



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA VDC PARA LA OPTIMIZACIÓN
DEL PRESUPUESTO EN LA FASE DE DISEÑO DEL PROYECTO INNOVA
SCHOOL, SEDE OLIVOS, LIMA-2025**

**Línea de investigación:
Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor

Letona Quispe, Carlos Andrés

Asesor

Tello Malpartida, Omart Demetrio

ORCID: 0000-0002-5043-6510

Jurado

Romero Rios, David

Yupari Silva, Emilio Gustavo

Ayquipa Quispe, Evelyn Estefany

Lima - Perú

2026



IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA VDC PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PRESUPUESTO EN LA FASE DE DISEÑO DEL PROYECTO INNOVA SCHOOL, SEDE OLIVOS, LIMA-2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

5%

2

Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal

Trabajo del estudiante

3%

3

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%

8

repositorio.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

9

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

<1%

10

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

11

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

<1%



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA VDC PARA LA OPTIMIZACIÓN
DEL PRESUPUESTO EN LA FASE DE DISEÑO DEL PROYECTO INNOVA
SCHOOL, SEDE OLIVOS, LIMA-2025**

Línea de Investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar por el Título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Letona Quispe, Carlos Andrés

Asesor:

Tello Malpartida, Omart Demetrio

ORCID: 0000-0002-5043-6510

Jurado:

Romero Rios, David

Yupari Silva, Emilio Gustavo

Ayquipa Quispe, Evelyn Estefany

Lima – Perú

2026

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia, por ser el pilar fundamental sobre el cual he construido mis metas; gracias por su amor incondicional y su aliento constante. A mis colegas y amigos, cuya motivación fue vital en este trayecto académico. Y a todos aquellos que ven en la ingeniería y la educación el camino para el desarrollo de nuestra sociedad.

Agradecimientos

Expreso mi profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que contribuyeron a la materialización de esta tesis. En primer lugar, a Dios, por otorgarme la fortaleza y sabiduría necesarias para persistir ante cada desafío. A mi familia, por su paciencia y apoyo inquebrantable durante las largas horas de estudio; este logro es también suyo. A mi asesor de tesis, por su dirección acertada, su calidad humana y por compartir su experto conocimiento. Su guía fue determinante para alcanzar los estándares de esta investigación. Finalmente, agradezco a todos los profesores y compañeros de la carrera, quienes de una u otra manera contribuyeron a mi formación académica y profesional.

INDICE

RESUMEN.....	11
ABSTRACT	12
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Descripción y formulación del problema	14
1.1.1. <i>Problema general</i>	17
1.1.2. <i>Problemas específicos</i>	17
1.2. Antecedentes.....	18
1.2.1. <i>Antecedentes internacionales</i>	18
1.2.2. <i>Antecedentes nacionales</i>	20
1.3. Objetivos.....	22
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	22
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	22
1.4. Justificación	23
1.4.1. <i>Práctica</i>	23
1.4.2. <i>Social</i>	24
1.4.3. <i>Técnica</i>	24
1.4.4. <i>Económica</i>	24
1.5 Hipótesis.....	25
1.5.1 <i>Hipótesis general</i>	25
1.5.2 <i>Hipótesis específicas</i>	25
II. MARCO TEÓRICO.....	26
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	26
2.1.1 <i>Virtual design and construction (VDC)</i>	26

2.1.2 KPI's: Uso de métricas.....	35
2.2 Definición conceptual.....	44
III. MÉTODO.....	46
3.1. Tipo de investigación.....	46
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	47
3.3. Variables.....	48
3.3.1 Variable independiente.....	48
3.3.2 Variable dependiente.....	48
3.3.3 Operacionalización de variables.....	48
3.4. Población y muestra.....	51
3.5. Instrumentos.....	51
3.6. Procedimientos.....	53
3.6.1 Datos generales.....	53
3.6.2 Régimen paramétrico.....	54
3.6.2 Descripción general.....	54
3.6.3 Diseño metodológico que abordar.....	56
3.6.4 Componentes BIM.....	58
3.7. Análisis de datos.....	59
3.7.1 Presupuesto bajo la metodología tradicional.....	59
3.7.2 Estructura del equipo VDC	61
3.8. Consideraciones éticas.....	63
3.8.1 Establecer los objetivos del cliente.....	63
3.8.2 Creación de un framework VDC	63
3.9. Desarrollo del marco de trabajo VDC.....	65
3.9.1 Building information modeling (BIM)	65

3.9.2 <i>Integrated Concurrent Engineering (ICE)</i>	109
3.9.3 <i>Project production management (PPM)</i>	120
3.9.4 <i>Equipos integrados</i>	122
3.10. <i>Validación del proceso metodológico (BIM, ICE, PPM)</i>	130
IV. RESULTADOS	131
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	144
VI. CONCLUSIONES	146
VII. RECOMENDACIONES.....	148
VIII. REFERENCIAS.....	149
IX.	
ANEXOS.....	¡Error!
Marcador no definido.	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 VDC sustentado en métricas	28
Figura 2 Contraste entre BIM y un dibujo en 3D	29
Figura 3 Nivel de información necesaria (LOD-LOI).....	32
Figura 4 Beneficios del VDC	40
Figura 5 Entorno colaborativo	42
Figura 6 Lugar de estudio.....	47
Figura 7 Ubicación del lote	53
Figura 8 Estrategia general de implementación VDC	57
Figura 9 Presupuesto del expediente técnico – base.....	59
Figura 10 Estructura del equipo del cliente	61
Figura 11 Estructura del equipo de supervisión	61
Figura 12 Estructura del equipo de diseño	62
Figura 13 Estructura del equipo del contratista	62
Figura 14 Creación de Framework VDC.....	64
Figura 15 Creación de ECD	66
Figura 16 Visualización del modelo de estructuras dentro del ECD.....	67
Figura 17 Modelamiento 3D general.....	70
Figura 18 Activos del proyecto	71
Figura 19 Registro de RFI's dentro del ECD	72
Figura 20 Detección de RFI'S.....	73
Figura 21 Detección de interferencias automatizado	74
Figura 22 Recorrido de la verificación	75

Figura 23 Incidencias.....	76
Figura 24 Organización y comunicación de RFI.....	76
Figura 25 Cambios y lista de resultados	78
Figura 26 Comparativo y modificación.....	79
Figura 27 Vinculación del código de partida del presupuesto con el Modelo 3D.....	82
Figura 28 Vínculo del modelo 3D y presupuesto	84
Figura 29 Indicadores	85
Figura 30 Auditoría del modelado.....	108
Figura 31 Métricas ICE – Dashboard de Control	120
Figura 32 Gestión y control presupuestal	121
Figura 33 Cumplimiento PPC	127
Figura 34 Metrados expediente vs metrado BIM	135
Figura 35 Costo optimizado por especialidad	135
Figura 36 Costo optimizado por PPM	142

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	49
Tabla 2 Software por disciplina	58
Tabla 3 Porcentaje de modelado de cada disciplina	68
Tabla 4 Porcentaje de planos generados con base al modelo 3D	69
Tabla 5 Porcentaje de compatibilización del modelo	80
Tabla 6 BIM - Métrica de producción N°01: % de sesiones ICE usando el modelo 3D.....	81
Tabla 7 BIM - métrica de producción N°02: # de partidas vinculadas con el modelo 3D	83
Tabla 8 BIM - factor controlable N°01: LOD 350 a 300 alcanzado en especialidades.....	86
Tabla 9 Modelos	86
Tabla 10 Auditoria de los objetivos del modelo	87
Tabla 11 Cumplimiento de los objetivos	88
Tabla 12 Modelos	94
Tabla 13 Auditoria de los objetivos del modelo	94
Tabla 14 Cumplimiento de los objetivos	95
Tabla 15 Modelos	97
Tabla 16 Auditoria de los objetivos del modelo	97
Tabla 17 Cumplimiento de los objetivos	99
Tabla 18 Modelos	104
Tabla 19 Auditoria de los objetivos del modelo	104
Tabla 20 Cumplimiento de los objetivos	105
Tabla 21 Porcentaje de Clashes resuelto en contraste con la agenda	110
Tabla 22 Equipos integrados por especialidad.....	111

Tabla 23 ICE métrica de producción N°01: # acuerdos u optimizaciones actualizados en el modelo 3D.....	112
Tabla 24 ICE – factor controlable N°01: % asistencia de especialistas clave	117
Tabla 25 ICE – factor controlable N°02: envío de la agenda ICE previamente a la sesión. .	119
Tabla 26 PPM - métrica de producción N°01: # de equipos integrados.....	123
Tabla 27 Cronograma de hitos de diseño.....	123
Tabla 28 PPM – factor controlable N°01: % del plan cumplido (PPC).....	126
Tabla 29 PPM – Factor N°02: Seguimiento y control de las decisiones tomadas.....	127
Tabla 30 Optimización de metrados de partidas incidentes.....	132
Tabla 31 Optimización de costos evitados por interferencias en sesiones ICE.....	138
Tabla 32 Optimización de gastos generales por el cumplimiento de actividades PPM.....	142

RESUMEN

La presente investigación estableció como objetivo implementar la metodología VDC para la optimización del presupuesto en la fase de diseño del proyecto Innova School, sede Olivos, Lima-2025. La investigación fue de tipo aplicada, de nivel explicativo y diseño no experimental de estudio de caso. La población constó de los proyectos de infraestructura educativa de la organización, mientras que la muestra estuvo conformada por proyecto de la Sede Olivos. Los principales resultados demostraron que: el Costo de optimización por BIM logró una reducción de S/ 265,298.94 (1.89% del presupuesto total) mediante el sinceramiento de metrados en las especialidades de arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas; el Costo de optimización por ICE generó un ahorro preventivo de S/ 61,600.00 (0.44%) al resolver interferencias críticas antes de la obra; y el Costo de optimización por PPM disminuyó los gastos generales en S/ 144,000.00 (1.03%) gracias a la reducción del cronograma en 40 días. Finalmente, se determinó que la implementación de la metodología VDC optimizó el presupuesto total en un 3.36%, equivalente a un ahorro acumulado de S/ 470,898.94, validando la viabilidad financiera del proyecto.

Palabras clave: Diseño y construcción virtual, modelado de información de edificios, ingeniería concurrente integrada, gestión de producción de proyectos.

ABSTRACT

The objective of this research was to implement the VDC methodology for budget optimization during the design phase of the Innova School project, Olivos branch, Lima-2025. The research was of an applied type, explanatory level, with a non-experimental case study design. The population consisted of the organization's educational infrastructure projects, while the sample was comprised of the project of the Olivos Branch. The main results demonstrated that: the Optimization Cost via BIM achieved a reduction of S/ 265,298.94 (1.89% of the total budget) through the rectification of quantity take-offs in the specialties of architecture, structures, sanitary installations, and electrical installations; the Optimization Cost via ICE generated a preventive saving of S/ 61,600.00 (0.44%) by resolving critical interferences prior to construction; and the Optimization Cost via PPM decreased general expenses by S/ 144,000.00 (1.03%) due to a 40-day schedule reduction. Finally, it was determined that the implementation of the VDC methodology optimized the total budget by 3.36%, equivalent to an accumulated saving of S/ 470,898.94, validating the project's financial feasibility.

Keywords: Virtual design and construction, building information modeling, integrated concurrent engineering, project production management.

I. INTRODUCCIÓN

La metodología Virtual Design and Construction (VDC) se presenta como una herramienta innovadora en el ámbito de la construcción, enfocándose en optimizar los procesos desde la fase de diseño. Su principal objetivo es integrar de manera eficiente las diversas áreas involucradas en un proyecto, utilizando tecnologías digitales y metodologías colaborativas para garantizar la planificación adecuada de recursos y presupuestos. La implementación de esta metodología ha demostrado ser efectiva para reducir sobrecostos, tiempos y conflictos en la ejecución de proyectos.

Consecuentemente la fase de diseño en los proyectos de construcción es crítica, ya que en ella se toman decisiones que impactan significativamente en los costos y la calidad final. Los errores en esta etapa suelen traducirse en modificaciones posteriores, incrementos de presupuesto y retrasos en los cronogramas. En este contexto, la optimización del presupuesto mediante herramientas como VDC cobra especial relevancia, ya que permite prever y mitigar los riesgos asociados a cambios no planificados y falta de coordinación entre los equipos.

Por su parte, la relación entre la metodología VDC y la optimización del presupuesto se fundamenta en la capacidad de esta herramienta para integrar datos y procesos en tiempo real, facilitando la toma de decisiones basada en información precisa. Esto se traduce en una planificación más eficiente, evitando la duplicidad de esfuerzos y garantizando que los recursos sean utilizados de manera estratégica. Al aplicar VDC, los proyectos pueden maximizar la rentabilidad y minimizar los desvíos presupuestales desde las etapas iniciales.

En síntesis, el proyecto Innova School, sede Olivos, constituye un caso ideal para analizar la implementación de VDC en el contexto educativo, donde los recursos y presupuestos suelen ser estrictos. La adopción de esta metodología en la fase de diseño busca garantizar una

distribución eficiente de los recursos, alineada con los estándares de calidad establecidos, asegurando que las decisiones tomadas en esta etapa inicial sean sostenibles y efectivas.

Así, la optimización del presupuesto mediante la metodología VDC no solo responde a las demandas técnicas y económicas del proyecto, sino que también sienta las bases para una gestión más ágil y precisa de los recursos. En este estudio, se analizarán los beneficios de su implementación en el diseño del proyecto Innova School, sede Olivos, estableciendo un modelo de referencia que permita replicar estas prácticas en futuras obras educativas en el país.

1.1. Descripción y formulación del problema

En el ámbito global, los problemas asociados a la planificación y ejecución de proyectos de construcción han sido ampliamente documentados. Según el informe de Rajat et al. (2016), el 70% de los proyectos de construcción superan el presupuesto planificado y el 50% sufren retrasos significativos, debido a una deficiente coordinación de datos, fallos en la comunicación entre equipos y la falta de metodologías integrales como la VDC (Virtual Design and Construction). Estos problemas generan un impacto negativo en los costos, cronogramas y calidad final de las obras, reflejando la necesidad de herramientas innovadoras para optimizar procesos desde las etapas iniciales de diseño.

La respuesta de las economías desarrolladas ha sido la adopción masiva de metodologías integrales. En Estados Unidos, Azhar (2011) realizó uno de los estudios más citados sobre la rentabilidad de estas tecnologías, documentando que la implementación de BIM genera un Retorno de la Inversión (ROI) que oscila entre el 634% y el 1633% en proyectos complejos. Su investigación concluye que el ahorro no proviene solo de la velocidad, sino de la "evitación de costos" (cost avoidance) al eliminar las colisiones de diseño que, bajo métodos tradicionales, se convierten en órdenes de cambio obligatorias durante la ejecución.

En el contexto europeo, la validación empírica es contundente. Bryde et al. (2013) realizaron un análisis exhaustivo de 35 proyectos de construcción en el Reino Unido y Europa

continental para medir los beneficios tangibles del modelado de información. Sus resultados determinaron que la reducción de costos fue el beneficio más reportado (60.9% de los casos), logrando una optimización directa del presupuesto gracias a la detección temprana de interferencias. Complementariamente, en Suecia, Sen (2012) evaluó el impacto de BIM/VDC sobre el retorno de inversión en un proyecto de construcción, desarrollando un modelo financiero para estimar ahorros desde la perspectiva del contratista general. En el caso ALFA, el estudio reportó un ROI del 735%, con un ahorro total estimado de 4,467,981 SEK frente a un costo de implementación BIM/VDC de 535,000 SEK, evidenciando que la gestión digital y colaborativa de procesos puede generar retornos significativamente superiores al costo de implementación.

La latencia en la toma de decisiones constituye un factor crítico de pérdida económica en proyectos de construcción. En los Países Bajos, Ossa (2021) analizó la integración del ingeniero de costos en procesos BIM/5D BIM, evidenciando que este profesional suele participar tardíamente y de forma poco articulada con diseñadores y modeladores, lo que limita el uso de información de costos en decisiones tempranas de diseño. El estudio propone una integración más oportuna del ingeniero de costos dentro del desarrollo del proyecto, con el fin de mejorar la calidad de la estimación, fortalecer la comunicación interdisciplinaria y favorecer decisiones basadas en costos desde etapas iniciales.

Finalmente, desde la perspectiva de la gestión de procesos, la Universidad de Stanford (cuna del VDC) ha documentado a través del CIFE (Center for Integrated Facility Engineering) que la integración de BIM con sesiones ICE permite reducir drásticamente el tiempo de respuesta a consultas técnicas. Estudios derivados, como el de Alsharqawi (2016), en el ámbito académico europeo, refuerzan que la planificación de costos con modelos 5D durante la licitación permite a los contratistas reducir sus contingencias de riesgo, ofreciendo presupuestos más competitivos y precisos.

En el Perú, la gestión de inversiones en construcción evidencia problemas de eficiencia y baja predictibilidad en la ejecución de obras públicas. Según la Contraloría General de la República (2023) se registraron 1,879 obras públicas paralizadas a nivel nacional, por un monto de inversión superior a S/ 21,595 millones, concentrándose una parte importante de estas paralizaciones en los sectores Transportes y Comunicaciones, así como Vivienda, Construcción y Saneamiento. Asimismo, reportes sobre la ejecución de proyectos públicos con PIM 2022 evidenciaron que alrededor del 25% de los proyectos activos presentaban más de 100 días de retraso, lo que refleja deficiencias en planificación, coordinación y control de ejecución, con impacto directo en los costos finales del proyecto (Construyendo, 2022).

Ante este escenario, la investigación académica reciente ha demostrado que la adopción de la metodología VDC (Virtual Design and Construction) marca una diferencia cuantificable en la rentabilidad. Un estudio comparativo realizado por Morales (2018) en Lima evidenció la disparidad económica entre modelos de gestión: mientras una torre de viviendas ejecutada bajo el modelo tradicional arrojó una rentabilidad negativa del -3.94%, una torre gemela gestionada con BIM alcanzó una rentabilidad positiva del 1.39%. Este hallazgo confirma que la metodología no es solo una herramienta de visualización, sino un mecanismo crítico para proteger el margen de utilidad frente a la incertidumbre.

La conexión entre la reducción de tiempos y el ahorro de dinero también ha sido validada. Corrales y Saravia (2020) demostraron en su investigación que la implementación de VDC permitió reducir la variabilidad del plazo en un 21% y disminuir el tiempo de respuesta de consultas (RFI) en 9 días promedio; esta eficiencia operativa se tradujo en una optimización del 0.52% del costo total del proyecto, recuperando capital que usualmente se pierde en la gestión administrativa de problemas. En la misma línea, Carranza y Ruiz (2023) aplicaron la metodología VDC en la construcción del edificio multifamiliar Gran Tomás Valle, en Lima,

evidenciando mejoras significativas en la gestión del presupuesto y del cronograma mediante la identificación de incompatibilidades y la optimización del proceso constructivo.

En el sector específico de la infraestructura educativa, donde los presupuestos son rígidos y los plazos inamovibles, la necesidad de optimización es crítica. Monzon (2023) auditó expedientes técnicos de colegios en el sur del país, encontrando que el uso de BIM permitía un ahorro neto del 1.6% en el Costo Directo al corregir errores de metrados en estructuras y sanitarias antes de la licitación.

Finalmente, por los argumentos descritos, en el contexto del proyecto Innova School, Sede Olivos, se identifican retos críticos relacionados con la optimización del presupuesto desde la fase de diseño. Según datos históricos proporcionados por la Gerencia, los costos derivados de re-diseños y modificaciones adicionales han representado hasta un 15% del presupuesto total en la ejecución de sedes anteriores. Estos sobre costos se atribuyen directamente a la falta de integración temprana de tecnologías colaborativas como VDC, lo que genera una desconexión entre el diseño y la construcción que resulta en retrasos y ajustes constantes durante la obra. Por tanto, implementar esta metodología no es solo una mejora técnica, sino una estrategia indispensable para mejorar significativamente la eficiencia presupuestaria y cumplir con los rigurosos estándares de tiempo y calidad esperados por la institución (Umeres, 2025).

1.1.1. Problema general

¿De qué manera la implementación de la metodología VDC optimiza el presupuesto en la fase de diseño del proyecto Innova School, sede Olivos, Lima-2025?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera la implementación de la metodología VDC por medio del modelamiento de información de construcción (BIM) optimiza el presupuesto en la fase de diseño del proyecto Innova School, sede Olivos, Lima2025?

- ¿Cómo la implementación de la metodología VDC por medio de las sesiones de ingeniería concurrente integrada (ICE) optimiza el presupuesto en la fase de diseño del proyecto Innova School, sede Olivos, Lima-2025?
- ¿De qué forma la implementación de la metodología VDC en la gestión de la producción del proyecto (PPM) optimiza el presupuesto en la fase de diseño del proyecto Innova School, sede Olivos, Lima-2025?

1.2. Antecedentes

Examinando la información disponible tanto a escala estatal como mundial, es posible encontrar precedentes con características similares, tal y como se ha descrito:

1.2.1. Antecedentes internacionales

Johnsen et al. (2024), tuvo como objetivo analizar de qué manera la implementación de la metodología VDC optimiza el desempeño técnico y económico durante la fase de diseño de proyectos públicos. El estudio aplicó una metodología de enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), de tipo aplicada, nivel descriptivo-explicativo y con un diseño de estudio de casos múltiples. La población y muestra estuvieron conformadas por seis proyectos piloto de infraestructura pública noruega, seleccionados para monitorear su gestión colaborativa. Los resultados reportaron un alto desempeño en la gestión de la información, alcanzando un Nivel de Desarrollo (LOD) promedio de 350, un cumplimiento de sesiones ICE del 88% y un Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) global del 90%; asimismo, se logró vincular el 74% de las partidas presupuestarias al modelo 3D. El estudio concluyó que el uso de VDC incrementa la trazabilidad interdisciplinaria y fortalece la toma de decisiones, logrando reducir las desviaciones presupuestales en un 15%, validando así la eficacia del sistema para el control de inversiones públicas.

Ossa (2021), planteó como objetivo integrar la figura del ingeniero de costos en los procesos colaborativos para mejorar la estimación presupuestal mediante sesiones concurrentes. El estudio fue de tipo aplicado, con un nivel explicativo y un diseño de investigación-acción participativa. La población y muestra consistieron en tres proyectos de infraestructura vial gestionados bajo estándares VDC en un entorno corporativo europeo. Los resultados demostraron que la incorporación de sesiones de ingeniería concurrente permitió resolver ambigüedades de diseño en tiempo real, lo que permitió reducir considerablemente las suposiciones erróneas en el presupuesto; esto optimizó la confiabilidad de la estimación de costos en un 15% comparado con los métodos asíncronos tradicionales, validando que la colaboración simultánea blindó el presupuesto contra desviaciones futuras.

Bryde et al. (2013) tuvieron como objetivo explorar los beneficios generados por el uso de BIM en proyectos de construcción. La investigación fue de tipo documental, descriptiva y comparativa, utilizando información secundaria de 35 proyectos que aplicaron BIM. Los resultados mostraron que la metodología contribuyó a mejorar la gestión del proyecto, especialmente en aspectos asociados al control de costos, programación, coordinación y comunicación entre los participantes. El estudio concluyó que BIM no solo funciona como herramienta de modelado geométrico, sino también como soporte para la gestión integral del proyecto, al permitir una mayor trazabilidad de la información y una mejor coordinación de decisiones técnicas y económicas.

Sen (2012) tuvo como objetivo evaluar el impacto de BIM/VDC sobre el retorno de inversión en proyectos de construcción, desarrollando un modelo financiero para estimar ahorros y calcular el ROI desde la perspectiva del contratista general. La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño de estudio de caso, tomando como referencia un proyecto de construcción en Suecia. Los resultados demostraron que la implementación de BIM/VDC generó ahorros significativos y un impacto positivo en el ROI; en el caso analizado,

el estudio reportó ahorros totales de 4,467,981 SEK frente a un costo de implementación BIM/VDC de 535,000 SEK, obteniendo un ROI de 735%. El estudio concluyó que BIM/VDC contribuye a mejorar la eficiencia económica del proyecto mediante la reducción de errores, mejora de la coordinación y optimización de procesos constructivos.

1.2.2. Antecedentes nacionales

Chávez (2024), planteó como objetivo analizar la metodología VDC para optimizar los resultados de las métricas BIM-PPM-ICE en un proyecto de movimiento de tierras y construcción. La investigación fue de tipo aplicada y nivel descriptivo-explicativo, con un diseño pre-experimental. La población y muestra estuvieron conformadas por la construcción del depósito de desmonte "WSF Mecheros" en una unidad minera en Cajamarca. Los resultados mostraron que la implementación del componente PPM (gestión de la producción) permitió elevar el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) en un 46.27% y reducir las causas de no cumplimiento; esta optimización de los flujos productivos generó una reducción de costos operativos del 39.44% en las partidas controladas, obteniendo finalmente una eficiencia económica del 79% a favor en la relación costo- beneficio de la implementación, demostrando que controlar el flujo de producción protege directamente la rentabilidad del proyecto.

Carranza y Ruiz (2023), tuvo como objetivo implementar el método VDC para optimizar la gestión en la construcción de una edificación residencial en Lima. La investigación fue de tipo aplicada, de nivel explicativo y con un diseño pre-experimental de estudio de caso único. La población y muestra estuvieron conformadas por el proyecto "Edificio Multifamiliar Gran Tomás Valle", seleccionado para evaluar el impacto de la metodología en la fase de ejecución. Los resultados evidenciaron que la implementación de VDC mejoró sustancialmente la gestión del proyecto al generar alertas tempranas de incompatibilidades, las cuales fueron solucionadas colaborativamente en sesiones ICE; esta dinámica permitió reducir drásticamente el tiempo de respuesta de los requerimientos de

información (RFI), logrando una optimización cuantificable del presupuesto en un 5.29% y una reducción del tiempo de ejecución en un 22.12%, validando la eficacia del sistema para el control de recursos.

Monzon (2023), tuvo como objetivo demostrar cómo el uso de la metodología BIM optimiza el presupuesto de obra de una institución educativa. La investigación fue de tipo aplicada, de nivel descriptivo-comparativo y con un diseño no experimental transversal. La población y muestra estuvieron constituidas por la Institución Educativa de nivel primaria ubicada en el distrito de Huepetue, Madre de Dios. Los resultados revelaron diferencias significativas entre los metrados obtenidos del expediente técnico tradicional y los extraídos del modelo BIM, especialmente en las especialidades de estructuras y sanitarias; la corrección de estas desviaciones permitió obtener un Costo Directo real y depurado, cuantificando un ahorro neto del 1.6% en el presupuesto final de obra al eliminar las sobreestimaciones y desperdicios propios del cálculo manual.

Morales (2018), tuvo como objetivo principal evaluar la rentabilidad relativa de dos estrategias de gestión (tradicional vs. BIM) en la construcción de edificaciones verticales. El estudio fue de tipo aplicado, nivel descriptivo-comparativo y diseño cuasi-experimental (estudio de casos comparados). La población y muestra estuvieron conformadas por dos torres de departamentos similares (Torre I y Torre II) del "Condominio Paseo San Martín" en el distrito de San Martín de Porres, Lima. Los resultados mostraron una divergencia financiera notable: mientras la Torre I (gestión tradicional) obtuvo una rentabilidad negativa del -3.94%, la Torre II (gestión BIM) alcanzó una rentabilidad efectiva positiva del 1.39%; esto validó la hipótesis de que el uso de BIM conlleva una mejora directa en la rentabilidad final y el margen de beneficio en proyectos inmobiliarios.

Corrales y Saravia (2020), tuvo como objetivo determinar el impacto de la implementación de la metodología VDC en la reducción de plazo y costo en proyectos de

edificaciones. El trabajo fue de tipo aplicado, nivel explicativo y diseño pre-experimental de caso único. La población y muestra consistieron en un proyecto de edificación ejecutado en Perú, donde se monitoreó el flujo de las consultas técnicas. Los resultados demostraron que el trabajo colaborativo redujo el tiempo de respuesta de los RFI (Requerimientos de Información) en un promedio de 9 días, lo que mejoró la predictibilidad del cronograma al reducir la variabilidad del plazo en un 21%; en términos económicos, la implementación mostró un impacto positivo, logrando una optimización del 0.52% del costo total del proyecto gracias a la mitigación de riesgos constructivos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Implementar la metodología VDC para la optimización del presupuesto en la fase de diseño del proyecto Innova School, sede Olivos, Lima-2025.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar como la implementación de la metodología VDC por medio del modelamiento de información y construcción (BIM) optimiza el presupuesto en la fase de diseño del proyecto Innova School, sede Olivos, Lima-2025.
- Determinar como la implementación de la metodología VDC por medio de las sesiones de ingeniería concurrente integrada (ICE) optimiza el presupuesto en la fase de diseño del proyecto Innova School, sede Olivos, Lima-2025.
- Evaluar como la implementación de la metodología VDC en la gestión de la producción del proyecto (PPM) optimiza el presupuesto en la fase de diseño del proyecto Innova School, sede Olivos, Lima-2025.

1.4. Justificación

Desde una perspectiva científica, la implementación de la metodología Virtual Design and Construction (VDC) para la optimización del presupuesto en la fase de diseño es relevante porque permite integrar procesos tecnológicos y colaborativos que abordan problemáticas críticas en la gestión de proyectos de construcción. Este estudio contribuyó a ampliar el conocimiento sobre la eficiencia y sostenibilidad en el sector, proporcionando evidencia empírica sobre el impacto de la VDC en la reducción de costos y la mejora de la planificación. La relevancia académica de esta investigación radicó en su capacidad para ofrecer un modelo replicable, aplicable en diversos proyectos y disciplinas como la gestión de proyectos, la arquitectura y la ingeniería civil, fomentando un enfoque integral en la optimización de recursos.

1.4.1. Práctica

La metodología VDC tiene como objetivo mejorar la planificación y la gestión de los recursos en la construcción mediante la integración de herramientas digitales y procesos colaborativos. En este caso, su implementación en el proyecto Innova School, sede Olivos, buscó optimizar el presupuesto en la fase de diseño, reduciendo la probabilidad de errores y sobrecostos que afectan directamente la rentabilidad del proyecto. Este estudio proporcionó una guía práctica para la adopción de VDC, demostrando cómo puede ser utilizada para gestionar de manera más eficiente los recursos y garantizar la sostenibilidad económica y operativa en proyectos educativos. Los resultados permitieron a los profesionales del sector contar con estrategias más efectivas para afrontar los retos financieros y de gestión en sus proyectos.

1.4.2. Social

Al mejorar la eficiencia y reducir los costos de diseño y construcción, se generan ahorros que pueden ser reinvertidos en la calidad de las infraestructuras y servicios educativos. Esto repercute directamente en el bienestar de los estudiantes y las comunidades educativas, fomentando un acceso equitativo a instalaciones de alta calidad. Además, la implementación de VDC contribuyó al desarrollo sostenible al minimizar el desperdicio de materiales y energía, favoreciendo un modelo de construcción más respetuoso con el medio ambiente. A nivel local, el éxito de este proyecto puede convertirse en un referente para iniciativas similares, promoviendo una mejora en la calidad de vida y el desarrollo económico en la región.

1.4.3. Técnica

Se realizó con el fin de integrar de manera eficiente los procesos de planificación, diseño y construcción mediante modelos digitales colaborativos. Esta metodología permitió identificar interferencias, optimizar la secuencia constructiva y reducir errores antes de la ejecución en obra, lo que justifica su aplicación por el alto nivel de precisión que ofrece. El uso del VDC benefició al equipo técnico del proyecto, permitiéndoles tomar decisiones informadas, mejorar la coordinación interdisciplinaria y asegurar una mayor calidad en la etapa de ejecución.

1.4.4. Económica

Desde un enfoque económico, el uso de la metodología VDC se realizó para optimizar los costos del proyecto en la etapa de diseño, mediante la detección temprana de errores, la reducción de retrabajos y la mejora en la toma de decisiones financieras. Esta implementación respondió a la necesidad de maximizar el uso eficiente de los recursos, garantizar el cumplimiento del presupuesto y evitar sobrecostos no planificados. Los principales

beneficiarios fueron los inversionistas y la entidad promotora del proyecto, quienes obtendrán una mayor rentabilidad y control económico durante la ejecución del Innova School.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La implementación de la metodología VDC optimizará significativamente el presupuesto en la fase de diseño del proyecto Innova School, sede Olivos, Lima-2025.

1.5.2 Hipótesis específicas

- La implementación de la metodología VDC por medio del modelamiento de información y construcción (BIM) optimiza significativamente el presupuesto en la fase de diseño del proyecto Innova School, sede Olivos, Lima-2025.
- La implementación de la metodología VDC por medio de las sesiones de ingeniería concurrente integrada (ICE) optimiza significativamente el presupuesto en la fase de diseño del proyecto Innova School, sede Olivos, Lima-2025.
- La implementación de la metodología VDC en la gestión de la producción del proyecto (PPM) optimiza significativamente el presupuesto en la fase de diseño del proyecto Innova School, sede Olivos, Lima-2025.

Limitaciones de la investigación

Una de las principales limitaciones del estudio sobre la implementación de la metodología VDC para la optimización del presupuesto en la fase de diseño radicó en la dependencia de herramientas tecnológicas avanzadas y la necesidad de contar con personal capacitado en su uso. Además, la variabilidad en la calidad de los datos iniciales pudo afectar la precisión del modelado y la toma de decisiones. Asimismo, los resultados pudieron no ser generalizables a proyectos con distintas características técnicas o escalas, limitando su aplicabilidad en contextos con menor infraestructura tecnológica o recursos humanos especializados.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Virtual design and construction (VDC)*

El enfoque VDC, acrónimo de Virtual Design and Construction en inglés ha surgido como la metodología más acertada para obtener mejores proyectos en plazos no previstos con precisión y capaces de superar las expectativas. es más, la ventaja de poder demostrar completamente todo el desarrollo antes del lanzamiento es prominente en las industrias de todo el mundo. Además, en contraste con el tamaño especulativo de la obra y los beneficios de su uso adecuado, el costo relativo de obtener este resultado versus el costo de actualizarlo es insignificante. VDC es la Medida de Innovación mediante la utilización de la metodología BIM dentro del Integrated Concurrent Engineering y del Lean (PPM) (Del Savio et al., 2022).

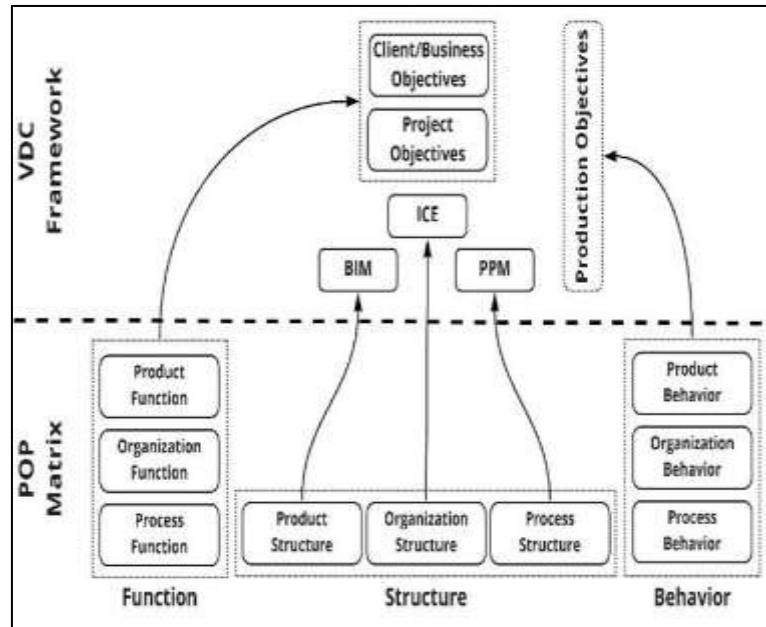
El uso de modelos informáticos y la creación de datos en proyectos de planificación y desarrollo requiere aplicaciones que puedan definir claramente los objetivos comerciales. Así nació la metodología Virtual Design and Construction (VDC) para procesar de manera más robusta los datos recopilados por BIM. Según Kunz y Fischer (2020), los principales elementos de un VDC son:

- Gestionar la reducción de tiempos mediante BIM.
- Gestionar ciclos y creación.
- la asociación corporativa y la conexión entre equipos multidisciplinares.
- Gestionar la ejecución de tareas a través de indicadores de desempeño.

En la actualidad, la metodología VDC se emplea como una de las estrategias más eficaces para garantizar que los proyectos cumplan con los plazos establecidos, se ajusten al presupuesto planificado y alcancen la calidad esperada. Este enfoque destaca la importancia de la colaboración entre todos los involucrados, promoviendo el trabajo en equipo hacia un

objetivo común, lo que facilita el seguimiento del progreso del proyecto y la integración efectiva del equipo. Según Patel (2021), el VDC fomenta la cooperación entre las partes interesadas mediante el aprovechamiento de la información generada en BIM, lo que permite una mejor gestión de los procesos para alcanzar los resultados esperados. Para maximizar los beneficios del VDC, es necesario realizar ajustes en las prácticas actuales, como involucrar a los constructores en las etapas iniciales del proyecto.

Cabrera (2016) sostiene que el VDC tiene como herramienta principal el modelado virtual de edificaciones, conocido como BIM (Building Information Modeling). Aunque a menudo se asocia únicamente con la compatibilización de planos y la detección de interferencias, el BIM también es clave para generar datos que alimentan la metodología VDC. Este enfoque no solo se basa en los modelos, sino también en la gestión de los procesos de producción a través del PPM (Project Production Management). La información obtenida tanto del BIM como del PPM respalda una toma de decisiones más eficiente, que se lleva a cabo en las sesiones ICE (Integrated Concurrent Engineering), las cuales actúan como el principal motor de esta metodología.

Figura 1*VDC sustentado en métricas**Nota:* Gutiérrez (2019)

2.1.1.1 Explicación de BIM como modelo de apoyo al VDC. Según Giménez (2025), el BIM es una metodología de desarrollo colaborativo que utiliza instrumentos digitales para registrar todo el ciclo de vida de las edificaciones e instalaciones. El objetivo es crear un archivo único con toda la documentación importante destinada a todas las instancias implicadas en el proyecto a lo largo de su vida útil.

Según BuildingSMART (2014), es la abreviatura de "building information modeling" (modelado de información para la edificación) o "building information management" (gestión de información para la edificación), que se traducen respectivamente por "modelado de información para la construcción" o "gestión de información para un edificio virtual". Dicho de otro modo, será una serie de métodos y mecanismos para trabajar con los datos del proyecto de forma unificada, congruente, calculable y gestionable, empleando uno o varios almacenes de información compatibles que contengan todas las características relevantes del edificio que se proyecta diseñar, construir o utilizar. Estos datos pueden presentarse en un estilo

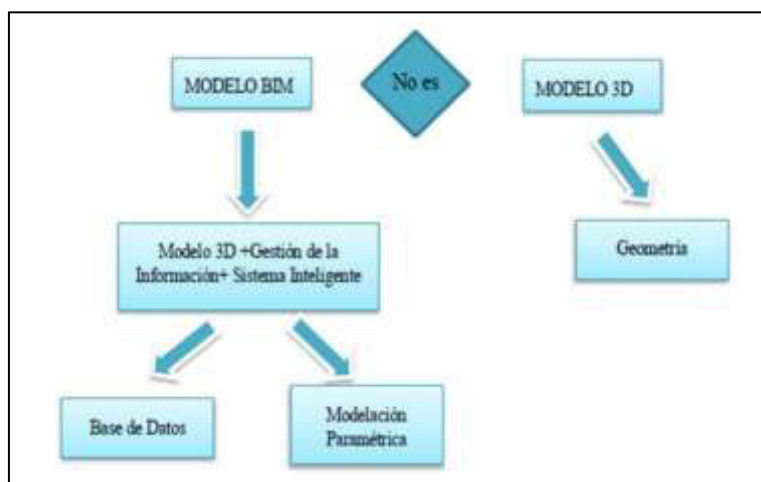
protocolario, aunque también pueden hacer referencia a detalles menos convencionales, por ejemplo, los materiales utilizados y sus características técnicas, la función prevista de cada zona de la obra, las medidas de eficacia energética, etc. Desde la planificación inicial hasta la explotación final, todo el proceso BIM supervisa el curso de la construcción.

Según los defensores del BIM, este método fomenta el paso de la perspectiva a corto plazo y orientada al grupo, típica de la construcción convencional, a otra interdisciplinar y a más largo plazo. Los modelos de negocio del sector de la construcción tendrán que adaptarse a ello (Gómez-Valdés et al., 2023).

Se argumenta que el BIM no solo afecta la conceptualización y el diseño, Sin embargo, también influye notablemente en la fase de ejecución y extracción. BIM gestiona el circuito de vida de la construcción, desde la planificación urbanística inicial hasta el reciclaje, rehabilitación o mantenimiento (Llanos et al., 2022).

Figura 2

Contraste entre BIM y un dibujo en 3D



Nota: Llanos et al. (2022)

Mucha gente cree erróneamente que el modelado de información de edificios equivale a un sencillo diseño en 3D. A pesar de esto, quienes siguen la pista a fondo y utilizan BIM están al tanto que es el fruto de la integración del empleo de un modelo 3D que incluye datos

(la correspondiente base de información del proyecto junto con información medible adicional) (Llanos et al., 2022).

2.1.1.2 Dimensionamiento del BIM 3D. información. Una vez recopilada toda la información inicial, se procede a crear el modelo 3D, que constituye la base para el resto del ciclo de vida del proyecto. Este modelo no solo representa la idea inicial, sino que también integra toda la información necesaria para desarrollar las siguientes dimensiones. En esta etapa, el modelo 3D cumple dos funciones principales: proporcionar una visualización clara del proyecto y gestionar de manera eficiente la información asociada (Mata, 2023).

4D: Tiempo. La cuarta dimensión añade la variable temporal al modelo, transformándolo en una herramienta dinámica. En esta etapa, se definen las fases del proyecto, se organiza cronológicamente el proceso constructivo y se identifican los elementos auxiliares necesarios, como grúas y andamios móviles, para apoyar las actividades en obra. Además, el avance tecnológico permite que este modelo sea monitoreado y actualizado en tiempo real, mediante la sincronización con dispositivos móviles, facilitando la supervisión directa en el lugar de trabajo (Herrera et al., 2017).

5D: Coste. La quinta dimensión se centra en la gestión y evaluación de los costos del proyecto. A medida que se incorporan datos históricos de proyectos similares, se crean librerías que permiten estructurar los planes de costos de manera eficiente. Estos datos incluyen referencias de costos de la industria, análisis de costos indirectos y componentes específicos del proyecto. El principal propósito de esta dimensión es optimizar la rentabilidad, garantizando una gestión económica precisa y sostenible (Bustamante et al., 2021)

6D: Simulación. Conocida también como *BIM verde* o *Green BIM*, la sexta dimensión se utiliza para evaluar diversas alternativas del proyecto antes de su ejecución, permitiendo seleccionar la opción más eficiente en términos de sostenibilidad. Este enfoque considera aspectos como el mantenimiento, la vida útil y el rendimiento energético de los diferentes

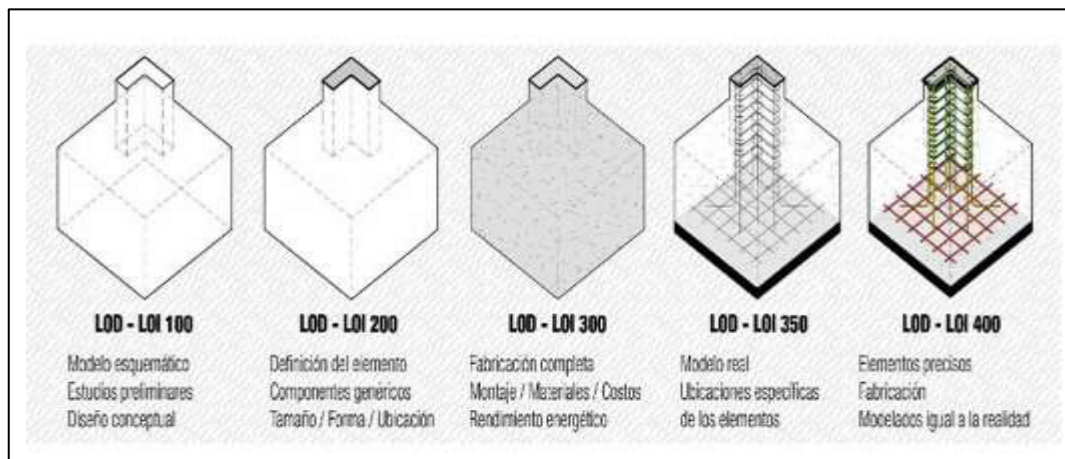
componentes del edificio. A partir de esta información, se pueden prever los costos asociados al mantenimiento y establecer perfiles de consumo energético a lo largo del ciclo de vida del proyecto, asegurando una planificación anticipada para mantener la eficiencia operativa durante años (Bustamante et al., 2021).

LOIN: Nivel de información. Según el Ministerio de Economía y Finanzas del Perú (MEF, 2022), el LOD (Level of Development) y el LOI (Level of Information) son conceptos complementarios al LOIN que definen el grado de detalle geométrico y la calidad de la información asociada en los modelos BIM. Según la norma AIA E202 (American Institute of Architects), el LOD se clasifica en niveles (100, 200, 300, 350, 400 y 500), que representan desde la concepción inicial hasta los datos as-built del proyecto. Por otro lado, el LOI detalla la información no geométrica, como propiedades físicas, especificaciones y requerimientos, siguiendo estándares como PAS 1192-2 y ISO 19650, que buscan establecer criterios claros para el intercambio de información en proyectos de construcción (Alonso, 2017).

Asimismo, se destaca la importancia de su correcta aplicación para garantizar la coherencia en los modelos BIM. Por ejemplo, Meana et al. (2019) menciona que, en "Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice" explican cómo el LOD y LOI son esenciales para la colaboración multidisciplinaria en BIM. Asimismo, Mata (2023), en "BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers" enfatizan que un uso adecuado del LOD y LOI mejora la coordinación, reduce errores y optimiza la gestión de proyectos. Estas obras son referencia clave para comprender la evolución y aplicación de estos conceptos en la industria AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción).

Figura 3

Nivel de información necesaria (LOD-LOI)



Nota: (Bustamante et al., 2021).

2.1.1.3. Usos y roles BIM. En la Guía Nacional BIM Perú en el año 2023, se destacan los usos BIM como herramientas clave para mejorar la planificación, diseño, construcción y operación de proyectos. Algunos usos principales incluyen la revisión y coordinación del diseño, la detección de interferencias, la simulación de construcción, el análisis energético y la gestión del mantenimiento de infraestructura. La guía subraya que la selección de los usos BIM debe ser acorde a los objetivos del proyecto, permitiendo a las partes interesadas optimizar recursos y reducir riesgos. Asimismo, la implementación de estos usos, como el modelo 3D para la representación geométrica y el análisis, asegura una visión integrada y precisa en cada etapa del ciclo de vida del proyecto (Bustamante et al., 2021).

En cuanto a los roles BIM, la Guía Nacional BIM Perú enfatiza la necesidad de definir las responsabilidades de los participantes para garantizar la correcta gestión y flujo de información. Roles como el Modelador BIM, encargado de crear los modelos digitales, el Coordinador BIM, quien supervisa la integración y coordinación, y el Gestor BIM, responsable de la estrategia general de implementación, son fundamentales. Además, la guía señala que esta definición de roles facilita la colaboración entre los actores, minimiza errores y asegura el

cumplimiento de los estándares establecidos. Según la guía, el establecimiento de roles y usos claros permite alinear los esfuerzos hacia el cumplimiento de objetivos nacionales de infraestructura eficiente y sostenible (Sánchez, 2019).

2.1.1.4 CDE. entorno común de datos. El Entorno Común de Datos (CDE, por sus siglas en inglés) es una plataforma centralizada utilizada para almacenar, gestionar y compartir información de proyectos en un entorno colaborativo, garantizando el acceso controlado y la trazabilidad de los datos. Según la norma ISO 19650, el CDE permite que todos los participantes del proyecto trabajen con la misma fuente de información, reduciendo errores y duplicidades, y facilitando la colaboración eficiente. Este entorno se utiliza para gestionar modelos 3D, documentos, planos y cualquier otra información relevante, convirtiéndose en un pilar esencial para proyectos que emplean BIM (Building Information Modeling) (Sepúlveda, 2019).

El CDE resalta su importancia como medio de comunicación en proyectos colaborativos. El CDE mejora la transparencia y la coordinación en proyectos complejos. Asimismo, Alonso (2017) subraya que el uso de un entorno común fomenta la confianza entre las partes, al asegurar que todos trabajen con datos actualizados y verificados. Además, la Guía Nacional BIM Perú enfatiza que el CDE no solo centraliza la información, sino que también promueve la toma de decisiones basada en datos fiables y en tiempo real, consolidando un enfoque colaborativo en cada etapa del proyecto.

2.1.1.5 PEB: Plan de ejecución BIM. El Plan de Ejecución BIM (PEB) es un documento estratégico que define los lineamientos, procedimientos y responsabilidades para la implementación de BIM en un proyecto específico. Este plan establece los objetivos, usos BIM, estándares, y flujos de trabajo, garantizando que todos los participantes colaboren de manera coordinada y eficiente. Según la ISO 19650, el PEB se desarrolla en las etapas iniciales del proyecto, asegurando que las expectativas de los involucrados estén alineadas con los recursos

disponibles y los resultados esperados. Además, el PEB incluye aspectos clave como los requisitos de intercambio de información, el uso del Entorno Común de Datos (CDE) y los plazos de entrega (Tedesco y Chahdan, 2022).

La Guía Nacional BIM Perú resalta que el PEB es esencial para promover una ejecución ordenada y cumplir con los objetivos del proyecto. Este documento identifica los roles y responsabilidades de los participantes, especificando herramientas y tecnologías que serán utilizadas, así como los estándares de calidad a seguir. Un PEB bien estructurado mejora la gestión de la información y reduce los riesgos asociados a la falta de coordinación. De esta manera, el PEB no solo garantiza una implementación efectiva de BIM, sino que también fomenta la colaboración y el cumplimiento de los objetivos de tiempo, costo y calidad en el proyecto (Medina et al., 2020).

2.1.1.6 ICE: sesiones de ingeniería concurrente integrada. Según Herrera et al. (2017), el método ICE tiene como objetivo minimizar las distracciones y desviaciones que no aportan valor al trabajo del personal de diseño durante las sesiones. Estas distracciones incluyen aclaraciones sobre objetivos, métodos o términos, asignación de responsabilidades secundarias y tiempos de espera para obtener respuestas de otros involucrados. Al eliminar estos elementos y utilizando tecnología avanzada, métodos eficientes y habilidades especializadas, los equipos de diseño pueden realizar análisis y ajustes con una latencia de respuesta de aproximadamente un minuto en más del 99% de las consultas realizadas por los miembros del equipo (Mata, 2023). Esto representa una mejora significativa en comparación con las prácticas tradicionales, que suelen ser más lentas y menos consistentes. Además, observadores independientes han destacado que los equipos ICE de CIFE logran completar los proyectos de diseño con mayor rapidez y entregan productos finales de alta calidad (Alonso, 2017).

2.1.1.7 PPM: Project Production Management. El Project Production Management (PPM), o Gestión de Producción de Proyectos, es un enfoque sistemático que aplica principios de ingeniería de producción a la gestión de proyectos, optimizando el flujo de trabajo, la utilización de recursos y la entrega de resultados (Bustamante et al., 2021). Este enfoque se basa en metodologías de producción industrial y está orientado a reducir ineficiencias, eliminar desperdicios y mejorar la previsibilidad en proyectos complejos. A diferencia de los métodos tradicionales, el PPM se enfoca en la gestión del flujo de actividades y la capacidad del sistema, en lugar de centrarse únicamente en el control de tareas y cronogramas (Meana et al., 2019).

Según Bustamante et al. (2021), el PPM combina herramientas como el mapeo del flujo de valor y sistemas de planificación basados en restricciones para optimizar el desempeño del proyecto. Es especialmente útil en proyectos de construcción e infraestructura, ya que permite integrar equipos multidisciplinarios y garantizar la entrega eficiente. En resumen, el PPM no solo mejora la ejecución del proyecto, sino que también fomenta una cultura de mejora continua y adaptabilidad frente a cambios en los requisitos o condiciones del entorno.

2.1.2. KPI's: Uso de métricas

Indicadores de gestión BIM - Métricas de Producción. % de compatibilización del modelo (Meta: 100%): Representa el porcentaje de integración y coordinación entre los diferentes modelos de disciplinas (arquitectura, estructura, instalaciones). Este indicador asegura que el modelo esté libre de interferencias o conflictos entre disciplinas.

- % de modelado de cada disciplina (Meta: 100%): Mide el progreso del modelado en cada disciplina según el Nivel de Información Necesaria (LOIN 350). Esto garantiza que todos los elementos requeridos están modelados con la suficiente precisión y detalle.

Factores controlables. % de planos generados en base al modelo 3D (Meta: 100%): Indica qué proporción de los planos necesarios para el proyecto se han extraído directamente del modelo 3D, asegurando consistencia y precisión en la documentación.

- % de estimaciones de cantidades y costos (Meta: 100%): Representa el porcentaje de datos cuantitativos y financieros extraídos directamente del modelo 3D, mejorando la exactitud de presupuestos y estimaciones.

Indicadores de gestión - ICE (Integrated Concurrent Engineering)

- ***Métricas de producción.*** de "clashes" resueltos / % de "clashes" según agenda (Meta: $\geq 85\%$): Mide la eficiencia en la resolución de interferencias detectadas en los modelos. Un mayor porcentaje indica un progreso efectivo en la coordinación del diseño.
- ***Factores controlables.*** Cantidad de intervenciones constructivas / Cantidad de intervenciones totales (Meta: $\geq 80\%$): Evalúa el nivel de participación de los equipos en la solución de problemas o mejoras constructivas. Un valor alto indica un compromiso significativo de los participantes en la toma de decisiones.

Indicadores de gestión - PPM (Project Production Management)

- ***Métricas de producción.*** % de actividades cumplidas (PAC) según el cronograma (Meta: $\geq 85\%$): Este indicador mide el grado de cumplimiento de las actividades programadas frente a las actividades realmente ejecutadas. Asegura que el proyecto avance de acuerdo con el cronograma establecido.

Factores controlables. PAC $\geq$ Curva meta (Meta: ≥ 1 proceso): Evalúa si el progreso del proyecto se mantiene alineado con las metas definidas para el flujo de trabajo. Una curva PAC alineada con la meta indica que el proyecto está funcionando dentro de los parámetros de eficiencia esperados.

Idea VDC/BIM. Esta filosofía empírica proyecta un entorno multidisciplinario que involucra a especuladores, propietarios, diseñadores y expertos líderes, dispositivos para completar una amplia gama de proyectos de construcción, desde sus orígenes hasta los extremos de su vida útil. Ingenieros administrativos, ingenieros de desarrollo, productores,

supervisores y todos los partícipes en la planificación, desarrollo y gestión de la empresa. Este alineamiento se alcanza a través de etapas innovadoras que involucran múltiples programas que trabajan juntos en una sola base de datos que permite un intercambio de información continuo, consciente, preciso y completo, mejorando así la perspectiva, por ejemplo, Competencia y Relevancia (Nieto et al., 2017).

VDC durante la etapa de planificación. Plasma de la idea inicial: Ya sea sofisticado o pragmático, el marco VDC se puede utilizar para mostrar vistas en 2D (plano, sección, alzado) o en 3D (isométrica, perspectiva, representación, renders, etc.), 4D (modelos 3D + información de tiempo y programación) y 5D (muestra las variaciones de costo y tiempo al cambiar el diseño, estructura o materiales del proyecto). Esto hace que las estructuras de planificación sean más significativas para los involucrados en la actividad, esto no depende si no presentan información específica (Nieto et al., 2017).

Apoyo de los stakeholders: Un stakeholder es cualquier grupo o individuo que pueda repercutir en el logro de los objetivos, así como puede ser afectado de manera positiva y negativa. Determinación de cualidades inversas: La comprobación de impedancia es la primordial aplicación del modelo VDC, especialmente para tareas básicas complejas. Esta investigación reduce los conflictos y los mandatos de variación, se vuelve más rentable y reduce los costos durante la fase de construcción. Estimación de costos: Las características y datos matemáticos de los componentes nos permiten ser usados como base para sustraer la cantidad de materiales y reemplazar los cálculos creados en toda la empresa. Esto cabe mencionar siempre y cuando el modelamiento VDC sea correcto (Freeman et al., 2004).

Simulación e investigación del artículo: La evaluación del diseño utilizando las innovaciones CAD existentes y las herramientas relacionadas puede ser un periodo tedioso. VDC. le permite recrear un modelo de dibujo desde cero con reglas de renderizado fijas, como inicialización, modo de calefacción, iluminación, acústica, fuente de alimentación y

compatibilidad. De esta forma, se puede asegurar mejor la planificación para mejorar la motivación del cliente y reducir las fallas por defectos del producto durante el servicio (Nieto et al., 2017).

VDC durante la etapa de desarrollo. Determinación estimada de la cantidad de materiales: La evaluación de los materiales medidos mediante VDC, que regularmente se miden en condiciones reales, proporciona una forma alternativa de trabajo, ya que se pueden obtener directamente de la metodología VDC después de realizar el paso de visualización 3D. Esto tiene sentido porque la metodología VDC habla de fuentes de información y conjuntos de datos, y cada segmento tiene un límite diferente sobre la cantidad de datos que puede brindar el modelo 3D mediante la generación de hojas de trabajo basadas en cálculos. Es uno de los recursos más importantes en la planificación financiera. Reconocimiento de conflictos: El desarrollo incluye idear, construir y crear un plan maestro. Los conflictos entre las fortalezas pueden conducir a ajustes fallidos en términos de plazos y dinero. De esta forma, la metodología VDC puede utilizarse para reconocer estos requisitos u obstáculos y evitar los riesgos que pueden derivarse de la incapacidad para diferenciarlos (Nieto et al., 2017). Los beneficios de usar VDC para la resolución de problemas son:

- Acompaña en la organización de los planes y diseño.
- Facilita la verificación del proyecto final.
- Facilita la determinación de incompatibilidades y obstrucciones.
- Capacidad para coordinar cambios en modelos VDC y eliminar peligros.
- Visualización de desarrollo.
- Disminuir y ajustar costos y tiempo.
- Facilita mejorar la naturaleza de los planes.

Visualización. Al examinar partes de la estructura, el modelo 3D puede analizar la geografía del sitio para ayudar a construir una organización de desarrollo. El desarrollo organizacional suele ser un componente clave de la capacitación ejecutiva. Un planificador de desarrollo es alguien que está muy involucrado en la construcción de un edificio y sabe cómo estimar la mano de obra necesaria para desarrollar un edificio. Esta información se utiliza para crear un plan de desarrollo, que es un cronograma para varias iniciativas, como transporte, evaluación, seguridad y más (Nieto et al., 2017).

Recreación 4D. La progresión VDC en 4D combina el modelo 3D con la cuarta dimensión proporcionada por el programa de la empresa desarrolladora transformado en un programa de trabajo con un producto específico (p. ej. Primavera o MS Project). Combinamos los cargos de tiempo de construcción con los componentes del modelo 3D para lograr una ejecución visual de la secuencia de construcción. Así mismo, se le llama modelo 4D porque muestra los tres elementos matemáticos del trabajo simultáneamente. Es el cuarto componente de la condición del periodo de ejecución (Nieto et al., 2017).

Beneficios del uso de la metodología VDC en la planificación y la ejecución. El trabajo de los líderes que utilizan la metodología VDC crea una perspectiva de control al eliminar metodologías teóricas, lo que reduce las vulnerabilidades de gestión. Del mismo modo, la combinación de actividades de planificación y desarrollo abre el camino para el diseño, a través del cual los profesionales mejoran la planificación, organización y control del trabajo, reduciendo así los costos de trabajo (Nieto et al., 2017). Algunas de los beneficios de usar VDC en organizaciones con experiencia en acciones de cumplimiento son:

Etapas de planificación:

- En la configuración inicial se puede hallar listados de materiales y cálculos generales de materiales, esto puede ayudar a demostrar que se está cumpliendo con los requerimientos de los clientes.

- Lograr los planos de las actividades, entre ellos los planos, áreas, elevaciones y perspectivas isométricas 3D.
- Con la finalidad de exhibir la estructura, a través de escenas y actividades fotorrealistas (renders).
- Organización de espacios y entornos de la estructura.
- Brinda información para indagar en los componentes de construcción.

Etapas de ejecución:

- Visualización del listado de tareas.
- Visualización computarizada de incompatibilidades entre planos.
- Determinar de manera cuantificada los materiales.
- Brindar información de proveedores de las diferentes especialidades.
- Estimación más real de las medidas de desarrollo.

Las estructuras virtuales son de gran apoyo, ya que los propietarios pueden estar verificando sus requerimientos o de ser el caso hacer los cambios que consideren del proyecto durante su ciclo de vida.

Figura 4

Beneficios del VDC



Nota: López et al. (2020)

Reducción del tiempo. La participación de los principales agentes y especialistas en las sesiones ICE facilita la identificación y coordinación oportuna de posibles interferencias en el proyecto. Además, la pronta resolución de los *Request for Information* (RFI) contribuye a minimizar los impactos en los tiempos de ejecución, permitiendo soluciones rápidas y eficientes que agilizan el desarrollo del proyecto (Porrás-Díaz et al., 2015).

Reducción de costos. Esto se refleja en una disminución significativa del desperdicio en el proyecto, al reducir los retrabajos mediante la detección temprana de incompatibilidades, lograda a través de órdenes de cambio y RFI respondidos y aprobados oportunamente, lo que reduce los costos de implementación. Asimismo, se observa una optimización de los costos durante la etapa operativa del proyecto, ya que la simulación digital permite evaluar el diseño, estimar con precisión la cantidad de materiales y recursos necesarios, y optimizar los procedimientos constructivos. Estos avances se traducen en una reducción tanto de los costos como de los tiempos de ejecución (Nieto et al., 2017).

Reducción de la variabilidad mejorando la constructibilidad. El concepto de constructibilidad se refiere a una técnica de gestión que integra todas las fases de un proyecto, permitiendo revisar los diseños constructivos desde las etapas iniciales. Esto facilita la identificación y corrección de posibles obstáculos o errores antes de la ingeniería de detalle o, idealmente, antes de la ejecución. Por otro lado, la variabilidad, entendida como cualquier factor que dificulte la realización de procesos de manera previsible, puede ser minimizada a través de la constructibilidad. Esta interacción entre el diseño y la construcción contribuye a mejorar el proyecto y a reducir significativamente la variabilidad (Gallegos, 2021).

Mejora de la calidad del proyecto. El uso de herramientas de modelado como BIM permite crear una simulación del proyecto que centraliza toda la información en una base de datos integrada. Esta base puede ser utilizada por cualquier miembro del equipo de diseño y construcción, facilitando la realización de cambios de manera vinculada, regulada y precisa a

través de los interesados. A través de sesiones ICE, los involucrados interactúan de forma colaborativa para analizar el proyecto, identificar posibles incompatibilidades e interferencias, y realizar ajustes oportunos. Esto permite proponer soluciones de mejora, obtener una estimación más precisa de los costos en materiales y recursos, reducir desperdicios y optimizar los procesos constructivos, evitando retrabajos y mejorando la eficiencia del proyecto (Gallegos, 2021).

Figura 5

Entorno colaborativo



Nota: Morales (2018).

Reducción de riesgos. Este aspecto se enfoca en la detección temprana de obstáculos, errores e interferencias, así como en el análisis más preciso de recursos y materiales mediante el modelado del proyecto durante la etapa de diseño (Llanos et al., 2022). Para lograrlo, es fundamental llevar a cabo reuniones ICE, consideradas como espacios integradores donde participan todos los involucrados, incluidos especialistas. Estas sesiones permiten obtener un

plan inicial de ejecución con una menor variabilidad identificada a tiempo, lo que contribuye a mitigar posibles riesgos en la etapa de ejecución (López et al., 2020).

Procesos eficientes. El siguiente paso es garantizar que todos los procesos funcionen sin problemas optimizándolos, o haciendo que cada unidad de trabajo sea lo más productiva posible utilizando la menor cantidad de recursos posible. Al hacer esto, podemos conseguir que los procesos sean más estables. En este caso, vemos que se mantiene el flujo anterior y que se optimizan los procesos. Por el contrario, Lean Construction recomienda seguir los siguientes pasos: Investigación de Pruebas y Diversos Métodos de Experimentación como Barajas Equilibradas, Medición de la Actividad Total, Análisis de Ciclos, etc. (López et al., 2020)

Análisis de la primera ejecución. Consiste en investigar y recopilar datos reales de producción para utilizarlos en el proyecto ya en marcha, utilizando personal real in situ. Se realiza al inicio del proyecto y permite examinar a fondo el procedimiento de construcción (Meana et al., 2019). Además, brinda la oportunidad de profundizar en el proceso y confirmar si se cumplen o no todos los requisitos previos antes de iniciar la actividad, así como de contar con una cifra de producción más fiable y acorde con la realidad del proyecto tal y como se está llevando a cabo, lo que permite hacer proyecciones o estimaciones más precisas en la fase de programación (Morales, 2018).

Carta balance, medición de nivel general de actividades y estudio de ciclos. La técnica del muestreo permite optimizar el trabajo productivo realizado en un proceso, o aumentar el trabajo productivo que contribuye directamente a la producción. Al observar los datos, se pueden reducir aspectos como las esperas, los desplazamientos, el solapamiento de tareas y el uso ineficiente de equipos y mano de obra. Ver el panorama general del proyecto mientras se ejecuta y tomar decisiones para optimizar los procesos es más fácil con esta información (Morales, 2018).

Se ha demostrado que se debe poner más énfasis en las etapas de planeación y ejecución para contar con un sistema de producción confiable que aumente la productividad en el trabajo y cumpla con los plazos. Cabe señalar que esta metodología no es difícil de comprender, pero no es sencilla de aplicar, por lo que se propone que la transición se lleve a cabo de forma gradual. Recuerde que el cambio requiere un liderazgo eficaz y decidido, por lo que es importante contar con el respaldo de la dirección y la gerencia del proyecto para asegurarse de que todo este duro trabajo prospere (López et al., 2020).

2.2. Definición conceptual

- Sistema Last Planner: Como herramienta de Lean Construction, la programación general de los trabajos se realiza mediante un sistema que supervisa las tareas en curso y, lo que es más importante, permite la asignación adecuada de los recursos para garantizar el cumplimiento de todos los trenes de actividad (Medina et al., 2020).
- Lean Construction: Es una filosofía que se centra en la gestión de la producción en la construcción, con el objetivo principal de eliminar o minimizar las actividades que no aportan valor al proyecto y optimizar las que sí lo hacen. Por eso se dedica tanto esfuerzo a desarrollar herramientas específicas para cada proyecto y un sistema de producción que reduzca al mínimo los residuos (Medina et al., 2020).
- Lookahead: Los intervalos temporales y estratégicos de los trenes de actividad se planifican con antelación; estos ciclos suelen durar de tres a cuatro semanas y se integran para garantizar el cumplimiento de todas las obligaciones (Álvarez et al., 2020).
- Sectorización: Es un programa que le ayuda a controlar el progreso del trabajo y a organizar sus cuadrillas según determinadas áreas de responsabilidad. Para facilitar la gestión, los espacios suelen subdividirse en áreas o metros de igual tamaño (López et al., 2020).

- **Análisis de restricciones:** Este formato se aplica después de planificar el Lookahead, y supone tener muy claro el diseño de la actividad, los trabajos preparatorios, los materiales, la mano de obra, el equipo y el espacio, para que la actividad pueda llevarse a cabo sin contratiempos (Llanos et al., 2022).
- **Rentabilidad:** Es una estrategia de inversión cuyo objetivo es maximizar el beneficio con un mínimo de insumos y productos durante un periodo de tiempo determinado. En nuestro caso, el éxito se cuantificará por la cantidad de dinero ahorrada en la factura de servicios públicos de la empresa como resultado de la disminución de los plazos de ejecución del proyecto (Gallegos, 2021).
- **Producción:** En el contexto del trabajo, se entiende por "producción" la suma de todos los trabajos realizados en determinados periodos de tiempo. Podemos estimar la rentabilidad del proyecto midiendo los desfases entre las fases de construcción (Gallegos, 2021).
- **Trenes de actividades:** Se trata de una cadena o conjunto de partes relacionadas que deben haber superado el análisis de restricciones para garantizar que no haya actividades que supongan un despilfarro, como las pausas de los empleados (Nieto et al., 2017).
- **Porcentaje de plan cumplido (PPC):** Es una métrica que nos ayudará a determinar hasta qué punto será fiable la programación de todas nuestras actividades durante el próximo periodo de tiempo. Esto permitirá introducir mejoras en el rendimiento y la eficacia de los organizadores del evento (Porrás-Díaz et al., 2015).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Se utilizó un enfoque cuantitativo. Según Cadena-Iñiguez et al. (2017), la indagación cuantitativa se lleva a cabo para comprender modelos, medias y correspondencias; para deducir conclusiones generales; y para probar o validar conceptos, hipótesis o supuestos mediante conocimiento estadístico y numérico. Los resultados pueden mostrarse entonces de esta manera en un estilo gráfico o numérico. En este sentido, se tendió a establecer los efectos de la implementación de la metodología VDC en la optimización del presupuesto en la fase de diseño (Sánchez, 2019).

Además, la investigación fue de tipo aplicada, ya que se basó en la particularidad de un problema de campo en este caso los sobre costos y escasa rentabilidad de procesos tradicionales versus la gestión VDC, de tal forma que posterior al diseño, se estableció el consolidado estructural dentro de un territorio en particular.

Asimismo, respondió a un diseño no experimental de corte transversal Herbas y Rocha (2018), ya que dentro del abordaje no se manipularon de forma directa las variables intrínsecas dentro del estudio, asimismo, el levantamiento de información del proyecto se realizó en conformidad con el avance en obra. Este tiempo incurrió en un segmento de tiempo durante un año. Además, la investigación se ciñó a un nivel descriptiva, que se estableció para promover la salvaguarda medioambiental de los procesos industriales inherentes a la organización en cuestión. Esto promovió la comprensión a través de los fundamentos teóricos existentes sobre la realidad problemática de los costos incurridos y el análisis de los indicadores dentro de la construcción del sitio de estudio en particular.

3.2. Ámbito temporal y espacial

Desde un punto de vista temporal, la investigación se fundamentó en un tiempo de relevancia haciendo llamado a un corte transversal donde se promulgó el levantamiento correspondiente dependiente del avance de la obra en el tiempo de un año esto promovió el levantamiento previo a la construcción de la información para cumplir los objetivos de estudio.

Desde un punto de vista espacial, se abordó en el distrito de los Olivos, ubicándose la estructura al costado de la Universidad Privada del Norte.

Figura 6

Lugar de estudio



Nota: extraído de Google Maps, todos los derechos reservados al año 2025.

3.3. Variables

3.3.1 *Variable independiente*

Metodología virtual desing and construction (VDC)

Dimensiones:

- Modelamiento de información de construcción (BIM)

- Sesiones de ingeniería concurrente integrada (ICE)

- Gestión de la producción de proyecto (PPM)

3.3.2 *Variable dependiente*

Optimización de presupuesto

Dimensiones:

- Control de costos
- Costos por interferencias
- Propuestas de optimizaciones de diseño.

3.3.3 *Operacionalización de variables*

Teniendo en consideración la identificación de variables y dimensiones previas, se estableció la operacionalización de variables en la tabla siguiente:

Tabla 1*Operacionalización de variables*

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	indicadores	Escala de medición
Variable Independiente: Metodología	Es un foque integral que utiliza modelos digitales colaborativos para planificar, diseñar y construir proyectos.	Uso sistemático de herramientas digitales y procesos colaborativos para planificar y coordinar el diseño del proyecto Innova School.	Modelamiento de información de construcción (BIM). Sesiones de ingeniería concurrente integrada	% de partidas vinculadas con el modelo 3D % de participación de especialistas.	Escalar
VDC	Integrando tecnología, procesos y equipos de trabajo.	Reducción de costos innecesarios y control eficiente del presupuesto durante la fase de diseño del proyecto mediante la aplicación de VDC.	Proyecto (PPM)	% de plan cumplido PPC. Costos de optimización por BIM.	

		Costos de optimización por	
		ICE	Razón
Variable dependiente:	Es el proceso de maximizar la eficiencia del uso de los recursos financieros mediante planificación, control y evaluación de costos durante el diseño del proyecto	Impacto económico	Costos de optimización por PPM.

3.4. Población y muestra

La población, es el conjunto total de individuos, elementos u objetos que comparten una característica en común y que son el objeto de estudio en una investigación (Hernández et al., 2014). Para el presente estudio la población estuvo compuesta por todas las partidas involucradas en la construcción de obra, las cuales conforman: obras provisionales, estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, instalaciones ACI, instalaciones mecánicas, instalaciones de gas natural; y, equipamiento.

Por su parte, la muestra, es un subconjunto representativo de la población, seleccionado para llevar a cabo el estudio (Hernández et al., 2014). Con base a ello, la muestra estuvo compuesta por todas las partidas pertenecientes a la muestra: obras provisionales, estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, instalaciones ACI, instalaciones mecánicas, instalaciones de gas natural; y, equipamiento.

3.5. Instrumentos

Para la recolección de información bajo el marco VDC se usaron los siguientes instrumentos, orientados al cumplimiento de los objetivos del cliente:

3.5.1 Observación directa

La necesidad de optimizar la gestión de presupuestos en la fase de diseño se hace evidente al analizar proyectos gestionados de forma convencional. Basado en la observación directa [del investigador] en un proyecto previo, se constató que gran parte del tiempo de ingeniería se consume en tareas de bajo valor (como metrados manuales o resolución de incompatibilidades) que un Modelo 3D parte de la metodología VDC podría automatizar.

Además, el seguimiento de costos en dicho proyecto (mediante herramientas como el Control de Predicción de Costes - CP) reveló variaciones significativas que, en muchos casos, tenían su origen en indefiniciones o errores de la fase de diseño. Estas ineficiencias justifican

la implementación de una metodología integrada como VDC para el proyecto Innova School, Sede Olivos, enfocada en optimizar el presupuesto desde sus etapas iniciales.

Análisis de la información. Este instrumento se usó para la recolección e integración de los datos del proyecto, usando la metodología VDC, a través de la vinculación del presupuesto y la extracción de planos desde un modelo 3D con el software Revit.

La información recolectada permitió identificar, analizar y cuantificar las mejoras en el presupuesto en comparación con una línea base elaborada de forma tradicional.

Software BIM para Modelamiento:

Herramientas utilizadas: Revit.

- Modelado de esquemas constructivos y delimitaciones espaciales.

Software de Análisis:

- Navisworks: Visualización de procedimientos constructivos y planificación 4D.
- Autodesk Construction Cloud: Plataforma colaborativa que permite la gestión de documentos a través del ECD por medio del Autodesk Docs y coordinación por medio del Model Cordination.

Power BI: Compilación y presentación de resultados a partir de bases de datos.

Programación de dashboards para informes finales.

Plan de Ejecución BIM (BEP):

- Estandarización e integración de procesos para flujos operativos.

Integración BIM – PPM:

- Modelado constructivo con nivel de desarrollo LOD 350.
- Incorporación del sistema Last Planner para el control del proyecto.

Sesiones ICE y Encuestas:

- Implementación de dos Big Rooms en las oficinas del cliente y del área de ingeniería.
- Aplicación de encuestas de satisfacción al finalizar cada sesión.

3.6. Procedimientos

3.6.1 Datos generales

La obra estuvo ubicada en la avenida Alfredo Mendiola, Manzana “C” lote “12”. Lotización industrial molitalia. Ubicado en el distrito los Olivos, provincia Lima, para la utilización de educación básica regular.

Figura 7

Ubicación del lote



3.6.2 Régimen paramétrico

El proyecto se ubica dentro del lote matriz denominado lote “12”, según se indica en la partida electrónica N°43750917. El lote tiene como área resultante 10,000.00 m² y un perímetro de 403.46ml. Sus linderos y medidas perimétricas son las siguientes:

Por el Frente: con 87.68 ml, colinda con la Avenida Panamericana Norte

Por la Izquierda: con 114.05 ml, colinda con propiedad de terceros, lote N° 13

Por la Derecha: con 114.05 ml, colinda con propiedad de terceros, lote N° 11

Por el Fondo: con 87.68 ml, colinda con propiedad de terceros, lotes N° 4 y 3.

No obstante, debido a un derecho de usufructo, la superficie disponible para la intervención del proyecto es de 6,000.51 m² y un perímetro de 333.33ml. Sus linderos y medidas perimétricas son las siguientes:

Por el Frente: con 52.61 ml, colinda con la Avenida Panamericana Norte

Por la Izquierda: con 114.06 ml, colinda con propiedad de terceros, lote N° 13

Por la Derecha: con 114.05 ml

Por el Fondo: con 52.61 ml, colinda con propiedad de terceros, lotes N° 4 y 3.

3.6.2 Descripción general

La infraestructura de los colegios es diseñada para contribuir a un mejor aprendizaje y apuntalar la propuesta educativa cumpliendo la normativa vigente del Ministerio de Educación y el Reglamento Nacional de Edificaciones. Los colegios de la red Innova son construidos bajo los mismos criterios de diseño con el objetivo de ofrecer la misma propuesta educativa en todas las sedes. El diseño contempla aulas típicas con mobiliario y distribución diferenciada de acuerdo con la edad de los alumnos, incluyendo espacios recreativos y áreas para la práctica de deportes que son parte de la propuesta de educación. La metodología innovadora empleada en los colegios incluye aulas de tecnología donde los estudiantes aprenden con ayuda de

software especializado en un ambiente que promueve la creatividad. Se adjunta propuesta pedagógica del colegio.

El colegio cumplirá única y totalmente horario diurno, considerando horas de ingreso y salida diferenciados para los niños de inicial de los de primaria y secundaria. El proyecto consiste en una institución educativa privada de 4 pisos y 1 terraza para Innova Schools, de educación básica regular, es decir, que se considera educación inicial desde los 3 años (ciclo II), educación primaria y secundaria, así como ambientes administrativos, de servicio y áreas exteriores para socialización y recreación de los alumnos.

La propuesta busca reducir la huella de construcción a través de un diseño de doble crujía de ambientes que incorpora aberturas en los distintos niveles para facilitar el ingreso de luz natural y garantizar una ventilación adecuada. El edificio se emplaza paralelo a uno de los linderos laterales orientado hacia el norte garantizando una correcta captación de luz natural y vientos. Esta estrategia de diseño nos permite liberar más de la mitad del terreno para la implementación de 02 losas multiusos y un corredor principal contenido entre el volumen de aulas generando espacios de socialización para los alumnos.

El nivel inicial se ubica en el primer piso, generando patios y áreas de juego en el retiro entre la edificación y el terreno colindante, evitando la creación de espacios residuales. Este patio interior funciona como espacio de circulación, además de proporcionar áreas para la socialización, recreación y actividades pedagógicas.

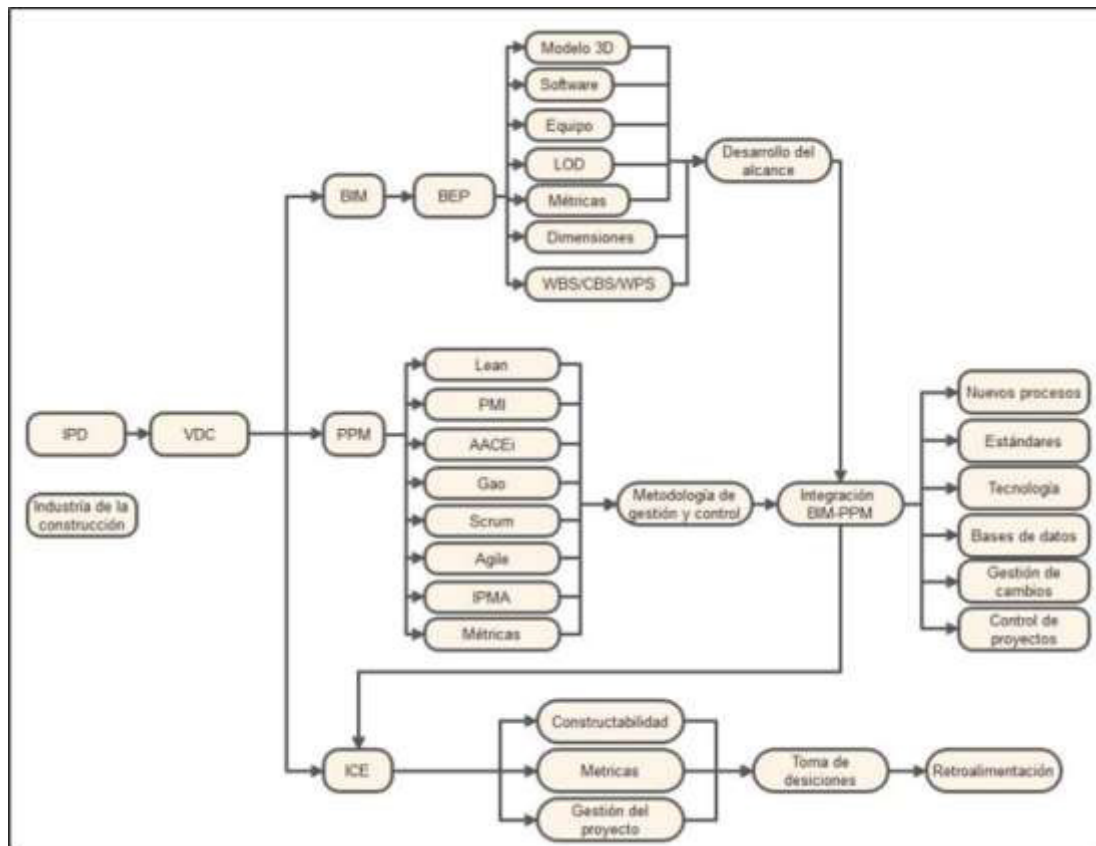
Los estacionamientos se ubican en el extremo izquierdo del lote con un acceso independiente (estos sirven a visitantes y personal administrativo; mientras que se tiene un paquete de estacionamientos públicos para padres y/o movilidades escolares junto al ingreso peatonal para una accesibilidad directa.

Todos estos espacios exteriores son parte del área libre del colegio, el cual significa el 62.04% respecto al sector intervenido dentro del lote matriz (6000.51 m²), cumpliendo con el

40% exigido por la norma técnica RVM N°208-2019-MINEDU, art. 9.1.2. La edificación se emplaza en un terreno mayormente plano por lo que no se tienen diferencias de nivel entre el volumen principal y el volumen de servicios generales. Sin embargo, se presenta una diferencia de nivel en el exterior de hasta 50 cm, donde se han diseñado graderías y rampas en cumplimiento con la normativa RNEA 120.

3.6.3 *Diseño metodológico que abordar*

Las disciplinas que abarca esta investigación es la construcción de un colegio de educación básica regular donde se consideró estructuras, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias y arquitectura. La investigación estuvo orientada a analizar la mejora del flujo de trabajo durante el proceso constructivo, mediante la implementación de la metodología VDC, orientándose a desarrollar la planificación 4D y su respectivo control de costos como 5D. Para ello, dentro de las fases de desarrollo se han establecido incorporar cuatro fases dentro del marco VDC. La estructura fundamental de VDC es integrar BIM, PPM y ICE en una sola estructura de gestión, de tal manera que se pueda otorgar al cliente una entrega integrada de proyectos. En tal sentido, se presenta el siguiente esquema estratégico genera de la implementación del VDC.

Figura 8*Estrategia general de implementación VDC*

3.6.4 Componentes BIM

Los componentes se consideraron de acuerdo con lo establecido en la siguiente tabla:

Tabla 2

Software por disciplina

Componente	Software	Ingeniería	Control de proyectos	de Construcción	Control documentario	Total	Meta	%
BIM	Navisworks	1	2	2	0	5	5	100%
	Revit	3	1	1	1	6	6	100%
	AutoCAD 2D	1	0	0	0	1	1	100%
	Navisworks	0	0	1	0	1	1	100%
	ACC	5	2	2	1	10	0	100%
ICE	Power BI	1	1	1	1	4	4	100%
	Office 365	3	3	3	1	10	0	100%
PPM	Ms Project	1	2	1	0	4	4	100%

3.7. Análisis de datos

3.7.1 Presupuesto bajo la metodología tradicional

Para el proyecto, se estableció un presupuesto inicial, el cual fue desarrollado bajo la metodología tradicional. Esta estimación se fundamentó principalmente en el uso de ratios históricos y metrados sin el uso de modelos 3D, los costos también fueron aproximaciones de proyectos anteriores. Este monto es fundamental para la presente investigación, ya que constituye la línea base que se utilizará para medir y contrastar la optimización económica lograda posteriormente tras la implementación de la metodología VDC en la fase de diseño.

Figura 9

Presupuesto del expediente técnico – base

ETAPAS						
tem	Abreviatura	Descripción	Und.	Cant.	E1	RATIOS
1.00		EDIFICACION				S/ 1,759.28
1.01	OP	OBRAS PROVISIONALES	Glb	1.00	S/ 485,851.38	S/ 61.03
1.02	EST	ESTRUCTURAS	Glb	1.00	S/ 4,938,128.22	S/ 620.30
1.03	ARQ	ARQUITECTURA	Glb	1.00	S/ 5,294,644.00	S/ 665.09
1.04	IIEE	INSTALACIONES ELECTRICAS	Glb	1.00	S/ 714,028.43	S/ 89.69
1.05	DyA	DETECCION Y ALARMA CONTRA INCENDIO	Glb	1.00	S/ 24,936.64	S/ 3.13
1.06	DATA	SISTEMA DE DATA	Glb	1.00	S/ 60,482.80	S/ 7.60
1.07	IISS	INSTALACIONES SANITARIAS	Glb	1.00	S/ 488,925.95	S/ 61.42
1.08	IIMM	INSTALACIONES MECÁNICAS	Glb	1.00	S/ -	S/ -
1.09	ASC	ASCENSORES	Glb	1.00	S/ -	S/ -
1.10	GAS	GAS	Glb	1.00	S/ -	S/ -
1.11	PLUV	PLUVIAL	Glb	1.00	S/ 3,540.85	S/ 0.44
1.12	OEXT	OBRAS EXTERIORES	Glb	1.00	S/ 1,994,756.34	S/ 250.57

2.00	ENT	ENTREGA A CLIENTES FINALES	Glb	1.00	S/	-	S/	-
3.00	P.MUN	ALCANCE COMPLEMENTARIO (MUNICIPALIDAD)	Glb	1.00	S/	-	S/	-
4.00		OBRAS COMPLEMENTARIAS -EXTERIORES	Glb	1.00	S/	-	S/	-
5.00	P. INT	ALCANCE COMPLEMENTARIO (INTERIORES)	Glb	1.00	S/	-	S/	-
6.00	P. EXT	ALCANCE COMPLEMENTARIO (EXTERIORES)	Glb	1.00	S/	-	S/	-
7.00		CONTINGENCIAS	Glb	1.00	S/	-	S/	-
		COSTO DIRECTO			S/	14,005,294.61	S/	1,759.28

3.7.2 Estructura del equipo VDC

La metodología VDC nos orienta a tener una estructura organizacional colaborativa que nos permite tener la integración entre todos los involucrados para una correcta toma de decisiones basadas en los objetivos del cliente. Es por lo que se recomienda tener una estructura de equipo de trabajo alineado a los pilares del VDC. A continuación, se presentará la estructura de las tres partes involucradas, cliente, supervisión, contratista y diseño.

Figura 11

Estructura del equipo del cliente

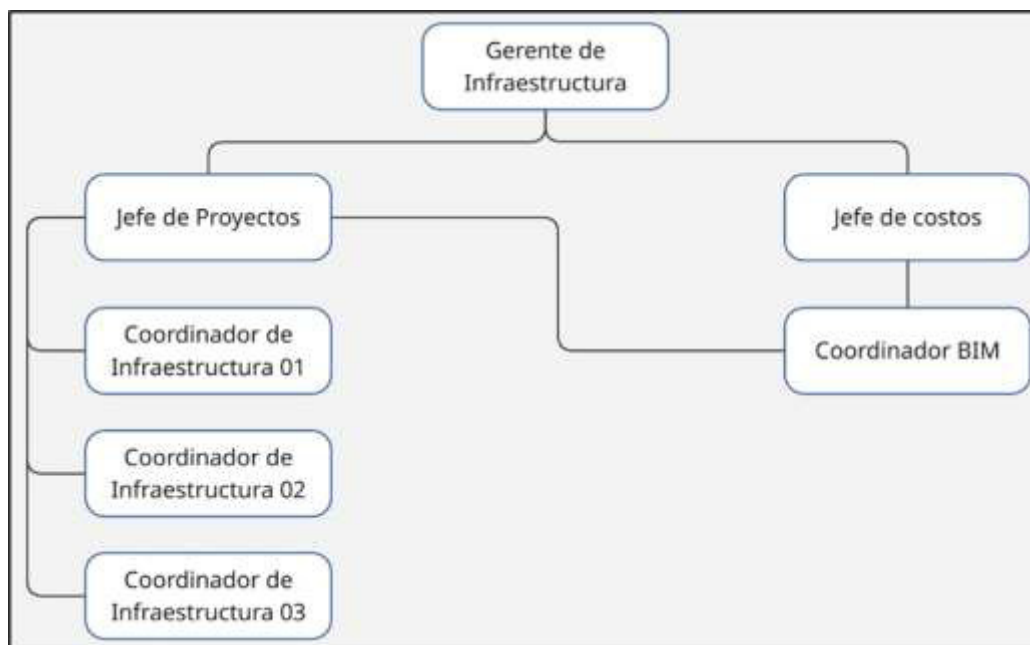


Figura 10

Estructura del equipo de supervisión

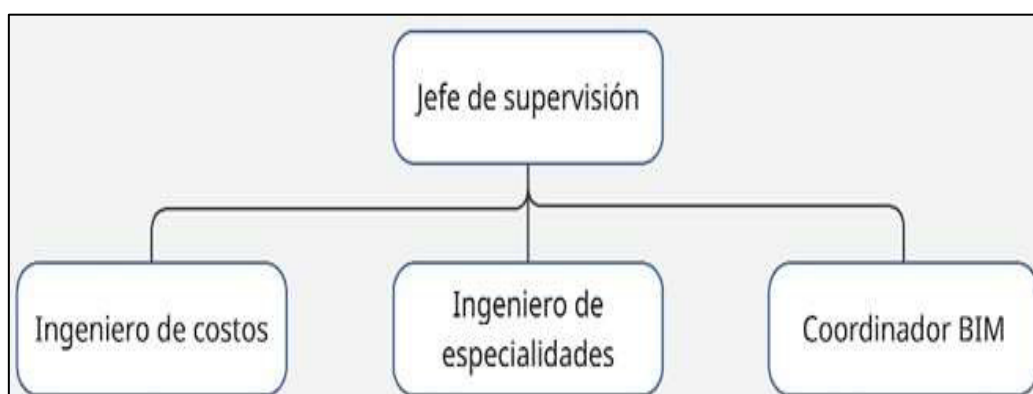
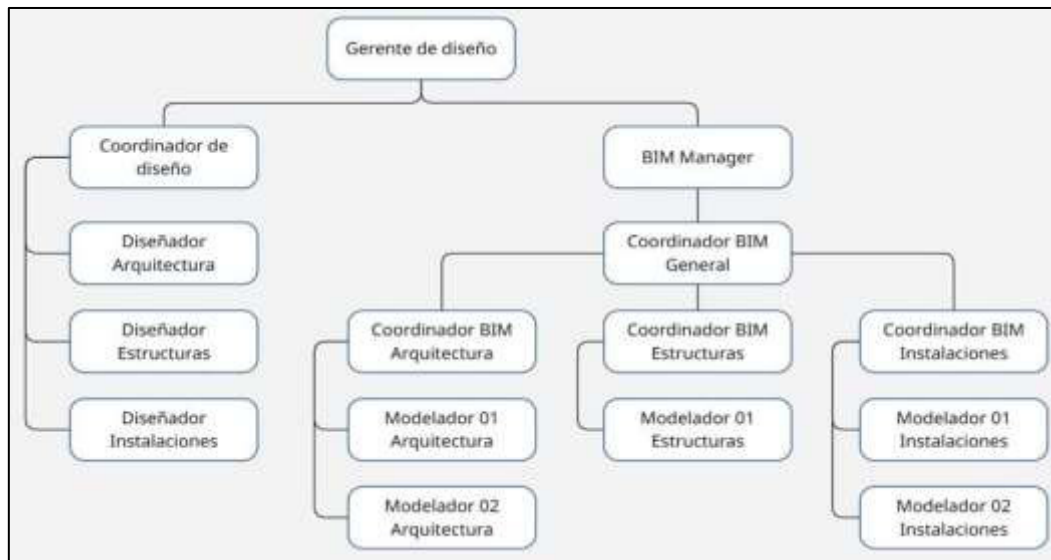
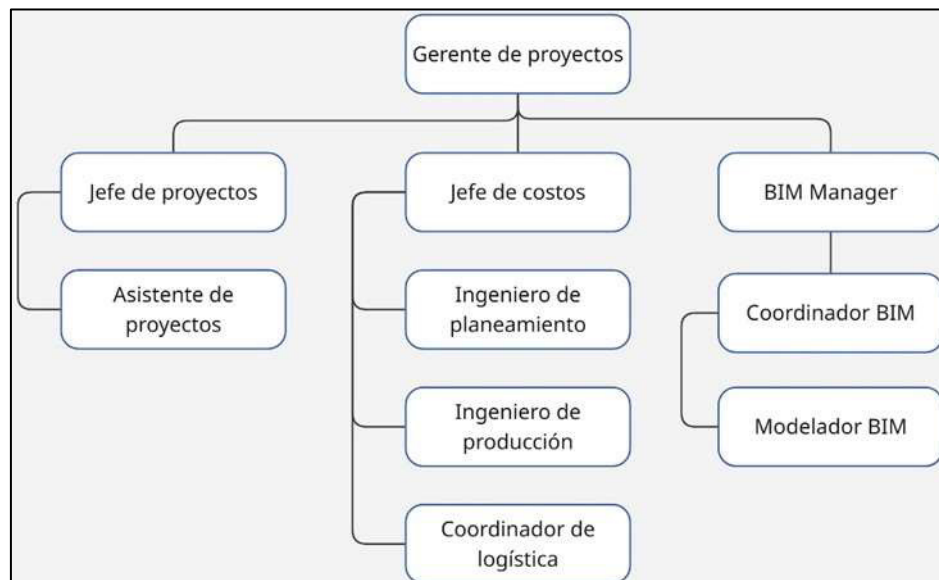


Figura 13*Estructura del equipo de diseño***Figura 12***Estructura del equipo del contratista*

3.8. Consideraciones éticas

3.8.1 Establecer los objetivos del cliente

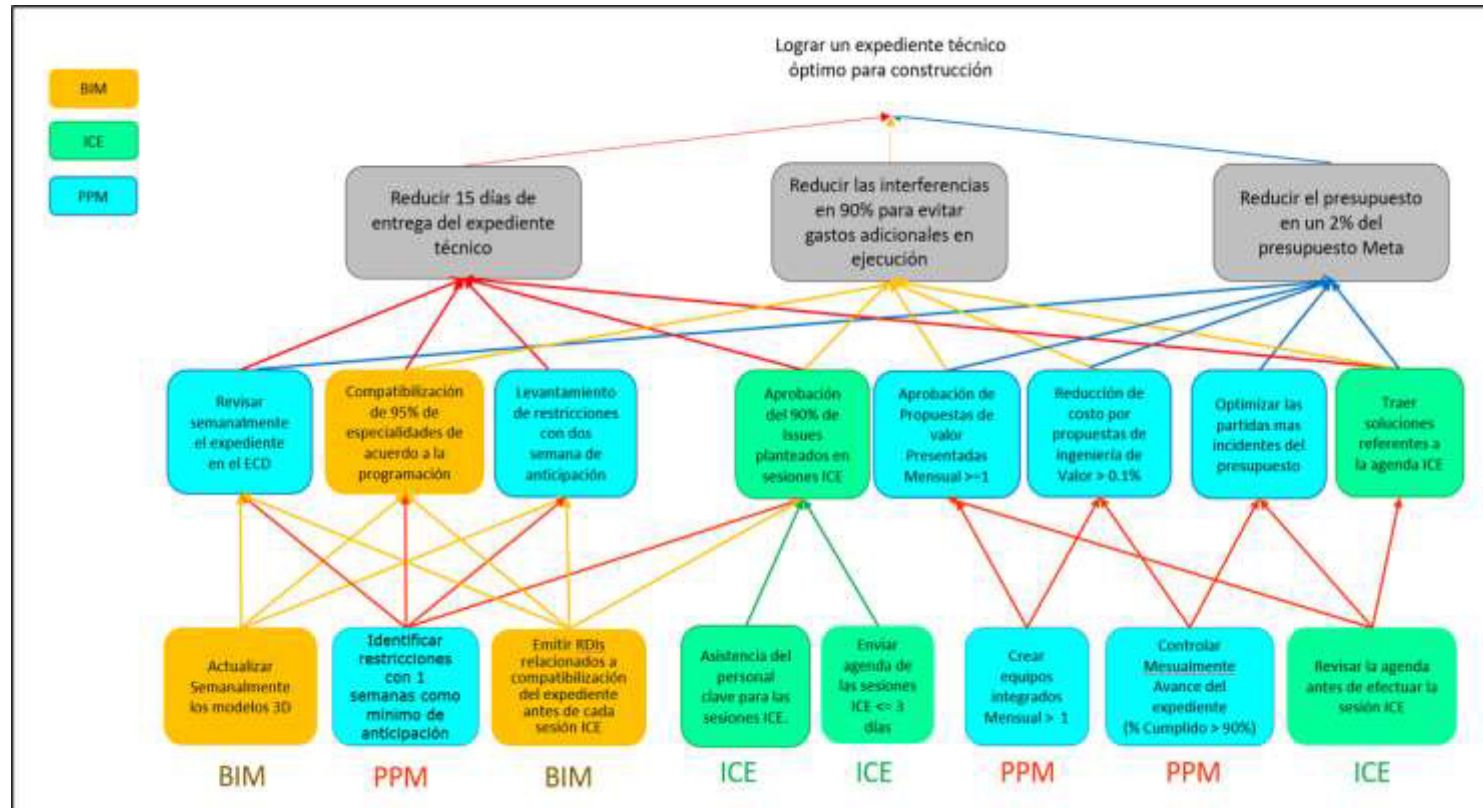
El objetivo central del proyecto es lograr una reducción del 5% en el presupuesto meta de construcción del colegio, estableciendo así una meta clara que oriente los esfuerzos del equipo de diseño y gestión. Para alcanzarlo, se aplicará la metodología Virtual Design and Construction (VDC) en la etapa de pre construcción, esta metodología nos proporciona herramientas como la definición de un framework estructurado, la integración de modelos virtuales y la gestión colaborativa. Esta metodología VDC busca optimizar las partidas más relevantes, anticipar riesgos financieros en etapas tempranas y guiar las decisiones arquitectónicas y de ingeniería hacia la eficiencia en el uso de los recursos, garantizando al mismo tiempo la calidad y funcionalidad del proyecto educativo.

3.8.2 Creación de un framework VDC

La creación de un framework de Virtual Design and Construction (VDC) en la fase de diseño constituye un componente esencial para orientar las decisiones estratégicas y técnicas hacia la optimización del presupuesto. Un marco metodológico permite integrar de manera estructurada los objetivos del proyecto con las herramientas digitales de modelado, simulación y gestión colaborativa, generando un entorno que facilite la transparencia y la eficiencia en el uso de recursos.

Figura 14

Creación de Framework VDC



Este framework sirve como guía de acción para el equipo de diseño, estableciendo lineamientos claros sobre cómo priorizar alternativas constructivas, identificar riesgos financieros en etapas tempranas y evaluar el impacto económico de las decisiones arquitectónicas y de ingeniería antes de pasar a fases posteriores. Asimismo, fomenta la colaboración interdisciplinaria al unificar criterios de evaluación de costos, plazos y calidad, lo que reduce la probabilidad de desviaciones presupuestarias durante la ejecución.

En este contexto, el framework VDC no solo funciona como un soporte tecnológico, sino también como una herramienta estratégica de gestión que vincula los objetivos de optimización económica con la planificación integral del proyecto educativo. De este modo, se asegura que cada decisión en la fase de diseño esté alineada con la meta principal: maximizar la eficiencia del presupuesto destinado a la construcción del colegio.

3.9. Desarrollo del marco de trabajo VDC

3.9.1 Building information modeling (BIM)

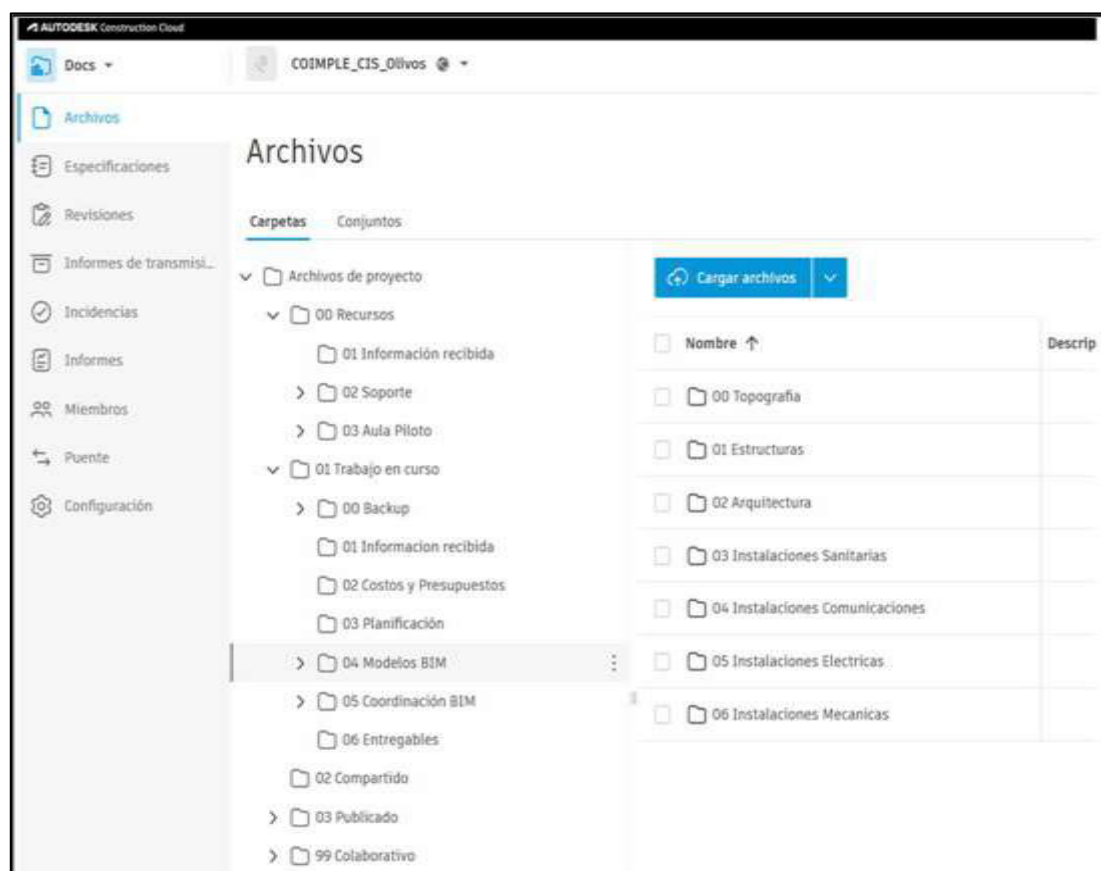
Se desarrolló un modelo 3D para todas las especialidades, permitiendo tener una visión clara e integrada del proyecto. Este modelo 3D permite identificar fácilmente las interferencias o criterios de optimización de una manera más fácil y colaborativa dentro de un entorno común de datos (ECD).

3.9.1.1 Entorno común de datos (ECD). Se abordó la Implementación de un Entorno Común de Datos (ECD), en base a la ISO 19650 - Gestión de información. Este ECD nos brinda un espacio común donde todos los involucrados pueden interactuar a través de una plataforma colaborativa e integrada.

Este ECD fue crucial, ya que, al centralizar toda la información, facilitó el desarrollo coordinado del modelo 3D y permitió que el proceso de detección de interferencias fuera mucho más fluido y eficiente.

Figura 15

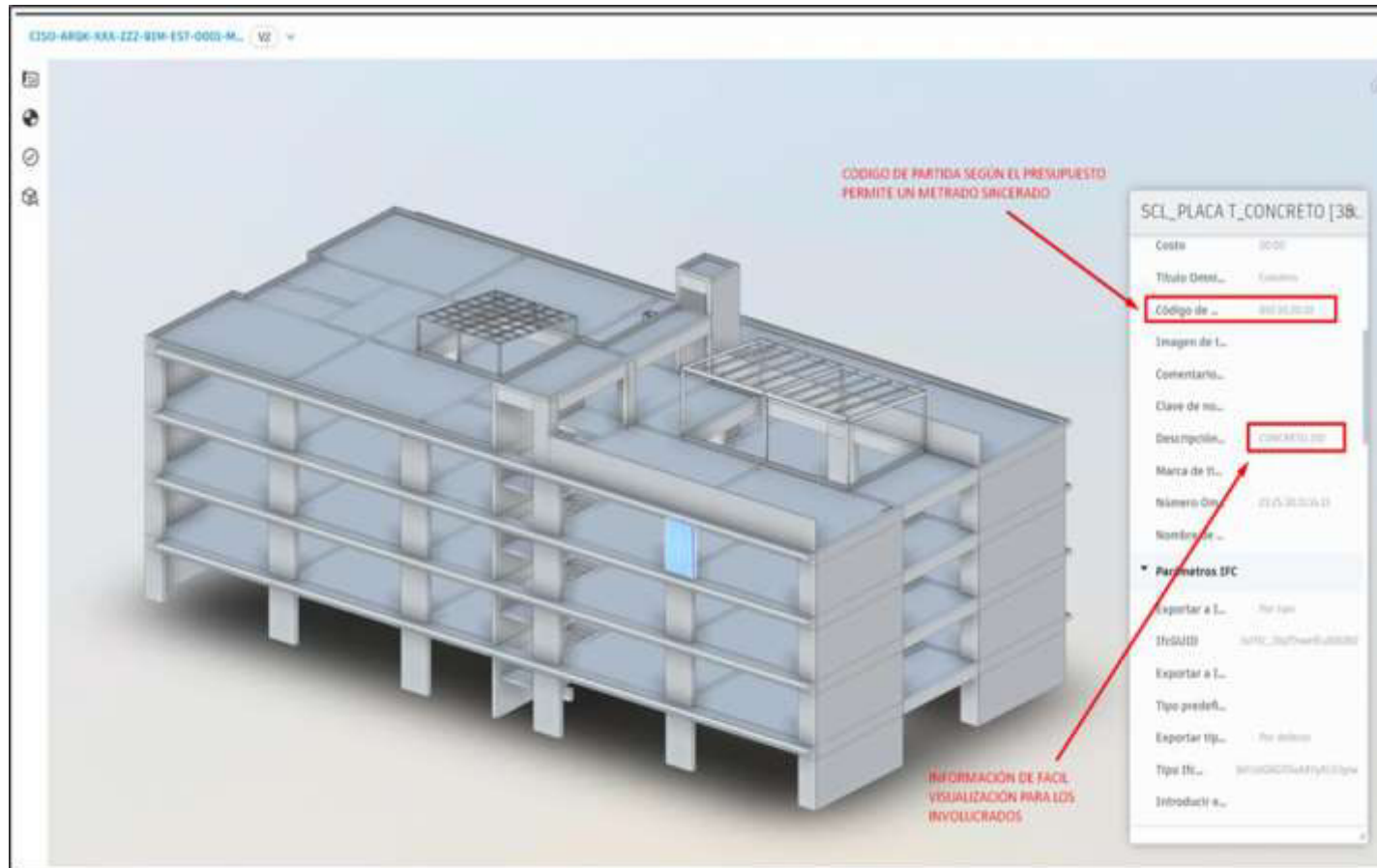
Creación de ECD



En conformidad con el entorno común de datos, este permitió tener un fácil entendimiento del proyecto con información de acuerdo con el expediente contractual.

Figura 16

Visualización del modelo de estructuras dentro del ECD.



3.9.1.2 Modelado 3D. Consecuentemente, se generó un modelo 3D que contiene información en base al proyecto, que permite gestionarlo en distintas fases del proyecto. Este modelo sirvió para la detección de interferencias, planificación, extracción de metrados, control de obra, etc. Tener un modelo 3D con información ayudó a visualizar posibles errores antes de la construcción, logrando ahorrar miles de soles. Se concilió el análisis por medio del equipo multidisciplinario lo siguiente:

Tabla 3

Porcentaje de modelado de cada disciplina

Disciplinas	Porcentaje	Observación
Estructuras	90%	
Arquitectura	100%	
Instalaciones eléctricas	100%	
Instalaciones sanitarias	100%	
Instalaciones de comunicación	80%	No se realizaron planos
Instalaciones mecánicas	80%	No se realizaron planos
Mobiliario	100%	
Seguridad	100%	

3.9.1.3 Planos generados con base al modelo 3D. Los planos generados en resumen se establecieron en la siguiente tabla:

Tabla 4*Porcentaje de planos generados con base al modelo 3D*

Disciplinas	Planos	Porcentaje
Estructuras	42	100%
Arquitectura	20	100%
Instalaciones eléctricas	4	100%
Instalaciones sanitarias	4	100%
Instalaciones de comunicación	0	0%
Instalaciones mecánicas	0	0%

Se evidenció que la generación de planos a partir del modelo 3D en el proyecto alcanzó una cobertura total en las disciplinas de estructuras (42 planos), arquitectura (20 planos), instalaciones eléctricas (4 planos) e instalaciones sanitarias (4 planos), todas con un 100% de avance, lo que evidencia una adecuada aplicación del modelado en las áreas críticas del diseño. Sin embargo, no se desarrollaron planos en instalaciones de comunicación ni mecánicas, manteniéndose en 0%, lo que refleja una limitación del alcance del modelado en estas especialidades. En conjunto, los resultados demuestran que el uso del modelo 3D permitió un desarrollo integral en las disciplinas principales, garantizando precisión y coherencia en el diseño, aunque con la necesidad de ampliar su aplicación hacia otras áreas técnicas para lograr una cobertura total del proyecto.

Figura 17

Modelamiento 3D general

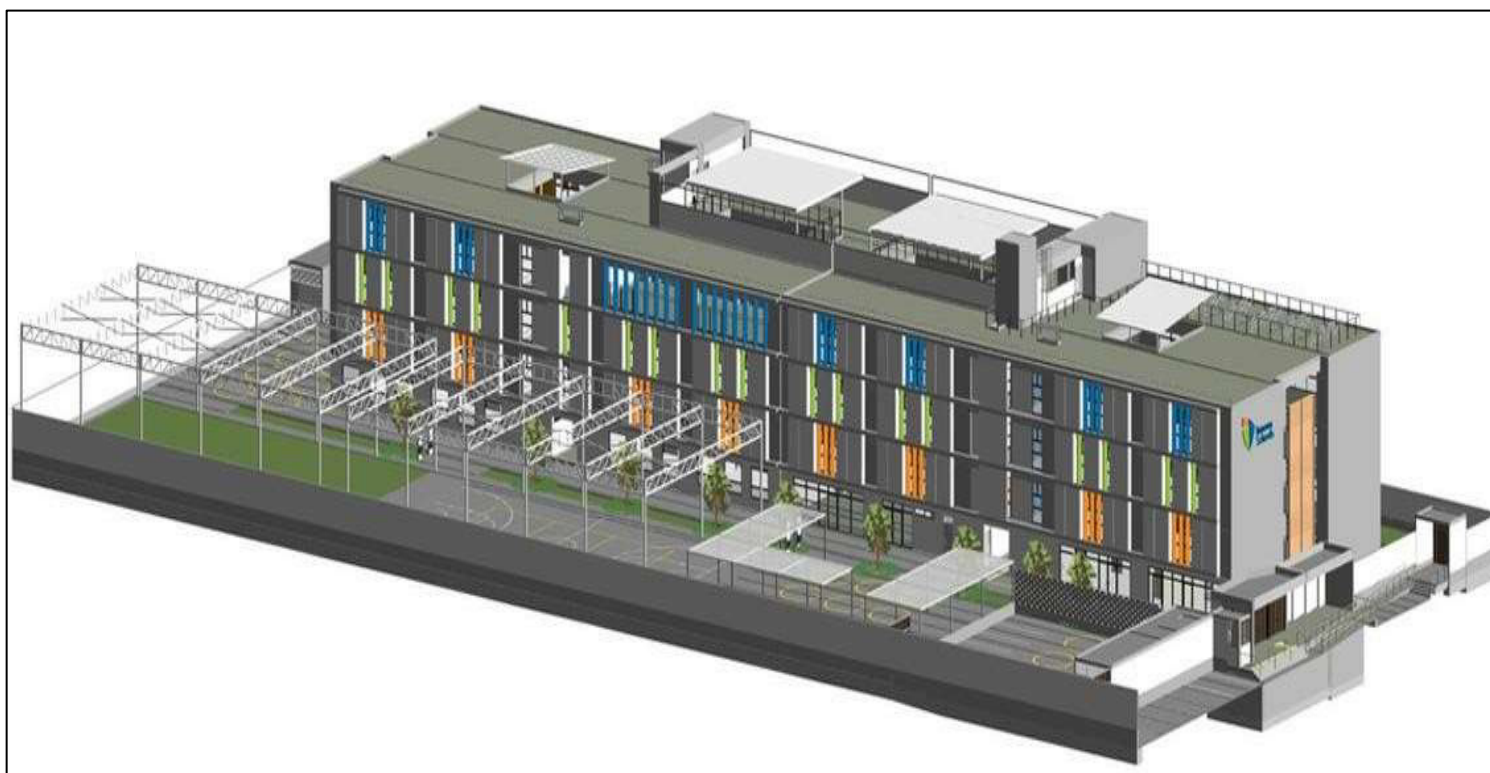
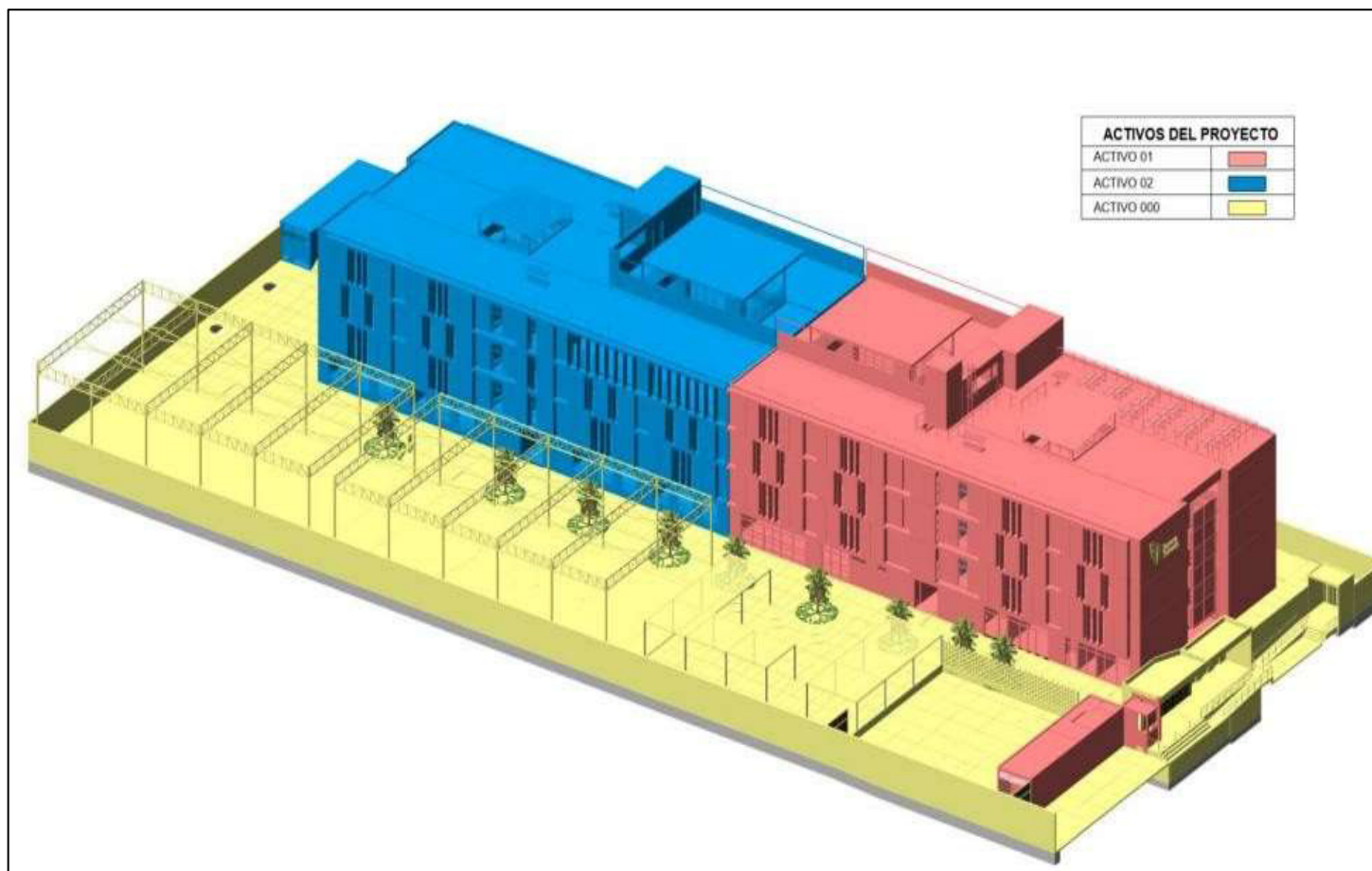


Figura 18*Activos del proyecto*

3.9.1.4 Detección de interferencias. La detección de interferencias o Clash Detection fue un proceso fundamental dentro de la metodología VDC, cuyo objetivo es identificar y eliminar las incompatibilidades entre las distintas especialidades y detectar oportunidades de optimización al diseño. Este proceso consistió en la integración y federación de los modelos 3D, principalmente los de Arquitectura, Estructuras e Instalaciones (MEP). Al identificar de manera anticipada las colisiones y conflictos en el modelo 3D, fue posible gestionar y resolver estas incompatibilidades durante la fase de diseño. Esto permitió evitar los costos significativos y retrasos que se habrían generado al tener que solucionar estos problemas directamente en la obra.

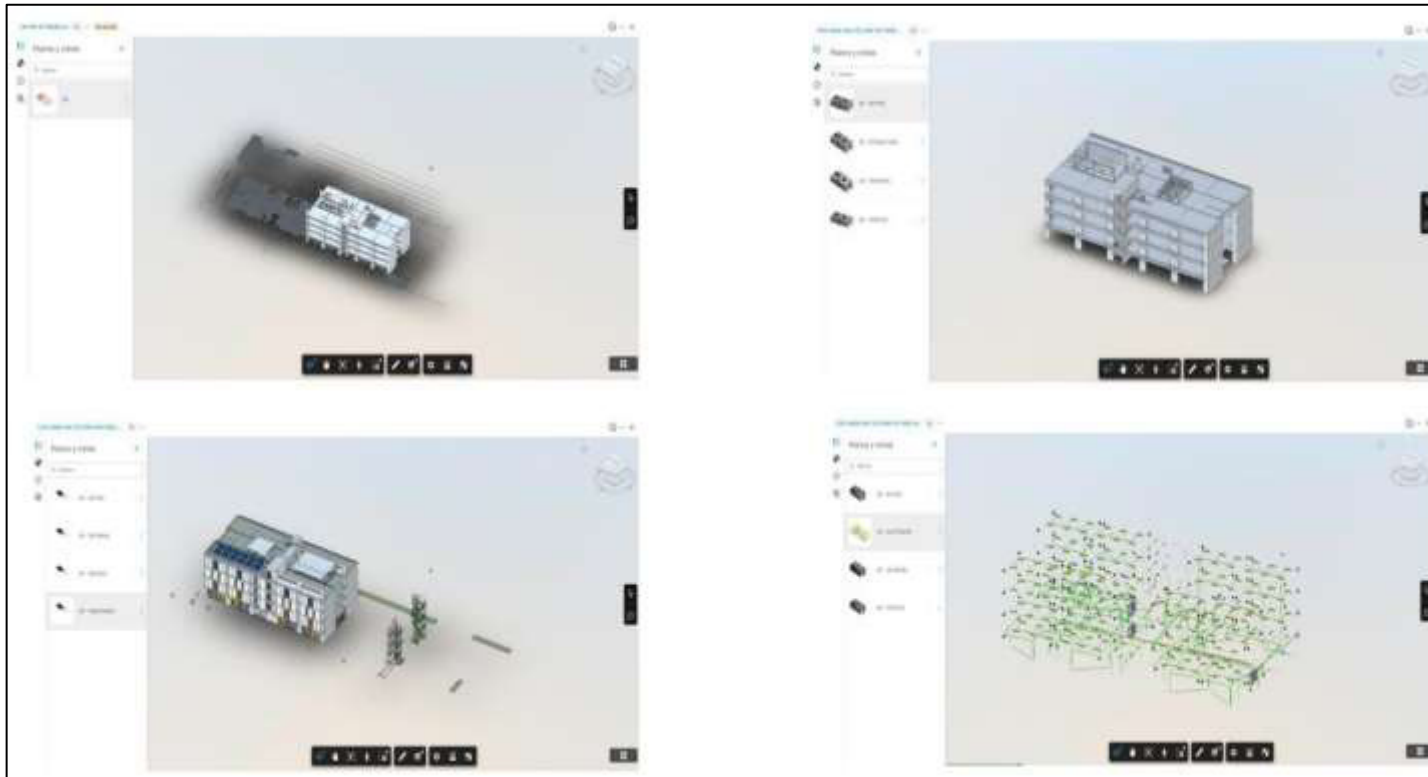
Figura 19

Registro de RFI's dentro del ECD



Figura 20

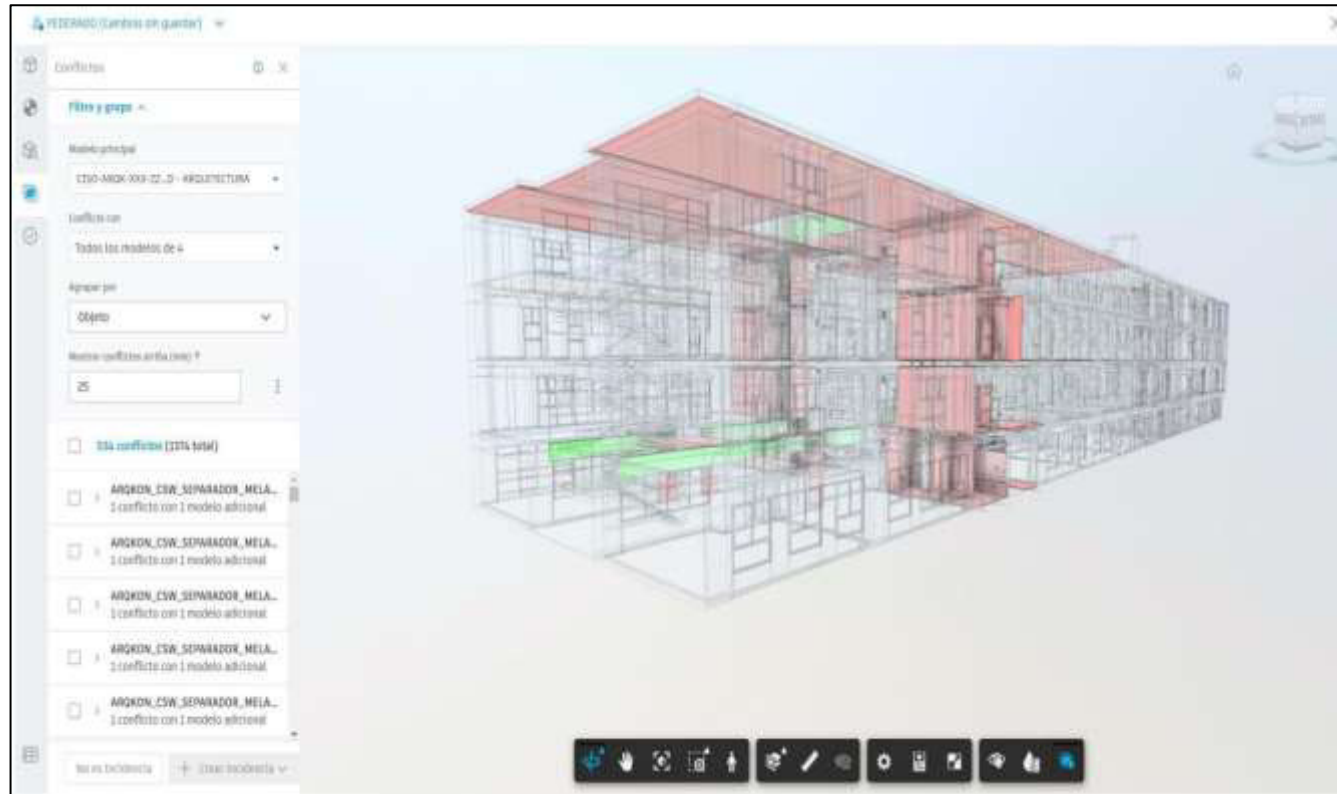
Detección de RFI'S



Nota: Para la generación del modelo (Model Coordination) para la detección de interferencias se utilizó las vistas del modelo cargado en el ACC.

Figura 21

Detección de interferencias automatizado



Nota: Esto se estableció por medio del Model Coordination para la detección de interferencias automatizadas de acuerdo con los criterios establecidos dentro del modelo.

Acto seguido, se realizó un recorrido visual con los especialistas del trabajo colaborativo.

Figura 22

Recorrido de la verificación



Posterior a la identificación de los RFI se procedió al registro en el ACC para realizar la asignación de los responsables de dar respuesta. Asimismo, para el seguimiento de los RFI se estableció una base de datos para compartir con todos los involucrados del proyecto para su conocimiento.

Figura 23

Incidencias

The screenshot displays the SAP Incident Management (IM) interface. The main table lists incidents, with the 6th incident highlighted in blue. The incident ID '875' and its status 'Open' are circled in red. The right sidebar shows the incident details for '875', including a title 'Information Request Contrabols P...', a description, and a list of attachments.

Incident ID	Status	Priority	Category	Created By	Created On	Due Date
870	Open	High	Information Request Contrabols P...	...	21 nov 2024	29 nov 2024
871	Open	High	Information Request Contrabols P...	...	21 nov 2024	29 nov 2024
872	Open	High	Information Request Contrabols P...	...	20 nov 2024	28 nov 2024
873	Open	High	Information Request Contrabols P...	...	20 nov 2024	28 nov 2024
874	Open	High	Information Request Contrabols P...	...	20 nov 2024	28 nov 2024
875	Open	High	Information Request Contrabols P...	...	20 nov 2024	28 nov 2024
876	Open	High	Information Request Contrabols P...	...	20 nov 2024	28 nov 2024
877	Open	High	Information Request Contrabols P...	...	20 nov 2024	28 nov 2024
878	Open	High	Information Request Contrabols P...	...	20 nov 2024	28 nov 2024
879	Open	High	Information Request Contrabols P...	...	20 nov 2024	28 nov 2024
880	Open	High	Information Request Contrabols P...	...	20 nov 2024	28 nov 2024

Incident Details for 875:

- Title: Information Request Contrabols P...
- Description: ...
- Attachments: ...

Figura 24

Organización y comunicación de RFI

[illegible]

En conformidad con el control y seguimiento de los RFI se implementó un Dashboard en Power BI para la visualización del seguimiento.

Figura 25

Priorización de las especialidades

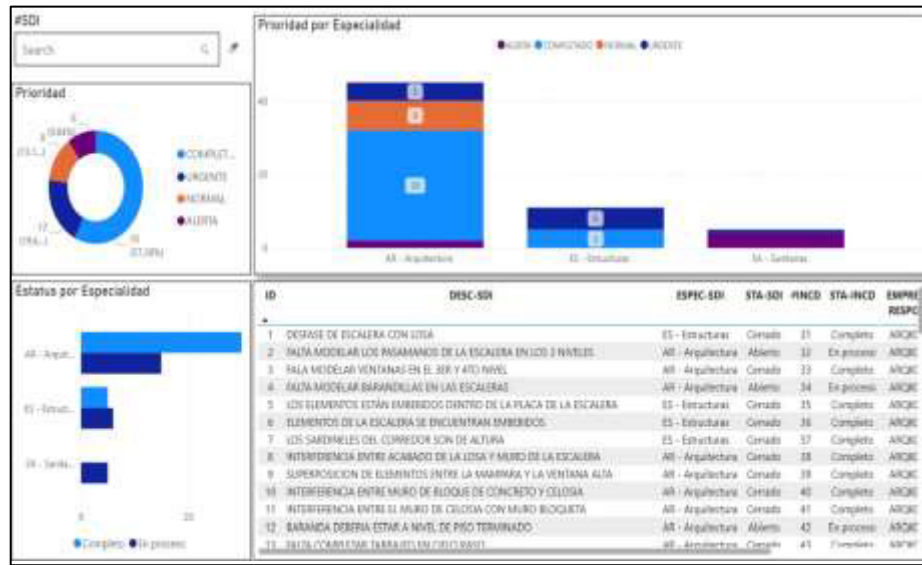


Figura 26

Comparación de documentos

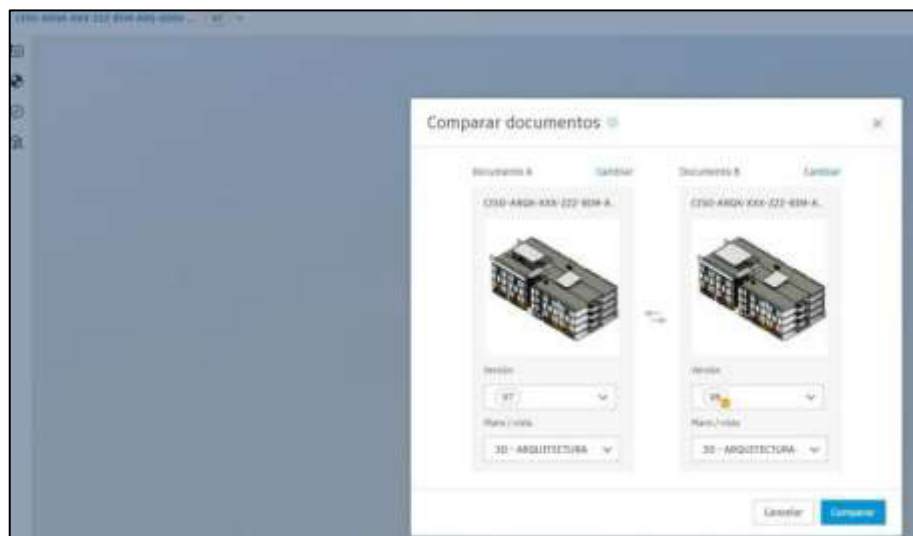


Figura 25

Cambios y lista de resultados

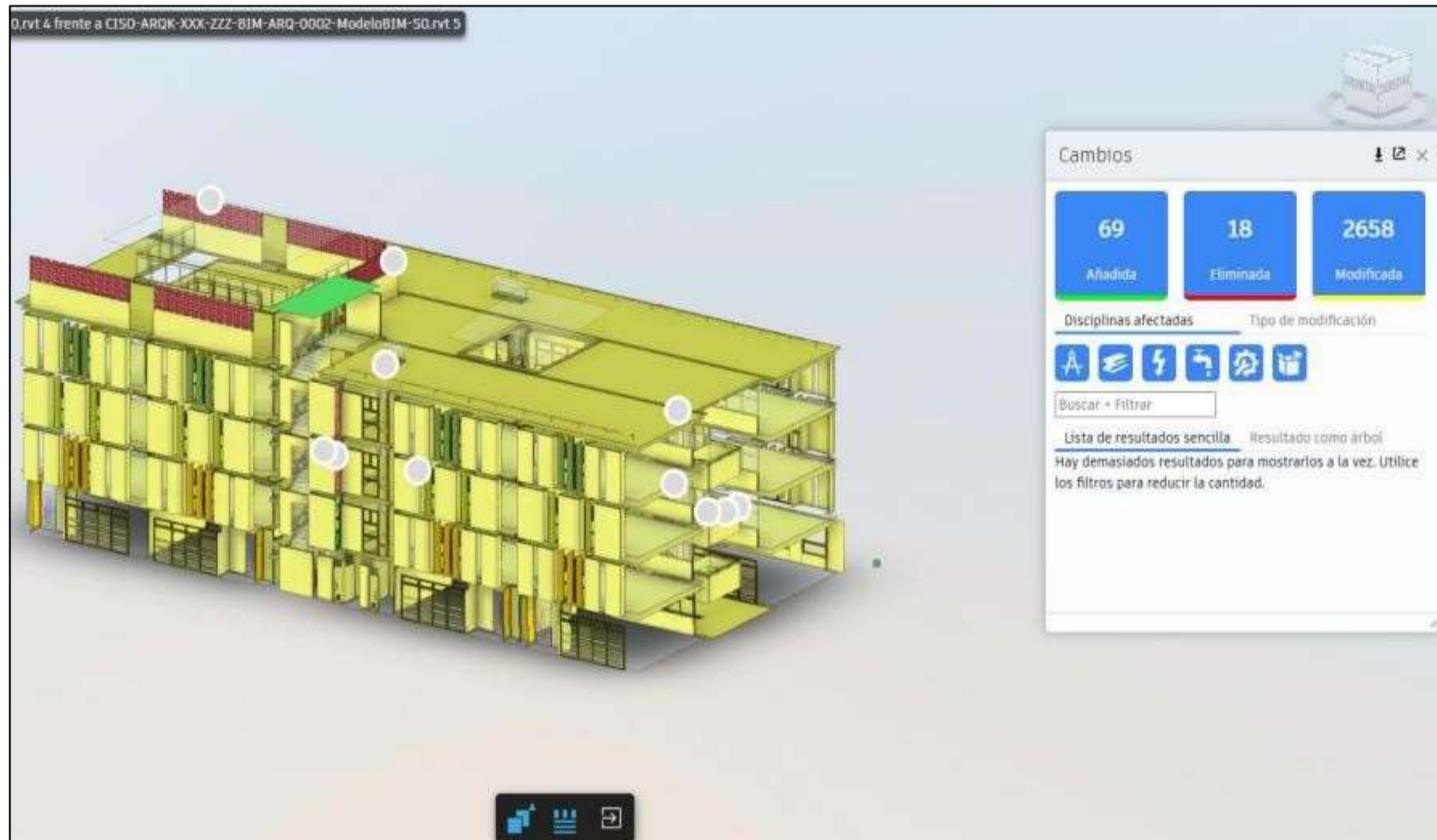


Figura 26

Comparativo y modificación



Para realizar la compatibilización del modelo se presenta lo siguiente:

Tabla 5

Porcentaje de compatibilización del modelo

Planos	% libre de interferencias
Estructuras	100%
Arquitectura	95%
Instalaciones	80%

Se evidencia que la implementación de la metodología VDC en el proyecto *Innova School* permitió alcanzar altos niveles de compatibilización del modelo en la fase de diseño, destacando que los planos estructurales lograron un 100% de compatibilidad libre de interferencias, los arquitectónicos un 95% y los de instalaciones un 80%, lo que demuestra que, si bien existen mayores conflictos en los sistemas técnicos, estos pueden resolverse anticipadamente en el entorno virtual. Este nivel de integración interdisciplinaria contribuye directamente a la optimización del presupuesto, al reducir reprocesos, mitigar sobre costos y garantizar un uso más eficiente de los recursos durante la ejecución de la obra.

El uso de los modelos 3D durante las sesiones ICE también fue de suma importancia, ya que permitió tener una mejor visualización para que los especialistas puedan visualizar algún vicio oculto u optimización en el diseño, es por lo que usamos la métrica de producción N01, para medir el cumplimiento del uso de los modelos 3D en las sesiones ICE.

Tabla 6*BIM - Métrica de producción N°01: % de sesiones ICE usando el modelo 3D*

ICE	¿Se usó el modelo 3D?	Meta
sesión ICE 01	Si	100%
sesión ICE 02	Si	100%
sesión ICE 03	Si	100%
sesión ICE 04	Si	100%
sesión ICE 05	Si	100%
sesión ICE 06	Si	100%
sesión ICE 07	Si	100%
sesión ICE 08	Si	100%
sesión ICE 09	Si	100%
sesión ICE 10	Si	100%
sesión ICE 11	Si	100%
sesión ICE 12	Si	100%
sesión ICE 13	Si	100%
sesión ICE 14	Si	100%
sesión ICE 15	Si	100%
ICE	¿Se usó el modelo 3D?	Meta
sesión ICE 16	Si	100%
sesión ICE 17	Si	100%

Según la métrica de producción orientada a medir la optimización del presupuesto a través de la optimización de los metrados, la cual mide el número de partidas vinculadas entre el modelo 3D y presupuesto.

Tabla 7

BIM - métrica de producción N°02: # de partidas vinculadas con el modelo 3D

Especialidades	Partidas vinculadas entre el		
	Partidas Presupuesto	presupuesto y el Modelo 3D	%
Estructuras	55	52	94.55%
Arquitectura	86	75	87.21%
Instalaciones	25	22	88.00%

Se evidencia el porcentaje de implementación alcanzado es superior a la meta propuesta de un 80%, esto fue fundamental para poder optimizar el presupuesto inicial que fue metrado de forma manual versus el metrado extraído desde el modelo 3D, logrando optimizar las cantidades presupuestadas.

Figura 28

Vínculo del modelo 3D y presupuesto



3.9.1.5 Calidad de la información de los modelos BIM. La importancia del control de calidad de los modelos BIM radica en que los planos son extraídos de los modelos, cualquier omisión o incompatibilidad entre el 2D y 3D podría traer un sobre costo, en la fase de construcción. Dentro de la auditoría se evidenciaron algunos errores que fueron corregidos mediante los siguientes criterios de revisión.

Control de parámetros en los modelos 3D

Para el control y seguimiento del llenado de parámetros se ha elaborado un Dashboard que permite tener una mejor visualización del cumplimiento del llenado de estos dentro de los modelos, ya que estos son fundamentales para la gestión de información.

Figura 29

Indicadores

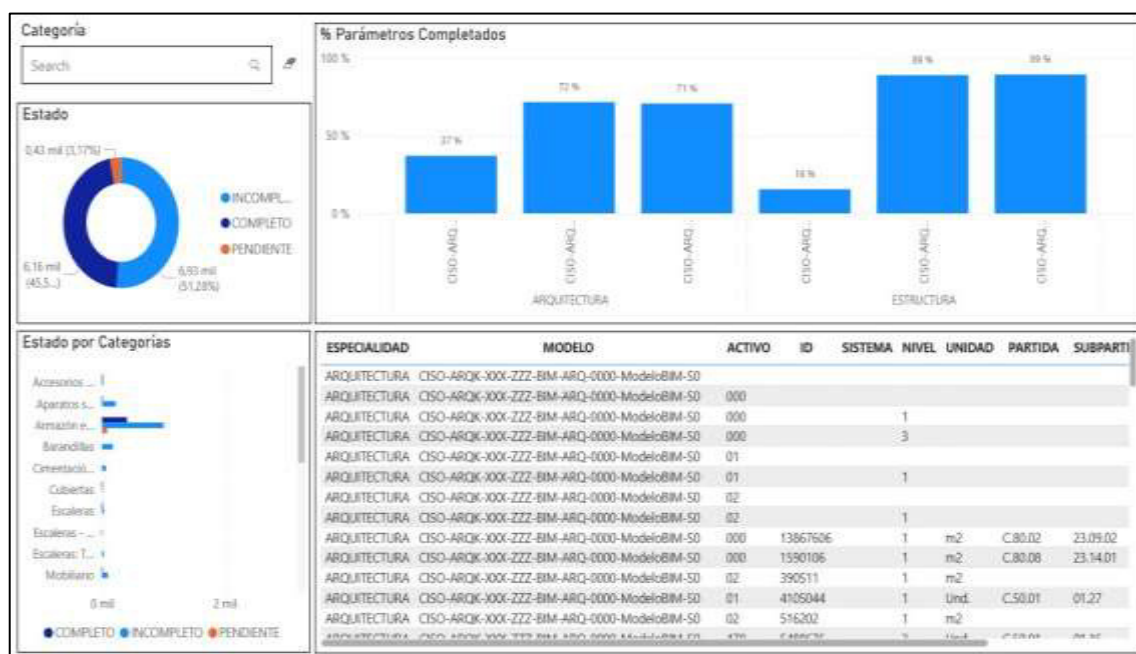


Tabla 8

BIM - factor controlable N°01: LOD 350 a 300 alcanzado en especialidades

Especialidades	LOD Planificado	LOD Alcanzado	Meta
Arquitectura	350	350	≥ 300
Estructuras	300	300	≥ 300
Inst. Sanitarias	350	350	≥ 300
Inst. eléctricas	350	350	≥ 300
Inst. Mecánicas	350	350	≥ 300
Inst. Comunicaciones	350	350	≥ 300

Revisión del modelo arquitectura

De acuerdo con los criterios establecidos en la auditoría y los resultados obtenidos, el modelo BIM de Estructuras alcanzó un nivel de cumplimiento del 95%.

Tabla 9

Modelos

Ítem	Modelo
1	CISO-ARQK-XXX-ZZZ-BIM-ARQ-0000-ModeloBIM-S0
2	CISO-ARQK-XXX-ZZZ-BIM-ARQ-0001-ModeloBIM-S0
3	CISO-ARQK-XXX-ZZZ-BIM-ARQ-0002-ModeloBIM-S0

Tabla 10*Auditoria de los objetivos del modelo*

CAT	Descripción de auditoria	% Incidencia
A	Revisión General del Modelo	27%
B	Revisión de Elementos	27%
C	Revisión de Coordenadas y Referencias	5%
D	Revisión de Coordinación entre Disciplinas	5%
E	Revisión de Parámetros y Etiquetas	9%
F	Revisión de Planos y Documentación	18%
G	Revisión de Rendimiento y Optimización	5%
H	Revisión de Versiones y Control de Cambios	5%

En general, el modelo BIM de Arquitectura ha logrado cumplir en su mayoría con los criterios de revisión en la etapa de diseño, cumpliendo con los requerimientos establecidos. El porcentaje de cumplimiento es de 95%. La mayoría de las interferencias identificadas han sido resueltas exitosamente. Solo se encontraron conflictos menores entre algunas disciplinas propias del modelado BIM, como colisiones leves de elementos. Esto se consolida en la siguiente tabla:

Tabla 11*Cumplimiento de los objetivos*

CAT	#Criterio	Criterio	Descripción	Resultado	Comentario
A	1	Cumplimiento de Normas de Modelado	Se verifica si el modelo sigue las normas de modelado establecidas (plantillas, niveles, vistas, familias, etc.)	100%	
A	2	Coherencia de la Geometría	Revisión de la exactitud en la geometría de elementos. (Muros, techos, ventanas, etc.)	100%	
A	3	Conformidad con los Niveles y Ejes	Verificar que los modelos estén ubicados correctamente en cuanto a niveles y ejes.	100%	
A	4	Interferencia entre Elementos	Se revisa si hay interferencias entre elementos de diferentes disciplinas (estructura, instalaciones, arquitectura)	100%	
A	5	Organización de Vistas y Planos	Revisión de la organización de las vistas, el uso de plantillas de vistas y la correcta asignación de escalas	100%	
A	6	Integridad del Modelo	Evaluación de que el modelo esta completo, sin elementos faltantes ni innecesarios.	90%	Limpieza de familias no utilizados
B	7	Consistencia de	Se revisa si las familias utilizadas son las correctas según los	100%	

CAT	#Criterio	Criterio	Descripción	Resultado	Comentario
		Familias Utilizadas	estándares del proyecto y que sean asignadas a las categorías correspondientes.		
B	8	Nomenclatura de Familias Utilizadas	Se revisa si las familias utilizadas cuentan con la nomenclatura según los estándares del proyecto.	100%	
B	9	Revisión de Parámetros.	Verificación de los parámetros de las familias, tanto para su consistencia como para su correcta asignación.	100%	
B	10	Usabilidad de las Familias.	Evaluación de la facilidad para modificar o actualizar las familias en caso de cambios en el diseño.	95%	
B	11	Revisión de Conectividad de	Evaluación de que los elementos estén correctamente asociados a sus anfitriones según la categoría modelada y tengan una	100%	
B	12	Errores de Modelado	Validar si aparece algún error de modelado, como duplicidad de elementos, sobreposición de elementos, error de modelado por proceso constructivo, colisiones, etc.	95%	Aún se visualizan algunos errores de duplicidad y colisiones especialidades propias de modelado.

CAT	#Criterio	Criterio	Descripción	Resultado	Comentario
C	13	Coordinación de Ejes de	Verificar que los modelos estén correctamente georeferenciados.	100%	
D	14	Coordinación Multidisciplinaria	Revisión de la coordinación entre las disciplinas y la resolución de conflictos o interferencias	90%	Aun se esperará el termino de las demás disciplinas pendientes para cerrar al 100% / Aun se visualizan algunas interferencias leves propias de modelado.
E	15	Consistencia de Parámetros del Proyecto	Verificación de la consistencia y la correcta asignación de parámetros a los elementos del modelo.	100%	

E	16	Correcta Implementación de Etiquetas	iación de la implementación correcta de etiquetas y ciones en el modelo.	100%
F	17	Adecuación de Plantillas de Planos	sión de que las plantillas de planos están configuradas iadamente (títulos, escalas, márgenes, planta, alzados, ones, etc.)	N.A.

CAT	# CRITERIO	CRITERIO	DESCRIPCIÓN	RESULTADO	COMENTARIO
F	18	Revisión de cotaje y anotaciones	Verificación de la precisión de las cotas y las anotaciones en los planos, incluyendo etiquetas y notas	N.A.	
F	19	Documentación de detalles	Verificación de que todos los detalles constructivos necesarios están presentes y correctamente modelados	N.A.	
F	20	Compleción de	Se verifica si todos los planos y detalles necesarios están.	N.A.	

G	21	Optimización del tamaño del modelo	Evaluación de si el tamaño del archivo es adecuado o si es necesario optimizarlo (por ejemplo, limpiando elementos innecesarios).	100%
H	22	Control de versiones	Se revisa que las versiones del modelo estén debidamente cargadas en el ACC.	100%

Revisión del modelo de sanitarias. De acuerdo con los criterios establecidos en la auditoría y los resultados obtenidos, el modelo BIM de Sanitarias alcanzó un nivel de cumplimiento del 95%.

Tabla 12

Modelos

Item	Modelo
	CISO-ARQK-XXX-ZZZ-BIM-SAN-0000-ModeloBIM-S0
	CISO-ARQK-XXX-ZZZ-BIM-SAN-0001-ModeloBIM-S0
	CISO-ARQK-XXX-ZZZ-BIM-SAN-0002-ModeloBIM-S0

Tabla 13

Auditoria de los objetivos del modelo

CAT	Descripción de auditoria	% Incidencia
A	Revisión General del Modelo	27%
B	Revisión de Elementos	27%
C	Revisión de Coordenadas y Referencias	5%
D	Revisión de Coordinación entre Disciplinas	5%
E	Revisión de Parámetros y Etiquetas	9%
F	Revisión de Planos y Documentación	18%
G	Revisión de Rendimiento y Optimización	5%
H	Revisión de Versiones y Control de Cambios	5%

Tabla 14*Cumplimiento de los objetivos*

CAT	#Criterio	Criterio	Descripción	Resultado	Comentario
A	1	Cumplimiento de Normas de Modelado	Se verifica si el modelo sigue las normas de ado establecidas (plantillas, niveles, vistas, as, etc.)	100%	
A	2	Coherencia de la Geometría	Revisión de la exactitud en la geometría de elementos. (Muros, techos, ventanas, etc.)	80%	Se observan que algunos montantes tienen pendientes.
A	3	Conformidad con los Niveles y Ejes	Verificar que los modelos estén ubicados correctamente en cuanto a niveles y ejes.	100%	
A	4	Interferencia entre Elementos	Se revisa si hay interferencias entre elementos de erentes disciplinas (estructura, instalaciones, arquitectura)	90%	Aun se visualizan algunas interferencias leves.
A	5	Organización de Vistas y Planos	Revisión de la organización de las vistas, el uso ntillas de vistas y la correcta asignación de escalas	100%	
A	6	Integridad del Modelo	Verificación de que el modelo esta completo, sin elementos faltantes ni innecesarios.	90%	Limpieza de familias no utilizados
B	7	Consistencia de Familias utilizadas	Se revisa si las familias utilizadas son las rectas según los ándares del proyecto y que sean asignadas a las categorías pondientes.	100%	

B	8	Nomenclatura de	isa si las familias utilizadas cuentan con la	90%	Se observa algunos errores leves
		Familias utilizadas	omenclatura según los estándares del proyecto.		
B	9	Revisión de	erificación de los parámetros de las familias,	90%	Se observa algunos errores leves
		Parámetros.	para su consistencia como para su correcta		
			ción.		en los parámetros de etapa.
B	10	Usabilidad de las	Evaluación de la facilidad para modificar o	100%	
		Familias.	actualizar las familias en caso de cambios en el		
			diseño.		

En general, el modelo BIM de Sanitarias ha logrado cumplir en su mayoría con los criterios de revisión en la etapa de diseño, cumpliendo con los requerimientos establecidos. El porcentaje de cumplimiento es de 95%. La mayoría de las interferencias identificadas han sido resueltas exitosamente. Solo se encontraron conflictos menores entre algunas disciplinas propias del modelado BIM, como colisiones leves de elementos.

Revisión del modelo estructuras. De acuerdo con los criterios establecidos en la auditoría y los resultados obtenidos, el modelo BIM de Estructuras alcanzó un nivel de cumplimiento del 98%.

Tabla 15

Modelos

Ítem	Modelo
1	CISO-ARQK-XXX-ZZZ-BIM-EST-0000-ModeloBIM-S0
2	CISO-ARQK-XXX-ZZZ-BIM-EST-0001-ModeloBIM-S0
3	CISO-ARQK-XXX-ZZZ-BIM-EST-0002-ModeloBIM-S0

Tabla 16

Auditoria de los objetivos del modelo

CAT	Descripción de auditoria	%
		Incidencia
A	Revisión General del Modelo	27%
B	Revisión de Elementos	27%
C	Revisión de Coordenadas y Referencias	5%

D	Revisión de Coordinación entre Disciplinas	5%
E	Revisión de Parámetros y Etiquetas	9%
F	Revisión de Planos y Documentación	18%
G	Revisión de Rendimiento y Optimización	5%
H	Revisión de Versiones y Control de Cambios	5%

En general, el modelo BIM de Estructuras se considera apto para ser utilizado en la etapa de construcción, cumpliendo con los requerimientos establecidos. El porcentaje de cumplimiento del 98%. El modelo cumple en su mayoría con las normas y estándares establecidos, pero se recomienda realizar una revisión final para limpieza de elementos sin utilizar. La mayoría de las interferencias identificadas han sido resueltas exitosamente. Solo se encontraron conflictos menores entre algunas disciplinas que no afectan directamente la construcción.

Tabla 17*Cumplimiento de los objetivos*

CAT	#	Criterio	Descripción	Resultado	Comentario
A	1	Cumplimiento de normas de modelado	Se verifica si el modelo sigue las normas de modelado establecidas (plantillas, niveles, vistas, familias, etc.).	100%	—
A	2	Coherencia de la geometría	Revisión de la exactitud en la geometría de elementos (muros, techos, ventanas, etc.).	100%	—
A	3	Conformidad con los niveles y ejes	Verificar que los modelos estén ubicados correctamente en cuanto a niveles y ejes.	100%	—
A	4	Interferencia entre elementos	Se revisa si hay interferencias entre elementos de diferentes disciplinas (estructura, instalaciones, arquitectura).	100%	—
A	5	Organización de vistas y planos	Revisión de la organización de las vistas, el uso de plantillas de vistas y la correcta asignación de escalas.	100%	—

CAT	#	Criterio	Descripción	Resultado	Comentario
A	6	Integridad del modelo	Evaluación de que el modelo está completo, sin elementos faltantes ni innecesarios.	95%	Limpieza de familias no utilizadas.
B	7	Consistencia de familias utilizadas	Se revisa si las familias utilizadas son las correctas según los estándares del proyecto y que sean asignadas a las 100% categorías correspondientes.		—
B	8	Nomenclatura de familias utilizadas	Se revisa si las familias utilizadas cuentan con la nomenclatura según los estándares del proyecto.	100%	—
B	9	Revisión de parámetros	Verificación de los parámetros de las familias, tanto para su consistencia como para su correcta asignación.	100%	—
B	10	Usabilidad de las familias	Evaluación de la facilidad para modificar o actualizar las familias en caso de cambios en el diseño.	100%	—

CAT	#	Criterio	Criterio	Descripción	Resultado	Comentario
B	11	Revisión de conectividad de elementos		Evaluación de que los elementos estén correctamente asociados a sus anfitriones según la categoría modelada y tengan una correcta conectividad.	100%	—
B	12	Errores de modelado		Validar si aparece algún error de modelado, como duplicidad de elementos, sobreposición de elementos, error de modelado por proceso constructivo, colisiones, etc.	100%	—
C	13	Coordinación de ejes de referencia		Verificar que los modelos estén correctamente georreferenciados.	100%	—
D	14	Coordinación multidisciplinaria		Revisión de la coordinación entre las disciplinas y la resolución de conflictos o interferencias.	90%	Aún se esperará el término de las demás disciplinas

CAT	#	Criterio	Criterio	Descripción	Resultado	Comentario
						pendientes para cerrar al 100%.
E	15	Consistencia de parámetros del proyecto	Verificación de la consistencia y la correcta asignación de parámetros a los elementos del modelo.	100%	—	
E	16	Correcta implementación de etiquetas	Evaluación de la implementación correcta de etiquetas y anotaciones en el modelo.	100%	—	
F	17	Adecuación de plantillas de planos	Revisión de que las plantillas de planos están configuradas adecuadamente (títulos, escalas, márgenes, planta, alzados, secciones, etc.).	N.A.	—	
F	18	Revisión de cotaje	Verificación de la precisión de las cotas y las dimensiones.	N.A.	—	
F	19	Documentación de detalles constructivos	Verificación de que todos los detalles constructivos necesarios estén presentes y correctamente modelados.	N.A.	—	

CAT	#	Criterio	Criterio	Descripción	Resultado	Comentario
F	20		Completación de planos y detalles	Se verifica si todos los planos y detalles necesarios están presentes y completos.	N.A.	—
G	21		Optimización del tamaño del modelo	Evaluación de si el tamaño del archivo es adecuado o si es necesario optimizarlo (por ejemplo, limpiando 100% elementos innecesarios).		—
H	22		Control de versiones	Se revisa que las versiones del modelo estén debidamente cargadas en el ACC.	100%	—

Revisión del modelo de eléctricas. De acuerdo con los criterios establecidos en la auditoría y los resultados obtenidos, el modelo BIM de Eléctricas alcanzó un nivel de cumplimiento del 95%.

Tabla 18

Modelos

Ítem	Modelo
1	CISO-ARQK-XXX-ZZZ-BIM-ELE-0000-ModeloBIM-S0
2	CISO-ARQK-XXX-ZZZ-BIM-ELE-0001-ModeloBIM-S0
3	CISO-ARQK-XXX-ZZZ-BIM-ELE-0002-ModeloBIM-S0

Tabla 19

Auditoría de los objetivos del modelo

CAT	Descripción de auditoría	% Incidencia
A	Revisión General del Modelo	27%
B	Revisión de Elementos	27%
C	Revisión de Coordenadas y Referencias	5%
D	Revisión de Coordinación entre Disciplinas	5%
E	Revisión de Parámetros y Etiquetas	9%
F	Revisión de Planos y Documentación	18%
G	Revisión de Rendimiento y Optimización	5%
H	Revisión de Versiones y Control de Cambios	5%

Tabla 20*Cumplimiento de los objetivos*

	#Criterio	Criterio	Descripción	Resultado	Comentario
A	1	Cumplimiento de Normas de Modelado	Se verifica si el modelo sigue las normas de modelado establecidas (plantillas, niveles, vistas, familias, etc.)	100%	
A	2	Coherencia de la Geometría	Revisión de la exactitud en la geometría de elementos. (Muros, techos, ventanas, etc.)	80%	Se observan que algunos montantes tienen pendientes.
A	3	Conformidad con los Niveles y Ejes	Verificar que los modelos estén ubicados correctamente en cuanto a niveles y ejes.	100%	
A	4	Interferencia entre Elementos	Se revisa si hay interferencias entre elementos de diferentes disciplinas (estructura, instalaciones, arquitectura)	90%	Aun se visualizan algunas interferencias leves.
A	5	Organización de Vistas y Planos	Revisión de la organización de las vistas, el uso de plantillas de vistas y la correcta asignación de escalas	100%	

A	6	Integridad del Modelo	Evaluación de que el modelo esta completo, sin elementos faltantes ni innecesarios.	90%	Limpieza de familias no utilizados
B	7	Consistencia de Familias Utilizadas	Se revisa si las familias utilizadas son las correctas según los estándares del proyecto y que sean asignadas a las categorías correspondientes.	100%	
B	8	Nomenclatura de Familias Utilizadas	Se revisa si las familias utilizadas cuentan con la nomenclatura según los estándares del proyecto.	90%	Se observa algunos errores leves en la nomenclatura de sistema.
B	9	Revisión de Parámetros.	Verificación de los parámetros de las familias, tanto para su consistencia como para su correcta asignación.	90%	Se observa algunos errores leves en los parámetros de etapa.
B	10	Usabilidad de las Familias.	Evaluación de la facilidad para modificar o actualizar las familias en caso de cambios en el diseño.	100%	

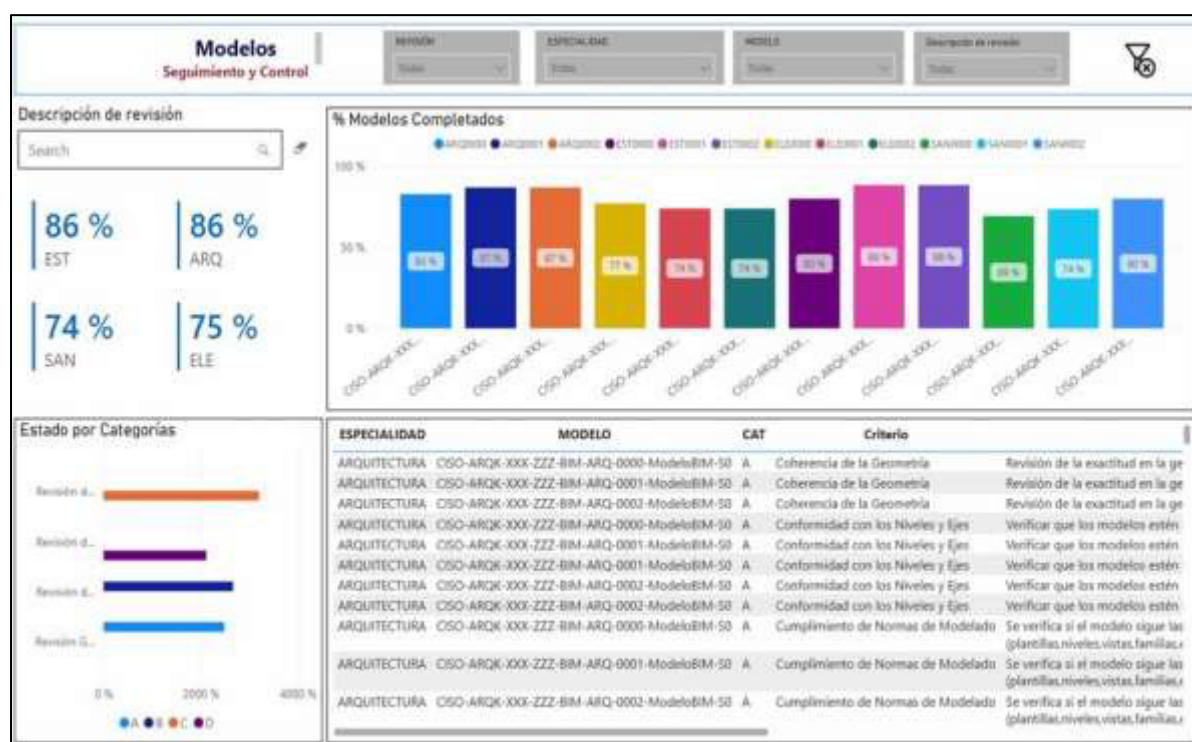
En general, el modelo BIM de Eléctricas ha logrado cumplir en su mayoría con los criterios de revisión en la etapa de diseño, cumpliendo con los requerimientos establecidos. El porcentaje de cumplimiento es de 95%. La mayoría de las interferencias identificadas han sido resueltas exitosamente. Solo se encontraron conflictos menores entre algunas disciplinas propias del modelado BIM, como colisiones leves de elementos.

Resultados del control de calidad de los modelos BIM. Se creó un dashboard de control de la calidad de los modelos resumiendo criterios considerados para su evaluación. Asegurar la calidad de los modelos 3D es un pilar esencial en el proyecto, dado que todo el diseño conceptual y de detalle se elabora y sustenta en base a esta información. Un modelo deficiente impacta directamente en la fiabilidad de los metrados, puede ocultar interferencias que no se detectan a tiempo, y genera inconsistencias en la planimetría.

Por esta razón, es fundamental valorar y ejecutar un proceso de auditoría constante del modelo. Para gestionar y hacer visible este proceso, se creó un dashboard de control de la calidad de los modelos, el cual resume los principales criterios y métricas consideradas para la evaluación de los modelos 3D.

Figura 30

Auditoría del modelado



El panel de seguimiento y control de modelos refleja el grado de avance y la calidad de los procesos de revisión por especialidad. Los indicadores muestran que estructuras (86%) y arquitectura (86%) alcanzaron los mayores niveles de cumplimiento, mientras que sanitarias (74%) y eléctricas (75%) presentan un menor porcentaje de avance, evidenciando la necesidad de reforzar la revisión en estas disciplinas. En cuanto al estado de modelos completados, la mayoría de ellos se ubica en un rango entre el 74% y el 88%, lo que indica un nivel de progreso consistente pero aún con margen de mejora para llegar a un 100%. Asimismo, la clasificación por criterios de revisión resalta aspectos como la coherencia de la geometría, conformidad con niveles y ejes, así como el cumplimiento de normas de modelado, que permiten estandarizar y garantizar la calidad de los modelos. En conjunto, este control visual evidencia que el uso de herramientas de seguimiento facilita la identificación de brechas en cada

especialidad, permitiendo focalizar esfuerzos para alcanzar una mayor uniformidad y confiabilidad en la información del proyecto.

3.9.2 Integrated Concurrent Engineering (ICE)

Las sesiones ICE son un componente fundamental dentro del marco metodológico VDC para la Optimización del Presupuesto en el proyecto "Innova School, Sede Olivos. Estas sesiones colaborativas fueron el motor principal para analizar el diseño y tomar decisiones que impactaran positivamente en el costo. El objetivo central de las sesiones ICE fue cuestionar el diseño inicial y generar alternativas de optimización económica antes de que este se congelara para la construcción. Para ello, se conformaron Equipos Integrados multidisciplinarios, cada uno enfocado en áreas de alto impacto en el presupuesto del proyecto educativo, tales como:

- Equipos Integrados: Optimización Estructural y Cimentaciones
- Equipos Integrados: Optimización Sistemas de Acabados y Materiales
- Equipos Integrados: Eficiencia de Instalaciones (MEP)

Las propuestas generadas por los equipos integrados estuvieron alineadas con el objetivo principal que es la optimización del presupuesto. Cada alternativa fue evaluada no solo por su viabilidad técnica y su costo directo, sino también por cómo mantenía el valor y la funcionalidad requeridos por el cliente, asegurando el cumplimiento normativo sin sacrificar la calidad.

Para garantizar el éxito de este enfoque, en las sesiones participaron activamente: (i) el equipo interno del proyecto (Lider VDC, jefe de Proyecto y Presupuestos); (ii) los diseñadores especialistas (arquitectos, ingenieros estructurales, MEP); y (iii) socios estratégicos clave (proveedores y contratistas con experiencia relevante).

Para las reuniones se utilizó el modelo 3D como soporte visual y analítico, cada Equipo Integrado venía con propuestas de optimización planteadas previamente en base a su experiencia. Para medir la efectividad del proceso, se utilizó la métrica "Número de alternativas de optimización analizadas por equipo", asegurando así que las decisiones finales sobre el presupuesto se tomaran con una base a la experiencia de todos los involucrados.

Tabla 21

Porcentaje de Clashes resuelto en contraste con la agenda

Equipos Integrados		Alternativas propuestas	Meta	¿Se cumplió la Meta?
Equipo Integrado arquitectura		8	4	si
Equipo Integrado	estructuras	4	4	Si
Quipo integrado instalaciones		8	4	si

Continuamente, se detalla los equipos integrados formatos en cada especialidad:

Tabla 22*Equipos integrados por especialidad.*

Especialidad	Partidas	Alternativas
Estructuras	Vigas	Vigas Prefabricadas
Estructuras	Placas y columnas	Usar encofrado metálico para acabado caravista.
Estructuras	Losas	Optimización en dimensionamiento y acero
Estructuras	Placas y columnas	Optimización en dimensionamiento y acero
Arquitectura	pintura	Quitar pintura por el uso de tabique cara vistas - propuesta de diseño
Arquitectura	Mamparas	Cambio de mamparas por el uso de ventanas grandes.
Arquitectura	pisos	Optimización en material y proveedor.
Arquitectura	Puertas	Optimización en material y proveedor.
		Se logró optimizar el espacio de los ductos

El éxito y la efectividad de los Equipos Integrados se sostuvieron gracias al desarrollo de las sesiones ICE. Estas reuniones fueron pieza clave para la toma de decisiones colaborativa y la optimización del diseño, sirviendo como el motor de la metodología. En las sesiones ICE se planteaban acuerdos de optimización en el diseño o cambios de material en los elementos, estos cambios tenían que verse reflejado en los modelos 3D, ya que era de suma importancia para la actualización de los metrados y esto pueda verse reflejado en el

presupuesto como un indicador de optimización. Por lo que se usó la métrica de producción N01 que medía los cambios actualizados en los modelos 3D desarrollados en las sesiones ICE.

Tabla 23

ICE métrica de producción N°01: # acuerdos u optimizaciones actualizados en el modelo 3D

ICE	# optimizaciones	# acuerdos	# actualizaciones en el modelo 3D	% actualizados	Cambios
Sesión ICE 01	2		2	100%	
Sesión ICE 02	1		1	100%	
Sesión ICE 03	0		0	88%	
Sesión ICE 04	3		3	100%	
Sesión ICE 05	4		4	100%	
Sesión ICE 06	0		0	100%	
Sesión ICE 07	0		0	100%	

ICE	#	acuerdos	o #	actualizaciones	en	el %	Cambios
	optimizaciones			modelo 3D		actualizados	
Sesión ICE 08	5		5			88%	
Sesión ICE 09	2		2			100%	
Sesión ICE 10	3		3			90%	
Sesión ICE 11	1		1			100%	
Sesión ICE 12	2		2			100%	
Sesión ICE 13	5		5			100%	
Sesión ICE 14	0		0			100%	
Sesión ICE 15	1		1			100%	
Sesión ICE 16	2		2			100%	
Sesión ICE 17	0		0			100%	

ICE	# acuerdos optimizaciones	o # actualizaciones modelo 3D	en el % actualizados	Cambios
Sesión ICE 18	0	0	100%	
Sesión ICE 19	2	2	100%	
Sesión ICE 20	3	3	100%	

Por ello, el seguimiento y control del % de sesiones ICE realizadas según cronograma, fue un indicador clave. El resultado obtenido en el caso de estudio, que alcanzó un 100% de cumplimiento, demuestra que garantizar la asistencia y el cumplimiento del calendario de reuniones es un pilar fundamental.

Tabla 25
ICE - Métrica de producción N°02: % de sesiones ICE realizadas según lo programado

ICE	Fecha programada	Fecha Ejecutada	¿Se cumplió en la Fecha programada
Sesión ICE 01	06/09/2024	06/09/2024	Si
Sesión ICE 02	13/09/2024	13/09/2024	Si
Sesión ICE 03	20/09/2024	20/09/2024	Si
Sesión ICE 04	27/09/2024	27/09/2024	Si
Sesión ICE 05	04/10/2024	04/10/2024	Si

Sesión ICE 06	11/10/2024	12/10/2024	No
Sesión ICE 07	18/10/2024	18/10/2024	Si
Sesión ICE 08	25/10/2024	25/10/2024	Si
Sesión ICE 09	01/11/2024	01/11/2024	Si
Sesión ICE 10	08/11/2024	08/11/2024	Si
Sesión ICE 11	15/11/2024	15/11/2024	Si
Sesión ICE 12	22/11/2024	23/11/2024	No
Sesión ICE 13	29/11/2024	29/11/2024	Si
Sesión ICE 14	06/12/2024	06/12/2024	Si
Sesión ICE 15	13/12/2024	13/12/2024	Si
Sesión ICE 16	20/12/2024	20/12/2024	Si
Sesión ICE 17	27/12/2024	27/12/2024	Si
Sesión ICE 18	03/01/2025	03/01/2025	Si
Sesión ICE 19	10/01/2025	10/01/2025	Si
Sesión ICE 20	17/01/2025	17/01/2025	Si
ICE	Fecha programada	Fecha Ejecutada	¿Se cumplió en la

			fecha programada?
Sesión ICE 01	06/09/2024	06/09/2024	Si
Sesión ICE 02	13/09/2024	13/09/2024	Si
Sesión ICE 03	20/09/2024	20/09/2024	Si
1 ICE 04	27/09/2024	27/09/2024	Si
1 ICE 05	04/10/2024	04/10/2024	Si
1 ICE 06	11/10/2024	12/10/2024	No
1 ICE 07	18/10/2024	18/10/2024	Si
1 ICE 08	25/10/2024	25/10/2024	Si
1 ICE 09	01/11/2024	01/11/2024	Si
1 ICE 10	08/11/2024	08/11/2024	Si
1 ICE 11	15/11/2024	15/11/2024	Si
1 ICE 12	22/11/2024	23/11/2024	No
1 ICE 13	29/11/2024	29/11/2024	Si
1 ICE 14	06/12/2024	06/12/2024	Si
Sesión ICE 15	13/12/2024	13/12/2024	Si
5n ICE 16	20/12/2024	20/12/2024	Si
5n ICE 17	27/12/2024	27/12/2024	Si
5n ICE 18	03/01/2025	03/01/2025	Si
5n ICE 19	10/01/2025	10/01/2025	Si
5n ICE 20	17/01/2025	17/01/2025	Si

Se muestra que se logró un cumplimiento para las sesiones ICE en un 90% de cumplimiento = N° de sesiones cumplidas / Total de sesiones * 100% de cumplimiento = 90%

Esto valida que un control riguroso de las sesiones ICE asegura un flujo de trabajo constante y efectivo, lo cual es un factor crítico para el éxito de la implementación general de la metodología VDC y el logro de los objetivos de optimización del proyecto. Realizar el seguimiento de la asistencia de los especialistas clave para una toma ágil de decisiones, el factor controlable N01 me permite tener un mecanismo de control sobre participación de los especialistas y aquellos que no asistieron o estuvieron de forma inactiva en las reuniones.

Tabla 24

ICE – factor controlable N°01: % asistencia de especialistas clave

ICE	Especialistas clave	Participación de especialistas clave	% Participación
Sesión ICE 01	5	5	100%
Sesión ICE 02	5	5	100%
Sesión ICE 03	8	7	88%
Sesión ICE 04	10	10	100%
Sesión ICE 05	6	6	100%
Sesión ICE 06	8	8	100%
Sesión ICE 07	8	8	100%
Sesión ICE 08	7	7	88%
Sesión ICE 09	8	8	100%

Sesión ICE 10	0	9	90%
Sesión ICE 11	6	6	100%
Sesión ICE 12	8	8	100%

ICE	Especialistas clave	Participación de	
		especialistas clave	% Participación
Sesión ICE 13	10	10	100%
Sesión ICE 14	12	12	100%
Sesión ICE 15	8	8	100%
Sesión ICE 16	8	8	100%
Sesión ICE 17	8	8	100%
Sesión ICE 18	5	5	100%
Sesión ICE 19	5	5	100%
Sesión ICE 20	5	5	100%

Tener la agenda ICE a tratar con un día de anticipación permitió que los especialistas puedan llegar con soluciones planteadas a la reunión, permitiendo una mejor fluidez de la reunión y logrando mayores oportunidades de mejora.

Tabla 25

ICE – factor controlable N°02: envío de la agenda ICE previamente a la sesión.

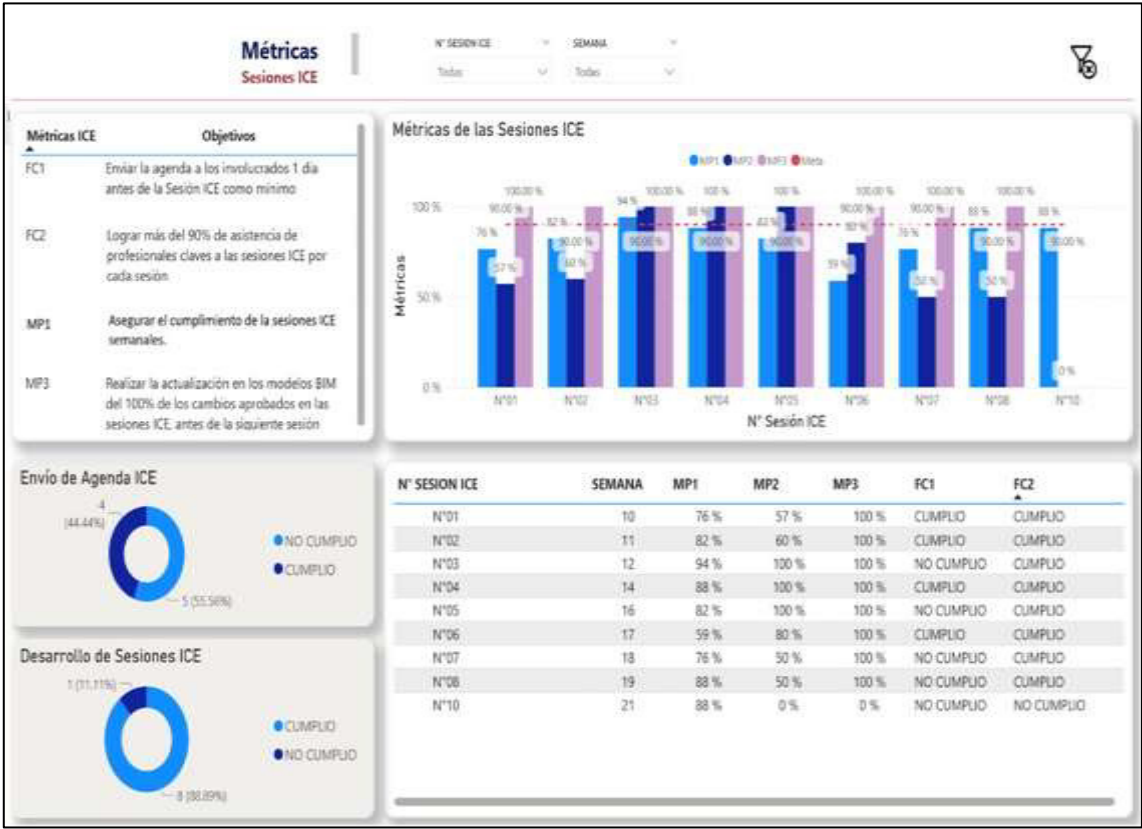
ICE	Fecha programada	Fecha envío agenda	¿Se cumplió?
		ICE	
sesión ICE 01	06/09/2024	05/09/2024	Si
sesión ICE 02	13/09/2024	12/09/2024	Si
sesión ICE 03	20/09/2024	19/09/2024	Si
sesión ICE 04	27/09/2024	26/09/2024	Si
sesión ICE 05	04/10/2024	03/10/2024	Si
sesión ICE 06	11/10/2024	10/10/2024	Si
sesión ICE 07	18/10/2024	17/10/2024	Si
sesión ICE 08	25/10/2024	24/10/2024	Si
sesión ICE 09	01/11/2024	31/10/2024	Si
sesión ICE 10	08/11/2024	07/11/2024	Si
sesión ICE 11	15/11/2024	14/11/2024	Si
sesión ICE 12	22/11/2024	21/11/2024	Si
sesión ICE 13	29/11/2024	28/11/2024	Si
sesión ICE 14	06/12/2024	05/12/2024	Si
sesión ICE 15	13/12/2024	12/12/2024	Si
sesión ICE 16	20/12/2024	19/12/2024	Si
sesión ICE 17	27/12/2024	26/12/2024	Si
sesión ICE 18	03/01/2025	02/01/2025	Si

sesión ICE 19	10/01/2025	09/01/2025	Si
sesión ICE 20	17/01/2025	16/01/2025	Si

En conjunto, los resultados evidencian que la metodología aplicada aseguró una alta efectividad en la implementación de optimizaciones, fortaleciendo la calidad del diseño y reduciendo riesgos de inconsistencias durante la ejecución del proyecto.

Figura 31

Métricas ICE – Dashboard de Control



3.9.3 Project production management (PPM)

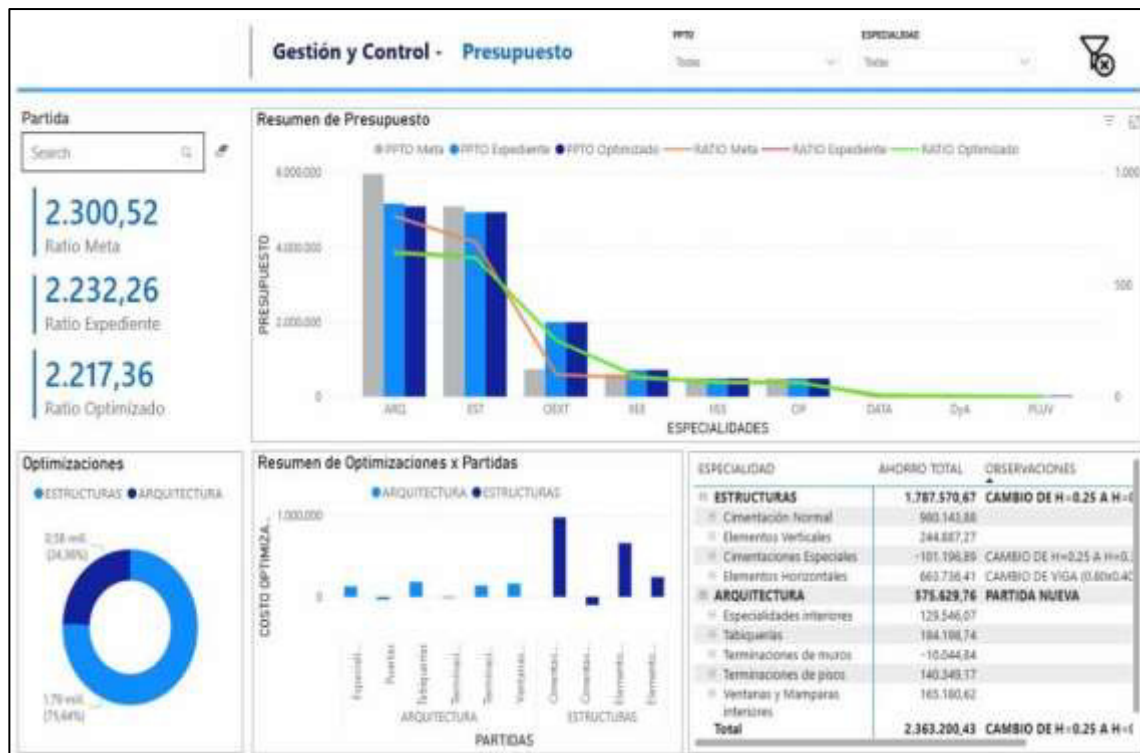
El componente de Project Production Management (PPM) en el control y seguimiento de las métricas, su rol principal fue garantizar que las decisiones técnicas de optimización identificadas en las sesiones ICE fueran correctamente calendarizadas, implementadas y

controladas dentro de la secuencia general del diseño. En esta sección se presentan los resultados vinculados al componente PPM, el cual se centró en asegurar la gestión rigurosa de estas decisiones de costo mediante herramientas colaborativas como el Last Planner System (LPS) y, en particular, el Pull Planning.

El propósito principal del PPM fue asegurar el cierre oportuno de las decisiones técnicas evaluadas en las sesiones ICE, además de gestionar el seguimiento y control de las actividades críticas correspondientes. El primer paso fue enfocarnos en las partidas más incidentes del presupuesto, para ello se usará el uso de un dashboard que muestra de forma más visual el presupuesto. Se desarrollo un storytelling y se logró crear una mejor forma de mostrar el presupuesto al cliente para que podamos dar mayor importancia a las partidas más incidentes en el presupuesto.

Figura 32

Gestión y control presupuestal



El panel de Gestión y Control – Presupuesto muestra el impacto de las optimizaciones aplicadas en el proyecto, reflejando una reducción progresiva en las ratios de referencia: Ratio Meta (2.300,52), Ratio Expediente (2.232,26) y finalmente el Ratio Optimizado (2.217,36), lo cual evidencia un ajuste eficiente en los costos. El gráfico de presupuesto por especialidades confirma que las mayores optimizaciones se concentraron en estructuras y arquitectura, alcanzando un ahorro total de 2.363.200,43. En síntesis, los resultados evidencian que la aplicación de la metodología permitió no solo cumplir con los objetivos presupuestales, sino también generar ahorros significativos sin comprometer la calidad del diseño.

3.9.4 Equipos integrados

La participación de equipos integrados en el marco de la metodología VDC resulta fundamental para asegurar que las decisiones de diseño estén alineadas con la optimización del presupuesto. Al reunir a arquitectos, ingenieros, especialistas en costos, contratistas y representantes del cliente desde etapas tempranas, se fomenta un entorno colaborativo que permite analizar de manera conjunta las implicaciones técnicas y económicas de cada alternativa.

Este enfoque integrado facilita la detección temprana de inconsistencias, la reducción de retrabajos y la evaluación comparativa de soluciones constructivas, lo cual se traduce en un mayor control sobre el presupuesto. Además, al trabajar sobre un modelo virtual común, los equipos pueden visualizar de forma más clara los impactos financieros de las decisiones, generar simulaciones y priorizar aquellas estrategias que maximicen la eficiencia de recursos sin comprometer la calidad del proyecto educativo.

En consecuencia, la integración de equipos no solo fortalece la comunicación y la toma de decisiones conjuntas, sino que también se convierte en un mecanismo estratégico de gestión del costo, asegurando que cada fase de diseño aporte valor económico y técnico al objetivo central: optimizar la inversión destinada a la construcción del colegio.

Tabla 26

PPM - métrica de producción N°01: # de equipos integrados

Equipos Integrados	Partidas presupuesto	# Equipos Integrados	Meta
	Incidentes	incidentes	
Estructuras	2	2	100%
Arquitectura	6	6	100%
Instalaciones	4	4	100%

En el desarrollo del proyecto, se conformaron equipos integrados especializados para aquellas partidas con mayor incidencia en el presupuesto. En el área de arquitectura, se priorizaron componentes como ventanas, puertas, mamparas y pisos, con el fin de evaluar alternativas que permitan reducir costos sin afectar la calidad ni la funcionalidad. De igual forma, en el área de estructuras, se integraron equipos orientados a optimizar los planteamientos de cimentaciones y elementos verticales, buscando soluciones técnicas eficientes que contribuyan al uso racional de los recursos disponibles.

Tabla 27

Cronograma de hitos de diseño

Hito	Actividad	Duración (días cal.)	Meses	Inicio	Fin
—	PROYECTO – CIS OLIVOS	134 días	4.5 meses	26/08/2024	06/01/2025

Hito	Actividad	Duración (días cal.)	Meses	Inicio	Fin
H-01	Término del anteproyecto	31 días	1.0 meses	26/08/2024	25/09/2024
H-02	Término Sprints	11 días	0.4 meses	20/09/2024	30/09/2024
H-03	Término del diseño de estructuras	31 días	1.0 meses	20/10/2024	19/11/2024
H-04	Término del modelado de estructuras	16 días	0.5 meses	04/11/2024	19/11/2024
H-05	Término de planimetría e informes de estructuras	16 días	0.5 meses	25/11/2024	10/12/2024
H-06	Término del diseño de arquitectura	31 días	1.0 meses	15/10/2024	14/11/2024
H-07	Término del modelado de arquitectura	16 días	0.5 meses	30/10/2024	14/11/2024
H-08	Término de planimetría e informes de arquitectura	31 días	1.0 meses	04/11/2024	04/12/2024
H-09	Término del diseño de IISS	31 días	1.0 meses	10/12/2024	09/01/2025
H-10	Término del modelado de IISS	16 días	0.5 meses	25/12/2024	09/01/2025

Hito	Actividad	Duración (días cal.)	Meses	Inicio	Fin
H-11	Término de planimetría e informes IIS	11 días	0.4 meses	04/01/2025	14/01/2025
H-12	Término del diseño de IIEE / IICC / IIMM	11 días	0.4 meses	04/01/2025	14/01/2025
H-13	Término del modelado de IIEE / IICC / IIMM	11 días	0.4 meses	04/01/2025	14/01/2025
H-14	Término de planimetría e informes IIEE / IICC / IIMM	16 días	0.5 meses	15/01/2025	30/01/2025
—	Término de revisión modelado	6 días	0.2 meses	20/01/2025	25/01/2025
H-15	Término de revisión (proyecto completo)	6 días	0.2 meses	10/02/2025	15/02/2025
H-16	Planimetría (proyecto completo)	—	—	—	—

Adicionalmente, se incorporaron dos factores controlables seguimiento y control de las actividades. El primero, “Pull Planning definido con actividades críticas”, buscaba verificar que cada sesión ICE generara un mapa claro de actividades necesarias para implementar la alternativa evaluada, incluyendo la asignación de responsables, condiciones previas, secuencias de ejecución y fechas de compromiso. El segundo factor controlable, “Revisión de cumplimiento de actividades críticas”, permitía controlar la trazabilidad y el seguimiento de dichas actividades, asegurando su cumplimiento dentro de los plazos acordados y facilitando así la toma de decisiones informadas.

Tabla 28*PPM – factor controlable N°01: % del plan cumplido (PPC)*

Semanas	Actividades programadas	Actividades cumplidas	% PPC
Semana 01	13	12	92%
Semana 02	10	10	100%
Semana 03	16	14	88%
Semana 04	8	8	100%
Semana 05	8	7	88%
Semana 06	20	18	90%
Semana 07	8	8	100%
Semana 08	12	11	92%
Semana 09	10	9	90%
Semana 10	9	9	100%
Semana 11	11	11	100%
Semana 12	9	8	89%
Semana 13	14	12	86%
Semana 14	13	13	100%
Semana 15	11	10	91%
Semana 16	19	17	89%
Semana 17	15	15	100%

Semana 18	15	13	7%
Semana 19	10	10	00%
Semana 20	13	12	2%

Figura 33

Cumplimiento PPC

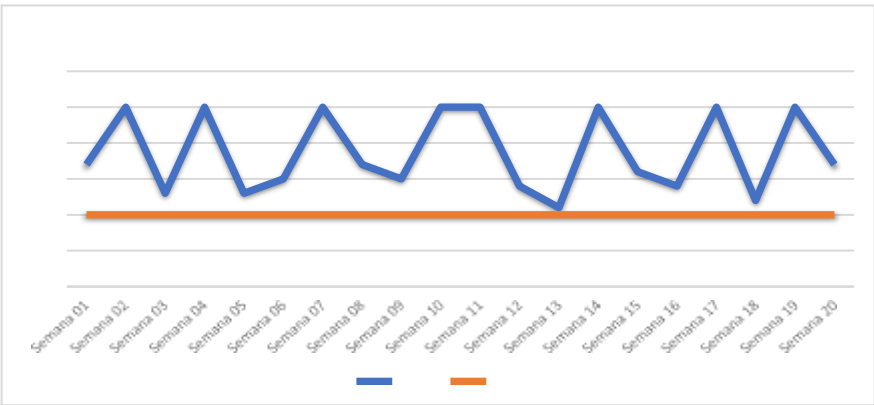


Tabla 29

PPM – Factor N°02: Seguimiento y control de las decisiones tomadas

LPS + ICE	# Actividades	# Actividades críticas	Metas
	críticas	Cumplidas	
Semana 01	2	2	100 %
Semana 02	1	1	100 %
Semana 03	4	4	100 %
Semana 04	0	0	100 %
Semana 05	2	2	100 %

Semana 06	4	4	100 %
Semana 07	3	3	100 %
Semana 08	0	0	100 %
Semana 09	4	4	100 %
Semana 10	0	0	100 %
Semana 11	3	3	100 %
Semana 12	1	1	100 %
Semana 13	1	1	100 %
Semana 14	4	4	100 %
Semana 15	1	1	100 %
Semana 16	1	1	100 %
Semana 17	4	4	100 %
Semana 18	4	4	100 %
Semana 19	3	3	100 %
Semana 20	2	2	100 %

3.10. Fase 04: Validación de resultados y toma de decisiones

Esta fase presenta la validación cuantitativa de la implementación de la metodología VDC, consolidando el impacto económico de las decisiones tomadas en las fases anteriores. Tras la aplicación de los componentes BIM, ICE y PPM, se exponen los resultados finales que demuestran la optimización del presupuesto.

- Optimización de Metrados (BIM): La vinculación del presupuesto al modelo 3D (Métrica de Producción BIM N°02) permitió pasar de metrados manuales y ratios (usados en el Presupuesto Meta) a metrados precisos extraídos del modelo. Esto corrigió sobredimensionamientos iniciales y aseguró que el presupuesto reflejara las cantidades reales. Se logró una vinculación superior al 87% en todas las disciplinas, superando la meta del 80%.
- Optimización del Diseño (ICE): Los "Equipos Integrados" analizaron las partidas de mayor incidencia (Métrica PPM N°01) y generaron múltiples alternativas de optimización (Métrica ICE N°01).

Las decisiones de optimización más relevantes que se tomaron fueron:

- En Estructuras: Se aprobó el cambio a vigas prefabricadas y el uso de encofrado metálico para generar un acabado caravista, optimizando también el dimensionamiento y acero en placas y losas.
- En Arquitectura: Se tomó la decisión de eliminar la partida de pintura en ciertos sectores gracias al acabado caravista estructural. Además, se optimizaron costos mediante el cambio de mamparas por ventanas grandes y la selección de materiales más eficientes en pisos, puertas y barandas.
- En instalaciones: Se validaron optimizaciones en los recorridos de tuberías, el uso de bandejas y la reubicación de tableros, reduciendo metrados de cables y accesorios.

3.10.1 Validación del proceso metodológico (BIM, ICE, PPM)

El éxito en la optimización del presupuesto no fue un hecho aislado, sino la consecuencia de un proceso VDC rigurosamente gestionado, validado por las siguientes métricas de producción y factores controlables:

- Validación BIM: La toma de decisiones fue fiable gracias a la alta calidad de los modelos 3D. Se alcanzó un 100% de uso del modelo 3D en las 20 sesiones ICE (Métrica BIM N°01) y los modelos superaron el 95% de cumplimiento en las auditorías de calidad (Sección 4.4.1.6). Esto garantizó que las optimizaciones se basaran en información precisa y libre de interferencias.
- Validación ICE: El motor de optimización funcionó de manera efectiva. Se logró un 90% de cumplimiento en la programación de las 20 sesiones ICE (Métrica ICE N°02) y una alta participación de especialistas (Factor Controlable N°01), asegurando la colaboración constante. El 100% de cumplimiento en el envío de agendas previas (Factor Controlable N°02) garantizó que los especialistas llegaran preparados con soluciones.
- Validación PPM: Se confirma que la gestión se centró en los puntos críticos. El 100% de las partidas más incidentes del presupuesto fueron asignadas a un "Equipo Integrado" (Métrica PPM N°01), asegurando que los esfuerzos de optimización se enfocaran donde el impacto económico era mayor.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados de costos de optimización por BIM

En esta sección se presentan los resultados cuantitativos derivados de la implementación del componente BIM (Building Information Modeling) como eje central de la gestión VDC en el proyecto Innova School, Sede Olivos. El objetivo de este análisis fue determinar el grado de optimización presupuestaria alcanzado mediante la transición de un sistema de estimación tradicional (basado en planos 2D) a un sistema de estimación paramétrica automatizada (BIM 5D).

La estrategia se centró en la vinculación directa entre los elementos modelados y las partidas del presupuesto. A través de la interoperabilidad entre el software de modelado y las herramientas de gestión de costos, se generaron reportes de metrados exactos que eliminaron los márgenes de error por interpretación geométrica o duplicidad de datos, comunes en la metodología tradicional.

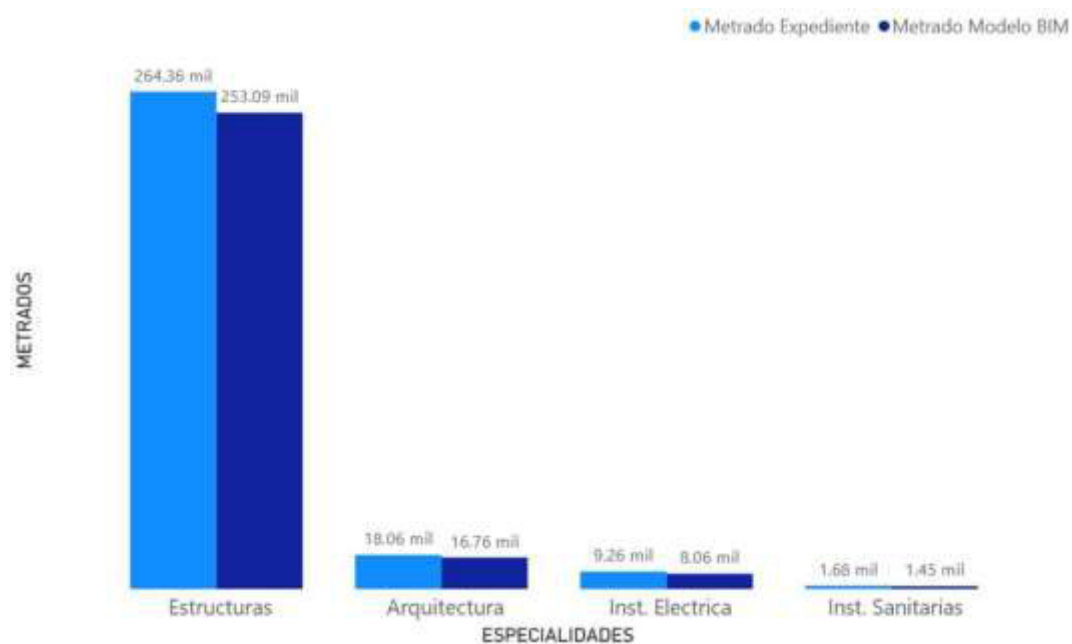
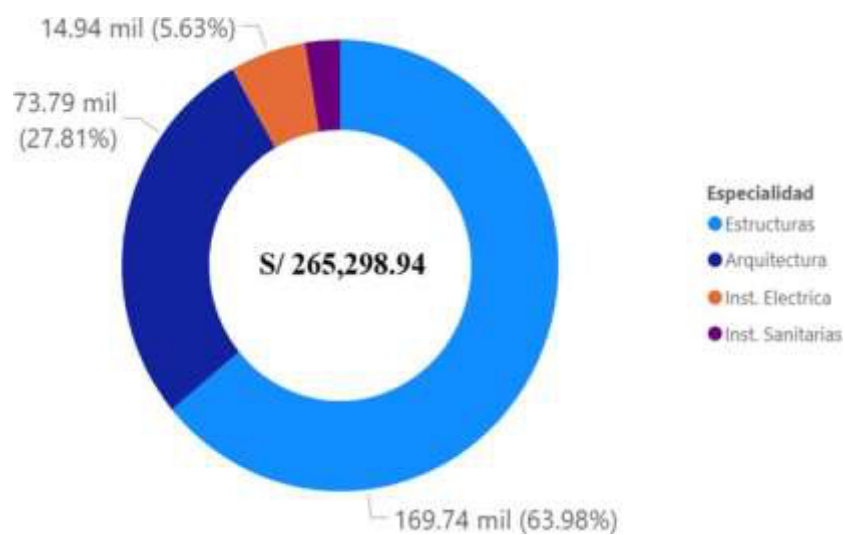
A continuación, se detalla la comparativa de metrados y su impacto económico directo en el presupuesto del proyecto:

Tabla 30*Optimización de metrados de partidas incidentes*

Especialidad	Partida	Unidad	Metrado		Diferencia	Precio	Variación (S/.)
			Metrado Expediente	Modelo BIM		Unitario (S/.)	
horizontales	Concreto para elementos verticales	m3	815.53	757.21	-58.32	S/ 375.35	S/ 21,890.41
	Concreto para elementos horizontales	m3	1502.13	1413.45	-88.68	S/ 375.35	S/ 33,286.04
	Concreto para elementos inclinados	m3	121.41	110.16	-11.25	S/ 375.35	S/ 4,222.69
	Encofrado para elementos verticales	m2	4145.12	3862.29	-282.83	S/ 75.98	S/ 21,489.42
	Encofrado para elementos horizontales	m2	10285.98	9956.75	-329.23	S/ 75.98	S/ 25,014.90

Estructuras	Encofrado para elementos inclinados	m2	680.85	633.74	-47.11	S/ 75.98	S/ 3,579.42
	Acero para elementos verticales	kg	68457.42	65385.79	-3071.63	S/ 5.77	S/ 17,723.31
	Acero para elementos horizontales	kg	130153.11	125533.19	-4619.92	S/ 5.77	S/ 26,656.94
	Acero para elementos inclinados	kg	5845.8	5284.8	-561	S/ 5.77	S/ 3,236.97
	Ladrillo de arcilla 30x30x25cmund		42351	40152	-2199	S/ 5.75	S/ 12,644.25
Arquitectura	Zócalos	ml	2151.12	1806.5	-344.62	S/ 75.15	S/ 25,898.19
	Contrazócalos	ml	4815.02	4596.82	-218.2	S/ 25.45	S/ 5,553.19
	Piso cemento pulido	m2	4945.56	4507.28	-438.28	S/ 45.85	S/ 20,095.14
	Piso vinil	m2	4101.15	3965.38	-135.77	S/ 62.11	S/ 8,432.67
	Piso decorativo inicial	m2	255.12	242.7	-12.42	S/ 98.12	S/ 1,218.65
	Coberturas	m2	1187.05	1054.07	-132.98	S/ 27.65	S/ 3,676.90

	Barandas	ml	607.55	584.1	-23.45	S/ 380.00	S/ 8,911.00
Inst. Electrica	Instalación de Tuberías	ml	9258.41	8063.5	-1194.91	S/ 12.50	S/ 14,936.38
Inst. Sanitarias	Instalación de Tuberías	ml	1684.04	1453.99	-230.05	S/ 29.70	S/ 6,832.49
						Total	S/ 265,298.94

Figura 34*Metrados expediente vs metrado BIM***Figura 35***Costo optimizado por especialidad*

El análisis comparativo entre los metrados del expediente tradicional versus los metrados del modelo BIM, muestra una sobreestimación en el presupuesto base, atribuida a la imprecisión de los metrados manuales en 2D. La adopción de Virtual Design and Construction (VDC) permitió corregir estas cantidades y optimizar los costos en todas las especialidades, logrando una reducción económica total acumulada de S/ 265,298.94. Este monto representa un ahorro directo del 1.89% del presupuesto total del proyecto (S/ 14,005,294.61), liberando recursos significativos de la inversión inicial.

Según la Figura 36, la especialidad de Estructuras representó el 63.98% del ahorro total, equivalente a S/ 169,744.35, cifra alcanzada principalmente debido a la corrección de volúmenes duplicados en concreto y acero. Por su parte, la especialidad de Arquitectura aportó el 27.81% de la optimización, lo que representa un monto de S/ 73,785.74, derivado del sinceramiento de metrados en acabados y coberturas.

Finalmente se determinó que el uso de BIM facilitó detectar inconsistencias en los metrados y precisar el costo directo, lo que permitió eliminar errores de cuantificación y optimizar el monto de S/ 265,298.94 antes de la etapa de licitación.

4.2. Resultados de costos de optimización por sesiones ICE

En esta sección se presentan los resultados cuantitativos derivados de la implementación del componente ICE (Ingeniería Concurrente Integrada). El objetivo de estas sesiones fue reducir la latencia en la toma de decisiones, transitando de un flujo de comunicación asíncrono y fragmentado (basado en correos y documentos aislados) a un entorno de colaboración en tiempo real con los actores clave del proyecto Innova School, Sede Olivos.

La dinámica de trabajo permitió abordar las interferencias e incompatibilidades detectadas previamente en el modelo BIM. Al contar con la presencia simultánea de proyectistas, constructores y el cliente, se lograron generar soluciones inmediatas y consensuadas, optimizando el diseño técnico y funcional del proyecto. Esta gestión anticipada evitó que las incompatibilidades se trasladaran a la obra en forma de restricciones o consultas técnicas (RFI) que paralizan la producción.

Los resultados cuantitativos demuestran que la metodología ICE no solo aceleró la resolución de conflictos, sino que permitió identificar oportunidades de ingeniería de valor (ahorro de costos o mejora de calidad) que hubieran pasado desapercibidas en una revisión tradicional.

A continuación, se detalla la cuantificación de las sesiones realizadas, las interferencias resueltas y el impacto económico estimado de las optimizaciones logradas:

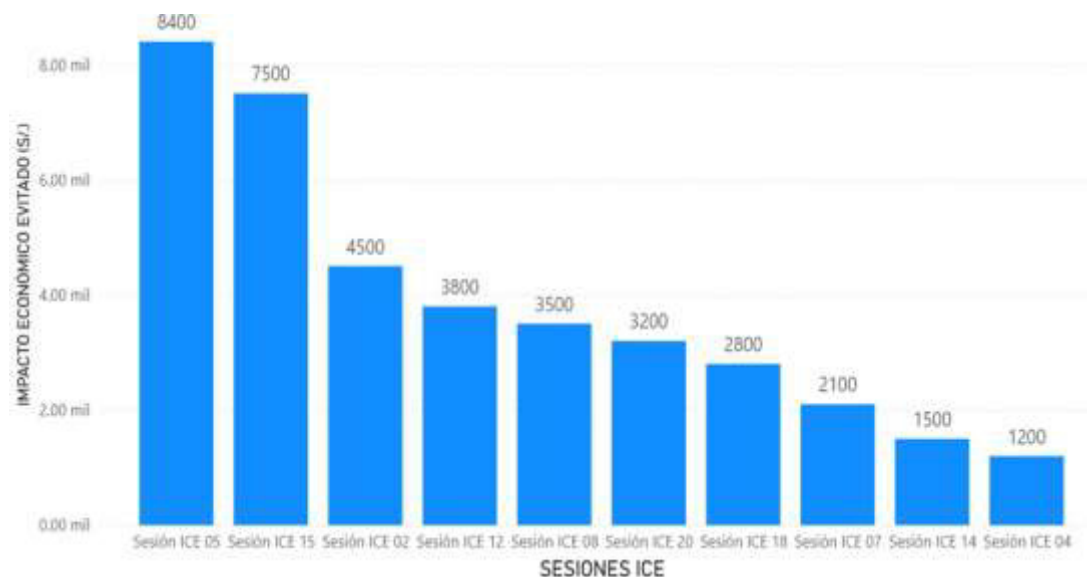
Tabla 31*Optimización de costos evitados por interferencias en sesiones ICE*

Sesión ICE	Especialidad	Descripción	Solución colaborativa ICE	Impacto económico (evitado)
Sesión ICE 02	Estructuras vs Sanitarias	Tubería de desagüe 4° atraviesa viga peraltada y baja por placa en el aula primaria A202.	Se cambio la ruta y se crea falta columna adyacente para bajar montante sin afectar viga.	S/ 6,500.00
Sesión ICE 04	Arquitectura vs ACI	Gabinete contra incendio (GCI) bloqueado por giro de la puerta en pasillo.	Se reubicó el GCI 1.5m a la derecha y se invirtió el giro de la puerta.	S/. 3,000.00
Sesión ICE 05	Estructuras vs Mecánicas	Ducto de inyección de aire choca con viga principal en laboratorio Piso 3.	Se redujo peralte del ducto para pasar bajo la viga respetando altura libre.	S/. 12,000.00
Sesión ICE 07	Arquitectura vs eléctricas	Tableros eléctricos proyectados sobre muro cortina (vidrio) en ingreso.	Reubicación a muro de placa de concreto adyacente con soporte especial.	S/. 2,100.00
Sesión ICE 08	Arquitectura vs sanitarias	Canaleta de lluvias en techo del SUM (polideportivo) colisiona con viga peraltada de borde.	Se modificó el detalle de la viga y se bajó el nivel de la canaleta 10 cm para asegurar pendiente.	S/. 7,500.00

Sesión ICE 12	Sanitarias vs cimentación	Red colectora de desagüe cruza zapata aislada Z-04 en Piso 1.	Se modificó trazo de red para rodear la zapata y evitar picado posterior.	S/. 5,800.00
Sesión ICE 14	Eléctricas vs mobiliario	Puntos de tomacorriente de piso coinciden con partas de mesas fijas en aulas.	Se superpuso plano de mobiliario y se movieron las cajas de pase 30 cm.	S/. 3,500.00
Sesión ICE 15	Arquitectura vs estructuras	Altura de dintel en puerta de escape no cumple norma por viga peraltada.	Se modificó la altura de la viga en ese tramo específico (refuerzo) para cumplir norma INDECI.	S/. 10,500.00
Sesión ICE 18	Data vs mecánicas	Bandeja de data y ductos de ventilación colisionan en falso cielo raso de pasadizo.	Se definieron niveles (cortes): Data a 2.80m y ductos a 3.10m.	S/. 6,200.00
Sesión ICE 20	Arquitectura vs estructuras	Baranda de la rampa de acceso principal choca con la columna C-05 en el giro del descanso.	Se redujo el ancho útil de la rampa en 5cm para librar la columna sin afectarla.	S/. 6,200.00
Total				S/. 61,600.00

Figura 37

Costo optimizado por sesiones ICE.



El análisis de la Tabla 33 y la Figura 37 demuestra que la gestión colaborativa mediante sesiones ICE generó un costo evitado acumulado de S/ 61,600.00. Si bien este monto representa el 0.44% del presupuesto total del proyecto (S/ 14,005,294.61), su valor estratégico es superior, ya que constituye un "ahorro preventivo" que protegió la liquidez de la obra frente a potenciales adicionales y ampliaciones de plazo.

Como se observa en el gráfico, la mayor incidencia económica recayó en la resolución de conflictos de la especialidad de Estructuras, destacando las Sesiones 05 y 15 con un impacto conjunto de S/ 22,500.00. En estos casos, la detección temprana de interferencias (cruce de ductos con vigas y dintel fuera de norma), sumada a las soluciones planteadas colaborativamente, permitió evitar gastos significativos en demoliciones de concreto armado y reforzamientos estructurales, los cuales hubieran tenido un costo exponencialmente mayor durante la ejecución.

Finalmente se determina que las sesiones ICE validaron su rol como pieza fundamental en la optimización de costos, actuando como un filtro de calidad que aseguró la "constructibilidad" del diseño sin afectar el presupuesto meta.

4.3. Resultados de costos de optimización por PPM

En esta sección se detallan los resultados obtenidos mediante la implementación del componente PPM (Project Production Management), enfocado en la gestión de los flujos de trabajo y la variabilidad de los procesos de diseño. El objetivo principal fue asegurar la confiabilidad de la planificación mediante el control riguroso de las actividades semanales, buscando maximizar el valor y eliminar los tiempos de espera que encarecen el proyecto.

La estrategia se basó en el monitoreo constante del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) y el análisis de las causas de no cumplimiento (CNC). Mantener un PPC en niveles óptimos permitió estabilizar el ritmo de producción del equipo de diseño, lo que resultó en una compresión significativa del cronograma. Al cumplir con las entregas parciales sin retrasos, se logró reducir el plazo total estimado inicialmente para la fase de diseño.

Esta optimización del tiempo tiene una traducción económica directa. La reducción de días en el cronograma de diseño implicó una disminución proporcional en los gastos generales variables y en las horas-hombre consumidas por el equipo técnico. Por tanto, la eficiencia lograda por el PPM no solo mejoró la productividad, sino que generó un ahorro presupuestal considerable al liberar recursos antes de lo previsto.

A continuación, se presentan los indicadores de producción (PPC), la comparativa de cronogramas (Planificado vs. Ejecutado) y la cuantificación económica de los días optimizados:

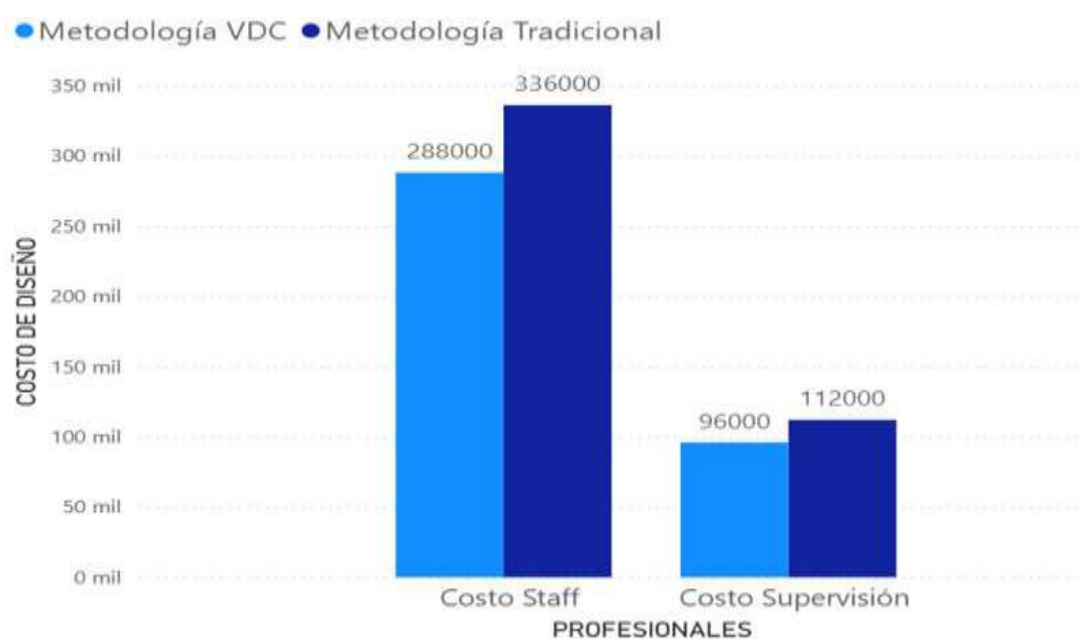
Tabla 32

Optimización de gastos generales por el cumplimiento de actividades PPM

Indicador PPM	Tiempo de diseño tradicional	de Tiempo de diseño VDC	Optimización
Duración de fase de diseño	240 días	210 días	30 días
Entrega de documentación y levantamiento de observaciones	40 días	30 días	10 días
Costo diario de Staff (GG)	S/. 2800/día	S/. 2800/día	S/. 112.000.00
Costo total de Supervisión	S/. 800/día	S/. 800/día	S/. 32,000.00
Total			S/. 144,000.00

Figura 36

Costo de diseño



El análisis de la Tabla 32 y la Figura 36 confirma que la gestión de flujos mediante PPM redujo el cronograma total en 40 días, generando un ahorro directo acumulado de S/ 144,000.00 en Gastos Generales variables. Considerando que la partida de Gastos Generales del proyecto asciende a S/ 1,400,529.46, esta optimización representa una reducción efectiva del 10.28% de dichos costos operativos.

Al desagregar este impacto, se observa que la optimización del tiempo de permanencia del Staff generó un ahorro de S/ 112,000.00, mientras que la reducción en el tiempo de Supervisión aportó S/ 32,000.00. Esta liberación de recursos antes del plazo contractual valida que la eficiencia productiva (PPC) se traduce en liquidez inmediata para el proyecto.

Finalmente se determina que la aplicación de los principios PPM transforma la incertidumbre habitual de la etapa de diseño en un proceso predecible. Esto no solo optimiza sustancialmente el Gasto General (10.28%), sino que brinda una visión más clara frente a penalidades por retrasos, asegurando el cumplimiento de los hitos del proyecto.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el indicador N°1: Costos de optimización por BIM

Con respecto al objetivo específico 1, el análisis comparativo entre los metrados del expediente técnico tradicional y los obtenidos mediante el modelo BIM evidenció una optimización económica global del 1.89% respecto al presupuesto total del proyecto. Al desagregar este impacto por especialidades, se logró una reducción del 1.21% en Estructuras, 0.53% en Arquitectura y 0.16% en Instalaciones. Del mismo modo, Monzon (2023), determinó un ahorro neto del 1.6%, validando la magnitud del impacto económico en proyectos educativos. De manera complementaria, los resultados de Medina et al. (2020), identificaron una sobreestimación en el presupuesto de 7.46%; al contrastar por especialidades, su hallazgo muestra una optimización del 0.44% en Arquitectura, 3.00% en Estructuras. Finalmente, los resultados son similares porque validan que a través de modelos BIM se pueden detectar inconsistencias en los metrados y precisar el costo directo, lo que permitió eliminar errores de cuantificación y optimizar el presupuesto.

Para el indicador N°2: Costos de optimización por ICE

Con respecto al objetivo específico 2, la gestión colaborativa mediante sesiones ICE generó un costo evitado acumulado de S/ 61,600.00, lo que representa un ahorro preventivo del 0.44% respecto al presupuesto total del proyecto. Del mismo modo, Carranza y Ruiz (2023), quienes validaron una optimización del 5.29% gracias a la reducción de tiempos de respuesta en RFI mediante alertas tempranas y soluciones colaborativas. Se estimó una optimización del 9%, derivada de la anticipación de conflictos y la reducción de retrabajos mediante la interacción interdisciplinaria. Finalmente, los resultados son similares porque las sesiones ICE actuaron como un filtro financiero que permitió resolver incompatibilidades en

la etapa de diseño, donde el costo de cambio es mínimo, evitando así la ejecución de retrabajos en obra y garantizando el presupuesto meta.

Para el indicador N°3: Costos de optimización por PPM

Con respecto al objetivo específico 3, la evaluación de la gestión de la producción del proyecto (PPM) determinó que el control de flujos de trabajo generó una eficiencia operativa que permitió reducir el cronograma en 40 días calendario. Esta compresión del plazo se tradujo en una optimización económica directa de S/ 144,000.00 en los Gastos Generales variables, lo que representa una reducción del 10.28% de dicha partida presupuestal. Del mismo modo, Chávez (2024) concluyó que la metodología VDC en proyectos de edificación multifamiliar en Lima, lograron un alto desempeño colaborativo con un PPC promedio del 87%. En su estudio, esta eficiencia en la gestión de la producción permitió anticipar conflictos y reducir retrabajos, estimando una optimización del presupuesto del 9%, cifra técnicamente comparable con el 10.28% de ahorro en gastos generales logrado en la presente investigación. Finalmente, los resultados son similares porque en ambos casos la aplicación de principios PPM (monitoreo de PPC y reducción de variabilidad) transformó la incertidumbre habitual en un flujo de trabajo predecible. Esto permitió liberar recursos operativos antes del plazo contractual y asegurar la rentabilidad del proyecto mediante la eficiencia en el uso del tiempo.

VI. CONCLUSIONES

- 6.1. En el trabajo realizado se analizó que la implementación de la metodología VDC por medio del modelamiento de información y construcción (BIM) influye positivamente en la optimización del presupuesto mediante la precisión en los metrados, logrando una reducción acumulada de S/ 265,298.94, obteniéndose los siguientes resultados por especialidad; Estructuras contribuyó con el 63.98% del ahorro total, Arquitectura representó el 27.81% e Instalaciones el 8.21%, eliminando así la sobreestimación de cantidades presente en el expediente tradicional, según lo indica la Tabla 39 y la Figura 02.
- 6.2. En el presente trabajo se determinó que la implementación de la metodología VDC por medio de las sesiones de ingeniería concurrente integrada (ICE) optimizaron el presupuesto al generar un costo evitado de S/ 61,600.00, destacando que las Sesiones 05 y 15 evitaron gastos significativos en demoliciones y reforzamientos por un impacto conjunto de S/ 22,500.00, asegurando la eliminación de interferencias críticas entre especialidades antes de la ejecución, según lo indica el registro de la Tabla 39 y la Figura 03.
- 6.3. En el trabajo realizado se evaluó que la implementación de la metodología VDC por medio de la gestión de la producción (PPM) optimizó el presupuesto al reducir el cronograma de diseño en 40 días calendario, obteniéndose las respectivas mejoras económicas con los siguientes resultados; un ahorro directo de S/ 144,000.00 en los Gastos Generales variables, lo que representa una reducción del 10.28% de dicha partida, liberando recursos operativos antes del plazo contractual, según lo indica la Tabla 39 y la Figura 04.
- 6.4. Finalmente, en el trabajo de investigación se determinó que la implementación de la metodología VDC optimizó el presupuesto de la siguiente manera: el componente BIM aportó una reducción del 1.89% mediante el sinceramiento de metrados; las sesiones ICE contribuyeron con un 0.44% en costos evitados por interferencias; y la gestión PPM generó

un ahorro del 1.03% impactando directamente en la reducción de gastos generales. Esta sinergia de componentes generó una disminución total del presupuesto del 3.36%, equivalente a un ahorro económico de S/ 470,898.94.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1 Para la gestión de futuros proyectos de infraestructura educativa, la Gerencia de Proyectos debe institucionalizar la metodología VDC como estándar en los términos de referencia, exigiendo la integración temprana de los componentes BIM, ICE y PPM desde la etapa de preconstrucción. Dado que esta investigación validó un ahorro del 3.36% sobre la inversión total, la adopción formal de este marco de trabajo permitirá escalar los beneficios económicos y reducir de manera sistemática los riesgos en el portafolio de inversiones de la institución.
- 7.2. Para asegurar la precisión del presupuesto meta antes de la licitación, se recomienda establecer un protocolo de auditoría para los modelos BIM, enfocado en la validación de los metrados de Estructuras y Arquitectura, dado que estas partidas presentaron mayor incidencia en la sobreestimación presupuestal. La implementación de esta práctica como filtro de calidad eliminará los márgenes de error asociados al cálculo manual y garantizará que el presupuesto meta refleje con precisión el alcance real del proyecto.
- 7.3. Para optimizar la eficiencia financiera del diseño, se recomienda que el equipo de gestión refuerce las sesiones ICE e incorpore una agenda de Ingeniería de Valor junto con la detección de interferencias. Una vez resueltos los principales conflictos, es fundamental analizar alternativas constructivas que reduzcan costos sin afectar la calidad. Esto permitirá aumentar el costo evitado y asegurar que el diseño se mantenga alineado con el presupuesto meta.
- 7.4. Para alinear los intereses de todos los involucrados hacia la protección del presupuesto, se debe mantener la aplicación de las métricas PPM y vincular los incentivos contractuales de los proveedores al cumplimiento de estos indicadores. Considerando que la gestión de la producción permitió reducir los gastos generales en un 10.28% durante el diseño, esta estrategia asegurará la continuidad de la eficiencia operativa.

VIII. REFERENCIAS

- Alonso, H. (2017). ¿Cómo se ve un diagrama según quien lo hace? Aproximación a las posturas y tensiones en el discurso acerca de los diagramas informativos. *Tópicos del Seminario*, (38), 213-231. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1665-12002017000200213&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Alsharqawi, Y. (2016). *Cost Planning Strategy in Bidding Stage Using 5D BIM* [Eastern Mediterranean University]. <https://i-rep.emu.edu.tr/items/dd6c5cda-0325-495c-bf52-b94b397bf371>
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241-252. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Bryde, D., Broquetas, M. y Volm, J. M. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7), 971-980. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001>
- BuildingSMART. (2014). *¿Qué es BIM?* buildingSMART Spain. <http://www.buildingsmart.es/bim/>
- Bustamante, G., Ochoa, J. y González, F. (2021). Propuesta de implementación de la metodología BIM 5D para obras de cimentaciones industriales en la Planta de Oxígeno de Arauco. *Obras y Proyectos*, (30), 74-90. <https://doi.org/10.4067/S0718-28132021000200074>
- Cabrera, J. (2016). *Virtual Design and Construction (VDC): Una nueva era en la construcción*. Conexión ESAN. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/virtual-design-and-construction-vdc-una-nueva-era-en-la-construccion>
- Cadena-Iñiguez, P., Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., Salinas-Cruz, E., Cruz-Morales, F. del R. de la, Sangerman-Jarquín, D. M., Cadena-Iñiguez, P., Rendón-Medel, R.,

- Aguilar-Ávila, J., Salinas-Cruz, E., Cruz-Morales, F. del R. y Sangerman-Jarquín, D. M. (2017). Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: Un acercamiento en las ciencias sociales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(7), 1603-1617.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-09342017000701603&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Carranza, L. R. y Ruiz, K. (2023). *Implementación del método VDC para optimizar la gestión en la construcción del edificio multifamiliar Gran Tomás Valle Lima, 2022* [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN.
<https://hdl.handle.net/11537/34063>
- Chávez, G. K. E. (2024). *Análisis de la metodología VDC (Virtual Design and Construction) para optimizar los resultados de las métricas BIM-PPM-ICE en la construcción del depósito de desmonte WSF Mecheros* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.
<https://repositorio.unc.edu.pe/items/d89b5cb8-66d9-4726-916a-aa109e835eda>
- Construyendo. (2022). *La cuarta parte de los proyectos tiene más de tres meses de retraso*.
<https://www.construyendo.pe/noticias/construccion/la-cuarta-parte-de-los-proyectos-tiene-mas-de-tres-meses-de-retraso/>
- Contraloría General de la República. (2023). *Reporte de Obras Paralizadas en el territorio nacional a diciembre 2022*. https://www.gob.pe/institucion/contraloria/informes-publicaciones/3868032-reporte-de-obras-paralizadas-en-el-territorio-nacional-a-diciembre-2022?utm_source=chatgpt.com
- Corrales, J. L. y Saravia, R. (2020). *Implementación de la metodología Virtual Design & Construction—VDC en las etapas de Diseño y Construcción para reducir el plazo en proyectos de edificaciones en el Perú* [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana de

Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC.
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/entities/publication/5ef6ee30-34dd-559b-91a4-58d820d60d07>

- Del Savio, A. A., Vidal Quincot, J. F., Bazán Montalto, A. D., Rischmoller Delgado, L. A. y Fischer, M. (2022). Virtual Design and Construction (VDC) Framework: A Current Review, Update and Discussion. *Applied Sciences*, 12(23), 12178. <https://doi.org/10.3390/app122312178>
- Freeman, R. E., Wicks, A. C. y Parmar, B. (2004). Stakeholder Theory and “The Corporate Objective Revisited”. *Organization Science*, 15(3), 364-369. <https://doi.org/10.1287/orsc.1040.0066>
- Gallegos, R. L. (2021). *Uso del BIM en fase de diseño y su relación con la productividad de las MYPES del sector construcción de la región Arequipa, 2018*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio Institucional UNSA. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12941>
- Gimenez, M. (2025). Qué es BIM o Modelado de Información de Construcción. *Blog de hiberus*. <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/que-es-bim-construccion/>
- Gómez-Valdés, M., Acevedo-Acevedo, S., Alvarado-Acuña, L. y Iturra-Molina, R. (2023). Impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción. *Revista Tecnología en Marcha*, 66-77. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i7.6860>
- Gutiérrez, A. (2020). *Cálculo estático de encofrados y diseño para el soporte dovela 0 puente río sucio* [Tesis de Maestría, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional UCC. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/15672>
- Herbas, B. y Rocha, E. (2018). Metodología científica para la realización de investigaciones de mercado e investigaciones sociales cuantitativas. *Revista Perspectivas*, 5(13), 123-160. <https://www.semanticscholar.org/paper/Metodolog%C3%ADa->

- cient%C3%ADfica-para-la-realizaci%C3%B3n-de-de-e-Torrico-Gonzales/78e6fc83db41b5ab80a631c8a64cd6bc3818cc89
- Hernández, R., Fernández-Collado, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6º ed.) Mc Graw Hill. <https://surl.li/zblwdv>
- Herrera, R. F., Muñoz-La Rivera, F. C., Vargas, C. F. y Antio, M. M. (2017). Use and Impact of nD Models as a Tool for Project Management in the Architecture, Engineering and Construction Industry. *Información tecnológica*, 28(4), 169-178. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400019>
- Johnsen, L., Tadayon, A. y Memić, N. (2024). Impact of Virtual Design and Construction (VDC) on the Construction Industry: Changes and Challenges for Project Managers. *Procedia Computer Science, CENTERIS – International Conference on ENTERprise Information Systems / ProjMAN - International Conference on Project MANagement / HCist - International Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies 2023*, 239, 974-981. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.06.259>
- Kunz, J. y Fischer, M. (2020). Virtual design and construction. *Construction Management and Economics*, 38(4), 355-363. <https://ideas.repec.org//a/taf/conmgt/v38y2020i4p355-363.html>
- Llanos, S., Ñaupá, S., Marca, S. y Fitzgerald, R. (2022). Análisis de rentabilidad en la etapa de diseño entre un modelo bidimensional CAD y un modelo BIM para el proyecto de Intercambio Vial, Km 25+115.85 de la Autopista Juliaca—Puno. *TecnoHumanismo*, 2(1), 15-32. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8245925>
- López, M., Paz, C. P. y Valdez, A. G. (2020). Repensar el trabajo multidisciplinar en el diseño de un objeto arquitectónico. Propuesta de metodología de trabajo entre diseñadores estructurales y arquitectos como transición hacia una metodología BIM en Guatemala.

Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación, (115).
<https://doi.org/10.18682/cdc.vi115.4268>

Mata, E. (2023). Propuesta para la incorporación del modelado e impresión 3D para la enseñanza de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica. *Revista Educación*, 442-459. <https://doi.org/10.15517/revedu.v47i1.51675>

Meana, V., Bello, A., García, R., Meana, V., Bello, A. y García, R. (2019). Analysis of the implementation of the BIM methodology in the spanish industrial engineering degrees under the competential perspective. *Revista ingeniería de construcción*, 34(2), 169-180. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732019000200169>

Medina, P., Salomon, N. y Gómez-Minaya, R. (2020). Evaluación de la estimación de metrados para los costos de la partida de arquitectura de una obra retail en lima en el 2019 con la implementación bim. *Investigación & Desarrollo (I&D)*, 20(1), 155-171. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10053347>

Monzon, A. (2023). *Uso de la metodología BIM para la optimización del presupuesto de obra de una institución educativa del nivel primaria, ubicada en el distrito de Huepetue, Madre de dios, año 2022* [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/38531>

Morales, S. V. (2018). *Evaluación de la rentabilidad del uso de gestión BIM en la construcción de un bloque de viviendas de 10 pisos del distrito de San Martin de Porres-Lima* [Tesis de Maestria, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/2555>

Nieto, E., Antón, D., Rico, F. y Moyano, J. J. (2017). BIM methodology in Building Engineering degree: Workshop in Graphical Expression of Technologies subject = Metodología BIM en el grado de edificación: modelo de taller en la asignatura

- Expresión Gráfica de Tecnologías. *Building & Management*, 1(1), 38-47.
<https://doi.org/10.20868/bma.2017.1.3523>
- Ossa, J. (2021). *Cost Estimation of Construction Projects Using 5D BIM*.
<https://repository.tudelft.nl/record/uuid:7909fe9e-b0e3-4809-9b8b-6cf59f3ad415>
- Patel, A. (2021). *¿Qué es el diseño y la construcción virtual (VDC y BIM)?* <https://www.united-bim.com/vdc-benefits-challenges-and-strategies/>
- Porras-Díaz, H., Sánchez-Rivera, O. G., Galvis-Guerra, J. A., Jaimez-Plata, N. A. y Castañeda-Parra, K. M. (2015). Tecnologías «Building Information Modeling» en la elaboración de presupuestos de construcción de estructuras en concreto reforzado. *Entramado*, 11(1), 230-249. <https://doi.org/10.18041/entramado.2015v11n1.21116>
- Rajat, A., Shankar, C. y Mukund, S. (2016). *Imagining construction's digital future*.
<https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/imagining-constructions-digital-future>
- Sánchez, F. (2019). Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 13(1), 101-122. <https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- Sen, S. (2012). *The Impact of BIM/VDC on ROI: Developing a Financial Model for Savings and ROI Calculation of Construction Projects* [Tesis de Pregrado, KTH Royal Institute of Technology]. Repositorio Institucional RIT.
<https://www.semanticscholar.org/paper/The-Impact-of-BIM-VDC-on-ROI-%3A-Developing-a-Model-Salih/a5710bc54590129777a1afd3b49fec24c7b14b5f>
- Sepúlveda, A. (2019). *Impactos en la implementación de la metodología BIM en el sector construcción: Una revisión sistemática de la literatura científica desde el 2015 hasta el 2019* [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/item/40e58f20-0104-46b5-a75a-c0b6068e68eb>

- Tedesco, C. y Chahdan, E. (2022). Contribución del BIM en la compatibilización de proyectos de diferentes especialidades integradas por la construcción civil. *DYNA*, 89(223), 46-55. <https://doi.org/10.15446/dyna.v89n223.99002>
- Umeres, M. (2025). *Implementación de la metodología Bim para la optimización de costos y tiempos en la construcción del colegio Innova Schools Pueblo Libre en Lima en el año 2024* [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/45432>

IX. ANEXOS

ANEXO A. MATRIZ DE CONSISTENCIA

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA VDC PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PRESUPUESTO EN LA FASE DE DISEÑO DEL					
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Metodología
¿De qué manera la implementación de la metodología VDC optimiza el presupuesto en la fase de diseño del	Implementar la metodología VDC para la optimización del presupuesto en la fase de diseño del proyecto. Innovación	La implementación de la metodología VDC optimizará significativamente el presupuesto en la fase de diseño del	Variable independiente:	Modelamiento de información de construcción (BIM)	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicada Diseño: No experimental
Específicos	Específicos	Específicos	METODOLOGÍA VDC	Sesiones de ingeniería concurrente integrada (ICE)	
¿De qué manera la implementación de la metodología VDC por medio del modelamiento de información	Analizar como la implementación de la metodología VDC por medio del modelamiento de información y	La implementación de la metodología VDC por medio del modelamiento de información y construcción			
¿Cómo la implementación de la metodología VDC por medio de las sesiones de ingeniería concurrente integrada (ICE) optimiza el	Determinar como la implementación de la metodología VDC por medio de las sesiones de ingeniería concurrente integrada (ICE) optimiza el	La implementación de la metodología VDC por medio de las sesiones de ingeniería concurrente integrada (ICE) optimiza significativamente el	Variable dependiente:		
			OPTIMIZACIÓN DEL PRESUPUESTO	Impacto económico	
¿De qué forma la implementación de la metodología VDC en la gestión de la producción del proyecto (PPM)	Evaluar como la implementación de la metodología VDC en la gestión de la producción del proyecto (PPM)	La implementación de la metodología VDC en la gestión de la producción del proyecto (PPM) optimiza			

ANEXO B: FICHAS TÉCNICAS



Universidad Nacional
Federico Villarreal

FICHA TÉCNICA N°02
INDICADOR COSTOS OPTIMIZADOS POR ICE

Se pone a su consideración el instrumento para la recolección de información denominado "Optimización de Costos ICE", elaborado para la investigación titulada: "IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA VDC PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PRESUPUESTO EN LA FASE DE DISEÑO DEL PROYECTO INNOVA SCHOOL, SEDE OLIVOS, LIMA-2025".]

Este instrumento tiene como finalidad registrar las sesiones de Ingeniería Concurrente Integrada (ICE), documentando las interferencias resueltas, el tiempo de respuesta y la estimación económica de los costos evitados por retrabajos.

Sesión ICE	Especialidad	Descripción	Solución colaborativa ICE	Impacto económico (Evitado)

JUICIO DE EXPERTOS

Juicio de Expertos	Nombre	CIP	Firma	Nota
Experto 1	Edgar Huaman Inaza.	165324		0.9
Experto 2	Aracelio Poma Rocio	51004		0.9
Experto 3	Orlando Hajaruma Lopez	318298		0.9



FICHA TÉCNICA N°03
INDICADOR COSTOS OPTIMIZADOS POR PPM

Se pone a su consideración el instrumento para la recolección de información denominado "Optimización de Costos PPM", elaborado para la investigación titulada: "IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA VDC PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PRESUPUESTO EN LA FASE DE DISEÑO DEL PROYECTO INNOVA SCHOOL, SEDE OLIVOS, LIMA-2025".

Este instrumento tiene como finalidad registrar el desempeño de la producción del equipo de diseño mediante el indicador PPC (Porcentaje de Plan Cumplido), analizar las causas de variabilidad y cuantificar el ahorro económico en Gastos Generales derivado de la reducción del plazo de ejecución.

Indicador PPM	Tiempo de diseño (Tradicional)	Tiempo de diseño (Optimización VDC)	Optimización

JUICIO DE EXPERTOS

Juicio de Expertos	Nombre	CIP	Firma	Nota
Experto 1	Edger Huaman Inca	165324		0.9
Experto 2	Josue Porra Lora	51004		0.9
Experto 3	Orlando Hajarana Lopez	318298		0.9

ANEXO C. AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN**AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN**

Por medio de la presente, la empresa **COIMPLE SERVICIOS GENERALES EN PROYECTOS S.A.C.**, con RUC N°**20600180658**, con domicilio en Calle Piura 366 Int. 101, Urb. Surquillo-Miraflores- Lima, debidamente representado por el señor Luis Miguel Sotelo Pinto, identificado con DNI No. 43016137.

HACE CONSTAR:

Que, al señor CARLOS ANDRES LETONA QUISPE

Identificado con DNI N°74746334, se le autoriza de forma unánime el uso de información proporcionada por nuestra organización para el desarrollo de su tesis de grado para optar el título profesional de **Ingeniero Civil** en la **Universidad Nacional Federico Villarreal** que tuvo como propósito determinar el impacto de la implementación de la metodología VDC para la optimización del presupuesto en la fase de diseño del proyecto Innova School, Sede Olivos, Lima-2025. Cabe destacar que, se exige el buen empleo de la información en cuanto a confidencialidad, citas, entre otros, con fin único y exclusivo académico. Se expide y proporciona a la parte interesada para la finalidad requerida y conveniente por parte del solicitante.

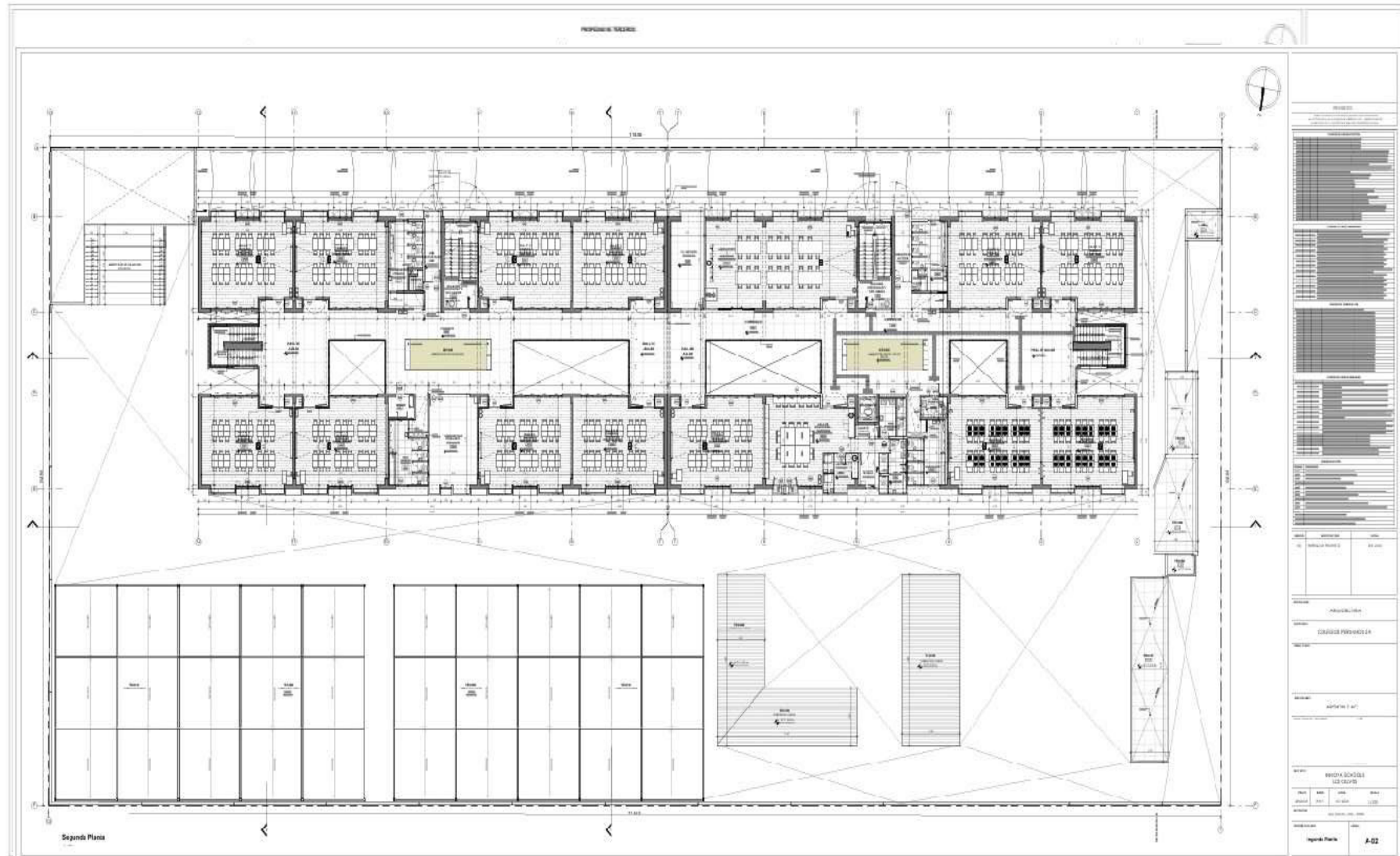
Se otorga la presente constancia para los fines que correspondan.

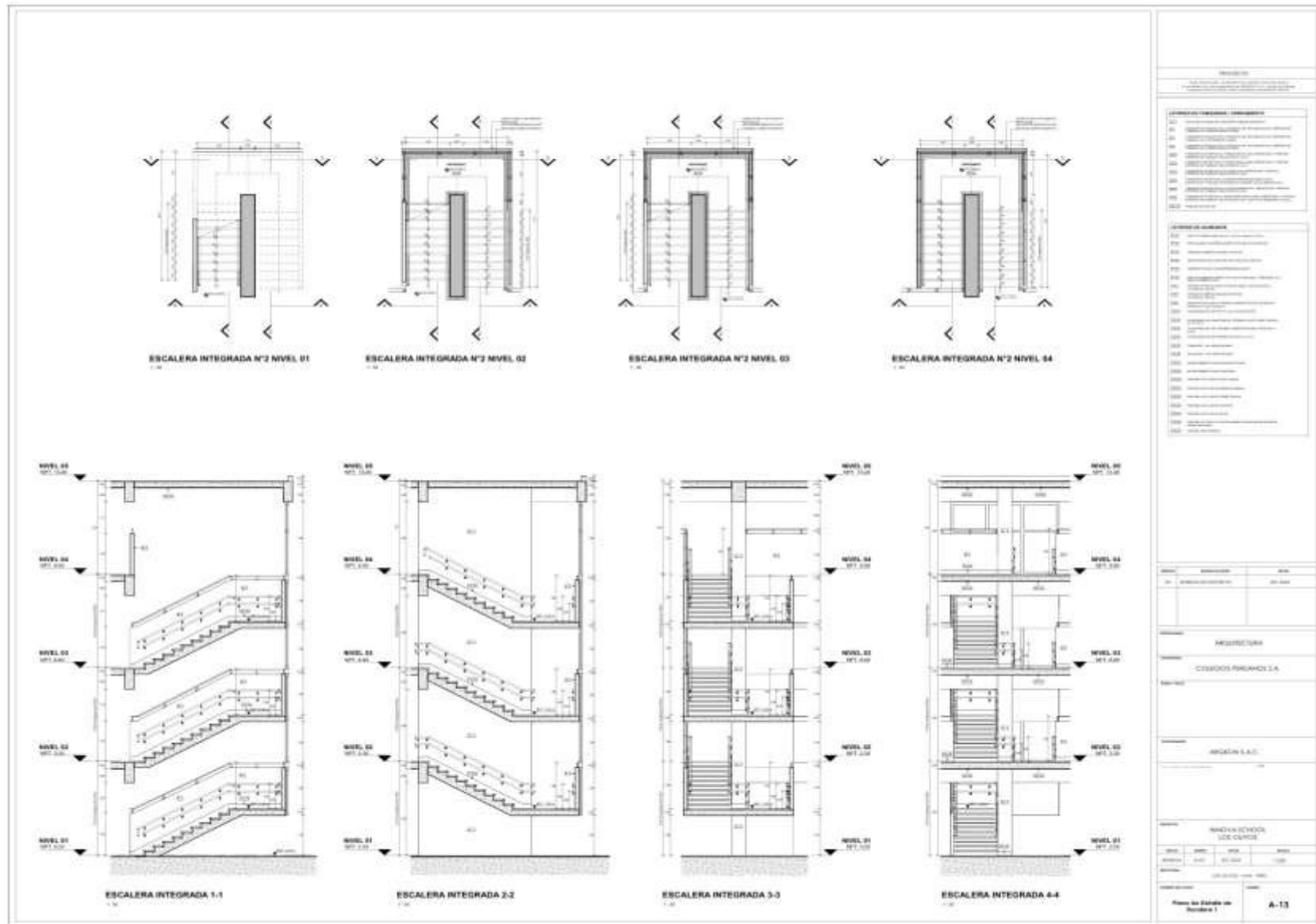
Atentamente.

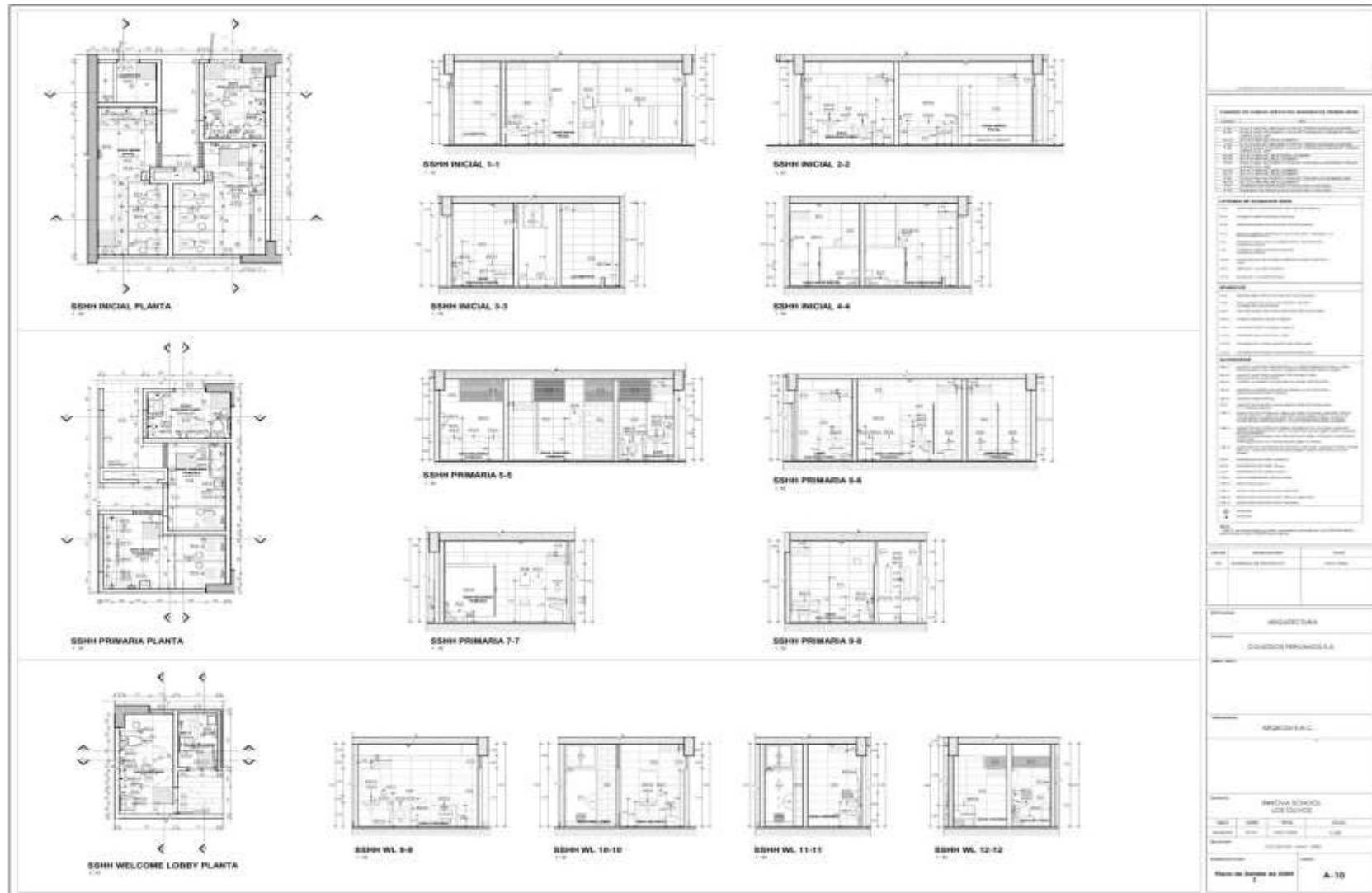
Lunes, 24 de Noviembre de 2025

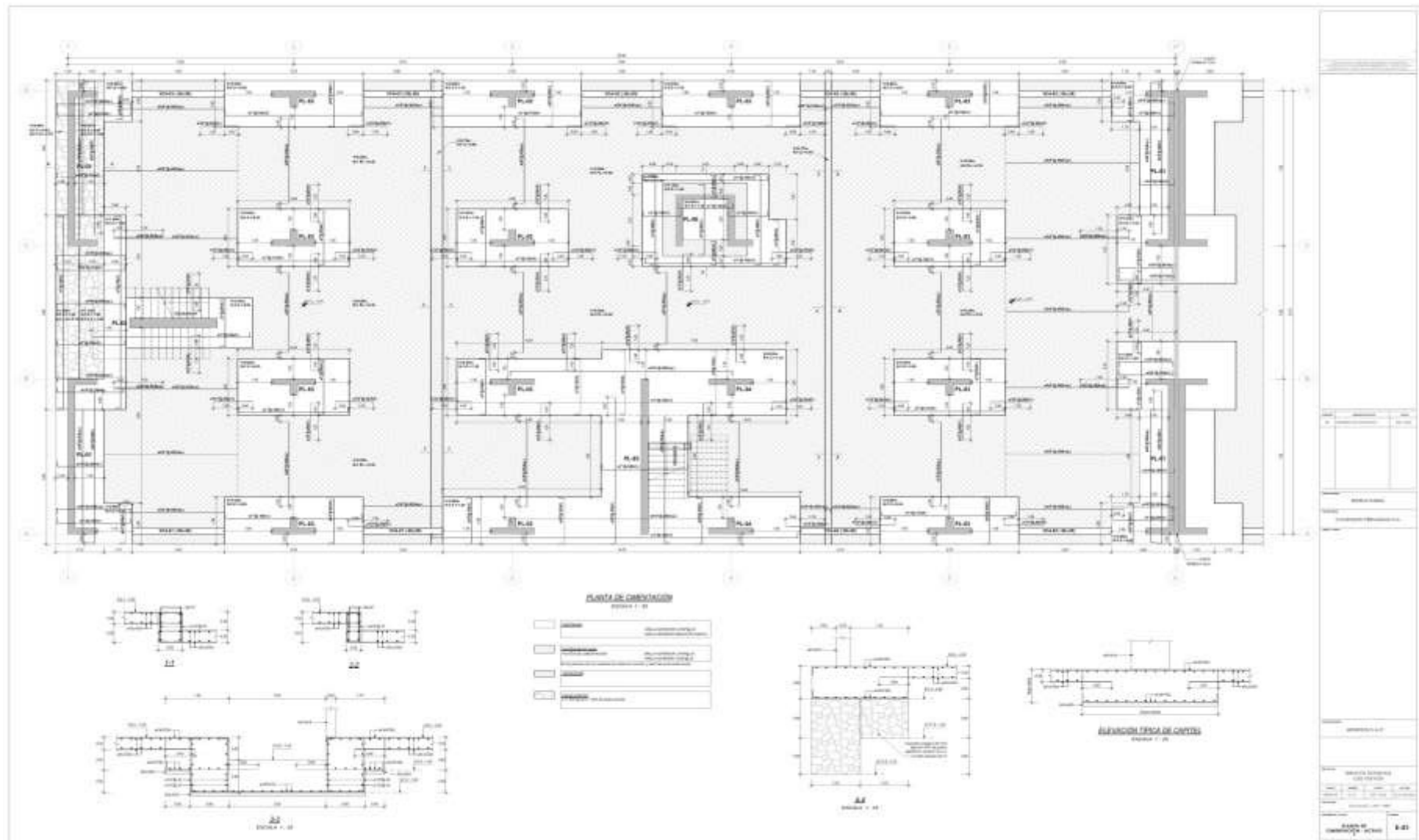
.....
Luis Miguel Sotelo Pinto
GERENTE GENERAL
COIMPLE SERVICIOS GENERALES
EN PROYECTOS S.A.C.

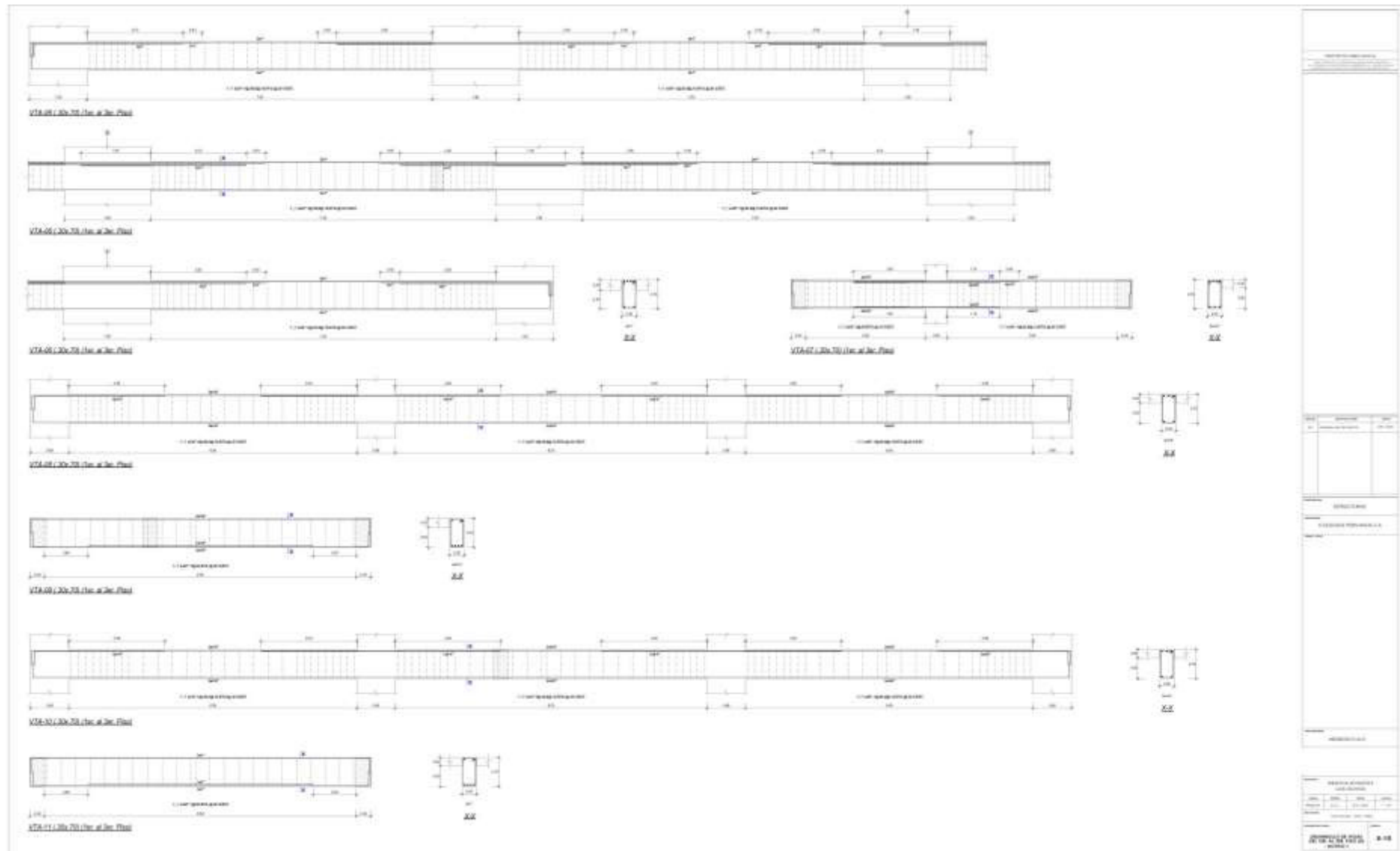
ANEXO D. PLANOS DEL PROYECTO INNOVA SCHOOL SEDE OLIVOS











ANEXO E. MODELO 3D