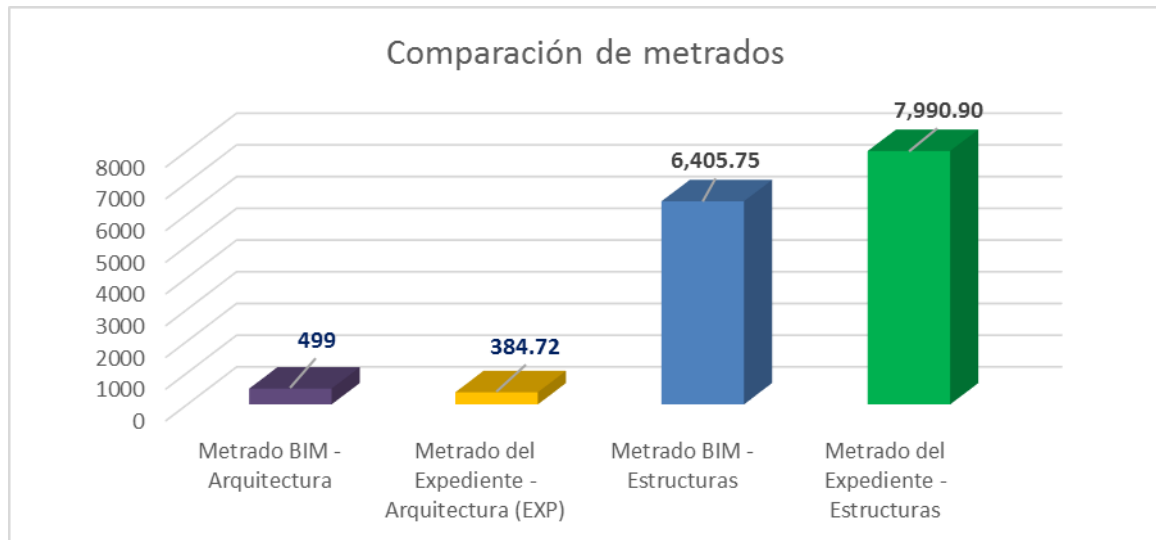
*Comparación de metrados entre BIM y la Metodología Tradicional (AutoCAD) para Arquitectura y Estructuras.*

	Arquitectura		% Variación Arquitectura	Estructuras		% Variación Estructuras
	Metrado BIM	Metrado del Expediente		Metrado BIM	Metrado del Expediente	
<b>m<sup>2</sup></b>	499	384.72	29.74%	6,405.75	7,990.90	-19.82%
<b>Variación de Metrado</b>	-	-	29.74%	-	-	-19.82%

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 55**

*Comparación de metrados entre BIM y la Metodología Tradicional (AutoCAD) para Arquitectura y Estructuras.*



*Nota.* Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 4 y figura 55, se aprecia que la implementación de BIM muestra ser una herramienta significativa para mejorar la precisión en los metrados de Arquitectura y Estructuras. En Arquitectura, BIM presenta una variación positiva del 29.74%, lo que indica una mayor precisión en los metrados comparado con el método tradicional. Esto puede reflejar una mejor identificación y cálculo de los elementos arquitectónicos dentro del modelo 3D. En contraste, en Estructuras, se observa una variación negativa del 19.82%, lo que sugiere una posible sobreestimación en el metrado del expediente técnico tradicional, ya que BIM parece ofrecer un cálculo más ajustado y realista de los elementos estructurales. Estas diferencias resaltan la capacidad de BIM para generar mediciones más exactas y detalladas, lo que puede resultar en una optimización de costos y tiempos en la elaboración del expediente técnico, mejorando la eficiencia en la gestión del proyecto.

El tercer objetivo específico tiene como finalidad evaluar cómo la implementación de la metodología BIM puede optimizar la estimación de costos y el cronograma del expediente técnico de la I.E. 32386 en Huánuco, 2024. En la práctica tradicional, la estimación de costos y la programación de obras se realizan mediante métodos manuales y herramientas convencionales, lo que puede generar inexactitudes y dificultades en la gestión eficiente de los recursos. La adopción de BIM, por su parte, permite integrar en un modelo digital tridimensional toda la información relevante del proyecto, lo que facilita la automatización de los cálculos de cantidades, la visualización de los costos y la planificación detallada de las actividades. De esta manera, se busca identificar los beneficios tangibles que BIM puede aportar al proceso constructivo, tanto en términos de precisión en los metrados y costos como en la mejora de la planificación y ejecución de las actividades en el tiempo establecido.

#### **4.3 Evaluación de los costos con el método tradicional y BIM**

La implementación de BIM permite una estimación de costos más precisa y optimizada en comparación con el método tradicional. En cada categoría de costos, se observa la capacidad de BIM para gestionar y coordinar de manera más eficiente las distintas disciplinas del proyecto, reduciendo las desviaciones de costos y mejorando la planificación. Esta optimización en los costos puede resultar en una mejor gestión de los recursos, una reducción de desperdicios y una mejor calidad en la ejecución.

Primero, se actualizan los precios del expediente técnico en el programa S10. A continuación, se obtienen los metrados utilizando la metodología BIM y los metrados calculados de forma tradicional. Con base en estos datos, se procede a realizar el cálculo del costo directo total tanto del metrado BIM como del metrado tradicional. Finalmente, se comparan ambos resultados para determinar la diferencia de costos existente entre ambos métodos, tal como se muestra en la figura 56.

**Figura 56**

*Análisis de los costos mediante el S10 del proyecto de la I.E*

Descripción Recurso	Und.	Cantidad	Precio ( )	Parcial ( )
OPERARIO	hh		0.00	
PEON	hh		0.00	
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.00	

*Nota.* Elaboración propia

Se realizó el resumen comparativo de los costos de arquitectura utilizando BIM y el método tradicional para el Bloque C mediante la Tabla 5. Este resumen permite identificar las diferencias económicas generadas por la implementación de BIM frente a la metodología convencional.

**Tabla 5**

*Resumen de los costos de Arquitectura con BIM y Método Tradicional – Bloque C*

Áreas de BLOQUE C							
Ítem	Partida	Costo valor unitario	Valores				
			Expediente técnico		Metodología BIM		%
			Metrados	Costo	Metrados	Costo	
A.02.03.01.02	Muro de ladrillo KK Tipo IV de cabeza, M:1:1:4, E=1.5CM	S/ 147.11	90.50	S/ 13,313.46	86.80	S/ 12,769.15	-4.09%

---

	Tarrajeo						
	frotachado						
	S/		S/		S/		
A.02.03.02.03	en muros	222.08	6,164.94	331.80	9,210.77	49.41%	
	interiores	27.76					
	SA-1						
	Tarrajeo						
	frotachado						
	S/		S/		S/		
A.02.03.05.03	en muros	72.14	2,959.18	80.40	3,298.08	11.45%	
	exteriores	41.02					
	SA-2 y SA-4						

---

*Nota.* Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 5 y figura 56, se aprecia que la implementación de BIM ha generado una precisión de costos significativa en la mayoría de las partidas, especialmente en el caso del tarrajeo frotachado en muros interiores y exteriores. La diferencia de 49.41% en los muros interiores y 11.45% en los exteriores refleja la capacidad de BIM para realizar mediciones más precisas, lo que lleva a una precisión de recursos de materiales y mano de obra necesarias. En el caso del muro de ladrillo KK, la variación es mínima (4.09%), lo que sugiere que la optimización de BIM. En términos generales, el uso de BIM contribuye a una precisión de costos, destacándose especialmente en partidas donde la medición exacta de áreas tiene un impacto directo en el presupuesto final.

Mediante la tabla 6. Este resumen permitió identificar las diferencias económicas entre ambas metodologías, mostrando cómo BIM contribuyó a optimizar y reducir los costos en la elaboración del expediente técnico

**Tabla 6***Resumen de los costos de Estructuras con BIM y Método Tradicional – Bloque C*

Áreas de BLOQUE C							
Ítem	Partida	Costo valor unitario	Valores				
			Expediente técnico		Metodología BIM		% diferencia
			Metrados	Costo	Metrados	Costo	
A.03.01.01	Zapatas acero de refuerzo fy=4,200 Kg/cm2	S/ 5.97	704.06	S/ 4,203.24	700.79	S/ 4,183.72	-0.46%
A.03.02.01	Sobrecimiento armado acero de refuerzo fy=4,200 Kg/cm2	S/ 5.97	469.68	S/ 2,803.99	401.35	S/ 2,396.06	-14.55%
A.03.02.02	Columnas acero de refuerzo fy=4,200 Kg/cm2	S/ 5.97	6,817.16	S/ 40,698.45	5,303.61	S/ 31,662.55	-22.20%

*Nota.* Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 6, se aprecia que las partidas analizadas, la metodología BIM muestra optimización en los costos. En el caso de las zapatas de acero de refuerzo, BIM ofrece

un ligero ahorro de S/ 19.52 con una diferencia de 0.46%. En el sobrecimiento armado, BIM también presenta una optimización de 14.55%, lo que se traduce en un ahorro de S/ 407.93 en el costo. Finalmente, en las columnas de acero, BIM sigue mostrando un ahorro del 22.20% en los costos, con una diferencia de S/ 9,035.90, lo que reflejar una optimización en la estimación de las cantidades de acero.

En resumen, BIM demuestra su capacidad para optimizar los diseños y detallar con mayor exactitud las cantidades necesarias de materiales. En todas las partidas como la zapata, sobrecimiento armado y las columnas, se optimiza los metrados, lo cual se traduce en una optimización de costos. Estas variaciones resaltan la capacidad de BIM para generar un presupuesto más preciso basado en la optimización estructural, lo cual es clave para una gestión más eficiente y segura del proyecto.

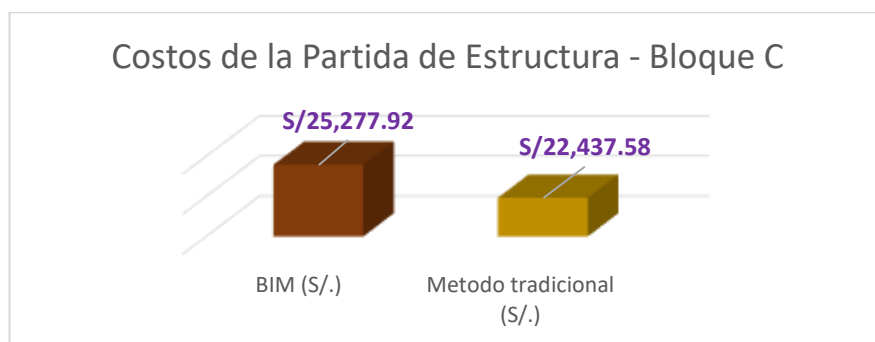
Se elaboró un resumen del presupuesto de la partida de arquitectura para el Bloque C a través de la tabla 7 y la figura 57. Este análisis facilitó la evaluación detallada de los costos asociados, permitiendo una comparación efectiva entre los diferentes métodos y apoyando la optimización del presupuesto en el área de arquitectura del Bloque C.

**Tabla 7**

*Resumen del presupuesto de la Partida de Arquitectura - Bloque C*

Costos de la Partida de		Método	
Arquitectura - Bloque	BIM (S/.)	tradicional	Diferencia Total (S/.)
C		(S/.)	
	S/ 25,277.92	S/ 22,437.58	<b>-S/ 2,840.35</b>

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 57***Resumen del presupuesto de la Partida de Arquitectura - Bloque C*

*Nota.* Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 7 y figura 57, se aprecia que el costo total directo con BIM para las tres partidas es S/ 25,277.92, mientras que el costo total con el expediente técnico es S/ 22,437.58. Esto representa una diferencia de S/ -2,840.35, lo que indica que la implementación de BIM permite una precisión de aproximadamente S/ 2,840.35 en comparación con el método tradicional. La metodología BIM ha logrado una precisión de costos del 12.66% en esta partida, lo cual refleja una mejora significativa en la optimización de los costos y demuestra la capacidad de BIM para hacer más eficientes los proyectos de construcción.

Se procedió a realizar un resumen del presupuesto correspondiente a la partida de estructuras para el Bloque C, basado en la información de la **Tabla 8** y la **Figura 58**. Esta revisión permitió evaluar con precisión los costos involucrados, facilitando la comparación entre métodos y promoviendo una gestión más eficiente del presupuesto en el área de estructuras del Bloque C.

**Tabla 8**

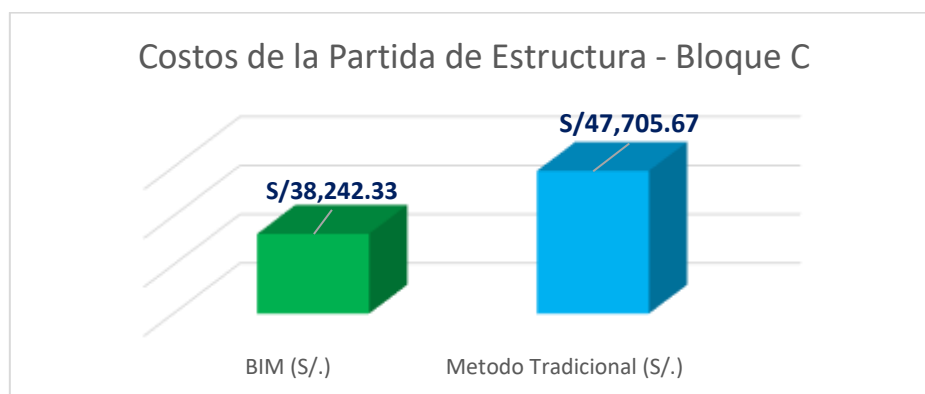
*Resumen del presupuesto de la Partida de Estructuras - Bloque C*

Ítem	Total Costo Directo BIM (S/.)	Total Costo Directo Expediente Técnico (S/.)	Diferencia Total (S/.)
Costos de la Partida de estructuras - Bloque C	S/ 38,242.33	S/ 47,705.67	S/ - 9,463.35

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 58**

*Resumen del presupuesto de la Partida de estructuras- Bloque C*



*Nota.* Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 8 y figura 58, se aprecia que el costo total directo con BIM para las tres partidas de estructuras es S/ 38,242.33, mientras que el costo total con el expediente técnico es S/ 47,705.67. Esto da una diferencia total de S/ -9,463.35, lo que significa que, en comparación con el expediente técnico, el uso de BIM ha tenido optimización leve de S/ 9,463.35 en los costos totales de estas partidas.

#### 4.4 Cronograma en la ejecución del expediente técnico de la I.E. 32386

El cronograma de ejecución del proyecto, tanto con la metodología tradicional como con BIM, refleja una comparación en la programación de las distintas actividades constructivas. Mientras que el cronograma tradicional se basa en estimaciones manuales y

secuenciales, el cronograma BIM integra un enfoque más preciso, optimizando los tiempos y recursos mediante la visualización y planificación 3D. Esta metodología permite una programación más detallada y eficiente, lo que se traduce en una reducción de plazos y mayor coordinación entre las disciplinas. La comparación entre ambos métodos demuestra cómo BIM puede acelerar la ejecución, minimizando retrasos y conflictos. Ver anexos.

Se elaboró una comparación del cronograma de ejecución entre la metodología BIM y la tradicional mediante la tabla 9.

**Tabla 9**

*Comparación del cronograma de la ejecución con el BIM y la Metodología tradicional*

Fase del Proyecto	Duración	Duración	% Variación	Área Total (m <sup>2</sup> )	Metrado Tradicional (Días/m <sup>2</sup> )	Metrado BIM (Días/m <sup>2</sup> )
	Estimada (Días) Tradicional	Estimada - (Días) - BIM	en Tiempo vs (BIM vs Tradicional)			
Fase 1: Preparación y Demolición	45	45	0%	3306.069	0.014	0.014
Fase 2: Cimentación y Estructura	68	67	-1.47%	3306.069	0.021	0.02
Fase 3: Levantamiento de Muros y Acabados Exteriores	102	102	0%	3306.069	0.031	0.031
Fase 4: Instalaciones (Eléctricas, Fontanería)	50	50	0%	3306.069	0.015	0.015

Fase 5: Acabados Interiores	55	55	0%	3306.069	0.017	0.017
Fase 6: Inspección Final y Entrega	15	15	0%	3306.069	0.005	0.005
<b>Total</b>	<b>335</b>	<b>334</b>	<b>-0.30%</b>	<b>3306.069</b>		

*Nota.* Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 9, se aprecia que la implementación de BIM no ha mostrado grandes diferencias en el tiempo de ejecución de las fases (con una diferencia total de solo un 0.30% menos en la duración total), la metodología BIM sigue aportando ventajas en términos de precisión en el control de las fases del proyecto y la mejor coordinación entre los distintos equipos de trabajo. Esto podría, a futuro, resultar en un mayor ahorro en costos y una optimización de recursos, ya que la planificación y la gestión de las actividades a través de BIM puede ser más eficiente en cuanto a eliminación de errores y modificaciones imprevistas.

Se realizó un análisis comparativo del cronograma desarrollado con BIM frente al método tradicional, reflejado en la tabla 10.

**Tabla 10**

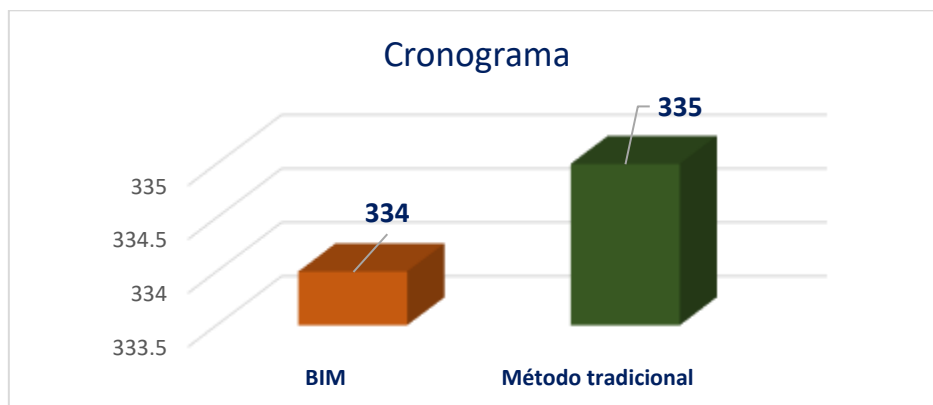
*Resultado comparativo del cronograma realizado con BIM y Método tradicional.*

Ítem	BIM	Método tradicional	Diferencia en días
Cronograma	334	335	01

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 59**

*Resultado comparativo del cronograma realizado con BIM y Método tradicional.*



*Nota.* Elaboración propia

Interpretación: La tabla 10 y figura 59 muestra una comparación entre los plazos de ejecución estimados utilizando la metodología BIM y el método tradicional para un proyecto determinado. En este caso, el cronograma con BIM tiene una duración de 334 días, mientras que el cronograma tradicional se estima en 335 días. Esta diferencia mínima de 1 día refleja que, en términos de tiempo, el uso de BIM ofrece una ligera optimización en comparación con el método tradicional. Cabe destacar que este análisis corresponde únicamente al bloque C evaluado, por lo que la diferencia podría variar al considerar otros bloques del proyecto.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La implementación de la metodología BIM en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386 en Huánuco muestra resultados consistentes con otros estudios previos, aunque también refleja algunos matices específicos de este contexto. En cuanto a la reducción de incompatibilidades, los resultados obtenidos fue una disminución del 76.74%, tal como se demostró en la tabla 3 y figura 45 y estos coinciden con las conclusiones de Julcamoro (2018) y Deza (2020), quienes encontraron que BIM permite la detección temprana de errores, lo que optimiza la coordinación entre disciplinas y previene problemas en fases posteriores de construcción. Sin embargo, el leve incremento en los costos (S/ 2,840.35), tal como se demostró en la tabla 7 y figura 57, lo cual se aleja de lo observado en investigaciones previas, como la de Ramírez (2018), donde se encontró que BIM generaba una reducción de costos en la etapa de planificación. Este pequeño aumento podría deberse a que, en algunos casos, el proceso de modelado en BIM implica un mayor esfuerzo inicial, como sugirió Moreno (2019), quien indicó que el modelado BIM a menudo requiere más tiempo en las fases tempranas del proyecto. Sin embargo, el impacto positivo de BIM en la precisión de los metrados y la optimización de tiempo es coherente con estudios como el de Trejo (2018), que subraya cómo la metodología BIM permite una visualización detallada y exacta, lo que puede optimizar la programación y los plazos de ejecución. Aunque la diferencia en los tiempos entre el cronograma BIM y el tradicional fue mínima (1 día), lo cual quedó demostrado en la tabla 10 y figura 60, dando una mejora en precisión y detección de errores anticipados puede tener efectos más significativos en proyectos de mayor escala o complejidad, como ha sido señalado en la literatura sobre proyectos en Colombia y Chile (Ramírez, 2018; Loyola, 2022).

Los resultados obtenidos en este objetivo reflejan una clara ventaja de BIM en la reducción de incompatibilidades en comparación con los métodos tradicionales de diseño como AutoCAD. En la tabla 3 y figura 45, se demostró que la disminución en las interferencias fue

de 76.74%, lo cual es un resultado relevante que respalda que la metodología BIM contribuye significativamente a la mejor coordinación entre disciplinas y a la detección temprana de errores. Este hallazgo es consistente con lo planteado por diversos estudios, como el de Julcamoro (2018), quien señaló que el uso de BIM facilita la anticipación de errores y reduce los costos asociados a modificaciones durante la ejecución del proyecto. Además, como observó Deza (2020), el uso de herramientas BIM permite identificar incompatibilidades de manera más eficiente, lo cual, en consecuencia, mejora la precisión y calidad de la planificación del proyecto.

Este resultado es especialmente relevante en proyectos públicos como el de la I.E. 32386, ya que, a menudo, los proyectos de esta índole enfrentan desafíos de coordinación entre diversas disciplinas. La disminución de las incompatibilidades no solo mejora la calidad del diseño, sino que también reduce riesgos durante la fase de construcción, lo cual es fundamental para el éxito de proyectos de infraestructura educativa. Esto también está alineado con las conclusiones de Kaneta y Furusaka (2016), quienes identificaron que el uso temprano de BIM en países como Japón y Singapur permitió una mejor gestión de los riesgos asociados a la fase de ejecución.

Los resultados del segundo objetivo muestran que, en términos de precisión de metrados, BIM ha demostrado un impacto positivo en la precisión de los metrados de Arquitectura, con una variación positiva del 29.74%, tal como se demostró en la tabla 4 y figura 56. Esto indica que BIM facilita un cálculo más ajustado y detallado de los elementos arquitectónicos, lo que puede traducirse en una optimización de los recursos y una mejor asignación del presupuesto. Estos hallazgos son similares a los de Ramírez (2018), quien destacó que la representación tridimensional de los proyectos en BIM permite una visualización más precisa, reduciendo la incertidumbre y mejorando la eficiencia en el cálculo de las cantidades.

En cuanto al sector Estructuras, los resultados sugieren una ligera sobreestimación en el metrado tradicional de 19.82%, lo cual quedó demostrado en la tabla 4 y figura 56, lo que sugiere que la metodología BIM podría ser más precisa en cuanto a las cantidades de elementos estructurales. Esto subraya la capacidad de BIM para ofrecer mediciones ajustadas, lo que se traduce en una mayor fiabilidad en la gestión de los costos y tiempos de ejecución. Esta diferencia en la variación del metrado también es consistente con los resultados de Trejo (2018), quien subrayó que el uso de BIM mejora la precisión de las mediciones y reduce las discrepancias entre los cálculos de obra.

El análisis de los costos directos con la metodología BIM muestra que la diferencia entre el costo de las tres partidas de arquitectura utilizando BIM y el expediente técnico tradicional es mínima, con un incremento de solo S/ 2,840.35, tal como se demostró en la tabla 7 y figura 57. Aunque este aumento es relativamente pequeño, refleja el potencial de BIM para precisar los costos y, al mismo tiempo, resaltar que la fase de planificación y presupuesto inicial se vuelve más precisa gracias a las herramientas de modelado. La mínima diferencia en los costos también puede indicar que el uso de BIM contribuye a ajustes más realistas en el presupuesto, reduciendo los sobrecostos inesperados durante la ejecución del proyecto. Este hallazgo coincide con la investigación de Almeida (2019), que destacó el potencial de BIM para optimizar y precisar los costos a través de un análisis más detallado y un monitoreo constante de los recursos.

En cuanto a la optimización del tiempo, el uso de BIM muestra una leve reducción de 1 día en el cronograma de ejecución del proyecto, con respecto al método tradicional, lo cual quedó demostrado en la tabla 10 y figura 60. Aunque la diferencia es pequeña, puede ser significativa en proyectos de envergadura, ya que cada día de reducción en los plazos de ejecución se traduce en ahorros de tiempo y costos. Este hallazgo se alinea con los resultados de Moreno (2019), quien observó que la implementación de BIM, aunque en ocasiones

implique más tiempo en la fase de diseño, genera ahorros de tiempo a largo plazo en la fase de ejecución y en la identificación temprana de problemas de construcción.

Las limitaciones del estudio y las futuras líneas de investigación resaltan que, a pesar de los avances logrados con la aplicación de la metodología BIM en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, este estudio presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, la investigación se centró en un solo proyecto educativo de escala media, lo cual restringe la generalización de los hallazgos a otros tipos de infraestructura o contextos geográficos distintos. Asimismo, el análisis se basó en datos obtenidos a partir de software y herramientas específicas, cuya funcionalidad puede variar según versiones, configuraciones o experiencia del usuario, lo que podría incidir en la precisión de los resultados. Otra limitación importante es el enfoque exclusivamente técnico del estudio, sin una evaluación profunda de variables organizacionales, normativas o culturales que también influyen en la implementación de BIM en el sector público.

Con base en estas limitaciones, futuras investigaciones podrían enfocarse en comparar múltiples proyectos de distinta envergadura, tanto en el sector educativo como en otras áreas de infraestructura pública y privada, a fin de validar la aplicabilidad y consistencia de los beneficios observados. Además, se recomienda explorar el impacto de BIM en fases posteriores a la planificación, como la construcción y operación, incorporando análisis de sostenibilidad, gestión de riesgos y retorno de inversión. Finalmente, sería valioso desarrollar estudios que integren una perspectiva cualitativa, analizando cómo factores humanos, institucionales o normativos condicionan la adopción efectiva de esta metodología en contextos similares.

## VI. CONCLUSIONES

- 6.1 Realizado el modelamiento con BIM y comparado con el método tradicional, se optimizó significativamente la detección de incompatibilidades, logrando una reducción del 76.74% en errores, tal como quedó demostrado en la tabla 3 y figura 45. Además, se mejoró la precisión de los metrados, especialmente en la parte arquitectónica, y se alcanzó una ligera optimización en los tiempos y costos. Aunque el impacto en costos fue limitado, BIM demostró ser una herramienta eficaz para mejorar la eficiencia en la planificación y ejecución del proyecto.
- 6.2 La implementación de la metodología BIM permitió una reducción significativa del 76.74% en las incompatibilidades en comparación con el uso tradicional de AutoCAD, tal como quedó demostrado en la tabla 3 y figura 45. Esto demuestra que BIM mejora la integración de las disciplinas, facilita la coordinación entre los equipos y permite la detección temprana de errores, reduciendo los riesgos de conflictos durante la fase de ejecución del proyecto.
- 6.3 La implementación de BIM mejoró la precisión en los metrados de Arquitectura y Estructuras. En Arquitectura, BIM presentó una variación positiva del 29.74%, tal como se demostró en la tabla 4 y figura 56, mientras que en Estructuras se observó una variación negativa del 19.82%, lo cual quedó demostrado en la tabla 4 y figura 56, sugiriendo que el método tradicional sobreestimaba el metrado. Estas diferencias resaltan la capacidad de BIM para generar mediciones más exactas y optimizar costos y tiempos en el expediente técnico.

6.4 El costo total con BIM para las tres partidas de arquitectura fue S/ 25,277.92, mientras que con el expediente técnico fue S/ 22,437.58, con una diferencia de S/ 2,840.35 para el bloque C en las especialidades de arquitectura, tal como se demostró en la tabla 7 y figura 57. En cuanto al tiempo, el cronograma con BIM se estimó en 334 días, mientras que el cronograma tradicional fue de 335 días, tal como quedó demostrado en la tabla 10 y figura 60, lo que muestra una ligera optimización en términos de tiempo.

## VII. RECOMENDACIONES

- 7.1 Se sugiere iniciar la implementación de BIM de forma gradual en proyectos del sector público, comenzando por formar equipos de trabajo colaborativos que puedan integrar y gestionar eficientemente los modelos BIM a lo largo del ciclo del proyecto.
- 7.2 Para superar las limitaciones en la optimización de costos observadas en este estudio, se recomienda la incorporación de herramientas más avanzadas de análisis de costos dentro de los entornos BIM, lo que permitirá hacer estimaciones más precisas y ajustes rápidos en los presupuestos.
- 7.3 Es fundamental implementar un sistema de gestión de información BIM estandarizado y centralizado, que facilite la interoperabilidad entre las distintas disciplinas del proyecto. Esta estandarización optimiza la coordinación, mejora la precisión de las estimaciones y permite detectar interferencias de forma temprana, reduciendo errores y riesgos en las fases de diseño y construcción, lo cual es clave para la eficiencia en proyectos de ingeniería civil.
- 7.4 Los organismos públicos deben impulsar la adopción obligatoria de BIM en la elaboración de expedientes técnicos, especialmente en proyectos de instituciones educativas. Establecer normativas que exijan su uso en esta fase garantizaría la calidad de los diseños, mejoraría la supervisión, permitiría detectar errores a tiempo y optimizaría costos y plazos de entrega.

## VIII. REFERENCIAS

- Amaya, M., y Sierra, J. (2021) *Análisis de comparación con la metodología BIM en proyecto de vivienda multifamiliar en el municipio de acacias – meta vivienda multifamiliar en el municipio de Acacias*. [Tesis de pregrado, Universidad de la Salle de Colombia]. Repositorio Institucional LASALLE. <https://ciencia.lasalle.edu.co/items/01504808-daf9-45ec-9854-58313c22c250>
- Andrades, S. y Flores, A. (2020). *Plan de ejecución BIM para la gestión de un proyecto de oficina en Lima Metropolitana*. [Tesis de pregrado, Universidad San Martín de Porres] Repositorio Institucional USMP. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/8567>
- Anrade, A. (2020) *Análisis en la Variación en Cantidad de Obra y Presupuesto entre la Metodología Tradicional y Metodología BIM, caso de Estudio: Edificio de Carrera de Arquitectura, UNACH*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional de Ecuador.]. Repositorio Institucional EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21346?mode=full>
- Arevalo, A. y Soto, J. (2022). *Building Information Modleing (BIM) y su desarrollo en la industria de la construcción*. [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio ALICIA. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UDEP\\_cd6c2e36e9b31646cfdc0349d2a/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UDEP_cd6c2e36e9b31646cfdc0349d2a/Details)
- Arrunategui, M. y Miranda, G. (2021). *Análisis comparativo del modelo tradicional y del modelo BIM en la construcción de losa deportiva, Talara, Piura*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio ALICIA.

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPAO\\_4ab77cdc410c95d28fe873c22f1ab1c8](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPAO_4ab77cdc410c95d28fe873c22f1ab1c8)

Cabanillas, S. (2023). Formulación de expedientes técnicos y proyectos de inversión pública en una Municipalidad de La Libertad. *Revista en Gobierno y Gestión Pública*, 10(2), 19-31. <https://doi.org/10.24265/iggp.2023.v10n2.03>

Cabrera, R. y Martínez, F. (2022). *Desarrollo de la metodología BIM para un proyecto eco sustentable de un condominio dúplex que estará encaminado hacia la certificación Edge componente energía*. [Tesis de maestría, Escuela Superior Politécnica del Litoral].

Repositorio

Institucional

ESPOL.

<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/54237>

Chura, M. y Quispe, W. (2022). *Implementación de la metodología BIM para reducir deficiencias en la elaboración del expediente técnico de la I.E Capitán Samuel Alcazar Tacna, 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio ALICIA.

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPTI\\_e4c7907cb8c837ffae4165594e11a042](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPTI_e4c7907cb8c837ffae4165594e11a042)

Cusirimay, E. (2022). *Implementación de la metodología BIM en el proyecto de infraestructura pública: instalación del Centro Rural de Formación de Alternancia Agoiganaera Maganiro de la Comunidad de Shima, Distrito de Echarate, la Convención - Cusco*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental.

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11788>

Deza, E. (2020). *Modelamiento BIM y control de obra aplicando el método de valor ganado en la construcción del edificio residencial Ritz 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad

Nacional

de

San

Agustín].

Repositorio

ALICIA.

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA\\_7670456c4773fa84246a3ebcdf965c81/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_7670456c4773fa84246a3ebcdf965c81/Details)

Eliash, A. (2015). *Entendiendo el uso de BIM en los procesos de diseño y coordinación de especialidades en Chile*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica de Chile].

BIM Forum Chile. <https://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Entendiendo-el-Uso-de-BIM-en-los-Procesos-de-Dise%C3%B1o-y-Coordinaci%C3%B3n-de-Especialidades-en-Chile-.pdf>

Espinel, F. & Miranda, M. (2021). *Aplicación de la metodología BIM en la identificación de interferencias interdisciplinarias para evaluar su influencia en la ejecución de un proyecto multifamiliar*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres].

Repositorio Institucional USMP. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/9689>

Florian, P. (2022). *Planificación y modelado bajo la metodología Building Information Modeling del Expediente Técnico educativo N° 1586 del Distrito de Simbal, 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorios Latinoamericanos.

<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4758471>

Gómez-Valdés, M., Acevedo-Acevedo, S., Alvarado-Acuña, L., & Iturra-Molina, R. (2023).

Impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción. *Revista Tecnología en Marcha*, 36(7), 66–77. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i7.6860>

Guevara, G. y Quinto, C. (2021). *Impacto de la filosofía BIM en el plazo y presupuesto de un proyecto multifamiliar de viviendas masivas*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad

Católica del Perú]. Repositorio ALICIA. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/PUCP\\_9688c56de1222c6e9ebcb77e0c9899f5/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/PUCP_9688c56de1222c6e9ebcb77e0c9899f5/Details)

- Julcamoro, P. (2019). *Implementación de la metodología BIM con Revit en la fase de diseño de Expediente Técnico de Edificaciones del Gobierno Regional de Cajamarca – 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio ALICIA. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN\\_3620a86beef70d939ab8168b62d8bb4f/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_3620a86beef70d939ab8168b62d8bb4f/Details)
- Llangue, A. (2021). *Aplicación de la tecnología BIM para optimizar los costos en el presupuesto del Hotel Tacna Heroica, 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional UPT. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2112>
- Loyola, M. (2022). *La implementación de la metodología BIM en el sector público de Latinoamérica al año 2030 y su efecto en el futuro de la educación de la Arquitectura e Ingeniería Civil*. <https://cris.upc.edu.pe/en/projects/la-implementaci%C3%B3n-de-la-metodolog%C3%ADa-bim-en-el-sector-p%C3%ABblico-de-l>
- Ministerio de Economía y Finanzas [MEF]. (3 de setiembre de 2020). *Pautas y recomendaciones para la elaboración de Expedientes Técnicos*. *Invierte.pe*. [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/capacitaciones/Pautas\\_para\\_elaborar\\_expediente\\_tecnico.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/capacitaciones/Pautas_para_elaborar_expediente_tecnico.pdf)
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (4 de noviembre de 2021). *Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú*. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Montalván, J. y Ruíz D. (2022). *Evaluación del diseño del proyecto: "I.E. secundario Santa Magdalena Sofia - Chiclayo", aplicando la metodología Building Information Modeling (BIM) para identificar y gestionar incompatibilidades e inconsistencias*.

- [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10388>
- Moreira, M. (2020). *Planificación temporal y gestión de costes de un edificio de viviendas en Córdoba (Argentina) mediante la aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM). Comparativa con la metodología tradicional*. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio UPV. <https://riunet.upv.es/entities/publication/22eea5d8-1bb7-4cac-96df-a6d3429c98e5>
- Ojeda, D. (2021). *Análisis de control presupuestal de una obra de vivienda de interés social, mediante metodología BIM y comparando con el método tradicional CAD. Estudio de caso proyecto San Nicolás ubicado en el Dorado Meta*. [Tesis de maestría, Universidad Católica de Colombia]. Repositorios Latinoamericanos. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3430715>
- Pinto, K. y Istaña, L. (2021) *Implementación de la metodología de procesos Building Information Modeling (BIM) y análisis comparativo de variabilidad con el proceso tradicional, en la etapa de planificación y diseño del proyecto de construcción: Edificio Pabellón “E” de la Universidad Peruana Unión*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio Institucional UPEU. <https://repositorio.upeu.edu.pe/items/1013586b-c3b6-47cf-9780-483a8d32d535>
- Pomayay, E. (2020) *La metodología del modelamiento de información de la construcción (BIM) y su incidencia en la optimización de costos del proyecto pabellón “h” de la universidad continental – Huancayo*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio ALICIA. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCON\\_b0810eeca1f44853340e9c1465df0c24/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCON_b0810eeca1f44853340e9c1465df0c24/Details)

- Prado, G. (2018). *Determinación de los usos BIM que satisfacen los principios valorados en proyectos públicos de construcción*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/46e988bc-07e0-48c1-8117-45e626c43918>
- Ramírez, J. (2018). *Comparación entre metodologías building information modeling (BIM) y metodologías tradicionales en el cálculo de cantidades de obra y elaboración de presupuestos. Caso de estudio: edificación educativa en Colombia*. [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio UDISTRITAL. <https://repository.udistrital.edu.co/items/03eaba69-087f-482f-97c1-c892bcf540e7>
- Ramos, B. y Tolentino, J. (2020) *Directivas de Gestión en Obras por Administración Directa para Cumplir el Cronograma de Obras*. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional URP. <https://repositorio.urp.edu.pe/entities/publication/a6b46c64-1e7a-45aa-beb3-ceaa07eae39a>
- Rebaza, K. y Ruiz, S. (2020). *Influencia de la implementación de la metodología BIM aplicada en el presupuesto tradicional a nivel arquitectónico y estructural del Colegio de Nutricionistas del Perú – Jesús María – Lima -2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio ALICIA. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN\\_cfc08ee40dd32d70c10ce3b2e6be25cc](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_cfc08ee40dd32d70c10ce3b2e6be25cc)
- Resolución Directoral N.º 003-2023-EF/63.01. Aprueban la Guía Nacional BIM: Gestión de la Información para inversiones desarrolladas con BIM. (26 de marzo de 2023). <https://www.gob.pe/institucion/mef/normas-legales/4035069-0003-2023-ef-63-01>

- Reyes, J. (2023). *Estudio del costo real de la mano de obra en la construcción ecuatoriana*. [Tesis de maestría, Universidad de Cuenca]. Repositorio UCUENCA. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/43258>
- Rodriguez, E. (2022). *Aplicación de la metodología BIM para optimizar el expediente técnico: Proyecto Mejoramiento de los Órganos Jurisdiccionales e Implementación del NCPP Distrito San Jose de Sisa-San Martín, 2021*. [Trabajo de Pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/item/a005ef73-aaec-4b94-b9ee-9ef693a62400>
- Rodriguez, K. (2024). *Análisis del expediente técnico para la optimización en la toma de decisiones mediante la metodología BIM en la etapa de ejecución del Hospital de Pangoa*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/14490/2/IV\\_FIN\\_105\\_T\\_E\\_Rodriguez\\_Guerra\\_2024.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/14490/2/IV_FIN_105_T_E_Rodriguez_Guerra_2024.pdf)
- Sinche, M. (2022). *Tecnología BIM y su influencia en el valor del presupuesto del proyecto en el proceso de diseño de edificaciones en la UNDAC – PASCO 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional UNDAC. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/716>
- Trejo, N. (2018). *Estudio de impacto del uso de la metodología BIM en la planificación y control de proyectos de ingeniería y construcción*. [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio UCHILE. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168599>
- Ureta, D. y Chileno, J. (2022). *Análisis comparativo de la rentabilidad entre el modelo convencional CAD y el BIM en la etapa de planificación del bloque de administración de la escuela técnico superior PNP – Arequipa*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada

Unión]. Repositorio Institucional UPEU.

<https://repositorio.upeu.edu.pe/items/ae577974-d9d4-467c-ac89-62705189ce05>

Valdez, P. (2020). *Modelamiento BIM y control de obra aplicando el método de valor ganado en la construcción del edificio residencial RITZ 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorios Latinoamericanos.

<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4863108?show=full>

Villamizar-Toloza, R. y Peñaranda-Pabón, J. (2020). Influencia de la metodología PERT/CPM en los proyectos de contratación estatal en el Norte de Santander. *Interfaces*, 3(1). 69-

85. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/interfaces/article/view/8256>

## IX. ANEXOS

## Anexo A. Matriz de operacionalización

Variables	Definición		Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
	Conceptual	Operacional			
Variable independiente: la implementación de la metodología BIM	Andrades y Flores (2020) sostienen que se debe al uso de herramientas digitales para gestionar y visualizar información precisa de un proyecto de construcción. Esta metodología facilita la colaboración entre los distintos actores y contribuye a mejorar la eficiencia, minimizar errores y optimizar los procesos constructivos.	Consiste en la aplicación de herramientas BIM (Modelado de Información para la Construcción) durante la elaboración del expediente técnico, para mejorar la coordinación entre especialidades, el cálculo de metrados y la estimación de costos.	Metodología BIM	Modelamiento 3D	Razón
				Incompatibilidades	
				Metrado	
				Costos y tiempo	
Variable Dependiente: Optimización del costo y tiempo en la elaboración del expediente técnico	Pomayay (2020) consiste en mejorar la eficiencia en la gestión de recursos y tiempos durante la creación de documentos y planos de construcción. Mediante la implementación de metodologías como BIM, se reduce el tiempo y los costos asociados, mejorando la precisión y minimizando errores en el proceso.	Se medirá a través de los cambios en tiempo y costo requeridos para la elaboración del expediente técnico, evaluando componentes clave como la elaboración de planos de arquitectura, estructuras y la estimación de costos.	Expediente técnico	planos de arquitectura	
				planos de estructuras	
				Estimación de costo y tiempo	

## Matriz consistencia

Formulación Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p><b>General:</b></p> <p>¿De qué manera la aplicación de la metodología BIM optimiza el tiempo y costo en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024?</p> <p><b>Problema específicas:</b></p> <p>¿Qué incompatibilidades se presentan al implementar la metodología BIM en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024, en comparación con los métodos tradicionales empleados en el diseño y la planificación del proyecto?</p> <p>¿De qué manera la implementación de BIM optimizará el metrado en el expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024?</p> <p>¿Cómo puede la implementación de BIM mejorar la estimación de costos y la programación en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024?</p>	<p><b>General:</b></p> <p>Analizar si la aplicación de la metodología BIM optimiza el tiempo y costo en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>Identificar las incompatibilidades significativas que surgen al implementar la metodología BIM en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024, en comparación con los métodos tradicionales utilizados en el diseño y la planificación del proyecto</p> <p>Realizar la optimización del metrado en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386 con la implementación de BIM, Huánuco, 2024.</p> <p>Evaluar cómo la implementación de BIM puede optimizar la estimación de costos y la programación en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>La implementación de la metodología BIM en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, en 2024, optimiza significativamente los costos y reduce el tiempo de ejecución en comparación con los métodos tradicionales.</p> <p><b>Hipótesis Especificas</b></p> <p>La implementación de la metodología BIM en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024, revela incompatibilidades significativas en comparación con los métodos tradicionales utilizados en el diseño y la planificación del proyecto.</p> <p>La implementación de la metodología BIM en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024, optimiza el metrado de los elementos constructivos, mejorando la precisión y reduciendo los errores en comparación con los métodos tradicionales.</p> <p>La implementación de la metodología BIM en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386, Huánuco, 2024, optimiza tanto la estimación de costos como la programación de las actividades, mejorando la precisión y reduciendo los tiempos de ejecución en comparación con los métodos tradicionales.</p>	<p>Independientes:</p> <p><b>Implementación de la metodología BIM:</b></p> <p>Dependientes:</p> <p><b>Optimización del costo y tiempo en la elaboración del expediente técnico:</b></p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> se clasifica como aplicada.</p> <p><b>Enfoque:</b> cuantitativo.</p> <p><b>Diseño:</b> cuasi-experimental.</p> <p><b>Población:</b> está compuesta por los proyectos de construcción o las instituciones educativas de Huánuco.</p> <p><b>Muestra:</b> elaboración del expediente técnico en la I.E. 32386 y la metodología BIM.</p> <p>Instrumentos: consisten en los softwares de modelado y simulación, específicamente AutoCAD y BIM (Building Information Modeling).</p>



PROMEDIO DE VALORACIÓN:

96.70 %

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: a) Deficiente b) Baja c) Regular d) Buena  Muy buena

Nombres y Apellidos:	WILLIAM EFRAIN BASTIDAS TIRADO	CIP N°:	57603
Teléfono/ Celular:	999 809 290		
Título profesional:	INGENIERO CIVIL		
Cargo:	COORDINADOR DE ESTUDIOS Y PROYECTO II		
Entidad:	PROGRAMA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA – PRONIED		

  
**WILLIAM EFRAIN BASTIDAS TIRADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 57603  
 \_\_\_\_\_  
 Firma  
 Lugar y Fecha: Lima, 20/06/2025



PROMEDIO DE VALORACIÓN:

96.0 %

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: a) Deficiente b) Baja c) Regular d) Buena  Muy buena

Nombres y Apellidos:	PRIMO AQUINO, LEVI ANDRES	CIP N°:	71775
Teléfono/ Celular:	962 810 581		
Título profesional:	INGENIERO CIVIL		
Cargo:	ESPECIALISTA EN METRADO COSTOS Y PRESUPUESTO		
Entidad:	PROGRAMA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA – PRONIED		

  
 LEVI ANDRÉS PRIMO AQUINO  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 71775  
 \_\_\_\_\_  
 Firma  
 Lugar y Fecha: Lima, 20/06/2025



PROMEDIO DE VALORACIÓN:


96.80 %

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: a) Deficiente    b) Baja    c) Regular    d) Buena     Muy buena

<b>Nombres y Apellidos:</b>	<b>JUAN CARLOS CERDEÑA GUTIERREZ</b>	<b>CAP N°:</b>	<b>9186</b>
<b>Teléfono/ Celular:</b>	<b>995 482 999</b>		
<b>Título profesional:</b>	<b>ARQUITECTO</b>		
<b>Cargo:</b>	<b>COORDINADOR DE OBRA</b>		
<b>Entidad:</b>	<b>PROGRAMA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA - PRONIED</b>		

  
**JUAN CARLOS CERDEÑA G.**  
 CAP. 9186  
 C. 4625  
 \_\_\_\_\_  
 Firma  
 Lugar y Fecha: Lima, 20/06/2025

## Anexo C. Carta de autorización y uso de la información

	<b>PERU</b> Ministerio de Educación	Vice ministerio de Gestión Institucional	Programa Nacional de Infraestructura Educativa
---	-------------------------------------	--	--

Decenio de la igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana

Título digitalizado por:  
MIGUEL GUILLEN MIGUEL ANGELO  
37514847213 348  
Ministerio Nacional de Infraestructura Educativa  
-RUC: 206200014180210207-

Lima, 20 de junio del 2025

**CARTA N° 000259-2025-MINEDU-VMGI-PRONIED-OGAD-UTDAU**

Sr.:

**MELVIN ANTONIO ESTRELLA CAMAVILCA**  
Mz. B Lt. 35 Asoc. Las Mercedes de Ate  
Ate – Lima - Lima  
Correo: [antonioestrellacamavilca@gmail.com](mailto:antonioestrellacamavilca@gmail.com)

**PRESENTE.-**

**Asunto** : Respuesta a Solicitud de Acceso a la Información Pública

**Referencia** : SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA N° 202500208

**Expediente** : E-0019663-2025

De mi consideración,

Tengo el agrado de dirigirme a usted, en atención al asunto y documento de la referencia, mediante el cual, en virtud de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, solicitó lo siguiente:

*"Expediente Técnico del proyecto "AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N° 32386 DANIEL FONSECA TARAZONA, DISTRITO DE LLATA, PROVINCIA DE HUAMALIES, DEPARTAMENTO HUÁNUCO" CON CODIGO DE INVERSION N° 2173670"*

*(Redactado por el solicitante)*

Al respecto, la Unidad de Trámite Documentario y Atención al Usuario del PRONIED conforme a lo dispuesto en el Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, "Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública", pone a su disposición copia de los siguientes documentos:

- Memorando N° 0004010-2025-MINEDU-VMGI-PRONIED-UGEO, de fecha 20 de junio de 2025, elaborado por la Unidad Gerencial de Estudios y Obras del PRONIED.
- Informe N° 000213-2025-NGA-MINEDU-VMGI-PRONIED-UGEO-OXI-SEEO, de fecha 19 de junio de 2025, elaborado por la Unidad Gerencial de Estudios y Obras del PRONIED.


Sin otro en particular,


Atentamente,

Firmado digitalmente  
**MIGUEL ANGEL VASQUEZ GUILLEN**  
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE TRÁMITE DOCUMENTARIO Y ATENCIÓN AL USUARIO  
Programa Nacional de Infraestructura Educativa  
Ministerio de Educación

Documento electrónico firmado digitalmente en el marco de la Ley N° 27280, Ley de Firmas y Certificados Digitales, su Reglamento y modificaciones. La integridad del documento y la autenticidad de (las) firma(s) pueden ser verificadas en <https://apps.firmaperu.gob.pe/web/validador.xhtml>

Código: C-019663-2025  
Este es un código único irrevocable de un documento electrónico archivado en el Programa Nacional de Infraestructura Educativa, aplicable lo dispuesto por el Art. 25 de D.L. 870-2016-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.L. 325-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través del siguiente link:  
<http://registro.minedu.gob.pe/registro/validador/validador.aspx?ID=000259>





[www.gob.pe/pronied](http://www.gob.pe/pronied) | Jc. Carabaya N° 341,  
Cercado de Lima, Lima 05  
Central 001 480 6777



PERU

Ministerio  
de EducaciónViceministerio de  
Gestión InstitucionalPrograma Nacional de  
Infraestructura Educativa

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana

Técnico digitalmente por:  
CESAR ALFONSO GUZMAN Cesar Alfonso Guzman  
202500213-000  
Ministerio de Educación  
- https://apps.firmaperu.gob.pe/web/validador.xhtml

Lima, 20 de junio del 2025

**MEMORANDO N° 004010-2025-MINEDU-VMGI-PRONIED-UGEO**

**PRONIED**  
Programa Nacional de  
Infraestructura Educativa  
Ministerio de Educación  
Vice-Ministerio de Gestión Institucional  
2025-03-2221-000  
Avenida Boy V° 3°  
Fecha: 25/06/2025 15:33:03:0300

**A :** **MIGUEL ANGEL VASQUEZ GUILLEN**  
Director de la Unidad de Trámite Documentario Y Atención Al Usuario

**Asunto :** **SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA CIUDADANO: MELVIN ANTONIO ESTRELLA CAMAVILCA**

Proyecto: "Ampliación y Mejoramiento de la Institución Educativa N° 32386 Daniel Fonseca Tarazona, distrito de Llata, provincia de Huamalíes, departamento Huánuco" con código único de Inversión N° 2173670".

**Referencia :** a) Solicitud de Acceso a la Información Pública N° 202500208  
b) Memorando N°000474-2025-MINEDU-VMGI-PRONIED-OGAD-UTDAU

**Expediente :** E-019663-2025

Me dirijo a usted, en atención a los documentos de la referencia, relacionados a la Solicitud de Acceso a la Información Pública presentada por el ciudadano Melvin Antonio Estrella Camavilca con DNI: 47834782.

Al respecto, se ha emitido el Informe N° 001093-2025-MINEDU-VMGI-PRONIED-UGEO-OXI del Coordinador del Equipo de Obras por Impuestos, que adjunta y hace suyo el Informe N° 000213-2025-NGA-MINEDU-VMGI-PRONIED-UGEO-OXI-SEEO del Sub Equipo de Ejecución de Obras, mediante el cual se da atención a la solicitud realizada por el ciudadano Melvin Antonio Estrella Camavilca, respecto al Expediente Técnico del Proyecto: "Ampliación y Mejoramiento de la Institución Educativa N° 32386 Daniel Fonseca Tarazona, distrito de Llata, provincia de Huamalíes, departamento Huánuco" con código único de Inversión N° 2173670".

Atentamente,

Firmado digitalmente  
CESAR ALFONSO HONORES GUZMAN  
DIRECTOR DE SISTEMA ADMINISTRATIVO III DE LA UNIDAD GERENCIAL DE ESTUDIOS  
Y OBRAS  
Programa Nacional de Infraestructura Educativa  
Ministerio de Educación

(CAHG/cnsa)

Documento electrónico firmado digitalmente en el marco de la Ley N° 27288, Ley de Firmas y Certificados Digitales, su Reglamento y modificaciones. La integridad del documento y la autenticidad de (la/s) firma(s) pueden ser verificadas en <https://apps.firmaperu.gob.pe/web/validador.xhtml>

Expediente: 0019663-2025

Este es una copia impresa imprimible de un documento electrónico archivado en el Programa Nacional de Infraestructura Educativa, aplicando lo dispuesto por el Art. 20 de D.L. 1793-10-PCO y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.L. 328-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través del siguiente link:  
<https://apps.firmaperu.gob.pe/web/validador.xhtml>


[www.gub.pe/infocnsa](http://www.gub.pe/infocnsa)

J. Carabaya N° 543  
Cercado de Lima, Lima UL  
Contacto: (01) 680 6777



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana

Título digitalizado por:  
CURLM de la Urea TAU  
2014042011.pdf  
Módulo: Registro de Documentos  
Fecha: 19/06/2025 10:52:30 AM

Lima, 19 de junio del 2025

**INFORME N° 000213-2025-NGA-MINEDU-VMGI-PRONIED-UGEO-OXI-SEEO**

**A :** CESAR AUGUSTO SANCHEZ SALAS  
Coordinador (e) del Equipo de Obras Por Impuestos

**De :** NORMA GUILLEN ALCA  
Coordinadora de Obra - Sub Equipo de Ejecución de Obras

**Asunto :** SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA CIUDADANO:  
MELVIN ANTONIO ESTRELLA CAMAVILCA

**Referencia :** a) Solicitud de Acceso a la Información Pública N° 202500206  
b) Memorando N°000474-2025-MINEDU-VMGI-PRONIED-OGAD-UTDAU

**Expediente :** E-019663-2025  
PROVIDO N° 001644 2025 MINEDU VMGI PRONIED UGEO OXI

Por el presente me dirijo a usted, en atención al documento de la referencia a), donde el ciudadano Melvin Antonio Estrella Camavilca solicita el acceso a la información pública del proyecto: "Ampliación y Mejoramiento de la Institución Educativa N° 32386 Daniel Fonseca Tarazona, distrito de Llata, provincia de Huamalles, departamento Huánuco" con código único de Inversión N° 2173670".

Al respecto se informa lo siguiente:

**I. ANTECEDENTES:**

- 1.1 Mediante Solicitud de Acceso a la Información Pública N° 202500206, registrado por mesa de parte virtual el 17 de junio de 2025, el ciudadano Melvin Antonio Estrella Camavilca con DNI: 47834782, solicita al PRONIED el acceso a la información pública del proyecto: "Ampliación y Mejoramiento de la Institución Educativa N° 32386 Daniel Fonseca Tarazona, distrito de Llata, provincia de Huamalles, departamento Huánuco".
- 1.2 Mediante Memorando N°000474-2025-MINEDU-VMGI-PRONIED-OGAD-UTDAU de fecha 17 de junio de 2025, el Director de la Unidad de Trámites Documentario y Atención al Usuario, solicita a la Unidad Gerencial de Estudios y Obras dar atención a la solicitud de acceso de Información Pública N°202500206, en el marco del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

**II. ANÁLISIS:**

- 2.1 De la información solicitada por el ciudadano Melvin Antonio Estrella Camavilca con DNI: 47834782, a través de la solicitud de acceso a la Información Pública N° 202500206, solicita el Expediente Técnico del proyecto: "Ampliación y Mejoramiento de la Institución Educativa N° 32386 Daniel Fonseca Tarazona, distrito de Llata, provincia de Huamalles, departamento Huánuco", con código único de Inversión N° 2173670".

"(...)

Documento electrónico firmado digitalmente en el marco de la Ley N° 27268, Ley de Firmas y Certificados Digitales, su Reglamento y modificaciones. La integridad del documento y la autenticidad de la(s) firma(s) pueden ser verificadas en <https://apps.firmaperu.gob.pe/web/validador.xhtml>

Expediente: 0419663-2025

Este es un copia sujeta imprimible de un documento electrónico emitido en el Programa Nacional de Infraestructura Educativa, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.L. 1793-10-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.L. 328-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través del siguiente link: <https://apps.firmaperu.gob.pe/web/validador.xhtml>



[www.gob.pe/pronied](http://www.gob.pe/pronied)

Jr. Carabaya N.° 341  
Cercado de Lima, Lima III  
Contacto: 891 680 6777



PERU

Ministerio  
de EducaciónViceministerio de  
Gestión InstitucionalPrograma Nacional de  
Infraestructura Educativa

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana

FORMULARIO		N° REGISTRO
SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA		202500206
I. FUNCIÓN/AREA RESPONSABLE DE ATENDER LAS SOLICITUDES DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA		
UFFE DE LA UNIDAD DE TRAMITE DOCUMENTARIO Y ATENCIÓN AL USUARIO		
II. REQUISITOS OBLIGATORIOS DE LA SOLICITUD		
DATOS DEL SOLICITANTE		
APellidos y Nombres / RAZÓN SOCIAL	D.N.I. / C.P. / R.U.C.	CORREO ELECTRÓNICO
ESTRELLA CAMAVILCA MELVIN ANTONIO	47534782	antonioestrellacamavilca@gmail.com
DOMICILIO		
MZ B LT 36 ASOC. LAS MERCEDES DE ATE		
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
LIATA	LIATA	ATE
INFORMACIÓN SOLICITADA		
Expediente Técnico del proyecto "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N° 32386 DANIEL FONSECA TARAZONA, DISTRITO DE LIATA, PROVINCIA DE HUAMALÍES, DEPARTAMENTO HUÁNUCO" CON CÓDIGO DE INVERSIÓN N° 2173670".		
FORMA O MEDIO DE ENTREGA		
Forma o medio para la entrega de información (si no se indica, se entrega a través de copias simples, reguladas en el decreto supremo N° 164-2019-PCM, que aprueba el procedimiento administrativo estandarizado de acceso a la información pública).		

(...)"

- 2.2 Así mismo, con Memorando N° 000474-2025-MINEDU-VMGI-PRONIED-OGAD-UTDAU de fecha 17 de junio de 2025, la Unidad de Trámites Documentario y Atención al Usuario (UTDAU) solicita a la Unidad Gerencial de Estudios y Obras (UGEO), dar atención a la referida solicitud en un plazo no mayor de cinco (05) días hábiles, en el marco del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública.
- 2.3 Al respecto, mediante la Resolución Directoral Ejecutiva N° 000102-2024-MINEDU-VMGI-PRONIED-DE, de fecha 06 de junio de 2024, el PRONIED aprobó el Expediente Técnico del proyecto: "Ampliación y Mejoramiento de la Institución Educativa N° 32386 Daniel Fonseca Tarazona, distrito de Liata, provincia de Huamalíes, departamento Huánuco".
- 2.4 Finalmente, en atención a la solicitud de acceso de Información Pública N° 202500206 del proyecto en asunto con CUI N° 2382929, donde el ciudadano Melvin Antonio Estrella Camavilca solicita el Expediente Técnico, se adjunta el link de descarga conteniendo la información que corresponde a esta coordinación, además cabe indicar que la información solicitada corresponde ser brindada al Sub Equipo de Estudios y Proyectos, debido a que el Sub Equipo en mención aprueba el Expediente Técnico.

Link de descarga del Expediente Técnico Aprobado:

[https://proniedot-my.sharepoint.com/:f/g/personal/uggeo224\\_pronied\\_gob\\_pe/EIAlNaComh5EvRV\\_4MRlxgMBxkrndfDjkooC7Y1nZgcwNw?e=G9ek0d](https://proniedot-my.sharepoint.com/:f/g/personal/uggeo224_pronied_gob_pe/EIAlNaComh5EvRV_4MRlxgMBxkrndfDjkooC7Y1nZgcwNw?e=G9ek0d)

### III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- 3.1 Con Memorando N° 000474-2025-MINEDU-VMGI-PRONIED-OGAD-UTDAU, de fecha 17 de junio de 2025, la Unidad de Trámites Documentario y Atención al Usuario del PRONIED, remite a la Unidad Gerencial de Estudios y Obras – UGEO, la Solicitud de Acceso a la Información Pública antes señalada; para su atención.
- 3.2 Con el presente informe y la documentación adjunta se da por atendida la solicitud del ciudadano Melvin Antonio Estrella Camavilca, en relación al proyecto: "Ampliación y Mejoramiento de la Institución Educativa N° 32386 Daniel Fonseca Tarazona, distrito de Liata, provincia de Huamalíes, departamento Huánuco" con código único de Inversión N° 2173670", indicando que la información solicitada corresponde ser brindada al Sub Equipo de Estudios y Proyectos, debido a que el Sub Equipo en mención revisa y aprueba el

Expediente: 041940-2025

Este es un copia sujeta a verificación de la integridad del documento electrónico archivado en el Programa Nacional de Infraestructura Educativa, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.L. 179-2010-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.L. 1225-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través del siguiente link: <http://reglamento.gob.pe/verificacion-de-autenticidad>



[www.gob.pe/pronied](http://www.gob.pe/pronied)

Jr. Carabaya N.° 343  
Cercado de Lima, Lima III  
Contacto: 895 680 6777



PERÚ

Ministerio  
de EducaciónViceministerio de  
Gestión InstitucionalPrograma Nacional de  
Infraestructura Educativa

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana

Expediente Técnico.

- 3.3 En ese sentido, se recomienda remite al presente documento a la Unidad de Trámite Documentario y Atención al Usuario del PRONIED, para los fines correspondientes.

Es todo cuanto se informa para su conocimiento y fines que se sirva determinar.

Atentamente,

Documento Firmado Digitalmente  
**Ing. NORMA GUILLÉN ALCA**  
Coordinador de Obra - Equipo de Obras por Impuestos  
Programa Nacional de Infraestructura Educativa – PRONIED  
Ministerio de Educación

(NGA)

Documento electrónico firmado digitalmente en el marco de la Ley N° 27288, Ley de Firmas y Certificados Digitales, su Reglamento y modificaciones. La integridad del documento y la autenticidad de la(s) firma(s) pueden ser verificadas en <https://apps.firmaperu.gob.pe/web/validador.xhtml>

Expediente: 041940-2025

Este es un código QR que permite verificar la integridad del documento electrónico emitido en el Programa Nacional de Infraestructura Educativa, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.L. 1793-10-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.L. 328-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través del siguiente link: <https://apps.firmaperu.gob.pe/web/validador.xhtml>



[www.gob.pe/pronied](http://www.gob.pe/pronied)

Jr. Carabaya N.° 341  
Cercado de Lima, Lima III  
Contacto: 895 680 6777

## Anexo D. Memoria de cálculo

TESIS: Optimización del costo y tiempo en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386 con la implementación de la metodología BIM, Huánuco, 2024.

AUTOR: Estrella Camavilca, Melvin Antonio

### ESTRUCTURACIÓN Y PRE DIMENSIONAMIENTO

El proceso de estructuración consiste en definir la ubicación y características de los diferentes elementos estructurales (losas, vigas, muros, columnas), de tal forma que se logre dotar a la estructura de buena rigidez, además resulte fácil y confiable reproducir el comportamiento real de la estructura.

Mediante el pre-dimensionamiento se brindará las dimensiones mínimas a las secciones de los elementos estructurales para que tengan una buena respuesta ante solicitaciones por carga de gravedad y de sismo.

#### 2.1 MODULO 03 AULAS / 03 AULAS (BLOQUE C)

##### 2.1.1 Estructuración

- Las vigas fueron ubicadas según el entramado asignado del trabajo encargado, conformando junto a las columnas marcos sismo resistentes.
- La base de las columnas y placas se consideró empotrada, dado que el terreno puede considerarse rígido con una capacidad portante de 8.98 kg/cm<sup>2</sup>
- Cada piso fue considerado como un diafragma rígido, con 3 grados de libertad, dos de los cuales son de traslación horizontal (X-Y) y uno de rotación en el plano horizontal.
- Por cada nivel se consideran dos masas traslacionales y una rotacional.

  
**JUAN DOMINGO GUTIÉRREZ EURIBE**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N° 112391


##### 2.1.2 Pre-dimensionamiento

- **Losas Aligeradas:** En la sección 9.6.2, representado en la Tabla 9.1 de la Norma E-060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, se indican valores aproximados para la determinación del peralte mínimo en losas aligeradas en una dirección y vigas, para evitar el cálculo de deflexiones.

Como el valor máximo de las luces consideradas en el proyecto es de cuatro (4) metros, según la planimetría de arquitectura, el espesor mínimo requerido considerando la tabla 9.1 es de:

$$\text{Ambos extremos continuos} = L/21 = 400/21 = 19.05 \text{ cm}$$

**Por tanto asumimos una losa aligerada de 20 cm de espesor**

  
**ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL**  
 CIP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 OXI-UGEO-PRONIED

  
**CONSORCIO CHACOGESA MAFR.**

**DR. WILFREDO USUMBU ANDALQUIPE**  
 INGENIERO CIVIL  
 R.O.C. CIP N° 38133

  
**CONSORCIO CHACOGESA MAFR.**  
 INGENIERO CIVIL  
 R.O.C. CIP N° 38133

**TABLA 9.1**  
**PERALTES O ESPESORES MÍNIMOS DE VIGAS NO PREESFORZADAS O LOSAS**  
**REFORZADAS EN UNA DIRECCIÓN A MENOS QUE SE CALCULEN LAS DEFLEXIONES**

	Espesor o peralte mínimo, $h$			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos no estructurales susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18,5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

- Vigas: El peralte ( $h$ ) y ancho ( $b$ ) mínimo de la viga se obtendrá de las siguientes relaciones:

Ancho de Viga ( $b$ )

$$b = \frac{\text{Ancho Tributario}}{20}$$

Peralte de Viga ( $h$ )

$$h = \frac{\text{Luz Libre de Viga}}{10 \text{ ó } 12}$$

Debe cumplirse la igualdad de rigideces:  $b \times h^3 = b_o \times h_o^3$

Además:  $0,3 h < b < 0,5 h$       y       $b \geq 25 \text{ cm}$



JUAN DOMINGO GUTIÉRREZ EURIPE  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. de Colegio de Ingenieros del Perú N° 15290

Para nuestro caso, las vigas principales del módulo tienen luces libres de 7.20m que darían peraltes de 60 a 72cm, se ha escogido un peralte de  $h=70\text{cm}$ , el cual se encuentra dentro del rango recomendado; con respecto al ancho se ha escogido  $b=30\text{cm}$  que se encuentra dentro del rango de  $0,3h < b < 0,5h$ , con lo que al final las vigas principales de los módulos quedan con una sección de **0.30 x 0.70m**

Piso	Luz Mayor (m)	$h=L/12$ (m)	$H=L/10$ (m)	Dimensiones		Observaciones
				$h$ (m)	$b$ (m)	
1	2.72	0.23	0.27	0.70	0.25	Para llegar a la losa
1	3.72	0.31	0.37	0.60	0.30	Detalle arquitectónico (Parapeto)
1	7.20	0.60	0.72	0.70	0.30	
2	2.72	0.23	0.27	1.10	0.25	Para llegar a la losa
2	3.72	0.31	0.37	0.42	0.22	Forma la canaleta
2	3.60	0.30	0.36	0.55	0.30	Para llegar a la losa

- Columnas: Para el presente caso, debido a que se cuenta con columnas de dimensiones

MEMORIA DE CÁLCULO Ing. Juan Gutiérrez Euribe

INGENIERO CIVIL

ING. WILFREDO MAXIMO CHICOM CHICOM

REG. DE COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 15290

INGENIERO CIVIL

CIP N° 30633

generosas y las edificaciones son de un máximo de 2 pisos, el pre dimensionamiento de las mismas se hará por cargas de sismo y no por cargas estáticas (CM+CV).

Se tiene un área total de 262.18m<sup>2</sup> en primer piso y 311.17m<sup>2</sup> en segundo piso, lo que daría un peso aproximado (considerando 1tn/m<sup>2</sup>) para los 2 pisos de 573tn. La cortante sería de  $V = (ZUCS/R)*P = (0.35*1.5*2.5*1/6)*573 = 126.60tn$ . Para soportar la cortante se han considerado 10 placas de 25x130cm + 4 columnas de 25x72.5cm.

Usando la fórmula  $V_c = 0.53\sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$ , se obtiene 274.77tn que es mayor que  $126.60/0.85 = 148.94tn$ , por lo que las columnas son suficientes para resistir la fuerza cortante.

### 2.1.3 Estructuración del Módulo

El módulo está conformado por una estructura de dos niveles. Para la estructuración se está considerando a la edificación como un sistema con muros de concreto armado y muros de albañilería confinada en la dirección Y-Y, y en la otra dirección se planteó un sistema de muros tipo T que consideraremos como muros de concreto armado de acuerdo a lo indicado en la Norma E.030. Se ha considerado diafragma rígido a nivel de entrepiso para el cálculo de los desplazamientos. El diseño y detallado se realizó en concordancia con el proyecto Arquitectónico.

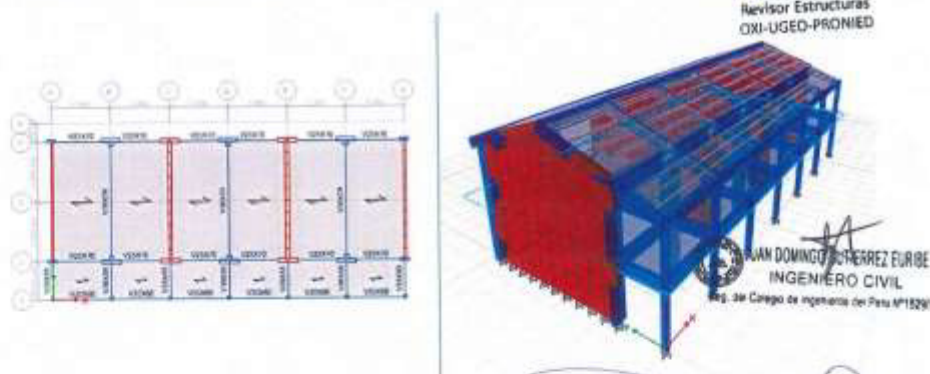


Figura N°2.1.1 Vista en planta y 3d del Módulo 03 Aulas / 03 Aulas

### 2.1.4 Asignación de cargas

Se han considerado las indicaciones de la Norma E-020 Cargas, del Reglamento Nacional de Edificaciones. Los pesos unitarios para los materiales del proyecto son:

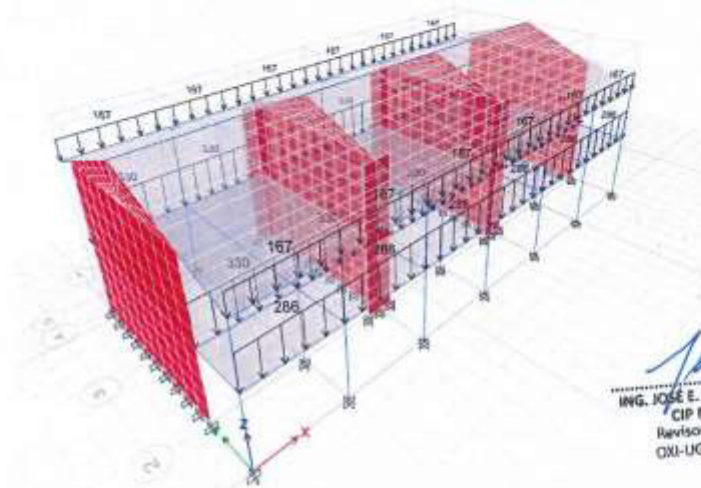
- Peso Unitario del Concreto 2400 Kg/m<sup>3</sup>
- Peso Unitario del Acero 7850 Kg/m<sup>2</sup>
- Peso Unitario de la Albañilería 1800 Kg/m<sup>3</sup>
- Peso del Suelo relleno o natural 1800 Kg/m<sup>3</sup>

Adicionalmente, cada pabellón está sometido a diversos tipos de carga, según el uso al que este destinado y la exposición al medio.

Las sobrecargas se calcularon de acuerdo a lo indicado en la Norma E.020 de Cargas

- Aulas : 250kgf/m<sup>2</sup>
- Corredor : 400kgf/m<sup>2</sup>
- Techo : 100kgf/m<sup>2</sup>

A continuación se muestra la carga muerta asignada a la estructura correspondiente a los parapetos y las canaletas.



*[Signature]*  
 ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL  
 CIP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 OXI-UGEO-PRONIED

Figura N°2.1.2 Vista de cargas muertas asignadas al Módulo 03 Aulas / 03 Aulas

*[Signature]*  
 JUAN DOMINGO GUTIÉRREZ EURIBE  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N°15290

**2.1.5 Parámetros Sísmicos**

La Norma E-030 "Diseño Sismo resistente", indica en el Anexo N°01, la zona sísmica a la que pertenecen los departamentos y provincias del Perú. Para el departamento de Huánuco, la provincia de Huamalíes pertenece a la Zona Sísmica 3. Por tanto las edificaciones a construir corresponden a la Zona 3, y la aceleración en roca corresponde a 0.35g, es decir Z=0.35.

Se han considerado los siguientes Parámetro Sísmicos

<b>Sa</b>	<b>Aceleración Espectral</b>
<b>Z</b>	<b>Factor de Zona</b>
<b>U</b>	<b>Factor de Categoría de Edificación</b>
<b>S</b>	<b>Parámetro de Suelo</b>
<b>C</b>	<b>Factor de Amplificación Sísmica</b>

*[Signature]*  
 CONSORCIO CHACOGESA MAFR.  
 ING. MARCELO MÁXIMO CHACOGESA  
 REPRESENTANTE LEGAL COMÚN

$$Sa = \frac{ZUSC}{R} \times g$$

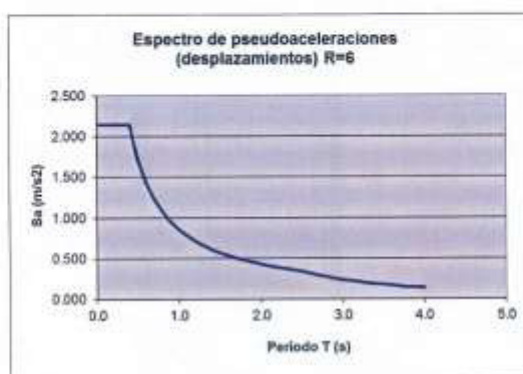
Z= 0.35 (Zona 3)  
 U=1.5 (Categoría "A", Edificaciones Esenciales")  
 S=1.00 (Suelo S1)  
 Tp=0.4 seg  
 Tl=2.5

T < Tp  $\implies$  C = 2.5

*[Signature]*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 20228

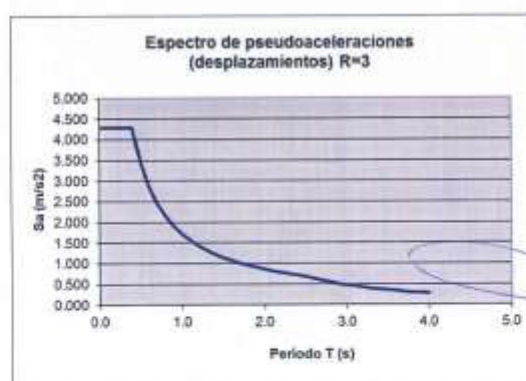
<b>R</b>	Coefficiente de Reducción	Placas R=6
		Albañilería Confinada R=3
<b>g</b>	Aceleración de la gravedad	981cm/seg <sup>2</sup>

Del estudio de Suelos, se determinó los parámetros S, TL y Tp. A partir de estos valores se determinó el espectro inelástico de pseudo aceleraciones, los cuales permitirán realizar el análisis sísmico dinámico por combinación modal espectral de la edificación.



  
 ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL  
 CIP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 OXI-UGED-PRONIED

Fig. 2.1.3 Espectro Sísmico Para Sistema Estructural de Muros de Concreto



  
 JUAN DOMINGO PÉREZ EURIBE  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N°10290

  
 CONSORCIO CHACOGESA MAFR.  
 ING. WILFREDO MÁXIMO DÍAZ COMAS  
 REPRESENTANTE LEGAL COMAR

Fig. 2.1.4 Espectro Sísmico Para Sistema Estructural Albañilería Confinada

### 2.1.6 Combinaciones de Cargas

Las combinaciones de carga para el diseño de las estructuras de concreto armado serán las que se muestran a continuación:

  
 MARCOS A. FLORES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N°10290

	Factores de carga
Cargas muertas y vivas	1.4 CM + 1.7 CV
Cargas de sismo (CS)	1.25 (CM+CV) - CS
	1.25 (CM+CV) + CS
	1.25 CM + CS
	1.25 CM - CS
	0.90 CM + CS
	0.90 CM - CS

Las combinaciones de carga para el diseño de las dimensiones de la cimentación con respecto a la carga transmitida al terreno serán las siguientes:

CIM01: CM + CV

CIM02:  $(1/1.3)(CM+CV) \pm (0.8/1.3)SX$

CIM03:  $(1/1.3)(CM+CV) \pm (0.8/1.3)SY$

  
 ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL  
 CIP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 OXI-UGED-PRONIED

### 2.1.7 Masa para el análisis sísmico

Las masas fueron obtenidas directamente por el programa ETABS, en base al modelo, a partir de las cargas aplicadas y peso propio de los elementos, considerando 100% carga muerta + 50% carga viva.

  
 JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N°15299

### 2.1.8 Evaluación de la regularidad de la estructura

En el Art. N°20 de la Norma E.030, se prescriben los criterios para evaluar la regularidad de las estructuras. En principio la Tabla N° 08 se establecen los criterios para las limitaciones de la irregularidad en altura.

TABLA N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad $I_r$
<b>Irregularidad de Rigidez - Piso Blando</b> Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.	0,75
<b>Irregularidades de Resistencia - Piso Débil</b> Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	
<b>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 50% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.	0,50
<b>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	
<b>Irregularidad de Masa o Peso</b> Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
<b>Irregularidad Geométrica Vertical</b> La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
<b>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</b> Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.	0,80

MEMORIA DE CÁLCULO Ing. Juan Gutiérrez Euribe

CONSORCIO INGENIERIA S.R.L.

ING. WILFREDO GUTIERREZ EURIBE

INGENIERO CIVIL

REG. N° 15299

MAESTRO DE OBRAS

ING. JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE

INGENIERO CIVIL

REG. N° 15299

TABLA N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA		Factor de Irregularidad $I_z$
<b>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10)</b> Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.		0,60

A continuación se indica el resumen de las verificaciones efectuadas:

Módulo	Piso blando	Irregularidad de Masa	Irregularidad Geométrica	Discontinuidad	TIPO
03 Aulas / 03Aulas	NO	NO	NO	NO	REGULAR

En el Art. N°20 de la Norma E.030, se prescriben los criterios para evaluar la regularidad de las estructuras.

En principio la Tabla N° 09 se establecen los criterios para las limitaciones de la irregularidad en planta

Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA		Factor de Irregularidad $I_p$
<b>Irregularidad Torsional</b> Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio ( $\Delta$ max) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta$ prom). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.		0,75
<b>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio ( $\Delta$ max) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta$ prom). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.		0,60
<b>Esquinas Entrantes</b> La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.		0,90
<b>Discontinuidad del Diafragma</b> La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.		0,85
<b>Sistemas no Paralelos</b> Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.		0,90

A continuación se indica el resumen de las verificaciones efectuadas:

Módulo	Irregularidad Torsional	Esquinas entrantes	Discontinuidad de diafragmas	Sistemas No Paralelos	TIPO
03 Aulas / 03 Aulas	NO	NO	NO	NO	REGULAR

Como conclusión, la estructura es regular.

CONSORCIO CHACOGESA MAFR.

ING. WILFREDO SALAZAR Q. DOMÍNGUEZ  
REPRESENTANTE LEGAL

ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL  
CIP N° 112706  
Revisor Estructuras  
CXL-LXGEO-PRONIED

### 2.1.9 Control de Desplazamiento Lateral.

Los desplazamientos laterales que nos proporciona el programa está en base a las solicitaciones sísmicas reducidas, por ende se debe multiplicar dicho desplazamiento lateral elástico por 0.75R para obtener los desplazamientos laterales inelásticos, que serían los desplazamientos esperados ante un sismo no reducido.

En la tabla 2.1.9 se muestran los desplazamientos inelásticos (Dx, Dy) calculados para el presente módulo

Tabla 2.1.9 Desplazamientos máximos

Pabellón	Distorsión de entrepiso		Desplazamiento máximo relativo de entrepiso (cm.)		Desplazamiento máximo último piso (cm.)	
	XX	YY	XX	YY	XX	YY
03 Aulas / 03 Aulas	Primer Piso		Primer Piso		0.86	0.17
	0.0011	0.0002	0.38	0.08		
	Segundo Piso		Segundo Piso			
	0.0009	0.0002	0.48	0.09		

Como se observa la distorsión máxima para elementos de concreto armado es de 0.0011 siendo la permitida de 0.007 y la distorsión máxima de 0.0002 para elementos de albañilería confinada siendo la permitida de 0.005 según la norma E.030.

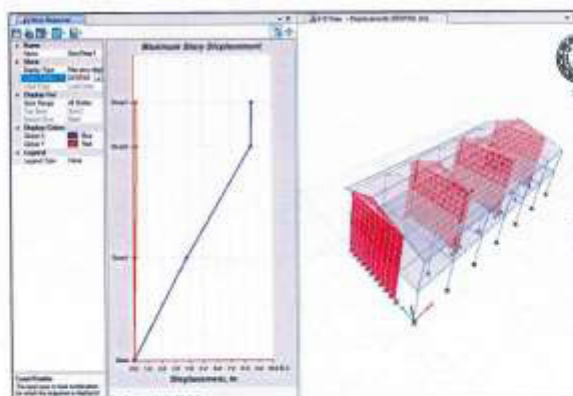


Fig. 2.1.5 Desplazamientos y deformada en la dirección X-X por fuerza de sismo.

JUAN DOMINGO PERREZ EURIPE  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú 411374

ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL  
CIP N° 112706  
Revisor Estructuras  
OXI-UGEO-PRONIED

CONSORCIO CHACOGESA MAFR.

ING. WILFREDO REBOLLO CIVIL 10054  
REPUBLICA PERUANA

MARIA ANTONIA FLORES  
RAZURI  
INGENIERO CIVIL  
R.L. CIP N° 35133

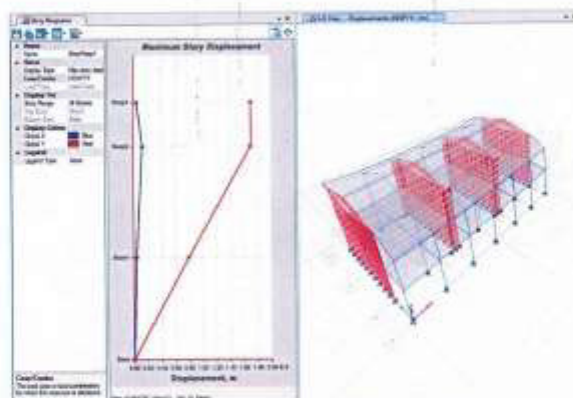


Fig. 2.1.6 Desplazamientos y deformada en la dirección Y-Y por fuerza de sismo.

### 2.1.10 Control de cortante mínima en la base

Se ha verificado la fuerza cortante en la base para que cumpla con el valor mínimo que indica la norma E.030 en su artículo 18.2 inciso d, la cual es el 80% del cortante estático.

Para todas las edificaciones se ha considerado los siguientes valores:

$$Z = 0.35$$

$$U = 1.5$$

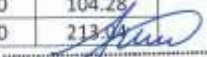
$$C = 2.5$$

$$S = 1.00 \text{ (Según el estudio de Suelos)}$$


**JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú 47142/01

### Factor de Escalamiento de la Fuerza Cortante en la Base

Pabellón	EJE	R	Peso de la Edificación	Cortante Estático al 80%	Cortante Dinámico	Factor de Escala	Cortante de Diseño
03 Aulas / 03 Aulas	X-X	6	584.61	102.31	104.28	1.0000	104.28
	Y-Y	3	584.61	204.61	213.04	1.0000	213.04

  
**ING. JOSÉ E. CALLE MENDOVAL**  
 CIP Nº 112706  
 Revisor Estructuras  
 COI-UGEO-PRONIED

### 2.1.11 Periodos de vibración y porcentaje de participación de masa

A continuación se muestran los 3 primeros periodos de vibración así como el porcentaje de participación de masa total.

  
**MARCO ANTONIO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 COI-UGEO-PRONIED

### Resultados del Análisis modal de los Pabellones

Pabellón	N° de Modos	EJE	Modo 1	Modo 2	Modo 3	% de Part. De Masa
03 Aulas / 03 Aulas	39	X-X	0.167		0.054	100.00
		Y-Y		0.070		100.00

Como se puede apreciar en todos los casos el porcentaje de participación de masa supera ampliamente el 90%.

CONSORCIO CHACOGESA MAFR.

## 2.1.12 Diseño en concreto armado

### 2.1.12.1 Método de Diseño

La metodología empleada fue la de Diseño por Resistencia. Con este método se busca que la resistencia última de un elemento sometido a flexión, compresión, o corte sea mayor o igual a la fuerza última que se obtiene mediante las combinaciones de cargas amplificadas, lo cual se resumen en la siguiente fórmula:

$$\phi R_n > \alpha C_i$$

Dónde:

- $\phi$ : Factor de reducción de resistencia, menor que la unidad
- $R_n$ : Resistencia nominal
- $\alpha$ : Factor de carga o de amplificación
- $C_i$ : Efecto de las cargas de servicio

La tabla 2.1.12.1 muestra los factores de reducción de resistencia indicados en la Norma E.060.

Tabla 2.1.12.1 Factores de Reducción de Resistencia

Factores de reducción de resistencia		
Flexión	0.90	
tracción y tracción + flexión	0.90	
Cortante	0.85	
Torsión	0.85	
Cortante y Torsión	elementos con espirales	0.75
	elementos con estribos	0.70
aplastamiento	0.70	

  
 ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL  
 QIP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 OXI-UGEO-PRONIED

  
 JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N°15290

Los factores de amplificación de carga para el caso de carga muerta, viva y sismo son los mostrados en la tabla 2.1.12.2.

Tabla 2.1.12.2 Combinaciones de Carga para Diseño en Concreto Armado

	Factores de carga
Cargas muertas y vivas	1.4 CM + 1.7 CV
	1.25 (CM+CV) - CS
	1.25 (CM+CV) + CS
Cargas de sismo (CS)	1.25 CM + CS
	1.25 CM - CS
	0.90 CM + CS
	0.90 CM - CS

  
 CONSORCIO CHACOGESA MAFR.  
 ING. ALFREDO MAXIMO CHACAL QUIPE  
 REPRESENTANTE LEGAL

  
 MAGDO RODRÍGUEZ  
 INGENIERO CIVIL  
 QIP N° 112706

### 2.1.12.2 Diseño por Flexión

La sección crítica para momento negativo se tomará en las caras de los apoyos, mientras que para momentos positivos en el interior de la luz.

Para calcular la resistencia a flexión de una sección, como la mostrada en la figura 5.1, se supone que:

- Las secciones planas permanecen planas (hipótesis de Navier).
- No existe deslizamiento entre el acero de refuerzo y el concreto.
- La máxima deformación a considerar en la fibra extrema a compresión será de 0.003

Para poder simplificar los cálculos, el ACI permite que se emplee el bloque equivalente de compresiones. En consecuencia, para un elemento con ancho "b" y altura igual a "h", tenemos:

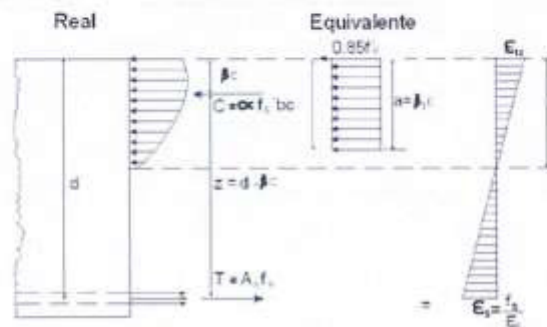


Figura 2.1.7  
Bloque equivalente de compresiones

*Juan*  
ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL  
CIP N° 112706  
Revisor Estructuras  
OU-UGEO-PROMIED

Por tanto se puede estimar el momento resistente a flexión como:

- $T = A_s f_y = 0.85 f_c a b = C_c \rightarrow a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b}$
- $\phi Mn = \phi A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \rightarrow \phi Mn = \phi A_s f_y \left( d - \frac{A_s f_y}{2 \times 0.85 f_c b} \right)$

*Juan*  
JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE  
INGENIERO CIVIL  
Rep. del Colegio de Ingenieros del Perú N°15290

Para flexión el valor del factor de reducción ( $\phi$ ) es 0.9

Se alcanzará esta resistencia nominal cuando el acero llegue al esfuerzo de fluencia o cuando el concreto alcance su deformación máxima. El tipo de falla dependerá de la cuantía de acero colocado en la sección.

Dicha cuantía se define como:

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

Donde:  $\rho$ =Cuantía de acero

$A_s$ = Área de acero

$B$ =ancho de la sección

CONSORCIO CHACOGESA MAPR  
*Wilfrido*  
ING. WILFRIDO MARIANO CHACON GUSSE  
REPRESENTANTE TECNICO LEGAL

*Maria*  
MARIA TERESA FLORES  
INGENIERA CIVIL

$d$  = peralte efectivo de la sección

**Cuantía balanceada:** Se define cuantía balanceada al área de acero que propicia una falla por aplastamiento de la sección de concreto en compresión al mismo tiempo que el acero alcanza la deformación de fluencia.

$$\rho_b = \beta_1 \times 0.85 \times \frac{f_c}{f_y} \left( \frac{E_s \epsilon_s}{E_s \epsilon_s + E_c \epsilon_c} \right) ; \beta_1 = 0.85$$

Cuando se coloca una cuantía mayor a la balanceada se producirá falla en compresión, es una falla frágil muy peligrosa. Por ello, lo que debemos buscar en el diseño es una falla dúctil. Por ende, es importante controlar la cuantía de acero, ya que una cuantía mayor o menor a la balanceada determinará el tipo de falla que puede presentar la sección del elemento.

**Cuantía máxima:** La Norma E.060 Concreto Armado limita la cuantía máxima en zonas sísmicas al 50% de la balanceada, de tal forma que garanticemos una falla dúctil. Se determinará según:

$$\rho_{max} = 0.50 \rho_b$$

**Cuantía mínima:** En la Norma E.060 se establece que se debe de proveer una cuantía mínima a la sección de tal forma que la resistencia de la sección fisurada sea por lo menos 1.5 veces mayor que el momento flector causante del agrietamiento de la sección. El área mínima para secciones rectangulares se calculará:

$$\rho_{min} = \frac{A_{s,min}}{b d}$$

Los requisitos específicos para diseño por flexión en losas y vigas serán explicados en acápite correspondiente.

### 2.1.12.3 Diseño por Flexo-compresión

**Capacidad por Flexo-compresión:** Las mismas hipótesis básicas utilizadas en el análisis de una sección en flexión simple serán válidas para este acápite.

Los elementos tipo columnas o placas tienen una infinidad de combinaciones de momento flector y carga axial que pueden producir su falla.

Conociendo las propiedades del material, la sección de la columna o placa y la distribución del acero de refuerzo se puede construir un diagrama de interacción nominal ( $M_n$  Vs  $P_n$ ) con las diferentes combinaciones de momento flector y carga axial que causa la falla de la sección.

**Procedimiento de diseño:** Se asume una sección reforzada, luego se construye el diagrama de interacción de diseño, esto se logrará afectando el diagrama de interacción nominal con el factor  $\phi$  (reducción de resistencia) y el factor  $n$  correspondiente a carga axial. Finalmente, lo que debemos lograr es que los pares de fuerza ( $M_u$ ,  $P_u$ ) obtenidas de las combinaciones se encuentren dentro del diagrama de diseño.

La figura 2.1.12.2 muestra el diagrama de interacción nominal y de diseño de una sección

de concreto reforzada

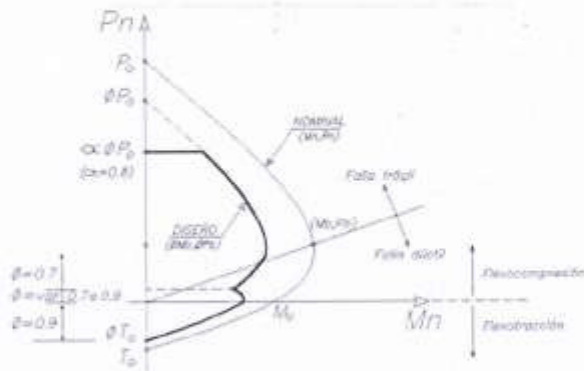


Figura 2.1.8. Diagrama de interacción nominal y de diseño

*[Firma]*  
 ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL  
 CIP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 OXI-UGEO-PRONIED

**2.1.12.4 Diseño por Corte**

Para el diseño por corte será de interés las secciones con mayor fuerza cortante, la sección a analizar se tomará a una distancia "d" (peralte efectivo) de la cara de los apoyos. Sólo se tomará el valor del cortante en la cara cuando la reacción del apoyo induce tracción al elemento o si existiera alguna carga puntual ubicada a una distancia menor a "d".

Capacidad en corte: En una sección reforzada la capacidad en corte ( $\phi V_n$ ) estará dada por la suma del aporte del concreto ( $\phi V_c$ ) y del refuerzo ( $\phi V_s$ ), es decir:

$$\phi V_n = \phi V_c + \phi V_s ; \phi = 0.85$$

Donde:

*[Firma]*  
 JUAN DOMINGO BUITRÁN EURIPE  
 INGENIERO CIVIL  
 No. del Colegio de Ingenieros del Perú N° 12256

$V_n$ : resistencia nominal a corte, considerando el aporte del concreto ( $V_c$ ) y del acero ( $V_s$ ).

$V_c$ : resistencia a corte del concreto, se calculará como  $V_c = 0.53\sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$ ,

$V_s$ : resistencia a corte del estribo perpendicular el eje del elemento, cuya resistencia se calcula  $V_s = (A_v \cdot f_y \cdot d) / S$ ; siendo  $A_v$  el área del refuerzo por corte y "s" el espaciamiento del refuerzo.

Será necesario reforzar mediante estribos perpendiculares al elemento cuando el concreto no sea capaz de resistir la fuerza cortante última.

Las particularidades del diseño por corte en los diferentes elementos estructurales se mencionarán en sus respectivos acápite.

**2.1.12.5 Diseño de Losas Aligeradas**

CONSORCIO CHACOGESA MAFR.

ING. WILFREDO SALAS OCHOA  
 REVISOR ESTRUCTURAS

*[Firma]*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 20633

El diseño de losas aligeradas se realizó considerando las cargas de gravedad indicadas en el punto 2.1.4 y se desarrolló el diseño por flexión y por corte.

Como cargas del techo se tiene:

Carga Muerta (losa + acabado) =  $(300 + 100\text{kg/m}^2) \times 0.40\text{m} = 160\text{kg/m}$

Carga Viva (entre pisos - Aulas) =  $250 \text{ kg/m}^2 \times 0.40\text{m} = 100\text{kg/m}$

Carga Viva (corredor) =  $400 \text{ kg/m}^2 \times 0.40\text{m} = 160\text{kg/m}$

Carga Viva (últimos pisos) =  $100\text{kg/m}^2 \times 0.40\text{m} = 40\text{kg/m}$

$W_u = 1.4CM + 1.7CV$

$W_u$  (entre pisos - Aulas) =  $1.4 \times 160 + 1.7 \times 100 = 394\text{kg/m}$

$W_u$  (corredor) =  $1.4 \times 160 + 1.7 \times 160 = 496\text{kg/m}$

$W_u$  (últimos pisos) =  $1.4 \times 160 + 1.7 \times 40 = 292\text{kg/m}$

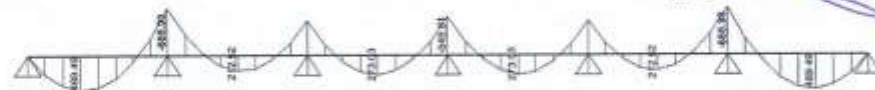
*Juan*  
 ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL  
 CIP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 OJO-UGEO-PRONIED

Zona corredor



Signo de momento	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Apoyo	Apoyo extremo	Centro de luz	Apoyo interior	Centro de luz	Apoyo interior	Centro de luz	Apoyo interior	Centro de luz	Apoyo interior	Centro de luz	Apoyo interior	Centro de luz	Apoyo extremo
Mu (kg/m)	525	456	489	267	411	344	487	343	421	287	489	456	525
Vu (kg/cm <sup>2</sup> )	210	220	238	218	230	210	230	220	210	220	210	220	210
W (cm)	10	40	30	40	30	40	30	40	30	40	30	40	30
W (cm)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Vu (kg/cm <sup>2</sup> )	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
W (cm)	0.51	0.36	0.45	0.40	0.50	0.34	0.54	0.34	0.42	0.45	0.36	0.45	0.51

Zona de Aulas



Signo de momento	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Apoyo	Apoyo extremo	Centro de luz	Apoyo interior	Centro de luz	Apoyo interior	Centro de luz	Apoyo interior	Centro de luz	Apoyo interior	Centro de luz	Apoyo interior	Centro de luz	Apoyo extremo
Mu (kg/m)	260	489	467	275	486	272	546	273	486	273	467	489	260
Vu (kg/cm <sup>2</sup> )	220	230	210	220	210	210	230	210	230	210	210	230	220
W (cm)	30	40	30	40	30	40	30	40	30	40	30	40	30
W (cm)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Vu (kg/cm <sup>2</sup> )	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
W (cm)	0.42	0.37	0.43	0.35	0.36	0.43	0.36	0.43	0.36	0.43	0.36	0.43	0.42

*Juan*  
 CONSORCIO CHACOGESA MAFRE  
 ING. WILFREDO MÁXIMO GARCÍA GUTIÉRREZ  
 REPRESENTANTE LEGAL COMAR  
 INGENIERO CIVIL  
 R. U. CIP N° 30453

Zona de Techo



Signo de momentos	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
Apoyos	Apoyos extremos	Centro de luz	Apoyo interior	Centro de luz	Apoyo interior	Centro de luz	Apoyo interior	Centro de luz	Apoyo interior	Centro de luz	Apoyo interior	Centro de luz	Apoyo interior	Apoyos extremos
Mu (kgf-m)	180	360	494	158	360	323	485	303	360	158	494	360	485	180
Vu (kg/cm2)	233	233	238	233	233	233	233	238	233	233	233	233	233	233
h (cm)	35	40	35	40	35	40	35	40	35	40	35	40	35	40
h (cm)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
fy (kg/cm2)	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
fu (kg/cm2)	0.31	0.57	0.81	0.25	0.58	0.52	0.46	0.32	0.58	0.25	0.81	0.57	0.55	

ING. JOSÉ CALLE MENDOZA  
 RUP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 OXI-UGEO-PROWED

2.1.12.6 Diseño de Vigas

El diseño por flexión se realizará considerando la envolvente de las diferentes combinaciones de carga. La Norma E.060 Concreto Armado establece que para secciones rectangulares el área mínima se determinará usando la siguiente fórmula:  $A_{smin} = 0.7 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d / f_y$ . El área de acero máximo se calcula:  $A_{smax} = 0.5 \cdot \rho_b \cdot b \cdot d$

Es preciso señalar, según Norma E.060, las vigas con responsabilidad sísmica deben cumplir con las siguientes exigencias:

- Se deberá correr dos barras de acero tanto en la parte superior como inferior, las que deberán de ser por lo menos el acero mínimo de la sección.
- Se recomienda que el área de acero positivo deberá ser mayor o igual a un tercio del acero colocado para resistir momentos negativos.

JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N°15290

Para el diseño por corte, la capacidad resistente de una viga reforzada estará dada por el aporte del concreto ( $V_c$ ) y del estribo ( $V_s$ ), es decir:  $\phi V_n = \phi V_c + \phi V_s$ , de tal forma que:  $\phi V_n > V_u$ . En vigas con responsabilidad sísmica, la Norma E.060 señala:

- Se realizará el diseño por capacidad, por ello la fuerza cortante ( $V_u$ ) de los elementos sometidos a flexión deberá calcularse con la suma de la fuerza cortante asociada a cargas permanentes (cortante isostática) y la cortante asociada al desarrollo de las resistencias nominales en flexión ( $M_n$ ), ósea:

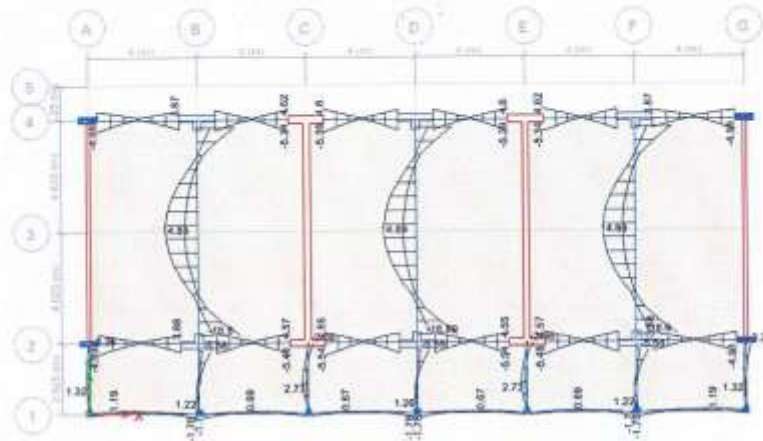
$$V_u = V_{est} + \frac{M_n1 + M_n2}{l_n}$$

CONSORCIO CHACOGESA WAFR  
 ING. WILFREDO BANCORQUE CHACOGA GUARISE  
 REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO

- Se deberá colocar estribos (3/8" diámetro mínimo) en la zona de confinamiento con un espaciamiento que no exceda el valor de:  $0.25d, 8db, 30 \text{ cm}$ . Dicha zona de confinamiento será considerada a una distancia  $2d$  de la cara en ambos extremos.
- El espaciamiento de estribos fuera de la zona de confinamiento no será mayor a  $0.5d$ .

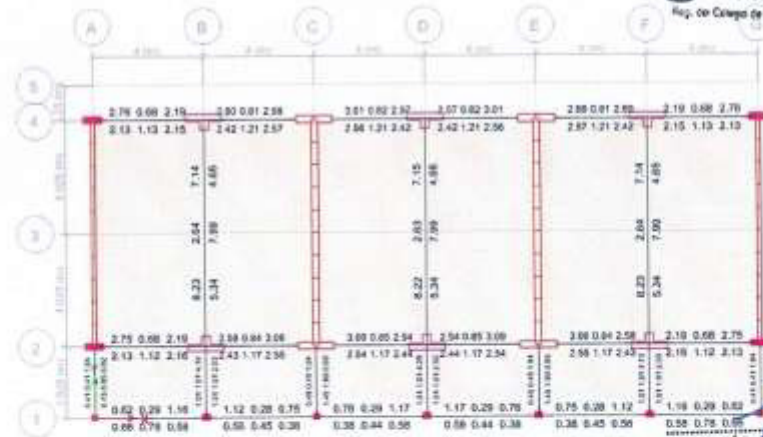
MARCOS GONZALEZ  
 INGENIERO CIVIL

A continuación se muestran los momentos (en ton-m) obtenidos con la envolvente de todas las combinaciones de carga indicadas en la Tabla N° 2.1.12.1, así como la cantidad de acero (cm<sup>2</sup>) necesaria de los diferentes módulos procesados con el programa ETABS versión 2015.



Vista en Planta de los momentos (Ton-m) 1er Piso


**JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. en Colegio de Ingenieros del Peru N°15298



Vista en Planta del acero requerido (cm<sup>2</sup>) 1er Piso

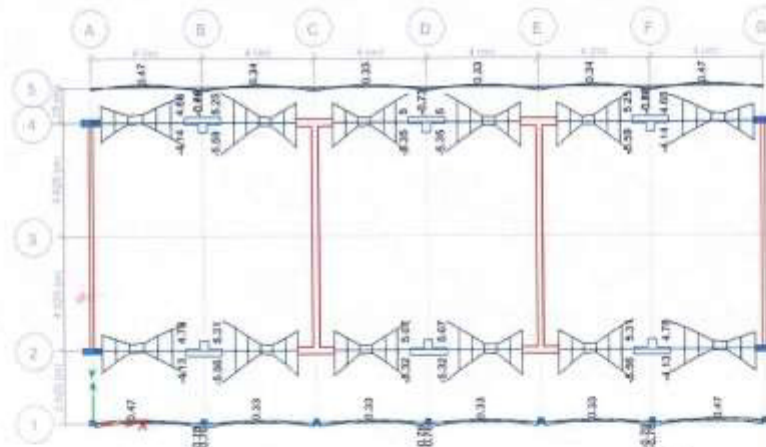
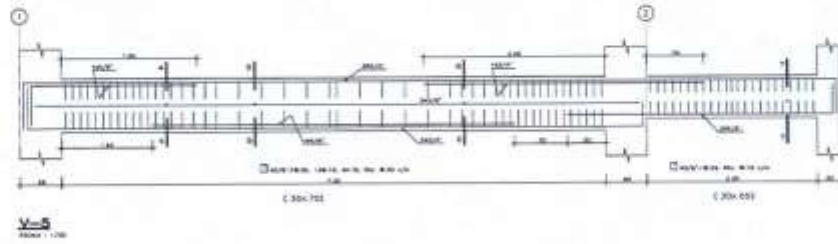
**ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL**  
 CIP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 CXXI-UGED-PRONIED

A continuación se muestra el cálculo de acero de la viga V-5, según los momentos obtenidos en el análisis.


**CONSORCIO CHACOGESA MAFR**  
 INGENIERO CIVIL  
 PRESIDENTE DEL LEGAL CONSULTOR


**INGENIERO CIVIL**  
 REG. EN COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 15298

Item	Descripción	Mu (l-0)	b (cm)	d (cm)	lt (m)	$f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	A <sub>em</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>emx</sub> (cm <sup>2</sup> )	Acero colocado (bares)	Acero colocado (cm <sup>2</sup> )
1	V-5 (.30 x .70)	16.53	30	64	64	4200	210	4.64	7.16	26.01	2' 3/4" + 1' 5/8"	7.68
2	V-5 (.30 x .70)	14.89	30	64	64	4200	210	4.64	6.41	26.01	2' 3/4" + 1' 5/8"	7.68
3	V-5 (.30 x .70)	18.9	30	64	64	4200	210	4.64	8.23	26.01	3' 3/4"	8.55
4	V-5 (.30 x .55)	5.58	30	48	48	4200	210	3.55	3.09	19.91	3' 3/4"	8.55



Vista en Planta de los momentos (TN-m) 2do Piso

**JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros del Peru N°15296

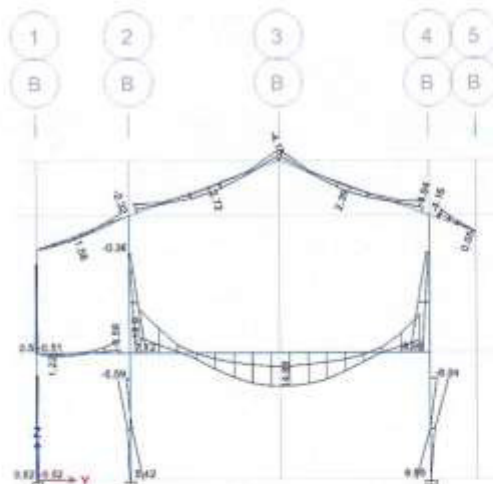
**ING. JOSE E. CALLE MENDIVEL**  
 CIP N° 112705  
 Revisor Estructuras  
 OXI-UGEO-PRONIED

**CONSORCIO CHACOGESA/MAFR.**  
 REPRESENTANTE LEGAL COMEN

**INGENIERO CIVIL**  
 CIP N° 30133



Vista en Planta del acero requerido (cm<sup>2</sup>) 2do Piso



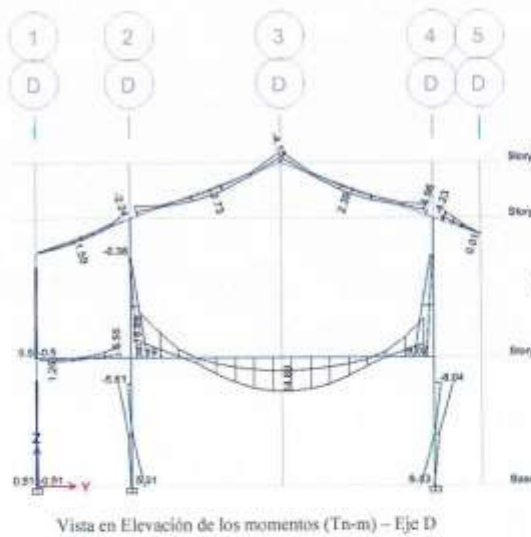
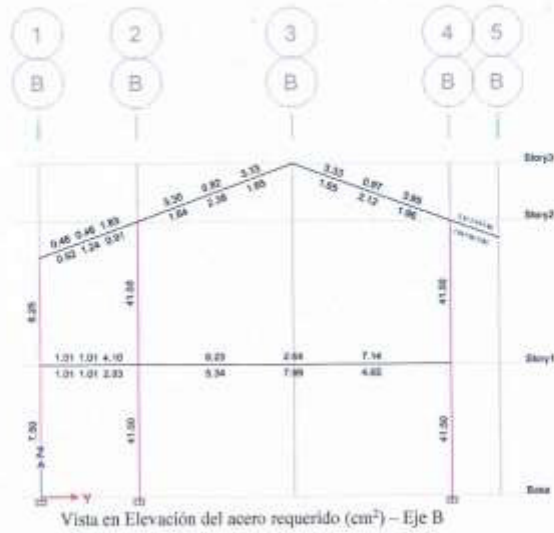
Vista en Elevación de los momentos (Tn-m) – Eje B

*Juan*  
**ING. JOSE E. CALLE MENDIVEL**  
 CIP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 OXI-UGEO-PRONIED

*Juan Domingo*  
**JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N°15294

**CONSORCIO CHACOGESA MAFR.**  
 PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA DE RECONSTRUCCIÓN DEL COMPLEJO DE VIVIENDAS DEL SECTOR CHACOGESA MAFR.  
**ING. WILFREDO RAJÓN CHACON QUISPE**  
 RESPONSABLE DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

*[Signature]*  
**INGENIERO CIVIL**  
 CIP N° 112706



  
**ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL**  
 CIP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 OXI-UGEO-PROMIED

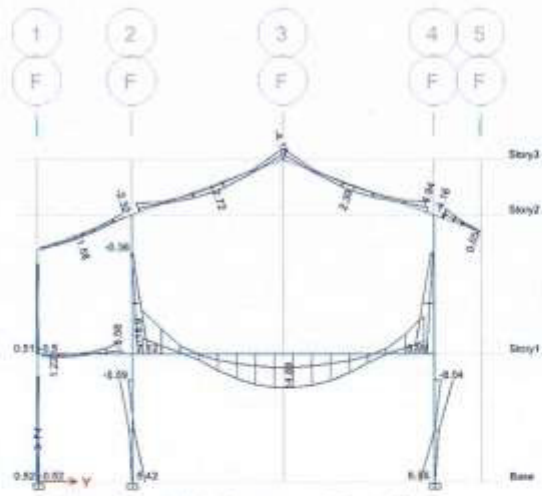
  
**JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú 1915349

  
**CONSORCIO CHACOGESA MAPR**  
 ING. WILFREDO MAXIMO CEVALLOS  
 REPRESENTANTE LEGAL CONYUG

  
**JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú 1915349



Vista en Elevación del acero requerido (cm<sup>2</sup>) – Eje D



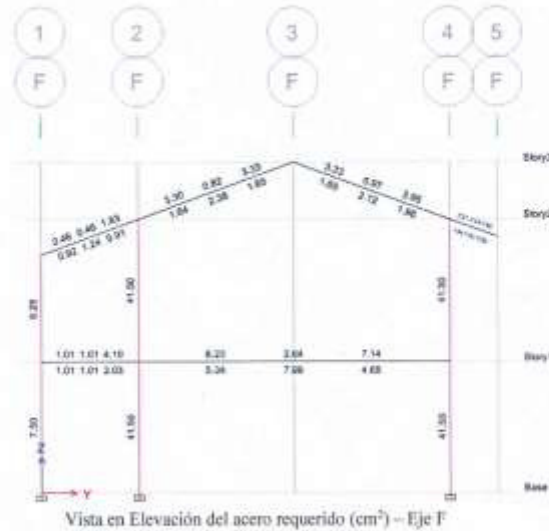
Vista en Elevación de los momentos (Tn-m) – Eje F

*Juan*  
**ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL**  
 CIP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 OXI-UGEO-PRONIED

*Juan*  
**JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N°15298

*Willy*  
**CONSORCIO CHACOGESA MAFR.**  
 ING. WILLYDO MALEDO CHACON QUISPE  
 REPRESENTANTE LEGAL COMUN

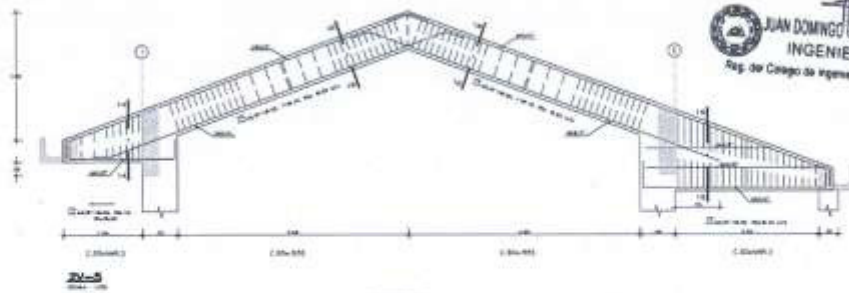
*Marc*  
**MARC ANTONIO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 R.L. CIP N° 20223



  
**ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL**  
 CIP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 OVI-UGEO-PRONIED

A continuación se muestra el cálculo de acero de la viga 2V-5, según los momentos obtenidos en el análisis.

Item	Descripción	Mu (k-m)	b (cm)	d (mm)	d <sub>t</sub> (mm)	f <sub>y</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	A <sub>smin</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>smax</sub> (cm <sup>2</sup> )	Acero colocado (cm <sup>2</sup> )	Acero colocado (mm <sup>2</sup> )
5	2V-5 (30 x .55)	4.98	30	49	49	4200	210	3.85	2.74	19.91	2.34*	5.70
8	2V-5 (30 x .55)	4.18	30	49	49	4200	210	3.55	2.30	19.91	2.34*	5.70
7	2V-5 (30 x .55)	4.15	30	49	49	4200	210	3.55	2.28	19.91	2.34*	5.70



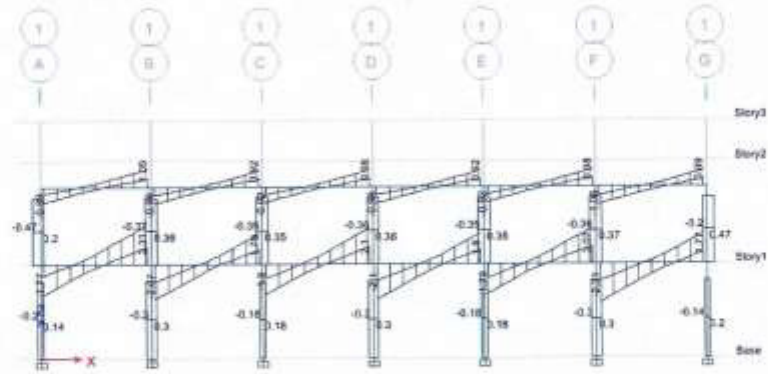
Verificación por corte

A continuación se muestra las elevaciones de las vigas longitudinales:

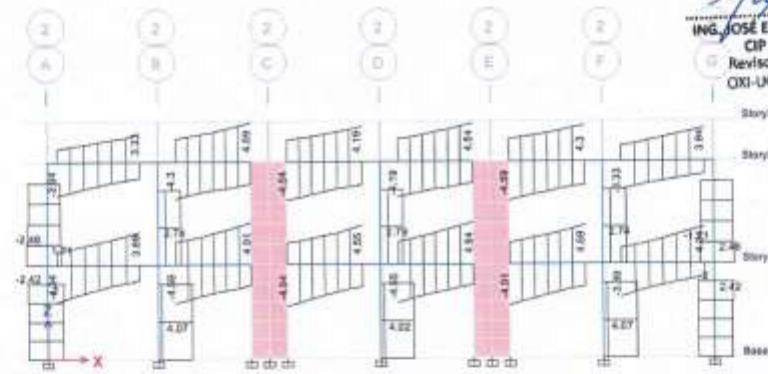
CONSORCIO CHACOGESA MAPR.

  
 ING. WILFREDO MUÑOZ CHACÓN  
 REPRESENTANTE LEGAL

  
 JUAN DOMINGO GUTIÉRREZ EURBE  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. de Colegios de Ingenieros del Para #1828

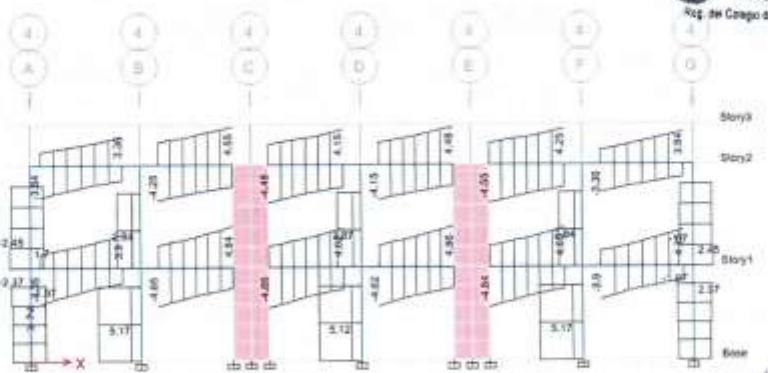


Vista en Elevación de las Fuerzas Cortantes (Tn) – Eje 1



Vista en Elevación de las Fuerzas Cortantes (Tn) – Eje 2

*Juan*  
 ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL  
 CIP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 OXI-UGEO-PRONIED

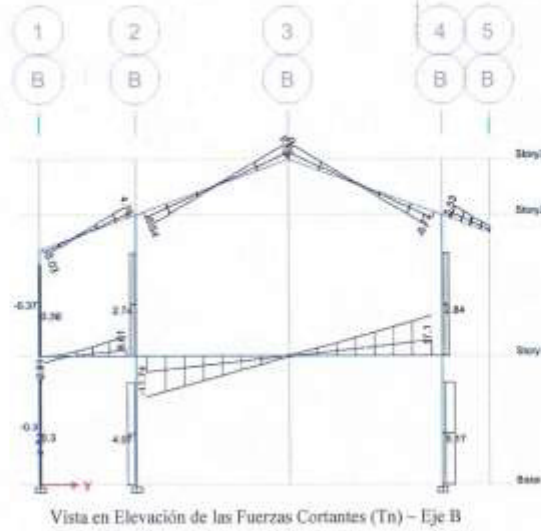


Vista en Elevación de las Fuerzas Cortantes (Tn) – Eje 4

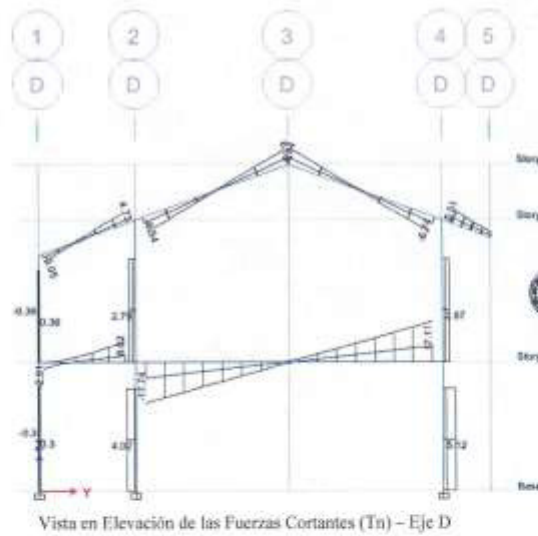
*Juan Domingo Gutiérrez Euribe*  
 JUAN DOMINGO GUTÉRREZ EURIBE  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros de Rey 411520

CONSORCIO CHACOGESA MAFR.

*Marco*  
 MARCO CIVIL  
 CIP N° 112703



Vista en Elevación de las Fuerzas Cortantes (Tn) – Eje B



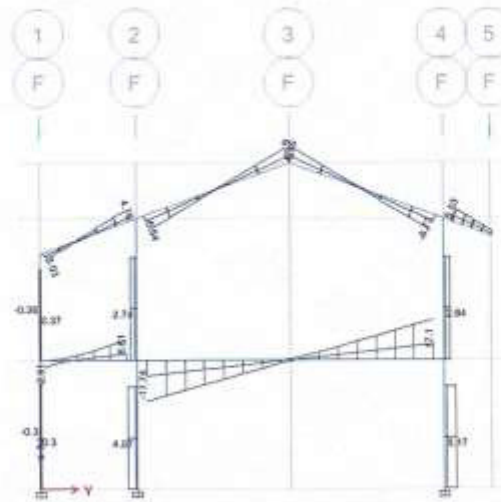
Vista en Elevación de las Fuerzas Cortantes (Tn) – Eje D

*Juan*  
 ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL  
 CIP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 OXI-UGEO-PRONIED

*Juan*  
 JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. de Colegio de Ingenieros del Pánuco N° 1120

CONSORCIO CHACOGESA MAFR.  
 ING. WILFRIDO MÁXIMO CHACOGESA  
 REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO

*Juan*  
 JUAN DOMINGO FLORES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. de Colegio de Ingenieros del Pánuco N° 1120



Vista en Elevación de las Fuerzas Cortantes (Tn) – Eje F

*Juan*  
**ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL**  
 CIP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 OXI-UGEO-PRONIED

*Juan*  
**JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros de Para. N°15296

Como se puede apreciar, se tiene una cortante máxima de 4.94 tnf. La cortante que resiste el concreto es igual a  $V_c = 0.53\sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$ , dando un resultado de 12.29 tnf, por consiguiente la fuerza cortante resistida por el acero  $V_s = Vu/\phi - V_c$ , lo que resulta  $V_s = 0$  tnf.

Según el resultado obtenido, solamente será necesario colocar estribos mínimos, sin embargo, se deberá colocar estribos de acuerdo al art. 21.4.4.4 de la norma E.060 en la zona de confinamiento 2h.

A continuación se muestra cuadro con el cálculo espaciamento de estribos de las diferentes vigas del módulo considerando acero de #3/8".

CALCULO DE ESPACIAMIENTO DE ESTRIBOS EN VIGAS.								
Viga	a (m)	d (m)	Vc (tn)	Vu (tn)	$\phi$	Vs (tn)	s (cm)	Espaciamento de Estribos
V-1 / V-2	0.25	0.64	12.29	4.94	0.85	0.00	--	Según art. 21.4.4.4 de la norma E.060.
V-3	0.30	0.54	12.44	2.31	0.85	0.00	--	Según art. 21.4.4.4 de la norma E.060.
V-4 / V-7	0.25	0.49	9.41	4.02	0.85	0.00	--	Según art. 21.4.4.4 de la norma E.060.
V-5	0.30	0.49	11.29	8.62	0.85	0.00	--	Según art. 21.4.4.4 de la norma E.060.
V-5	0.30	0.64	14.75	17.74	0.85	6.12	62.33	Según art. 21.4.4.4 de la norma E.060.
V-6	0.27	0.49	10.16	7.59	0.85	0.00	--	Según art. 21.4.4.4 de la norma E.060.
2V-1 / 2V-2	0.25	0.99	19.01	4.59	0.85	0.00	--	Según art. 21.4.4.4 de la norma E.060.
2V-3	0.22	0.32	5.41	1.05	0.85	0.00	--	Según art. 21.4.4.4 de la norma E.060.
2V-5	0.30	0.49	11.29	6.74	0.85	0.00	--	Según art. 21.4.4.4 de la norma E.060.
2V-7	0.22	0.32	5.41	1.06	0.85	0.00	--	Según art. 21.4.4.4 de la norma E.060.

**2.1.12.7 Diseño de Columnas**

Las columnas están sometidas a momentos flectores y cargas axiales (flexo compresión). Para diferenciar el comportamiento de una columna al de una viga es necesario calcular la

CONSORCIO CHACOGESA MAFR.

*Juan*  
**ING. WILFREDO MAURICIO CHACOGESA GUTIERREZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COLOMBIANO N° 15474

*Juan*  
**MARCO ENRIQUE GARCÍA**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COLOMBIANO N° 20623

carga axial que actúa, entonces, si  $P_u < 0.1f_c(A_g)$ , el elemento se diseñará como viga, caso contrario como columna.

El diseño se realiza para cada una de las combinaciones de carga y consiste en armar tentativamente una sección para graficar su diagrama de interacción, de tal forma que las combinaciones ( $M_u$ ;  $P_u$ ) queden dentro del diagrama.

La Norma E.060 limita la cuantía mínima para el acero longitudinal a 1% de la sección bruta de concreto y un máximo de 6%. Para cuantías mayores al 4% será necesario detallar la colocación del refuerzo en las uniones con vigas. Asimismo en algunas columnas se ha diseñado con una cuantía menor por tratarse de elementos estructurales que por requerimientos arquitectónicos tienen un área transversal mayor a la requerida, cumpliendo con lo dispuesto según el acápite 10.08.03 de la Norma.

La resistencia por corte estará dada por el aporte del concreto y del acero de refuerzo (estribos), de tal forma que:  $\phi V_c + \phi V_s > V_u$ .

La fuerza cortante última se calculará siguiendo los criterios de diseño por capacidad:

$$V_u = \frac{M_{n1} + M_{n2}}{h}$$

ING. JOSÉ F. CALLE MENDIVEL  
CIP N° 112706  
Revisor Estructuras  
OXI-UGEO-PRONIED

La Norma limita la fuerza cortante máxima que puede actuar en una sección:

$$V_{u \max} = 2.6 \phi \sqrt{f_c} b_w d$$

La resistencia a corte se calculará siguiendo la siguiente expresión:

$$V_c = 0.53 \sqrt{f_c} b_w d \left( 1 + 0.0071 \frac{N_u}{A_g} \right)$$

JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N°15296

Dónde:  $N_u$ : carga axial última  
 $A_g$ : área bruta de la sección

El aporte a la resistencia del acero de refuerzo (estribo) se calculará:  $V_s = A_v f_y d / S$

Con la finalidad de proveer una ductilidad adecuada se debe confinar una longitud  $L_o$ , donde:

$$L_o \geq \begin{cases} L_n \\ \text{Max (a,b) : "a" y "b": dimensiones} \\ \text{de la sección} \\ 45 \text{ cm} \end{cases}$$

En dicha zona de confinamiento el espaciamiento máximo  $S_s$  será menor de:

$$S \leq \begin{cases} \text{Min (a/2, b/2) : "a" y "b": dimensiones} \\ \text{de la sección} \\ 10 \text{ cm} \end{cases}$$

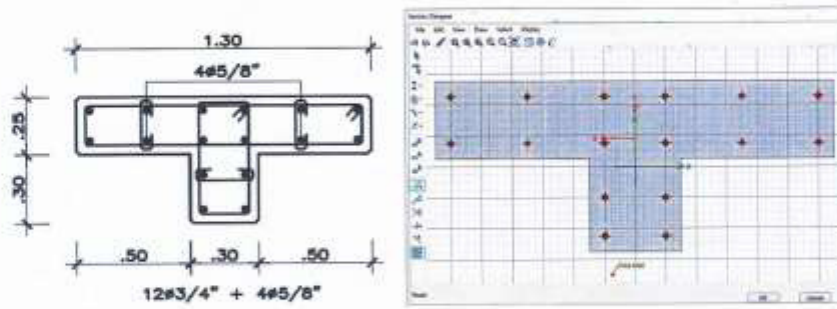
Fuera de la zona de confinamiento, el espaciamiento entre estribos no puede ser mayor a:

$$S \leq \begin{cases} 16d_b \\ \text{Min (a,b) : "a" y "b": dimensiones} \\ \text{de la sección} \\ 30 \text{ cm} \end{cases}$$

CONSORCIO CHACOGESA MA/7.  
ING. ALFREDO BALBUENA GONZALEZ  
REPRESENTANTE LEGAL CONOR

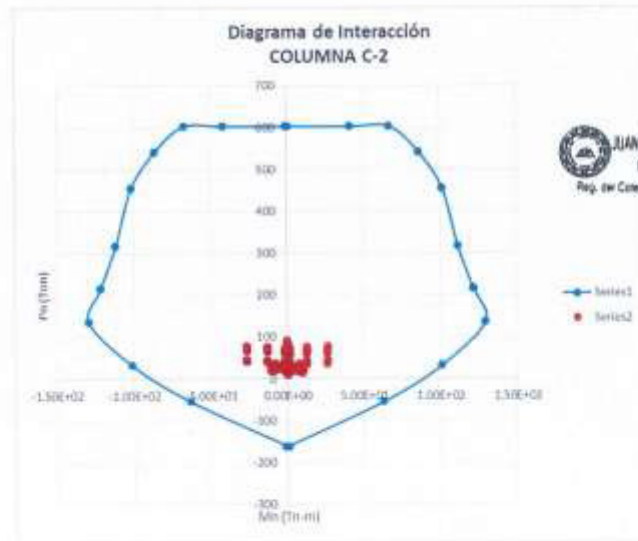
MARCO ANTONIO FLORES  
RAZUN  
INGENIERO CIVIL  
R.U. CIP N° 30423

Columna C-2



A continuación se muestra la curva con los puntos de esfuerzo del análisis evidenciando que todos ellos caen dentro de la curva, por lo que las columnas serán competentes para soportar las cargas a las que serán sometidas.

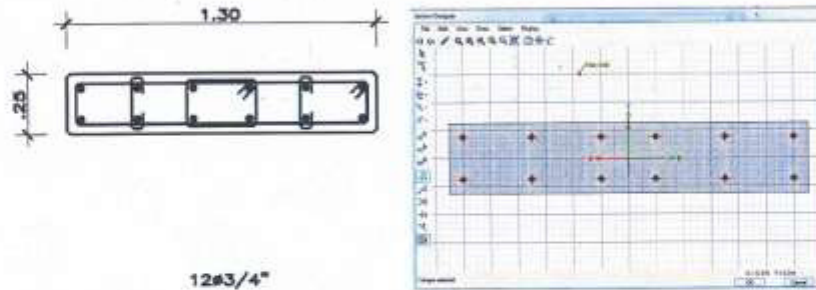
*J. Calle Mendivel*  
**ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL**  
 CIP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 OXI-UGEO-PRONIED



*J. D. Gutiérrez Eurbe*  
**JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURBE**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N°15291

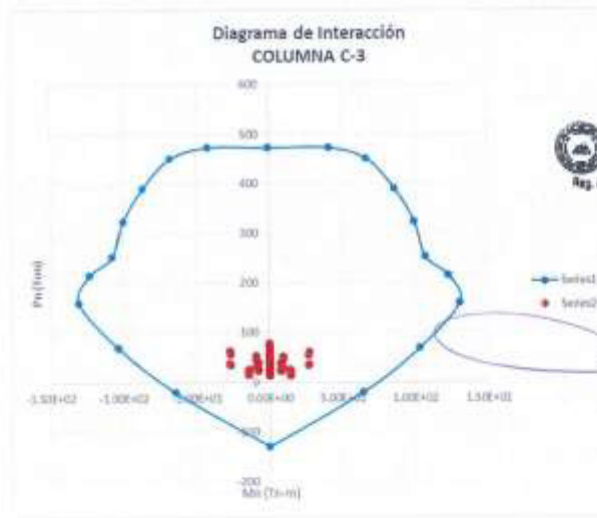
Columna C-3

*W. Wilfredo*  
**CONSORCIO CHACOGESA MAFR.**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 30433



A continuación se muestra la curva con los puntos de esfuerzo del análisis evidenciando que todos ellos caen dentro de la curva, por lo que las columnas serán competentes para soportar las cargas a las que serán sometidas.

ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL  
CIP N° 112706  
Revisor Estructuras  
CUI-UGEO-PRONIED



JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú 1815226

CONSORCIO CHACOGESA MAFR.  
ING. ALFREDO LASSO GARCIA  
REPRESENTANTE LEGAL

INGENIERO CIVIL  
CIP N° 30153

**2.1.12.8 Diseño de Placas de Concreto**

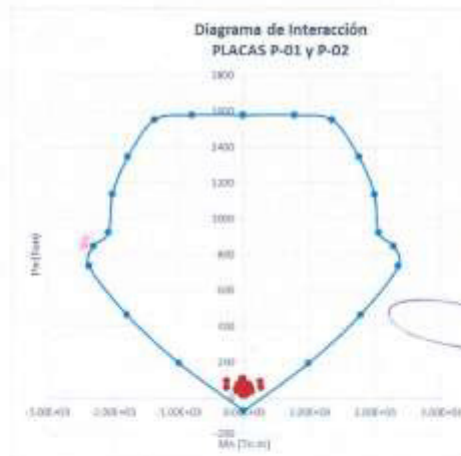
Para el diseño de las placas se ha utilizado el mismo criterio que en las columnas, ya que las placas también están sometidas a un esfuerzo de flexocompresión. En cuenta a la cuantía mínima se a considerado lo indicado en la norma E.060 para las placas que indica que para el acero vertical será de 0,15% y para el acero horizontal será de 0,25%.

A continuación se muestra la placa P-1 utilizada en el proyecto y su representación para determinar su curva de interacción.



A continuación se muestra la curva con los puntos de esfuerzo del análisis evidenciando que todos ellos caen dentro de la curva, por lo que las placas serán compatibles para soportar las cargas a las que serán sometidas.

ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL  
CIP N° 112706  
Revisor Estructuras  
OXI-UGEO-PRONIED



JUAN DOMINGO FERRAZ EURIBE  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N°15206

CONSORCIO CHACOGESA MAFR.  
ING. ALFREDO MALINDI CHIRIBALOUPE  
RESPONSABLE LEGAL COMAR

MAFR  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 30433

**2.1.13 Diseño de cimentación del módulo**

El diseño de la cimentación debe garantizar que no se exceda la capacidad portante del suelo, evitar que se produzcan asentamientos diferenciales y que la resistencia de los elementos sea mayor o igual a las solicitaciones últimas. Para efectos del presente diseño la capacidad admisible ( $q_{adm}$ ) es 8.98 kg/cm<sup>2</sup> para zapatas.

Las zapatas se dimensionaron trabajando con cargas de gravedad y de sismo, verificando que la presión ejercida sobre el terreno sea menor a la admisible por cargas en servicio.

Para calcular la presión sobre el terreno se asumió una distribución lineal de presiones, por lo tanto el esfuerzo será determinado por:

$$\sigma = \frac{P}{A} + \frac{MY}{I}$$

Debido a que en las zapatas no se coloca acero de refuerzo por corte, se debe elegir un peralte adecuado, de forma tal que el concreto sea capaz de soportar los esfuerzos por corte y punzonamiento ( $\phi V_c > V_u$ ).

- Corte simple: La fuerza cortante será calculada a una distancia "d" de la cara de la columna, la resistencia del concreto será:  $\phi V_c = 0.85(0.53)(f_c^{0.5}) b.d$
- Corte doble o punzonamiento: Se determina en una sección perimetral ubicada a d/2 de la cara de la columna. La resistencia del concreto se puede calcular como:

$$\phi V_s = 0.85 \left( 0.53 + \frac{1.1}{\beta_c} \right) \sqrt{210} b.d$$

Para el diseño por flexión se asumirá una cuantía mínima (0.0018) similar al de las losas macizas. El diseño se realizará a la cara del elemento vertical.

#### Combinaciones de carga utilizadas para presiones sobre el terreno

CIM01: CM + CV

CIM02: (1/1.3)(CM+CV) ± (0.8/1.3)SX

CIM03: (1/1.3)(CM+CV) ± (0.8/1.3)SY

  
 ING. JOSÉ E. CALLE MENDOVAL  
 CIP N° 112706  
 Revisor Estructuras  
 OXI-UGEO-PRONIED

Para el presente caso se ha utilizado el programa SAFE 2016, para la verificación de la cimentación de los diferentes módulos.

#### Módulo 3Aulas / 3 Aulas

  
 JUAN DOMINGO GUTIÉRREZ EURIBE  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros de Paraguay 118231

CONSORCIO CHACOGESA MAFR.

ING. RICARDO BAUMANN GURBE  
 RESPONSABLE LÍNEA DISEÑO

ING. JUAN DOMINGO GUTIÉRREZ EURIBE  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 309.03

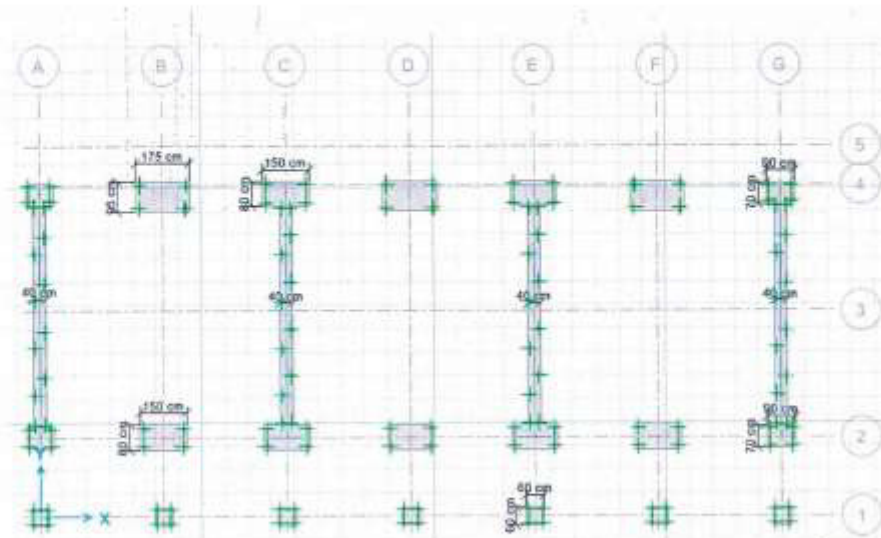


Figura N°2.1.9 Vista en planta de la cimentación del módulo 3 Aulas / 3 Aulas

JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE  
INGENIERO CIVIL  
Reg. No. Colegio de Ingenieros de Chile 112706

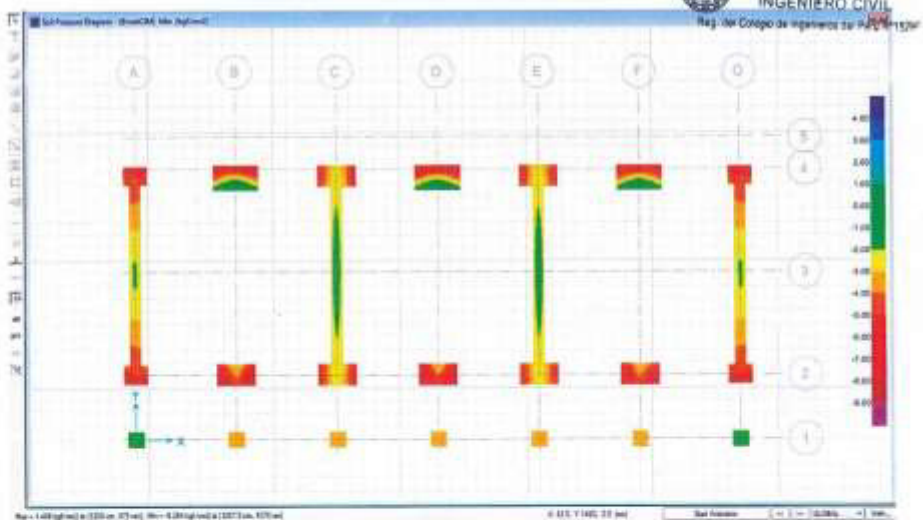


Figura N°2.1.10 Presiones sobre el terreno del módulo 3 Aulas / 3 Aulas. Máximo 8.284kg/cm<sup>2</sup>

ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL  
CIP N° 112706  
Revisor Estructuras  
CXI-UGEO-PRONIED

CONSORCIO CHACOGESA MAFR.  
ING. WILFREDO ARANGO CORDOBA  
REPRESENTANTE LEGAL CONSORCIO

INGENIERO CIVIL  
CIP N° 30133

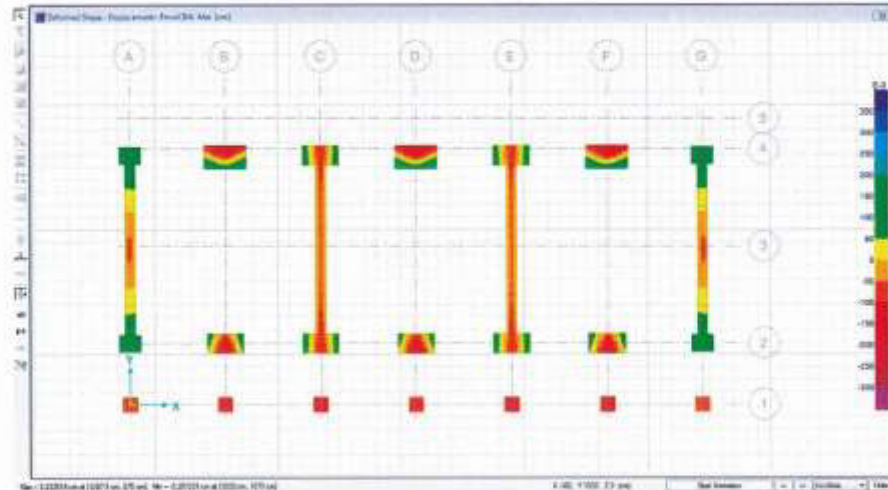


Figura N°2.1.11 Asentamiento de la cimentación del módulo 3 Aulas / 3 Aulas. Máximo 0.297cm

Cabe indicar que para el presente caso, al tener un suelo rocoso con una capacidad portante de  $8.98 \text{Kg/cm}^2$ , la distancia entre la cara del elemento vertical y el borde de la zapata es mínima, lo que en algunos casos inclusive es la mitad del peralte, por lo que se ha considerado colocar acero mínimo en las zapatas.

## 2.2 MODULO 02 AULAS / 02 AULAS (BLOQUE A)

JUAN DOMINGO GUTIERREZ EURIBE  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros del Perú N°15290

### 2.2.1 Estructuración

- Las vigas fueron ubicadas según el entramado asignado del trabajo encargado, conformando junto a las columnas marcos sísmo resistentes.
- La base de las columnas y placas se consideró empotrada, dado que el terreno puede considerarse rígido con una capacidad portante de  $8.98 \text{kg/cm}^2$
- Cada piso fue considerado como un diafragma rígido, con 3 grados de libertad, dos de los cuales son de traslación horizontal (X-Y) y uno de rotación en el plano horizontal.
- Por cada nivel se consideran dos masas traslacionales y una rotacional.

### 2.2.2 Pre-dimensionamiento

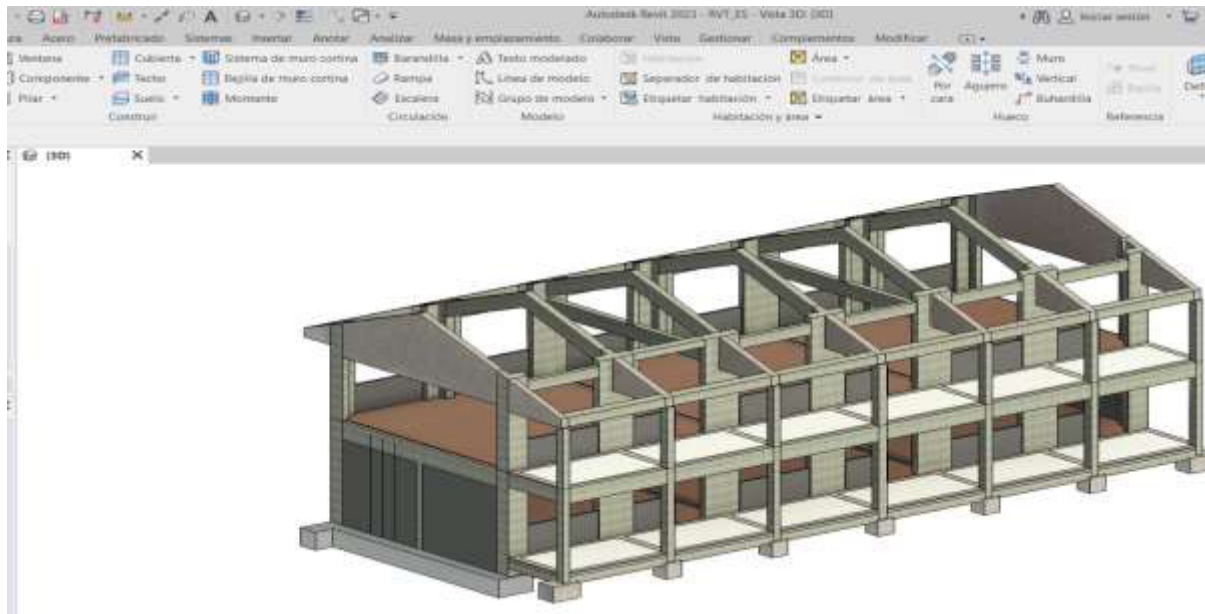
- **Losas Aligeradas:** En la sección 9.6.2, representado en la tabla 9.1 de la Norma E-060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, se indican valores aproximados para la determinación del peralte mínimo en losas aligeradas en una dirección y vigas, para evitar el cálculo de deflexiones.

Como el valor máximo de las luces consideradas en el proyecto es de cuatro (4) metros, según la planimetría de arquitectura, el espesor mínimo requerido considerado de la tabla 9.1 es de:

ING. JOSÉ E. CALLE MENDIVEL  
CIP N° 112706  
Revisor Estructuras  
CIVIL-INGENIERO

## Anexo E. Modelamiento del expediente técnico de la I.E. 32386 con la implementación de la metodología BIM, Huánuco, 2024.

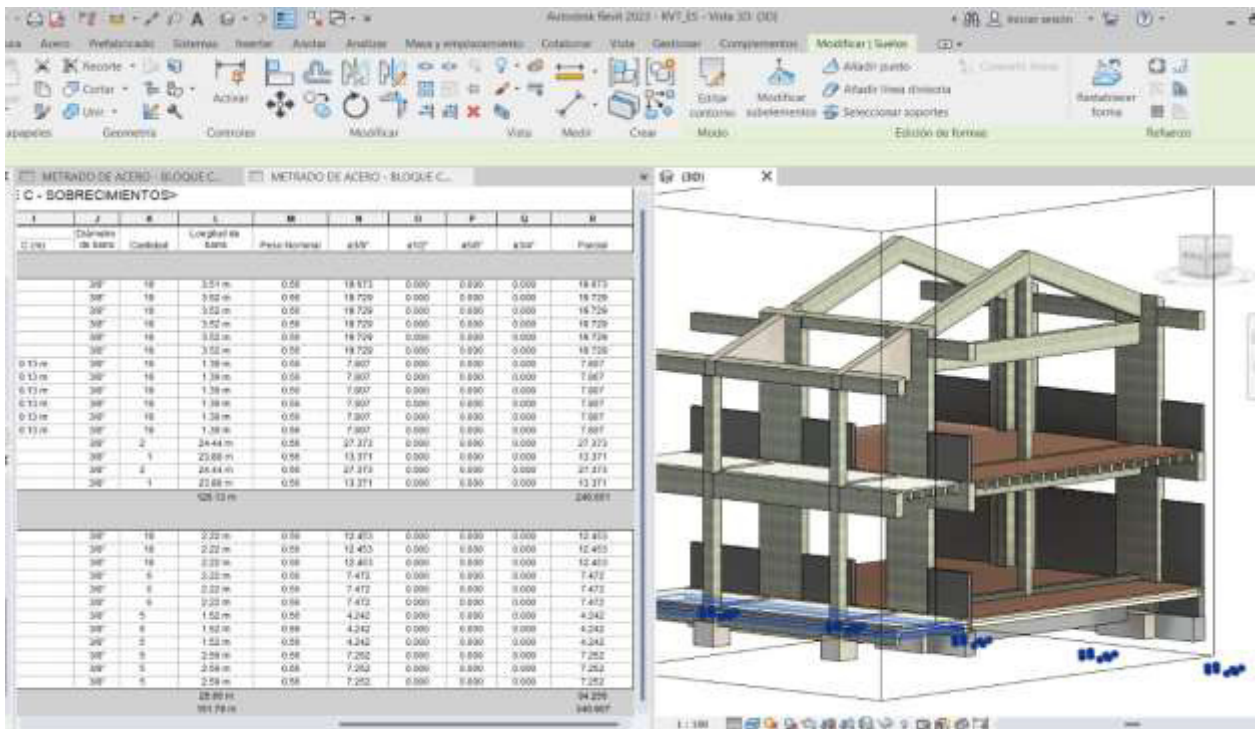
### Modelado revit - Estructura



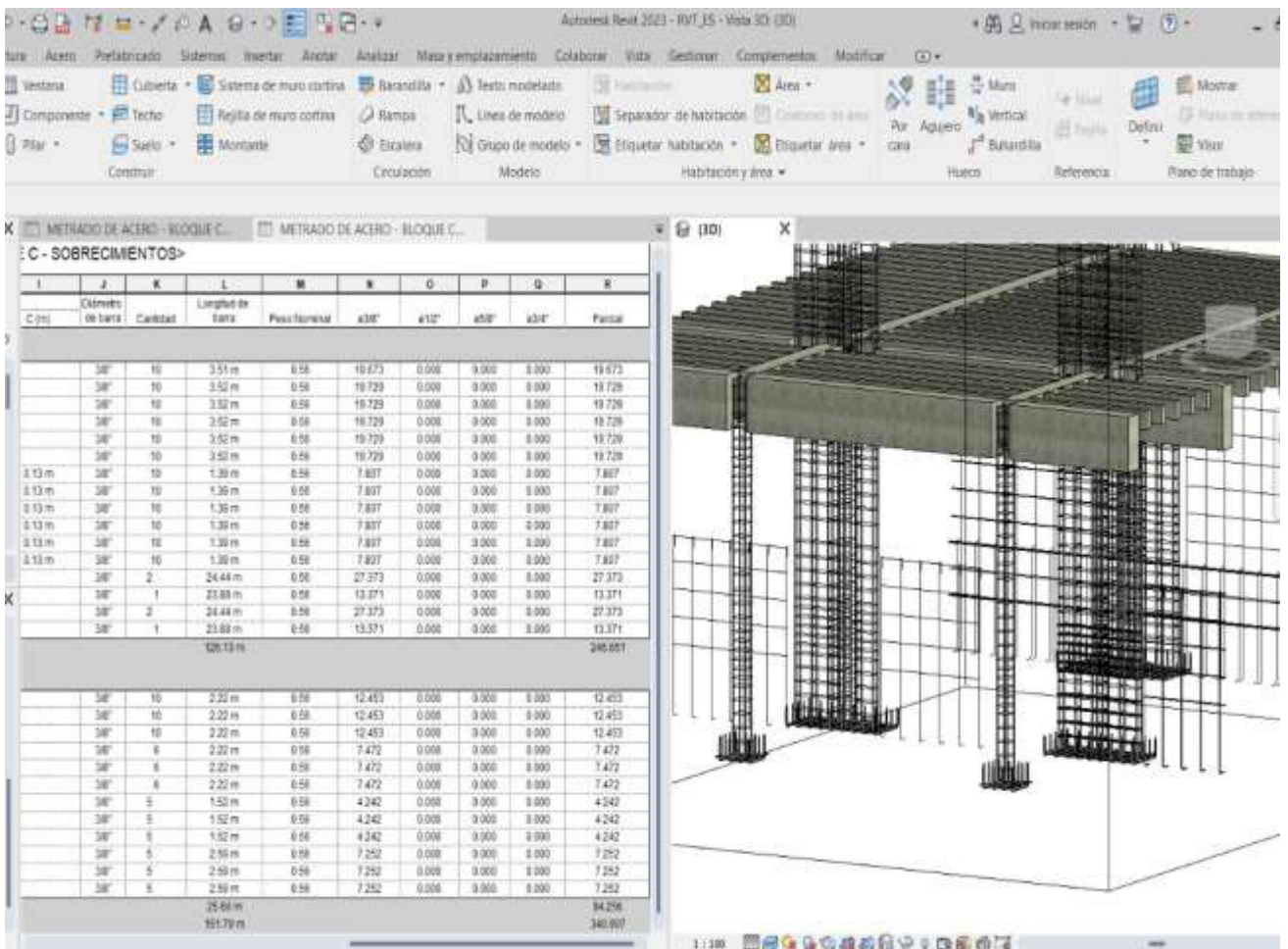
### Modelado Revit – Metrado acero

**METRADO DE ACERO - BUCQUE C...**

Identificación	Descripción	Unidad	Cantidad	Medida	Material	Clase	Grado	Valor
204	Columna estructural	m	8	1.00	1.00	0.00	0.00	8.00
204	Columna estructural	m	5	1.70	1.00	0.00	0.00	8.50
204	Columna estructural	m	9	1.00	1.00	0.00	0.00	9.00
204	Columna estructural	m	8	1.70	1.00	0.00	0.00	13.60
<b>Subtotal</b>								
37.10 m								
<b>205</b>								
205	Columna estructural	m	9	1.00	1.00	0.00	0.00	9.00
205	Columna estructural	m	9	1.00	1.00	0.00	0.00	9.00
205	Columna estructural	m	9	1.70	1.00	0.00	0.00	15.30
<b>Subtotal</b>								
27.30 m								
<b>206</b>								
206	Columna estructural	m	4	1.00	1.00	0.00	0.00	4.00
206	Columna estructural	m	4	1.00	1.00	0.00	0.00	4.00
206	Columna estructural	m	4	1.00	1.00	0.00	0.00	4.00
206	Columna estructural	m	4	1.00	1.00	0.00	0.00	4.00
<b>Subtotal</b>								
16.00 m								
<b>207</b>								
207	Columna estructural	m	4	0.90	1.00	0.00	0.00	3.60
207	Columna estructural	m	4	0.90	1.00	0.00	0.00	3.60
207	Columna estructural	m	4	0.90	1.00	0.00	0.00	3.60
207	Columna estructural	m	4	0.90	1.00	0.00	0.00	3.60
<b>Subtotal</b>								
14.40 m								
<b>208</b>								
208	Columna estructural	m	4	0.90	1.00	0.00	0.00	3.60
208	Columna estructural	m	4	0.90	1.00	0.00	0.00	3.60
208	Columna estructural	m	4	0.90	1.00	0.00	0.00	3.60
208	Columna estructural	m	4	0.90	1.00	0.00	0.00	3.60
<b>Subtotal</b>								
14.40 m								
<b>209</b>								
209	Columna estructural	m	4	1.17	1.00	0.00	0.00	4.68
209	Columna estructural	m	3	0.90	1.00	0.00	0.00	2.70
209	Columna estructural	m	2	0.90	1.00	0.00	0.00	1.80
209	Columna estructural	m	1	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
<b>Subtotal</b>								
10.18 m								
<b>210</b>								
210	Columna estructural	m	4	0.90	1.00	0.00	0.00	3.60
210	Columna estructural	m	4	0.90	1.00	0.00	0.00	3.60
210	Columna estructural	m	4	0.90	1.00	0.00	0.00	3.60
210	Columna estructural	m	4	0.90	1.00	0.00	0.00	3.60
<b>Subtotal</b>								
14.40 m								
<b>211</b>								
211	Columna estructural	m	11	1.00	1.00	0.00	0.00	11.00
211	Columna estructural	m	6	1.00	1.00	0.00	0.00	6.00
<b>Subtotal</b>								
17.00 m								
<b>212</b>								
<b>Subtotal</b>								
79.48 m								

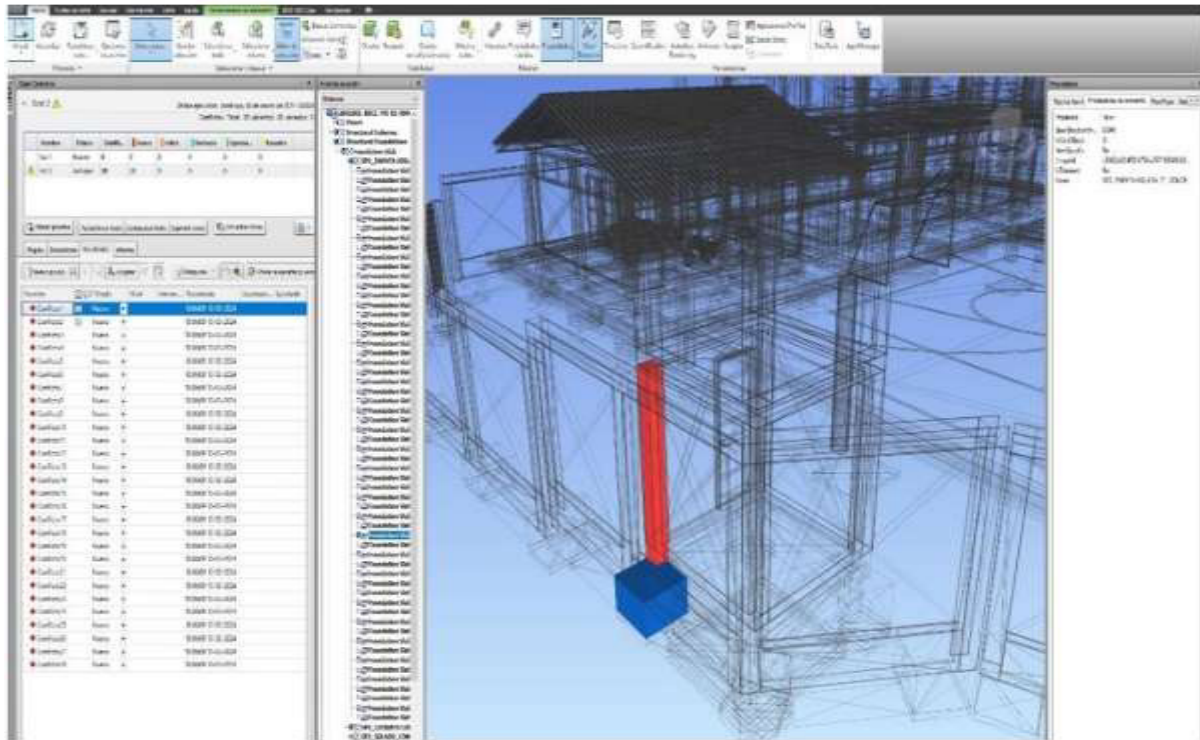


Modelado revit – metrado acero

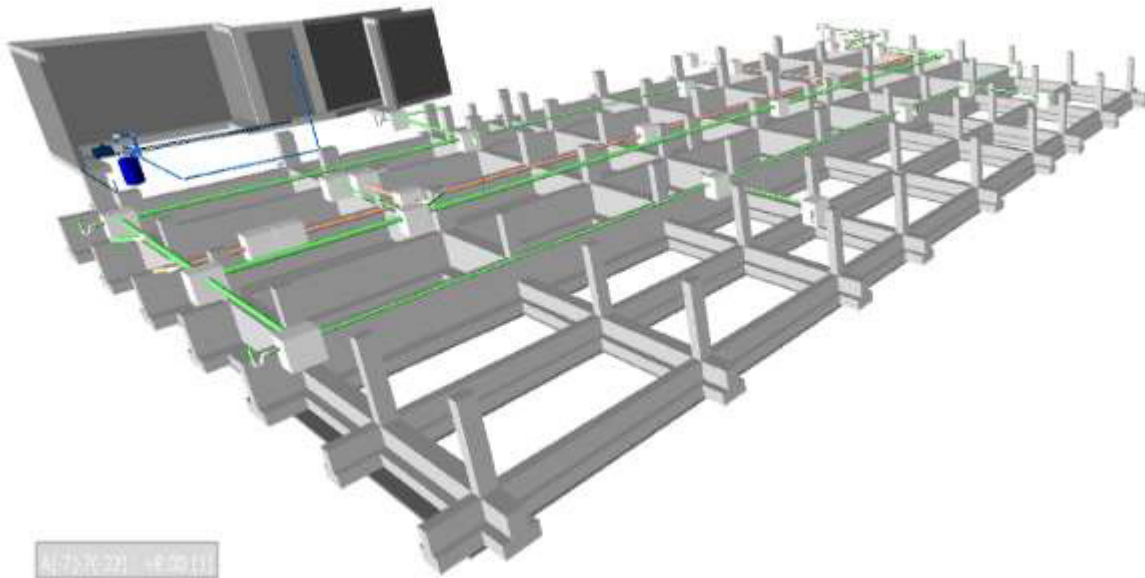




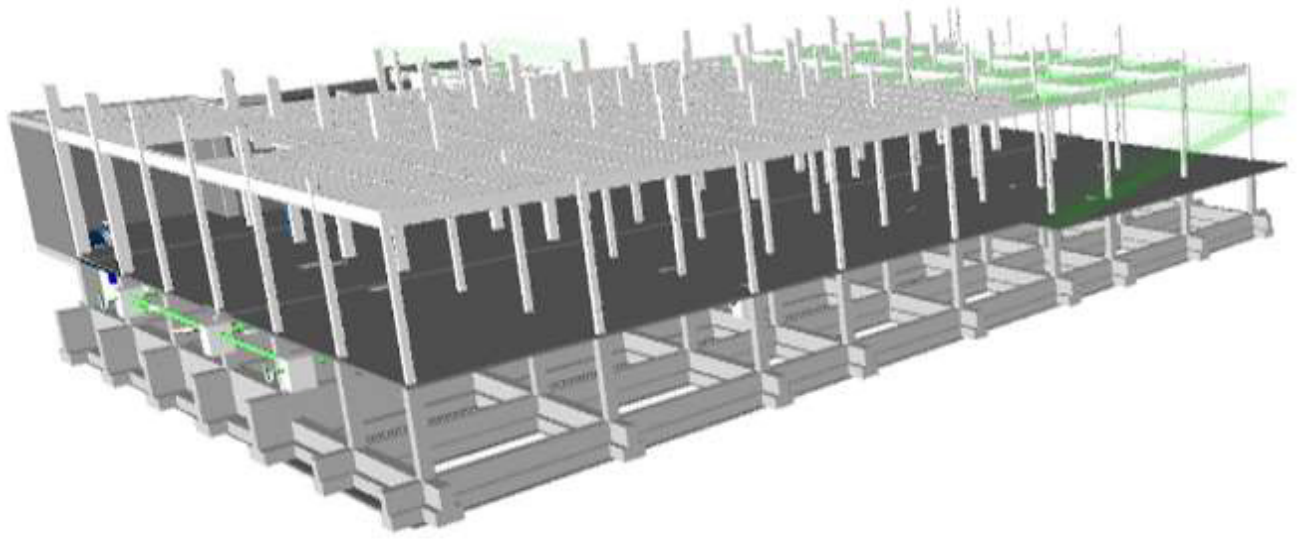
## Vista de una interferencia - Autodesk Navisworks



## Vista del modelamiento cimentación terminada- navisworks



Vista del modelamiento cimentación terminada e inicio de la losa- navisworks

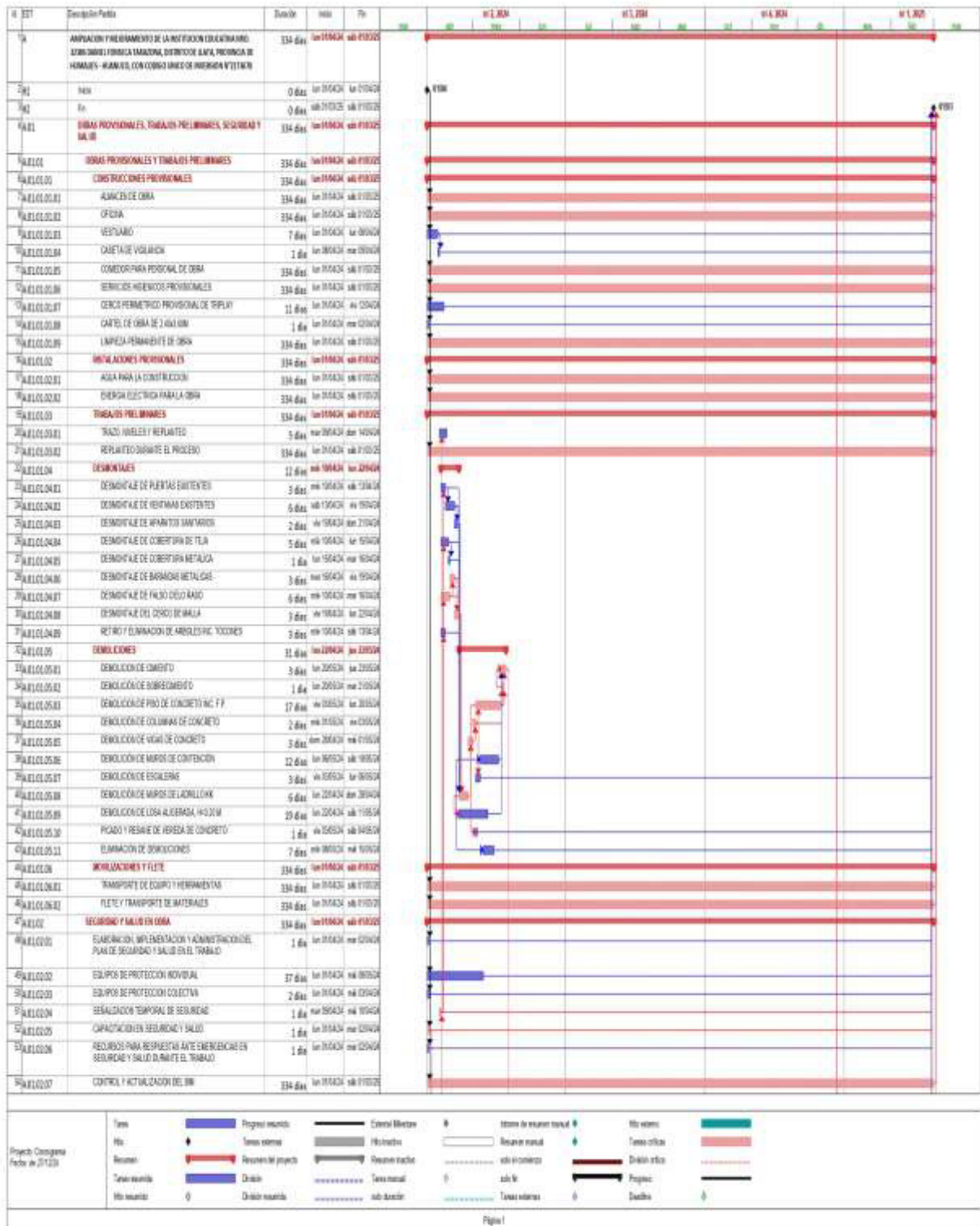


Metrado de columna

The screenshot shows the Autodesk Revit 2023 interface with a column schedule table titled '<COLUMNAS>'. The table lists various column types, their sections, dimensions, and volumes. A red circle highlights the table area.

	A	B	C	D
	Tipos	Sección	Dimensiones	Volumen
C/MC	0 25x0 25		350	136.68 m³
C/MC	0 25x0 25	D1	14	0.31 m³
C/MC	0 25x0 25	L1	16	0.30 m³
C/MC	0 25x0 25	I 1	14	0.31 m³
C/MC	0 25x0 25	I1	32	0.70 m³
C/MC	0 25x0 25	K1	44	0.96 m³
C/MC	0 25x0 40	I1	12	3.21 m³
C/MC	0 25x0 40	I1	12	4.01 m³
C/MC	0 35x0 60	J1	4	3.96 m³
C/MC	0 35x0 70		1	1.97 m³
C/MC	0 03x0 40	M1	8	0.85 m³
C/MC	0 03x0 40	I1	8	4.01 m³
C/MC	CP1 MONTACAMILLAS	D1	19	27.19 m³
C/MC	CP3 ESCALERA 2	B1	5	7.95 m³
C/MC	CP1 MONTACAMILLAS	B1	5	5.84 m³
C/MC	CP1 ESCALERA 2	R1	4	8.82 m³
C/MC	P1	D1	4	1.71 m³
C/MC	P1	E1	16	6.85 m³
C/MC	P1	F1	8	3.42 m³
C/MC	P1	G1	10	4.28 m³
C/MC	P1	H1	16	6.85 m³
C/MC	P1	I1	28	11.98 m³
C/MC	P1	K1	34	14.55 m³
C/MC	P1	L1	30	8.86 m³
C/MC	P1	M1	69	39.26 m³
C/MC	P1 PIEDRO PRINCIPAL		1	1.97 m³
C/MC	P2	G1	10	1.45 m³
C/MC	P3	G1	6	0.84 m³
C/MC	Pila de Grava d=0.61	M1	340	333.60 m³
C/MC	Pila de Grava d=0.61	D1	250	618.30 m³
C/MC	Pila de Grava d=0.61	C1	470	610.60 m³
C/MC	Pila de Grava d=0.61	B1	6	11.65 m³

Anexo F. Cronograma – BIM.









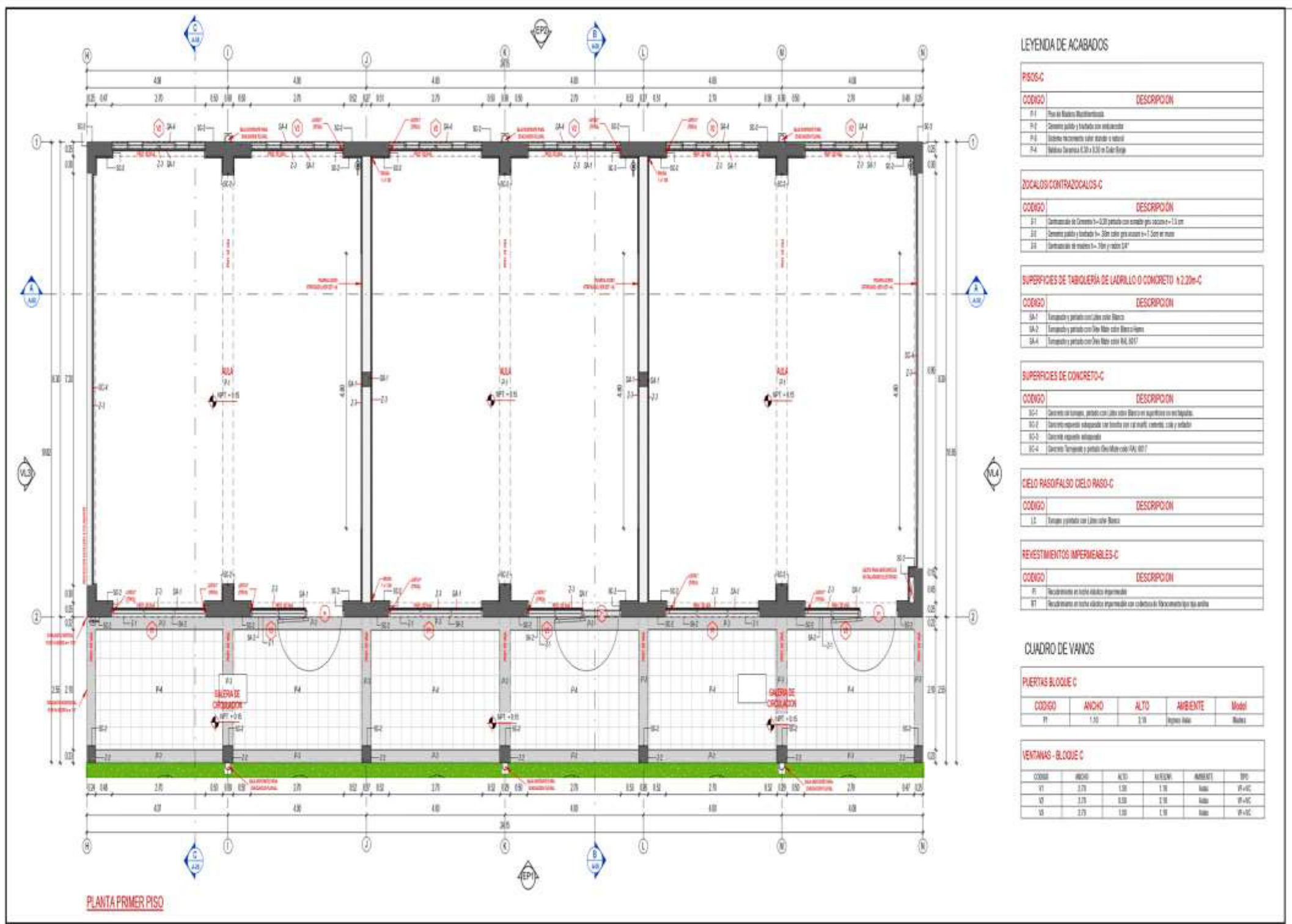








Anexo G. Planos del proyecto



LEYENDA DE ACABADOS

PISOS-C	
CODIGO	DESCRIPCION
P-1	Piso de Baños Resistentis
P-2	Cemento pulido y bañado con embudo
P-3	Sistema resaca sobre estado actual
P-4	Revestimiento de 1.20 x 0.20 m Color Gris

ZOCALOS CONTRAZOCALOS-C	
CODIGO	DESCRIPCION
Z-1	Contrazocalo de Cemento 1-2.20 bañado con cemento gris cocido 1-1.5 cm
Z-2	Cemento pulido y bañado 1-1.50 con gresos 1-1.50 en masa
Z-3	Contrazocalo de maderas 1-1.50 y radio 1/4"

SUPERFICIES DE TABICERIA DE LADRILLO O CONCRETO 1/2.20m-C	
CODIGO	DESCRIPCION
SA-1	Temperado y bañado con Lata color Blanco
SA-2	Temperado y bañado con 2da. Lata color Blanco y Negro
SA-4	Temperado y bañado con 2da. Lata color RA, 807

SUPERFICIES DE CONCRETO-C	
CODIGO	DESCRIPCION
SC-1	Cemento de temple, bañado con Lata color Blanco en superficies en los balcones
SC-2	Cemento espeso bañado con arena por colado, cemento, cal y arena
SC-3	Cemento espeso bañado
SC-4	Cemento Temperado y bañado con Lata color RA, 807

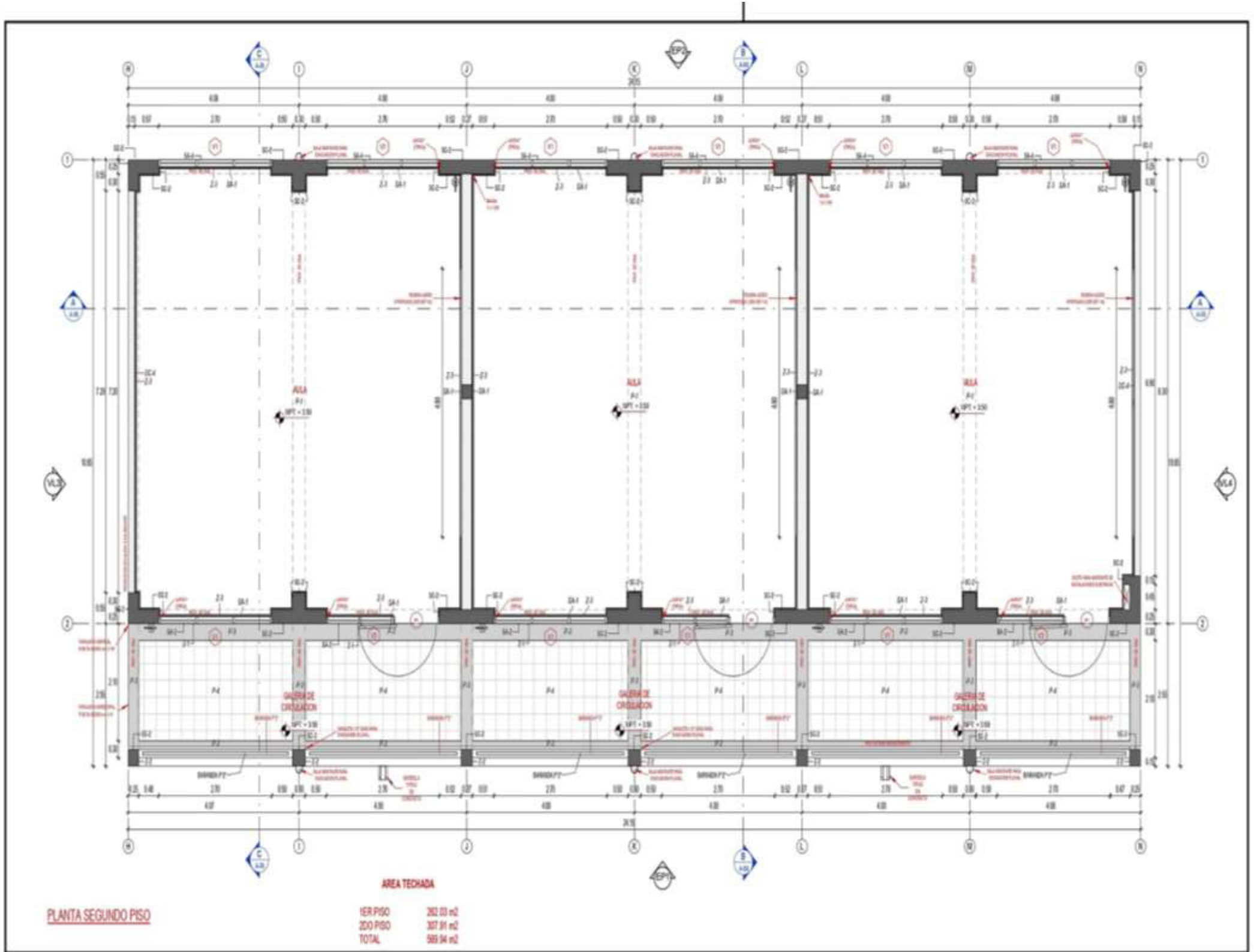
CIELO PASEO/FALSO CIELO PASEO-C	
CODIGO	DESCRIPCION
L-1	Temperado y bañado con Lata color Blanco

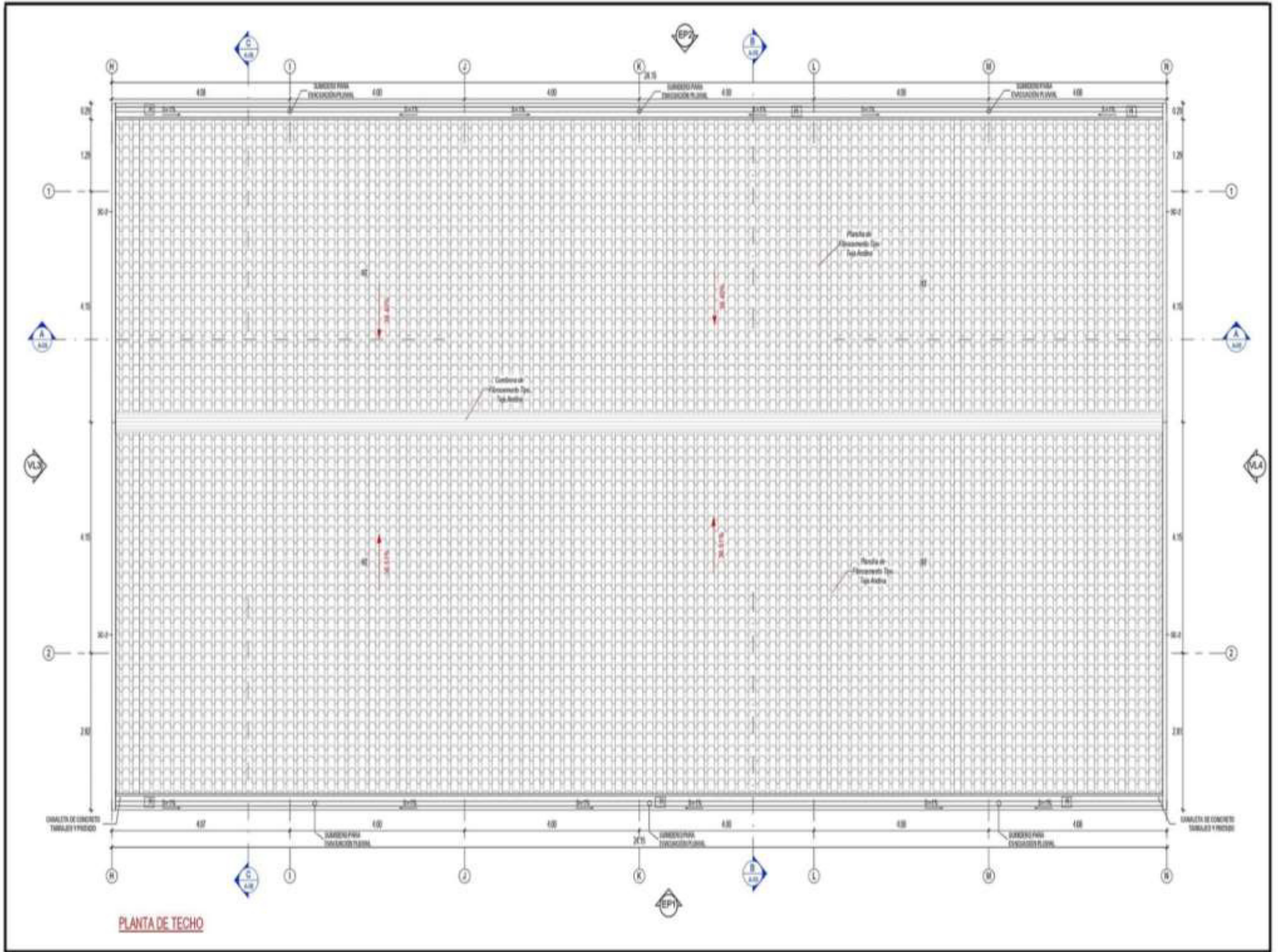
REVESTIMIENTOS IMPERMEABLES-C	
CODIGO	DESCRIPCION
I-1	Revestimiento en todo el área impermeable
I-2	Revestimiento en todo el área impermeable con cobertura de Membrana tipo bitumica

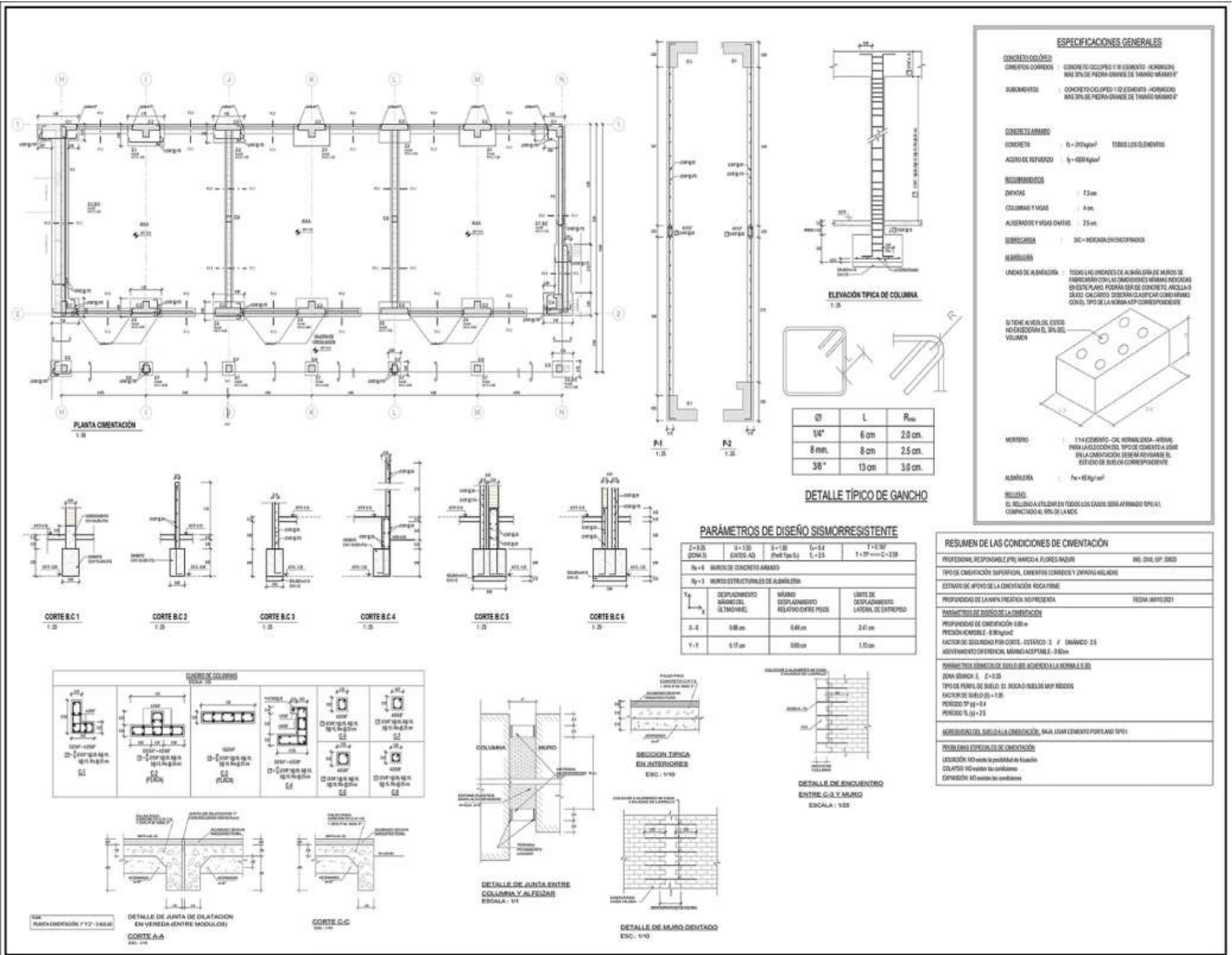
CUADRO DE VANOS

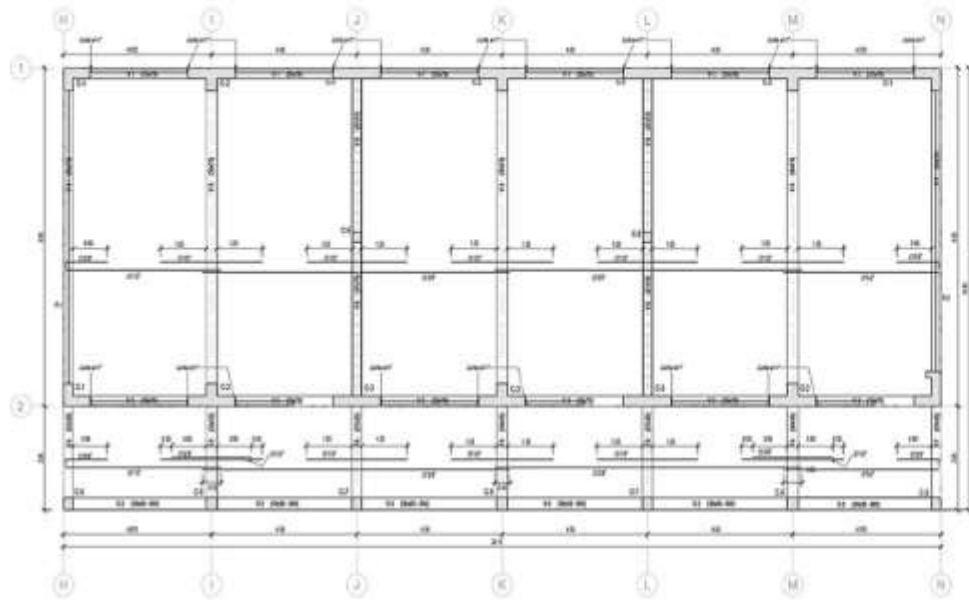
PUERTAS BLOQUE C					
CODIGO	ANCHO	ALTO	AMBIENTE	Modelo	
P1	1.50	2.10	Interior	Modelo	

VENTANAS - BLOQUE C					
CODIGO	ANCHO	ALTO	ANCHO	AMBIENTE	SPC
V1	2.75	1.50	1.50	Inter	W-C
V2	2.75	0.50	1.50	Inter	W-C
V3	2.75	1.50	1.50	Inter	W-C

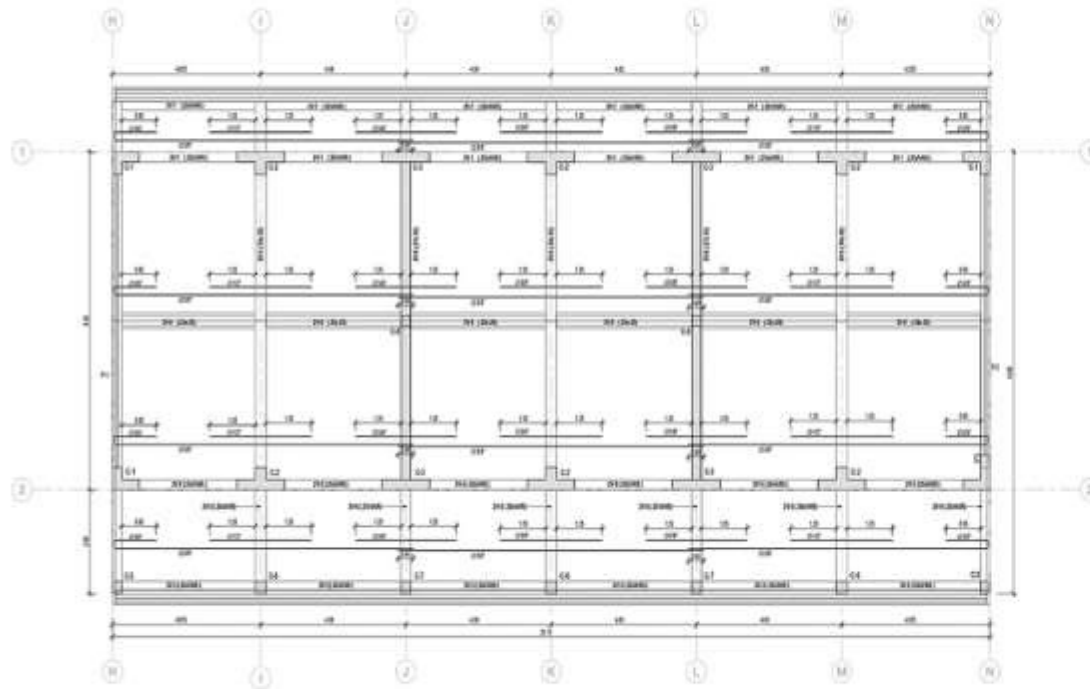




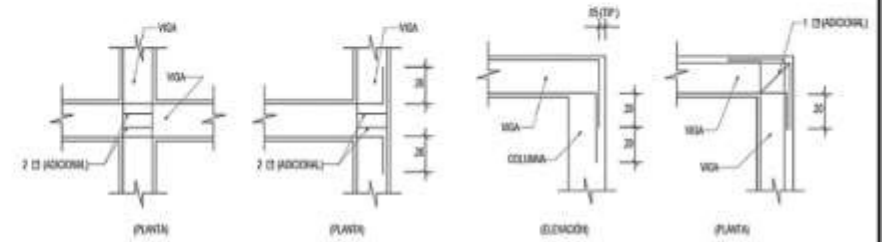
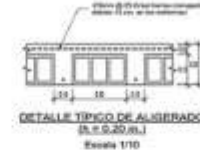




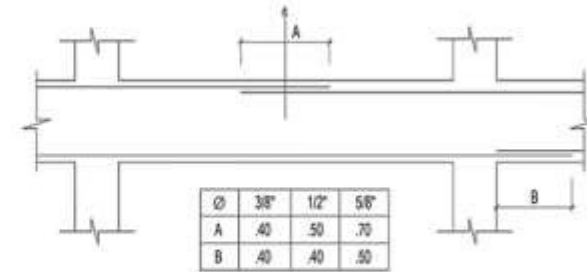
**TECHO PRIMER PISO**  
1:30  
ALCANTARILLO 14x20CM  
SC-25Rpa2 DI AREA  
SC-45Rpa2 DI CORRIDOR



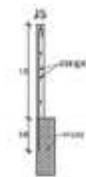
**TECHO SEGUNDO PISO**  
1:30  
ALCANTARILLO 14x20CM  
SC-10(pu2)



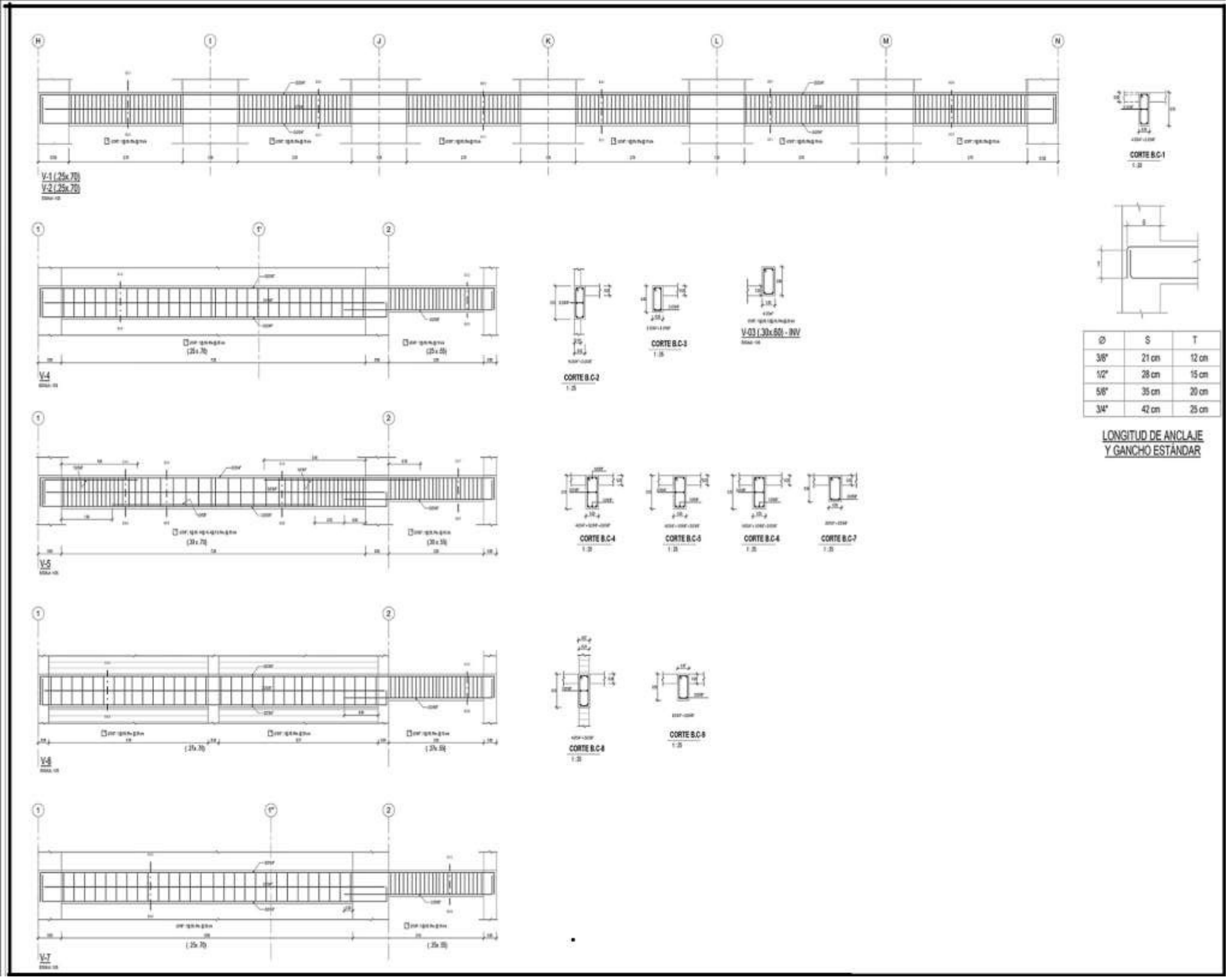
**ENTREGAS TÍPICAS DE VIGAS NO ESPECIFICADAS EN LÁMINAS**

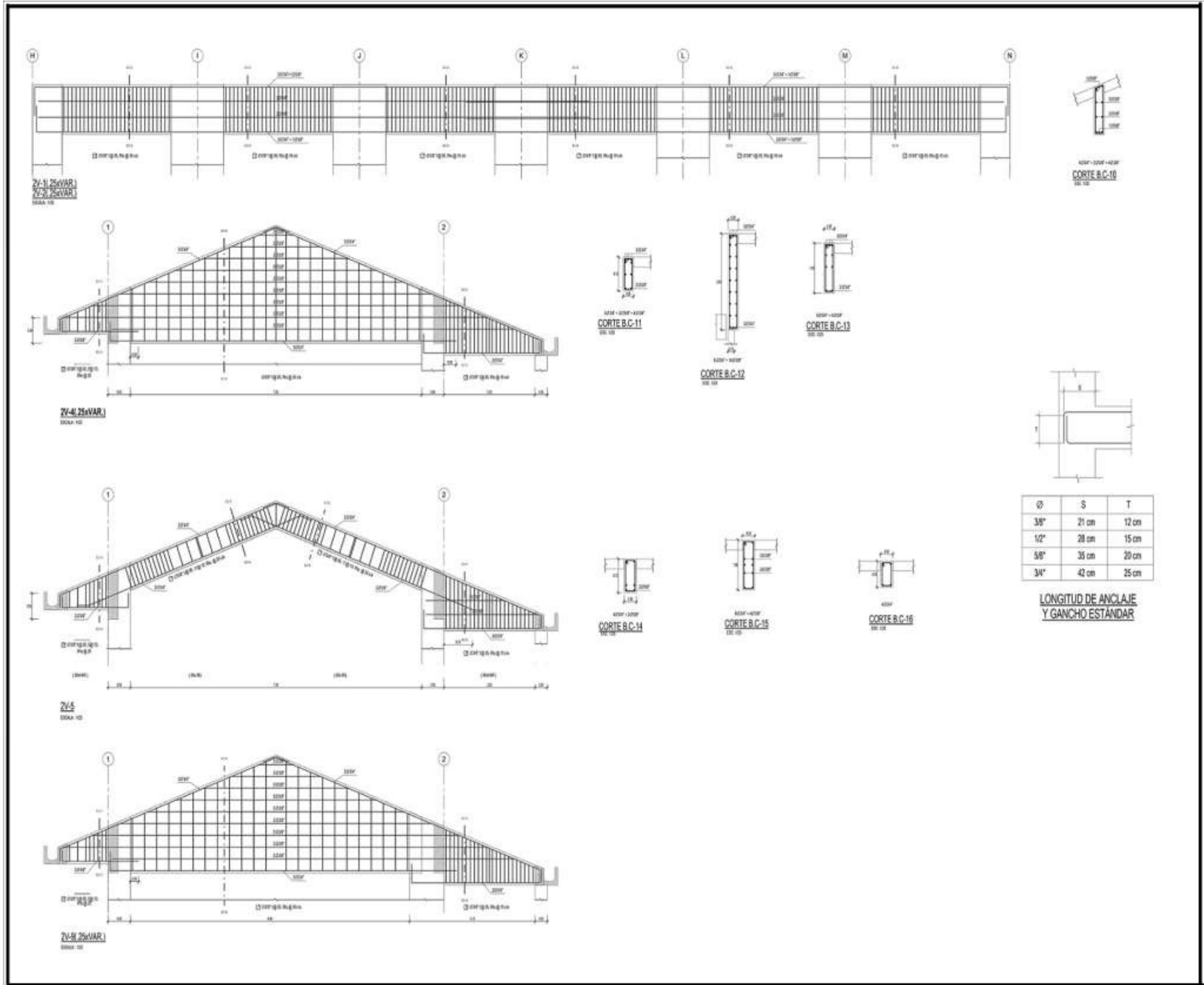


**TRASLAPES DE VIGAS NO ESPECIFICADAS EN LÁMINAS**



**DETALLE DE PARAPETO EN ARMADO DE CONCRETO**  
ESC. 1/25





## Anexo H. Resultado del turnitin

Feedback Studio - Google Chrome  
 ex.turnitin.com/app/carta/es/?o=2705002054&student\_user=1&u=1176978327&u=1&u=103&lang=es

turnitin Estrella CamavilcaMelvin Antonio TURFOTIN\_UNPV\_FC\_Estrella\_Camavilca\_MMARL\_Arroyo\_Titulo\_profesional\_2025.pdf

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

Optimización del costo y tiempo en la elaboración del expediente técnico de la I.E. 32386 con la implementación de la metodología BIM, Huánuco, 2024.

**Línea de Investigación:**

Desarrollo Urbano – Rural, Catastro, Prevención de riesgos, Hidráulica y Geotécnica

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**  
 Estrella Camavilca, Melvin Antonio <https://orcid.org/0009-0005-7030-8355>

**Aseesor:**  
 Cancho Zuriga, Gerardo Enrique <https://orcid.org/0000-0002-0884-5114>

**Jurados:**

Resumen de coincidencias: **17 %**

Rank	Source	Percentage
1	hdl.handle.net Fuente de internet	2 %
2	repositorio.unc.edu.pe Fuente de internet	1 %
3	vsp.info Fuente de internet	1 %
4	www.sturashero.com Fuente de internet	1 %
5	+701#01094098075.p... Fuente de internet	1 %
6	Entregado a uncaedu Trabajo de estudiante	1 %
7	www.mef.gob.pe Fuente de internet	1 %

Página: 1 de 120 Número de palabras: 23516 Versión más texto del informe Alta resolución **Revisado**

Buscar

23:23 23/06/2023