

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Integración de BIM e IPD para el Diseño Optimizado
de Edificios Residenciales: Un Caso de Estudio en
Perú**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Delta Salome Tizon Checca

Asesor:

Msc. Ecler Mamani Chambi

Juliaca, diciembre de 2024

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Msc. Ecler Mamani Chambi, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **"INTEGRACIÓN DE BIM E IPD PARA EL DISEÑO OPTIMIZADO DE EDIFICIOS RESIDENCIALES: UN CASO DE ESTUDIO EN PERÚ"** del autor **Delta Salome Tizon Checca**, tiene un índice de similitud de 16 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 18 días del mes de diciembre del año 2024



Msc. Ecler Mamani Chambi

Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Vila Chullunqani, a 03 día(s) del mes de diciembre del año 2024 siendo las 14:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Mtro Leonel Chahuaris Paucar el (la) secretario(a): Mg Arnaldo

Lahui Galaza y los demás miembros: Mg Jose

Paucari Paucari y el (la) asesor(a) MSc Ector

Mamani Chambi con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

Integración de BIM e IPD para el Diseño Optimizado de Edificios Residenciales: Un Caso de Estudio en Perú

del(los) bachiller(es): a) Delta Salome Eizon Checca

b)

c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Civil
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Delta Salome Eizon Checca

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Bachiller (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
Presidente/a

[Firma]
Asesor/a

[Firma]
Miembro

[Firma]
Secretario/a

[Firma]
Miembro

[Firma]
Bachiller (a)

[Firma]
Bachiller (b)

[Firma]
Bachiller (c)

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN.....	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUCCIÓN	8
2. ESTADO DEL ARTE.....	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS	14
4. RESULTADOS.....	16
4.1. Diagnóstico	16
4.2. Propuesta de Optimización	20
4.3. Validación	40
5. DISCUSIÓN	46
6. CONCLUSIONES	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
ANEXOS.....	53
A: Evidencia de sumisión del artículo en una revista.....	53
B: Resolución de inscripción de perfil de proyecto.	55
C: Planos del Proyecto D.....	56
D: Variación de metrados y costos entre la metodología Tradicional y BIM en base al Grupo de Control.	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Investigaciones relevantes sobre IPD y BIM.	11
Tabla 2	Objetivos y Métodos.	15
Tabla 3	Comparación del contrato de la SME y los incentivos y herramientas de NEC4 ECC	21
Tabla 4	Interferencias por metro cuadrado	34
Tabla 5	Variación de partidas por especialidad.	37
Tabla 6	Variación total de partidas.	37
Tabla 7	Comparación de costos totales por especialidad.	38
Tabla 8	Costo de implementación de BIM y IPD.	39
Tabla 9	Cálculo del retorno de inversión (ROI).	40
Tabla 10	Prueba de hipótesis para dos muestras.	43
Tabla 11	Datos para el estadístico de prueba.	44
Tabla 12	Propuestas de mejora y aplicación.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Información histórica sobre el margen de rentabilidad de proyectos privados de la SME. 18
Figura 2	Datos históricos sobre la duración de los proyectos privados de la SME..... 18
Figura 3	Modelado de Concreto y Acero – Especialidad de Estructuras 28
Figura 4	Modelado de la Especialidad de Arquitectura. 28
Figura 5	Modelado de la Especialidad de Instalaciones Sanitarias. 29
Figura 6	Modelado de la Especialidad de Instalaciones Eléctricas. 30
Figura 7	Interferencias Estructuras VS Arquitectura..... 31
Figura 8	Interferencias Estructuras VS Instalaciones Sanitarias..... 32
Figura 9	Interferencias Estructuras VS Instalaciones Eléctricas..... 32
Figura 10	Porcentaje de interferencias por especialidad..... 33
Figura 11	Sectorización mensual – Especialidad de estructuras..... 35
Figura 12	Costos de la especialidad de estructuras..... 41
Figura 13	Costos de la especialidad de arquitectura. 41
Figura 14	Costos de la especialidad de instalaciones sanitarias..... 42
Figura 15	Costos de la especialidad de instalaciones eléctricas..... 42
Figura 16	Zona de aceptación y rechazo de la Hipótesis 41

INTEGRACIÓN DE BIM E IPD PARA EL DISEÑO OPTIMIZADO DE EDIFICIOS RESIDENCIALES: UN CASO DE ESTUDIO EN PERÚ.

RESUMEN

A lo largo de los años, el sector de la construcción ha utilizado metodologías tradicionales que a menudo no cumplen con los presupuestos y plazos establecidos, por lo que resulta imperativo adoptar metodologías colaborativas como IPD y BIM. Esta investigación evalúa la influencia de estas metodologías en la etapa de diseño de edificaciones residenciales, mediante un caso de estudio en Perú gestionado por una SME. La metodología se divide en tres partes, primero se realiza un diagnóstico de la gestión tradicional mediante revisión documental y entrevistas semiestructuradas, segundo se plantea una propuesta de mejora a través de herramientas basadas en BIM e IPD, tercero se valida la propuesta mediante un análisis estadístico y una matriz de validación. Se identificaron nueve problemas típicos de gestión, tales como deficiencias en planos, metrados y presupuestos, y retrasos por planificación inadecuada. Se sugieren ocho herramientas de optimización, como el Contrato Colaborativo NEC4 ECC, ECD, Revit, Navisworks, la integración temprana del contratista, Sesiones ICE, modelos BIM 3D, 4D y 5D. El modelo 3D mostró 0.48 interferencias por m², el modelo 4D permitió monitorear el progreso del proyecto, y el modelo 5D permitió una optimización del costo del 5.28%. El análisis de rentabilidad mostró un retorno de inversión de S/ 3.94 por sol invertido. La validación de la optimización se demostró mediante la Prueba Z. La matriz de validación destacó el Contrato Colaborativo NEC4 ECC y el Modelo BIM 3D como las herramientas más efectivas. De esta forma el estudio contribuye a cerrar la brecha del conocimiento respecto a la implementación de BIM e IPD para optimizar la gestión de edificaciones residenciales.

Palabras Clave: Edificaciones Residenciales; Gestión Integrada; Metodología BIM; Metodología IPD; SME; Gestión de Infraestructura.

INTEGRATION OF BIM AND IPD FOR THE OPTIMIZED DESIGN OF RESIDENTIAL BUILDINGS: A CASE STUDY IN PERU.

ABSTRACT

Over the years, the construction sector has used traditional methodologies that often fail to meet established budgets and deadlines, making it imperative to adopt collaborative methodologies such as IPD and BIM. This research evaluates the influence of these methodologies in the design stage of residential buildings, through a case study in Peru managed by an SME. The methodology is divided into three parts: first, a diagnosis of traditional management is carried out through documentary review and semi-structured interviews, second, a proposal for improvement is proposed through tools based on BIM and IPD, and third, the proposal is validated through a statistical analysis and a validation matrix. Nine typical management problems were identified, such as deficiencies in plans, measurements and budgets, and delays due to inadequate planning. Eight optimization tools are suggested, such as the NEC4 ECC Collaborative Contract, ECD, Revit, Navisworks, early integration of the contractor, ICE Sessions, 3D, 4D and 5D BIM models. The 3D model showed 0.48 interferences per m², the 4D model allowed monitoring the progress of the project, and the 5D model allowed a cost optimization of 5.28%. The profitability analysis showed a return on investment of S/ 3.94 per sol invested. The validation of the optimization was demonstrated by the Z Test. The validation matrix highlighted the NEC4 ECC Collaborative Contract and the 3D BIM Model as the most effective tools. In this way, the study contributes to closing the knowledge gap regarding the implementation of BIM and IPD to optimize the management of residential buildings.

Keywords: Residential Buildings; Integrated Management; BIM Methodology; IPD Methodology; SME; BIM; IPD; Infrastructure Management.

1. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción ha mostrado un bajo desempeño comparado con otras industrias, con solo el 5% de los proyectos globales completándose dentro del presupuesto y el cronograma original (Asvadurov *et al.*, 2017). Los sistemas de ejecución comúnmente utilizados, como Diseño-Licitación-Construcción (DBB por sus siglas en inglés: *Design Bid Built*) y Diseño-Construcción (DB por sus siglas en inglés: *Design Built*) presentan diferencias notables en desempeño. Investigaciones indican que los proyectos DBB suelen experimentar retrasos equivalentes a la mitad de su duración original, mientras que los proyectos DB presentan retrasos menores (Buk'hail & Al-Sabah, 2022). Además, la falta de integración entre los propietarios y el personal del proyecto contribuye a que muchos proyectos no cumplan con los requisitos de desempeño (Mesa *et al.*, 2016).

A pesar de que los documentos contractuales deberían ser completos y precisos, en la práctica a menudo son incompatibles e incompletos, lo que genera la necesidad de aclaraciones durante la construcción (Alcantara, 2013) La compatibilización de proyectos se realiza predominantemente de manera tradicional mediante la superposición de planos en CAD 2D (Maciel *et al.*, 2022).

La situación crítica global en el sector construcción no es ajena a la realidad peruana. De acuerdo al Reporte de Obras Paralizadas, publicado por La Contraloría General de la República del Perú (2023) revela que existen 1,746 obras paralizadas en el país. La deficiencia en el diseño de los expedientes técnicos es una de las causas principales (Tapia, 2023). En la Macro Región Sur, conformada por Arequipa, Apurímac, Puno, Moquegua, Cusco y Tacna, se concentran la mayoría de estos proyectos paralizados, con 746. Según Acero (2023), hay varios proyectos paralizados en Tacna y sus cuatro provincias, como el

hospital Hipólito Unanue, el contrato con el Consorcio Salud Tacna por S/279'291.101 se firmó en diciembre de 2015 y se esperaba que la obra terminara en 2019. No obstante, la infraestructura ha sido ejecutada en un 45.9% y su presupuesto ha aumentado a S/598'431.044.

Entonces, es evidente que existe una problemática global que incluye a Perú. Esta investigación aborda tal problema desde la gestión e integración de los proyectos. Sullivan *et al.*, (2017) afirman que la elección del sistema de ejecución es crucial para el éxito de un proyecto de construcción. Dado que la fase de diseño de un proyecto DBB es totalmente separada de la fase de construcción, esto conlleva a esfuerzos importantes durante la construcción para solucionar problemas de construcción y coordinación que fueron pasados por alto en la etapa de diseño (AIA, 2007). Estos problemas se pueden evitar con un enfoque más integrado en el que todas las partes interesadas del proyecto se comuniquen y colaboren para desarrollar un mejor diseño (Ahmed *et al.*, 2016).

La Entrega Integrada de Proyectos (IPD por sus siglas en inglés: *Integrated Project Delivery*) es uno de los enfoques recientes y de rápida implementación que integra personas, sistemas y acciones para aumentar el valor al cliente, reducir el desperdicio y mejorar la eficiencia, promoviendo el éxito del proyecto (Eastman *et al.*, 2008; Kent & Becerik-Gerber, 2010; Khanna *et al.*, 2021). De la misma manera, el Modelado de Información de Construcción (BIM por sus siglas en inglés: *Building Information Modelling*) representa la transformación digital de la industria de la construcción. La generación de valor se logra mediante la colaboración con modelos 3D, lo cual permite mejorar la eficiencia en el diseño, la creación y el mantenimiento de activos, además de apoyar la toma de decisiones y la gestión de la información (Yañez, 2023).

Murguía (2023) señala que, actualmente en el Perú existe una creciente aceptación de BIM entre los profesionales de construcción. Sin embargo, a pesar de la gran disposición a utilizar BIM, el comportamiento de uso real todavía muestra una brecha del conocimiento significativa, lo que sugiere que todavía existen desafíos para implementar BIM plenamente en la práctica. El MEF (2021) aprobó el Plan de implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú a través de la resolución directoral N° 0002-2021-EF/63.01, en línea con el Plan Nacional de Competitividad y Productividad 2019-2030, aprobado por Decreto Supremo N° 237-2019-EF, que incluye la "Medida de Política 1.2: Plan BIM", con el fin de integrar gradualmente la metodología colaborativa de modelamiento digital de información en el sector público.

Por tanto, esta investigación propone la siguiente hipótesis: mediante la implementación de las metodologías BIM e IPD se podrá optimizar la etapa de diseño en edificaciones residenciales. Tomando como variables independientes IPD y BIM, y como variable dependiente la etapa de diseño en la gestión. El objetivo de la investigación es evaluar cómo las metodologías BIM e IPD, de forma integrada, optimizarán la etapa de diseño en edificaciones residenciales. La investigación se basa en revisión de literatura en la Sección 2, seguido por la Sección 3 que detalla la metodología aplicada en un estudio de caso en Perú. Los resultados se muestran en la Sección 4, seguidos por la discusión en la Sección 5 y finalmente la conclusión se encuentra en la Sección 6.

2. ESTADO DEL ARTE

En esta sección se revisaron las investigaciones más relevantes sobre las metodologías IPD y BIM, ya que han demostrado ser útiles para los proyectos de construcción. La Tabla 1 resume la bibliografía consultada e revistas indexadas sobre IPD y BIM.

Tabla 1

Investigaciones relevantes sobre IPD y BIM

Autor	Importancia o Relevancia	Métodos
Franz <i>et al.</i> , (2017)	Analiza cómo la integración del equipo y la cohesión del grupo afectan el rendimiento de proyectos en los EE.UU., utilizando diferentes métodos de ejecución.	Encuestas.
Laurent y Leicht (2019)	Identifica las prácticas organizativas para el uso de equipos interfuncionales en proyectos IPD en EE.UU.	Entrevistas, estudio de caso.
Ling <i>et al.</i> , (2020)	Examina cómo las prácticas IPD afectan el desempeño de proyectos tradicionales en Singapur.	Estudio de caso, cuestionarios.
Buk'hail y Al-Sabah (2022)	Investiga la disposición de adoptar IPD en el sector de la construcción de Kuwait.	Revisión de literatura, cuestionarios.
Othman y Youssef (2021)	Desarrolla un marco para implementar el enfoque IPD en la etapa de diseño para ADF en Egipto.	Revisión de literatura, estudio de casos, cuestionarios.
Alqahtani <i>et al.</i> , (2022)	Investiga el proceso de licitación y la regulación de adquisiciones en Arabia Saudita para la implementación de IPD.	Revisión de literatura, encuestas.
Alinezhad <i>et al.</i> , (2020)	Identifica los beneficios de implementar el enfoque IPD en proyectos en EE.UU.	Revisión de literatura, estudio de caso.
Ajmal y Rajasekaran (2023)	Examina y compara los contratos de construcción e ingeniería de Afganistán con los contratos NEC4 ECC.	Revisión de literatura, estudio de caso.
Yabar-Ardiles <i>et al.</i> , (2023)	Examina y compara los contratos de obras públicas en Perú con el contrato NEC4.	Revisión de literatura, estudio de caso.
Lau <i>et al.</i> , (2019)	Identifica los retos que obstaculizan la implementación generalizada de los contratos NEC en Hong Kong.	Encuestas, entrevistas semiestructuradas.
Khanna <i>et al.</i> , (2021)	Investiga la viabilidad de implementar IPD junto con BIM y TIC en proyectos en India.	Revisión de literatura, entrevistas.
Bravo y Mendoza (2019)	Diseña una propuesta de integración para disminuir las causas de pérdidas en la fase de diseño, empleando herramientas IPD y VDC en proyectos en Perú.	Encuestas, estudio de caso.

El Asmar <i>et al.</i> , (2013)	Examina el rendimiento de proyectos IPD en comparación con proyectos no IPD en EE.UU.	Revisión de literatura, encuesta, estudio de casos.
Mesquita <i>et al.</i> , (2018)	Muestra la aplicación de BIM para el diseño y evaluación de interferencias en un proyecto en Brasil.	Estudio de caso.
Dos Santos <i>et al.</i> , (2023)	Examina como se emplea la metodología BIM para asegurar la compatibilidad de proyectos en Brasil.	Estudio de caso.
Yañez (2023)	Identificar los desafíos relacionados con la aplicación de BIM en la planificación de proyectos de salud en Perú.	Revisión de literatura, estudio de caso, entrevistas.
Akter <i>et al.</i> , (2024)	Investiga y evalúa los impactos de utilizar BIM como herramienta de gestión de la construcción en Bangladesh.	Encuestas, estudio de caso.

La tabla presenta una revisión detallada de la literatura, resaltando las limitaciones de las metodologías tradicionales de gestión de proyectos y la necesidad de adoptar metodologías más eficientes. Entre estas metodologías, IPD se destaca por su enfoque en principios clave: (1) participación temprana de los participantes clave para lograr optimizaciones tempranas, (2) riesgos y beneficios compartidos en función de los resultados del proyecto para estimular las mejoras, (3) establecer un gobierno conjunto del proyecto para dar poder al equipo, (4) reducción de la exposición a la culpa para promover la innovación, y (5) establecer metas de manera conjunta para comprometer al equipo. Investigaciones como las de Franz *et al.*, (2017), Buk'hail y Al-Sabah (2022) y Ling *et al.*, (2020) han demostrado que IPD mejora significativamente los resultados en costos, cronograma, calidad, y rendimiento del proyecto. Laurent y Leicht (2019) subrayan la importancia de formar estos equipos desde las primeras fases del diseño para asegurar el éxito del proyecto. En este contexto, los contratos NEC4 ECC se alinean con los principios del IPD y su importancia para una buena gestión ha sido destacada por Ajmal y Rajasekaran (2023).

Otra metodología relevante es BIM que surge como una herramienta clave del IPD. La interoperabilidad de BIM con otras herramientas digitales es fundamental para una gestión más precisa y eficiente. Según Bravo y Mendoza (2019), Maciel *et al.*, (2022) y Khanna *et al.*, (2021), la implementación de BIM permite mejorar la planificación, estimación y control de costos, además de facilitar la detección temprana de interferencias e incompatibilidades en los planos, lo que resulta en una optimización del presupuesto.

Los estudios revisados, incluyendo los de Alinezhad *et al.*, (2020), Khanna *et al.*, (2021) y Bravo y Mendoza (2019), concluyen que la implementación de IPD y BIM ofrecen beneficios significativos como transparencia, coordinación efectiva, conocimiento temprano del costo, precio fiable y mejor calidad. Herramientas como Revit para modelado y metrado, y Navisworks para resolver interferencias, automatizan tareas, ahorran tiempo y reducen costos, mejorando la precisión presupuestaria.

A pesar de los beneficios evidentes, la industria de la construcción se encuentra con grandes obstáculos al adoptar IPD y BIM. Buk'hail y Al-Sabah (2022) identifican barreras como la falta de voluntad para firmar contratos que incluyera exenciones de responsabilidades y que se excluyera la estructura jerárquica organizacional de IPD. Othman y Youssef (2021) destacan problemas de comunicación y colaboración entre las partes interesadas. Khanna *et al.*, (2021) identifican la resistencia al cambio y la inexperiencia como los principales obstáculos. Yañez (2023) concluye que la competencia en el uso de BIM varía entre los profesionales, el diseño no se hace completamente en 3D y la supervisión no participa activamente en BIM. Para vencer estas dificultades y sacar el máximo provecho de estas metodologías, es fundamental examinar su aplicación en los proyectos.

La presente investigación se enfoca en implementar las metodologías BIM e IPD en la etapa de diseño de un edificio residencial buscando lograr una optimización de la gestión, lo que subraya la relevancia y el potencial de la presente investigación propuesta en este campo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de este estudio implica analizar un solo caso de estudio utilizando un enfoque mixto mediante la combinación de métodos cualitativos y cuantitativos. Se analiza la gestión contractual desde un enfoque cualitativo, contrastando el contrato del caso de estudio con los objetivos del NEC4 ECC para detectar carencias del modelo tradicional en comparación con el estándar internacional. Además, se examina la gestión de la información a través de la revisión de literatura, lo cual facilita la elaboración de propuestas de mejora y herramientas para abordar las deficiencias detectadas. Desde el punto de vista cuantitativo, se miden unidades específicas como interferencias, metrados y costos (126 partidas analizadas).

La investigación es de tipo aplicada, ya que persigue adquirir nuevos conocimientos para ofrecer soluciones prácticas a problemas específicos. El diseño es no experimental. El nivel de investigación es descriptiva, y se considera transversal, ya que se lleva a cabo en un momento determinado.

Las tres variables más relevantes son el IPD, el BIM y la optimización de la gestión en la etapa de diseño. La gestión en la etapa de diseño, que depende del IPD y del BIM, es la variable dependiente, mientras que IPD y BIM, que no dependen de otras variables, son las variables independientes. La Tabla 2 detalla los métodos a aplicar según los objetivos

específicos de la investigación, basados en la revisión de literatura presentada en el capítulo anterior.

Tabla 2

Objetivos y Métodos

Sección	Objetivos	Métodos
4.1	Realizar un diagnóstico sobre la gestión de edificaciones residenciales para la SME.	A. Análisis de las prácticas de gestión en edificaciones residenciales de la SME mediante la revisión de documentación y entrevistas semiestructuradas. B. Análisis de un proyecto residencial de la SME a través de la revisión de documentación y entrevistas semiestructuradas. C. Identificación de problemas típicos en la SME.
4.2	Propuesta de optimización para la SME mediante la integración de IPD y BIM.	A. Revisión de literatura respecto a herramientas BIM e IPD que se puedan implementar para mejorar la gestión. Caso de estudio con descripción de su utilización.
4.3	Validar la propuesta de optimización de integración entre IPD y BIM.	A. Análisis estadístico de validación mediante la prueba Z. B. Elaboración de matriz de validación de implementación de herramientas de mejora integrando BIM e IPD.

De acuerdo a la Tabla 2, la etapa de diseño se optimiza mediante la integración de IPD y BIM en un caso de estudio específico. Primero, se realiza un diagnóstico de la SME (por sus siglas en inglés: *Small and Medium-sized Enterprise*, o sea una pequeña o mediana empresa) que gestiona proyectos de manera tradicional. Luego, se propone una mejora integrando IPD y BIM en un proyecto de la SME, con el objetivo de adaptar esta propuesta a otros proyectos similares dentro de la misma SME y a otras SMEs con características similares. Para evaluar la optimización con BIM, se utiliza indicadores estadísticos, como

indicadores de interferencias por metro cuadrado, comparación de la variabilidad en el metrado de la metodología tradicional frente a la metodología BIM, y se cuantifica el costo probable del proyecto validado mediante pruebas Z. También se analiza la rentabilidad de las metodologías BIM e IPD.

4. RESULTADOS

4.1. Diagnóstico

4.1.1. Descripción de la SME.

La SME es una empresa constructora con sede en la ciudad de Tacna, Perú, especializada en proyectos de edificaciones residenciales, con la misión de brindar a la población tacneña el acceso a la vivienda digna, y con la visión de crear espacios habitables adecuados, en colaboración con el gobierno a través de la utilización de bonos destinados a este fin. Actualmente, la SME ha completado la entrega de once proyectos, mientras que otros cuatro están en ejecución y tres están pendientes. La gestión de sus proyectos sigue un enfoque tradicional que comprende varias etapas. Inicialmente, se lleva a cabo la etapa de planificación y estudios básicos, seguidos de la elaboración del anteproyecto, posterior a ello se realiza la elaboración del diseño básico y diseño de construcción. Paralelamente, se tramitan los permisos correspondientes ante las entidades públicas. Posteriormente, se realizan los metrados, presupuesto de obra y cronograma. Con toda esta documentación, se tramita el financiamiento con la entidad bancaria.

Una vez completadas estas etapas, se formaliza el contrato con la contratista, con la SME asumiendo el 64% de la obra y la contratista el 36%. Se emplea un contrato tradicional que establece el monto contractual, plazos, penalidades, formas de pago, residente de obra y

anexos que incluyen planos, especificaciones técnicas, memoria descriptiva, metrados, presupuesto de obra y cronograma. Después de completar esta etapa, comienza la construcción del proyecto, cuyo progreso se controla mediante informes mensuales de valorización, hasta la culminación del proyecto.

Los recursos principales de la SME incluyen tanto humanos como materiales. La empresa cuenta con un equipo de 10 trabajadores, mientras que la contratista tiene 13. Además, cuentan con la colaboración de 10 proveedores de servicios para llevar a cabo las operaciones de manera eficiente. El organigrama de la SME está compuesto por la Gerencia General, Subgerencia General, Administración y Finanzas (contabilidad, logística y tesorería) y el Área Técnica (arquitectura e ingeniería: proyectos y residente de obra).

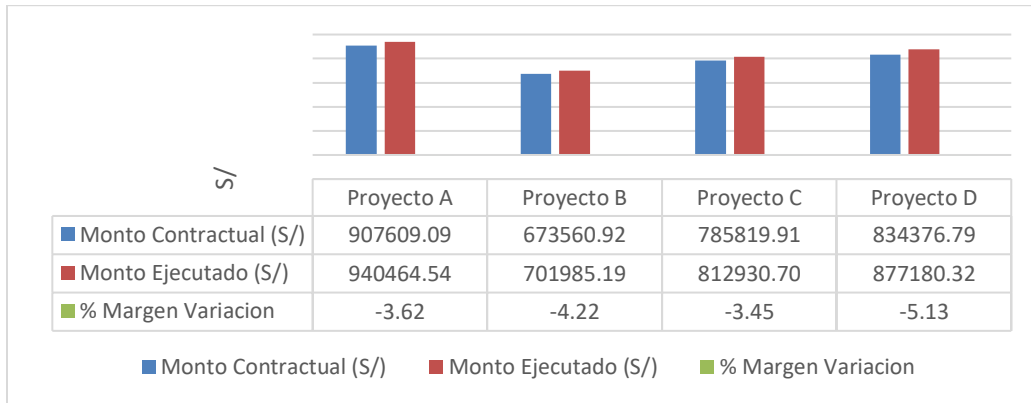
En términos de recursos materiales, la SME cuenta con 7 computadoras, 2 laptops, 1 plotter y 3 impresoras. Todas las estaciones de trabajo operan con el sistema operativo Windows 10. Las aplicaciones utilizadas incluyen AutoCAD, Microsoft Excel, SketchUp, Lumion y Microsoft Word. En cuanto a la gestión de la información, el manejo de datos y documentos se realiza principalmente de manera manual y a través de Google Drive, donde se almacena toda la documentación del proyecto y se comparte con cada área de la SME. La comunicación se lleva a cabo mediante grupos de WhatsApp, reuniones temporales y llamadas telefónicas.

4.1.2. Descripción del caso de estudio.

El sistema de gestión en la SME demuestra ser ineficiente, demostró ser poco eficaz al impactar la rentabilidad y el tiempo de entrega de ciertos proyectos. Que se describen en las Figuras 1 y 2:

Figura 1

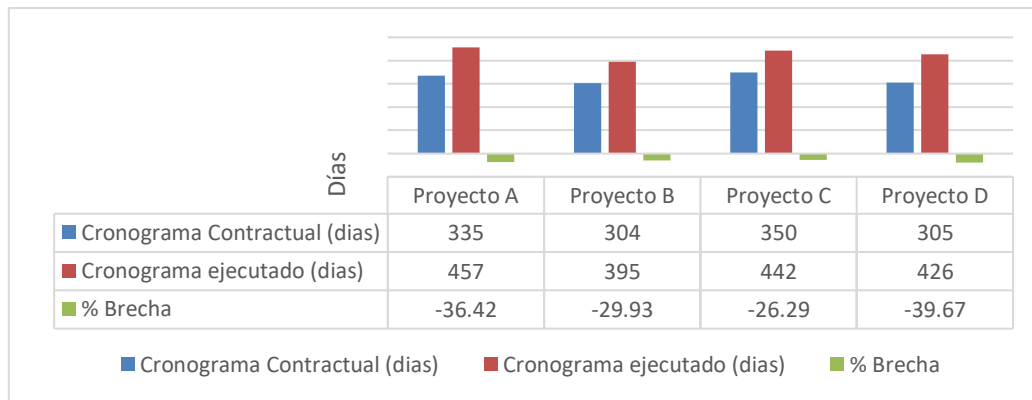
Información histórica sobre el margen de rentabilidad de proyectos privados de la SME



La Figura 1 muestra la comparación entre el monto contractual y el monto ejecutado de cuatro proyectos de la SME. El margen de variación entre estos montos oscila entre -3.45% y -5.13%, siendo el Proyecto D el que presenta el mayor margen. Estos resultados son coherentes con los hallazgos de Asvadurov *et al.*, (2017), quienes reportaron un sobrecosto de hasta el 37% en proyectos globales.

Figura 2

Datos históricos sobre la duración de los proyectos privados de la SME



En la Figura 2 se muestra la diferencia entre el cronograma planificado y el cronograma real de los cuatro proyectos. El porcentaje de variación en los plazos varía entre

-26.29% y -39.67%, con el Proyecto D mostrando la mayor brecha. Estos hallazgos son consistentes con los reportados por Asvadurov *et al.*, (2017), quienes encontraron brechas de hasta el 53% en proyectos globales.

En función de los indicadores presentados se eligió el Proyecto D como caso de estudio. Este proyecto es un edificio residencial en Tacna, Perú, de 5 niveles más azotea, con un terreno de 128 m² y un área techada de 617.87 m². El primer nivel incluye 2 cocheras, 1 depósito, 1 cuarto de residuos sólidos, 1 escalera y 1 departamento. El segundo, tercero, cuarto y quinto nivel tienen una distribución típica con 1 escalera y 2 departamentos. La azotea cuenta con 1 terraza y 1 zona de tendal. La estructura es aporticada con albañilería confinada. Las instalaciones sanitarias incluyen un sistema de bombeo, redes de distribución de agua fría y de desagüe. Las instalaciones eléctricas contemplan corriente monofásica independiente para cada departamento y salidas de data y comunicaciones. El proyecto se desarrolló de manera tradicional y con un contrato tradicional. El presupuesto programado fue de S/ 834,376.79, mientras que el presupuesto ejecutado alcanzó S/ 877,180.32. El plazo programado fue de 305 días y el plazo final de ejecución fue de 426 días.

4.1.3. Problemas típicos de gestión.

Tras el análisis de la documentación de la SME y del caso de estudio, se llevaron a cabo 11 entrevistas a diferentes participantes del proyecto entre contratista, profesionales de diversas disciplinas, trabajadores y proveedores. Se les formuló la interrogante: ¿Cuáles son los motivos principales que causan sobrecostos y retrasos en los proyectos de la SME? En base a toda esta información se logró identificar los siguientes problemas en la gestión:

- **P1:** Deficiencias en los planos.
- **P2:** Deficiencias en el metrado y presupuesto.
- **P3:** Bajo nivel de comunicación efectiva, coordinación y colaboración de los equipos.
- **P4:** Modificaciones y/o retrabajos.
- **P5:** Existencia de vicios ocultos que generan trabajos adicionales.
- **P6:** Sobrecostos en los procesos constructivos.
- **P7:** Retrasos por planificación deficiente en el abastecimiento de material y errores en la compra del mismo.
- **P8:** Falta de claridad y transparencia en el contrato y sus cláusulas.
- **P9:** Ausencia de incentivos para llevar a cabo buenas prácticas.

Según se puede notar, la mayoría de los inconvenientes detectados podrían haberse prevenido en la fase de diseño. Por lo tanto, nos centraremos en resolver estos problemas mediante la incorporación de herramientas de las metodologías BIM e IPD.

4.2. Propuesta de Optimización

Con el fin de abordar los problemas identificados en el diagnóstico, se presentan a continuación las herramientas de las metodologías BIM e IPD, las cuales fueron recopiladas mediante una revisión bibliográfica detallada en la Sección 2, Estado del Arte. Se debe mencionar que estas herramientas permiten una mejor gestión de proyectos y pueden integrarse a un modelo de trabajo que incluya, tanto a BIM como a IPD.

4.2.1. H1: Gestión Contractual - Contrato estandarizado.

Para desarrollar un proyecto óptimo, es crucial contar con contratos claros y bien definidos. Esta herramienta está relacionada con la dimensión 1D de BIM, así como con aspectos de concepción del proyecto bajo estándares de IPD.

Basado en los criterios de Yabar-Ardiles *et al.*, (2023), se elabora la tabla 3 para identificar las deficiencias en el contrato del caso de estudio, utilizando como referencia los incentivos y herramientas recomendados por NEC4 ECC (por sus siglas en inglés: *New Engineering Contract - Engineering and Construction Contract*).

Tabla 3

Comparación entre el contrato de la SME y los incentivos y herramientas NEC4 ECC.

Indicador	Contrato del estudio de caso de la SME
Claridad y sencillez	Especificaciones
Número de cláusulas	El contrato incluye un total de siete cláusulas.
Nivel de lenguaje	El contrato utiliza principalmente lenguaje jurídico.
Participantes del contrato	El contrato hace referencia únicamente al Cliente, identificado como la SME, y al contratista. Los demás actores del contrato y sus responsabilidades no son mencionados explícitamente, solo se hace referencia al residente de obra en la cláusula sexta.
Estímulo a la buena gestión	Especificaciones
Pago	El contrato establece como forma de pago valorizaciones mensuales.
Incentivos	No hay disposiciones en el contrato para bonificaciones por cumplimiento de buenas prácticas, solo multas por retrasos injustificados.
Sistemas de comunicación	Los sistemas de comunicación no están especificados en el contrato, por lo que no se requiere usar un método en particular para realizar notificaciones entre las partes.
Alertas tempranas	El contrato no establece ningún mecanismo de alerta temprana.
Resolución de conflictos	Dos métodos de resolución de conflictos están contemplados: conciliación y arbitraje.

La Tabla 3 presenta las deficiencias del contrato tradicional del caso de estudio en términos de claridad y estímulo a la buena gestión. Se observa que algunas cláusulas contienen información insuficiente, lo que puede dar lugar a disputas, además no existe una adecuada distribución de los riesgos. Estos problemas coinciden con los aspectos clave que NEC4 considera esenciales para una gestión. Por lo tanto se recomienda implementar cláusulas del NEC4 ECC para abordar estas deficiencias, respaldado por estudios como el compendio de *Managing Reality* (Mitchell & Trebes, 2017) y de Yabar-Ardiles *et al.*, (2023), que también sugieren su uso para fomentar entornos colaborativos. A continuación, se sugieren las siguientes cláusulas:

Comunicaciones (C. 13). Establece un sistema de comunicación escrito con tiempos de respuesta definidos para notificaciones como alertas tempranas, incoherencias entre otras. Cada parte mantiene un registro propio para facilitar la prevención y resolución de problemas.

Alerta temprana (C. 15). Permite a cualquier parte notificar eventos que puedan afectar el precio, el plazo o la ejecución del proyecto. Es importante notificar el evento inmediatamente para organizar reuniones y evitar posibles sanciones.

Eventos de compensación (C. 60). Cubre situaciones en las que el contratista tiene derecho a compensación, siempre que el problema no sea atribuible a él. El contratista debe presentar al Gerente la solución y cotización correspondiente para el Evento de Compensación. El Gerente evaluará esta propuesta y, si es necesario, instruirá al contratista para que considere alternativas más eficientes. Es fundamental notificar estos eventos de

manera oportuna para evitar penalizaciones y promover una resolución colaborativa de los problemas.

Incentivos. La X12 promueve la colaboración entre múltiples partes, se comparte riesgos y recompensas, se promueve el gobierno en conjunto. La X20 establece incentivos para el contratista basados en los KPI definidos por la contraparte. La X6 otorga incentivos por concluir las obras antes de lo previsto. Las Opciones Principales C y D, las cuales funcionan bajo un Contrato Objetivo, contrastan el costo definitivo de las construcciones con un costo meta establecido en el contrato. En caso de haber un excedente en la comparación, se reparte entre las partes de acuerdo a lo convenido.

Junta para la prevención de disputas (W3). Ofrece opciones de mitigación y resolución de disputas, destacando la Junta para Evitar Disputas como primer método. Esta junta visita el lugar del proyecto, inspecciona la obra, ofrece recomendaciones y resuelve conflictos antes de ser presentados oficialmente ante un tribunal.

Es importante tener en cuenta la documentación del contrato, como planos, especificaciones técnicas, memoria descriptiva, presupuesto de obra y cronograma, para hacer un diagnóstico objetivo de la gestión contractual del caso de estudio. La documentación técnica de la obra es esencial para la contratación y debe ser evaluada correctamente, ya que también forma parte del contrato mismo.

4.2.2. H2: Entorno Común de Datos (ECD).

Las comunicaciones son fundamentales para establecer entornos colaborativos. En el caso de estudio, se utilizaron Drive, WhatsApp y correos electrónicos; sin embargo, con la implementación de modelos BIM, es necesario mejorar este aspecto. El Entorno Común de

Datos (ECD) es la plataforma principal para la gestión documental, la calidad y la información en proyectos. Su objetivo es agilizar las revisiones de modelos, facilitar la gestión de cambios, mejorar la comunicación y fomentar la colaboración, al mismo tiempo que asegura la protección de la información y evita la duplicación de documentos. Es esencial que el ECD esté accesible para todos los involucrados, con roles y niveles de acceso bien definidos.

En este contexto, se recomienda Trimble Connect, una plataforma en la nube que cumple con estos requisitos, además organiza toda la documentación del proyecto modelos 3D, dibujos 2D, archivos PDF, hojas de cálculo y RFI, en una única ubicación accesible. Lo que elimina la necesidad de comprimir y enviar archivos por correo electrónico, asegurando que todos los miembros del equipo trabajen con la versión más reciente de los documentos y modelos. Así se reducen errores, se garantiza transparencia, accesibilidad y trazabilidad en la información del proyecto, mejorando la colaboración al permitir una visión general y detalles específicos. Además, todos los movimientos quedan registrados, lo que facilita el control de cambios y actualizaciones.

Trimble Connect Sync permite sincronizar archivos desde la computadora, unidad de red o dispositivo móvil a la nube, manteniendo todo actualizado en ambas ubicaciones. La herramienta To-Do mejora la gestión de tareas y la comunicación en los proyectos, permitiendo documentar comentarios, preguntas e inquietudes, y asignándolos a miembros del equipo que reciben notificaciones por correo electrónico. Las tareas se personalizan con títulos, descripciones, fechas de vencimiento y otra información relevante, y pueden estar vinculadas a objetos específicos del modelo revisado por todos los participantes. Trimble

Connect ofrece una versión gratuita con 10 GB de almacenamiento en la nube; para obtener mayor capacidad, es necesario adquirir licencias profesionales.

4.2.3. H3: Software.

El rendimiento de un proyecto se ve afectado principalmente por las habilidades técnicas del software empleado. En el caso de estudio, se utilizó un enfoque tradicional con AutoCAD para la elaboración de la documentación, por lo que es esencial contar con los recursos adecuados para asegurar un desarrollo sin contratiempos. Existen diversas categorías de software clave en este proceso, como de modelado, coordinación, medición y presupuesto, programación y visualización. Herramientas como Revit y Navisworks son ejemplos destacados en el ámbito de la construcción.

Revit es la plataforma líder para construir modelos de información BIM. Su capacidad para coordinar automáticamente los cambios en el proyecto y compartir una base de datos de archivos entre múltiples usuarios lo hace indispensable.

Por otro lado, Navisworks se destaca como un visor de modelos BIM que abarca todas las fases del proyecto. Facilita la interoperabilidad de modelos 3D durante el diseño y la construcción, mejorando la visualización y la detección de interferencias. Su capacidad para leer casi cualquier formato de archivo 3D y manejar archivos grandes lo convierte en una herramienta crucial para la gestión de proyectos.

4.2.4. H4: Equipos de trabajo.

En los proyectos, es esencial que los equipos cuenten con habilidades complementarias, compartan un propósito común, persigan objetivos de rendimiento y sean

mutuamente responsables del resultado final. En el caso de estudio, el equipo de trabajo durante la etapa de diseño no incluyó al contratista hasta la ejecución de la obra, lo cual es una práctica mejorable. Se recomienda que el equipo esté integrado, como mínimo, por el propietario o un representante, un arquitecto o ingeniero, un diseñador, y un contratista general o director de obra. La inclusión temprana del contratista facilita la incorporación de diversas perspectivas, optimiza los entregables y reduce la necesidad de modificaciones posteriores.

Asimismo, es necesario contar con profesionales capacitados y con experiencia en softwares de las metodologías BIM e IPD. Para garantizar un manejo efectivo de estas, se debe asignar un presupuesto adecuado para la formación continua de estos profesionales.

4.2.5. H5: Sesiones ICE.

Las Sesiones Concurrentes de Ingeniería (ICE, *por sus siglas en inglés: Integrated Concurrent Engineering*) son indispensables para el éxito en la ejecución de proyectos. En el estudio se enfocaron solo en reuniones temporales, demostrando la necesidad de perfeccionar esta estrategia. Se recomienda realizar Sesiones ICE de manera presencial en un espacio adecuado, equipado con sillas, proyectores, mesas amplias, conectores eléctricos, control de iluminación y ventilación, y una pizarra. Este entorno debe fomentar la participación activa y utilizar las mejores herramientas tecnológicas disponibles para garantizar transparencia y confianza entre los participantes.

Es necesario realizar las reuniones ICE una vez por semana como mínimo, con la participación activa de todos los involucrados en el proyecto. En la etapa de diseño, la frecuencia puede llegar a incrementarse hasta dos veces por semana o incluso ser diaria,

según la envergadura del proyecto. Estas reuniones permiten integrar todas las especialidades del proyecto y mejorar la comprensión global, optimizando así los procedimientos de diseño.

Se debe establecer agendas claras que alineen al equipo con los objetivos del proyecto. Las agendas deben compartirse previamente con todos los involucrados para permitir la presentación de soluciones mediante lluvias de ideas en caso de surgir problemas. Las sesiones previas ayudan a reducir los tiempos de latencia y a tomar decisiones con mayor rapidez.

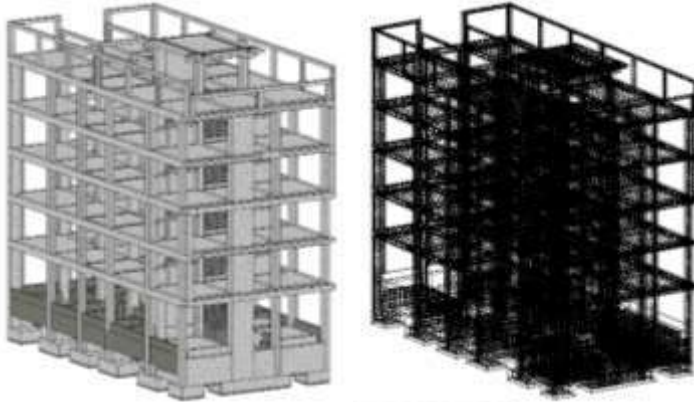
4.2.6. H6: Modelo 3D.

La representación tridimensional de los planos, junto con la representación paramétrica de cada parte de la edificación, conforma el Modelo 3D. En el caso de estudio, se utilizó un enfoque tradicional con planos en 2D; por lo tanto, se recomienda implementar Modelos 3D para mejorar la visualización, coordinación, presentación del proyecto, revisión del diseño y detección de incompatibilidades, optimizando así la planificación y el control de la productividad. El desarrollo de los modelos 3D se realiza de la siguiente manera:

Modelado de Estructuras. En la plantilla estructural de Revit, se vincula el plano CAD de estructuras. Se crean niveles 5 centímetros por debajo del nivel de piso terminado, asegurando que los elementos estructurales queden siempre por debajo de los acabados al integrarse con el modelo arquitectónico. Así, se modelaron las vigas, columnas, placas y losas según las medidas del plano. El modelado se realizó en 20 días.

Figura 3

Modelado de Concreto y Acero – Especialidad de Estructuras



El modelado de estructuras de concreto y acero (Figura 3) se realizó con precisión en cantidad, tamaño, forma y ubicación por lo cual es un Nivel de Desarrollo (LOD) 400.

Modelado de Arquitectura. En la plantilla arquitectónica de Revit, se vincula el plano CAD de arquitectura y el modelo de estructuras, creando niveles de referencia por piso. Se modela cada elemento con su respectivo acabado en el nivel adecuado, siguiendo el diseño de los planos CAD. El modelado se completó en 15 días.

Figura 4

Modelado de la Especialidad de Arquitectura



El modelado de arquitectura (Figura 4) se llevó a cabo con precisión en cantidad, tamaño, forma y ubicación por lo cual es un Nivel de Desarrollo (LOD) 400.

Modelado de Instalaciones Sanitarias. En la plantilla de fontanería de Revit, se vinculan los modelos de arquitectura y estructuras. Se configuran los niveles de arquitectura para el modelado de tuberías y accesorios, asegurando que cada elemento se ajuste al nivel del piso terminado según los planos CAD. El modelado se completó en 15 días.

Figura 5

Modelado de la Especialidad de Instalaciones Sanitarias



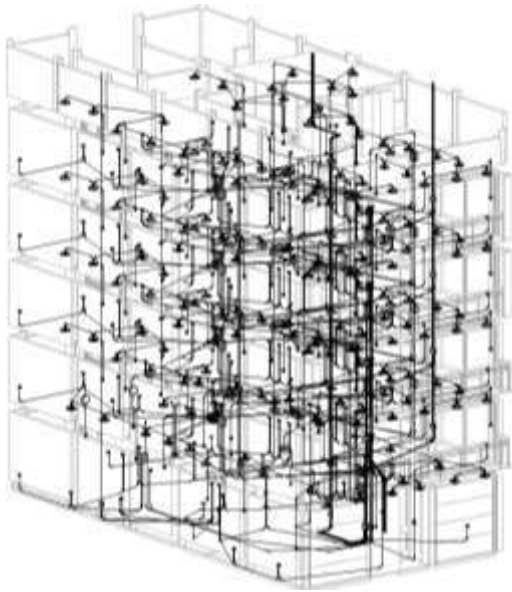
El modelado de instalaciones sanitarias (Figura 5) se realizó con precisión en cantidad, tamaño, forma y ubicación por lo cual es un Nivel de Desarrollo (LOD) 400.

Modelado de Instalaciones Eléctricas. En la plantilla eléctrica de Revit, se vinculan los modelos de estructuras y arquitectura ya desarrollados para establecer los niveles de

referencia. Se colocan los elementos de acuerdo con el nivel del piso terminado y los planos CAD. El modelado se completó en 15 días.

Figura 6

Modelado de la Especialidad de Instalaciones Eléctricas



El modelo de instalaciones eléctricas (Figura 6) se llevó a cabo con precisión en cantidad, tamaño, forma y ubicación por lo cual es un Nivel de Desarrollo (LOD) 400.

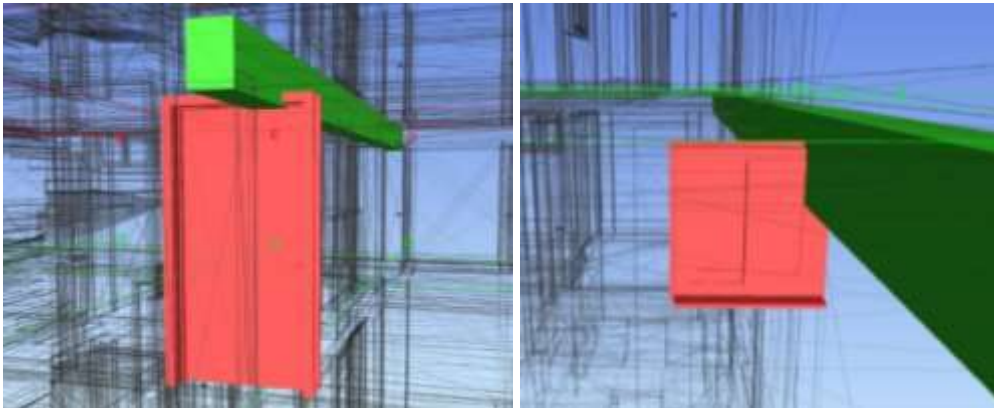
Con base en los criterios de Maciel *et al.*, (2022), el modelado se llevó a cabo en plantillas separadas para cada especialidad, con vinculación entre ellas. Esta metodología permitió mantener las plantillas más ligeras de modo que no interfieran en el procesamiento informático. Además, al separar las especialidades, se previno la posibilidad de cambios accidentales en los modelos de otras disciplinas, un riesgo que puede surgir cuando todo se modela en una única plantilla.

Detección de interferencias. Una vez finalizado el modelado, se procedió a integrar los modelos con el software Navisworks para detectar interferencias. Este hallazgo fue logrado al sobreponer los modelos 3D en un orden particular, de la siguiente manera:

Estructuras VS Arquitectura: se identificaron 64 conflictos, que incluyen interferencias entre muros, vigas, ventanas y puertas. La Figura 7 muestra las más resaltantes.

Figura 7

Interferencias Estructuras VS Arquitectura

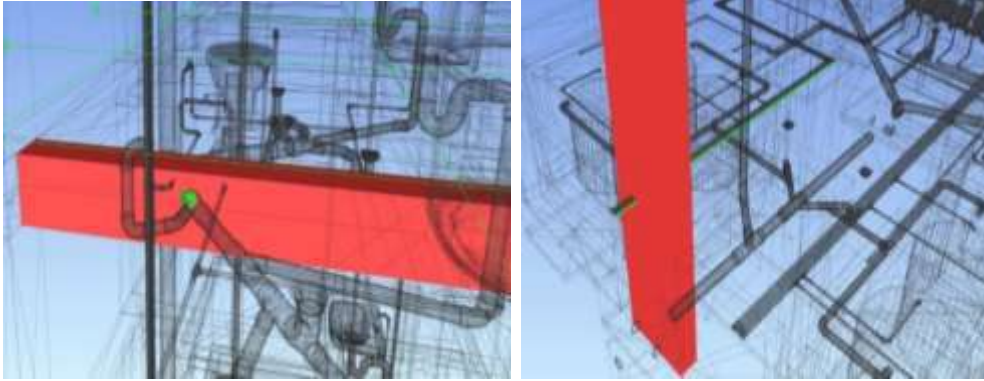


Como se muestra en la Figura 7, se detectó que puertas y ventanas se cruzaban con vigas debido a errores de diseño. Durante el modelado, se prioriza la integridad de las vigas, ajustando las ventanas y puertas conforme al plano arquitectónico. Este enfoque aseguró una representación precisa y evitó desplazamientos innecesarios de los elementos estructurales.

Estructuras VS IISS: se encontraron 103 conflictos, especialmente con tuberías que atraviesan vigas, columnas y placas. En la Figura 8 se muestran las más resaltantes.

Figura 8

Interferencias Estructuras VS Instalaciones Sanitarias

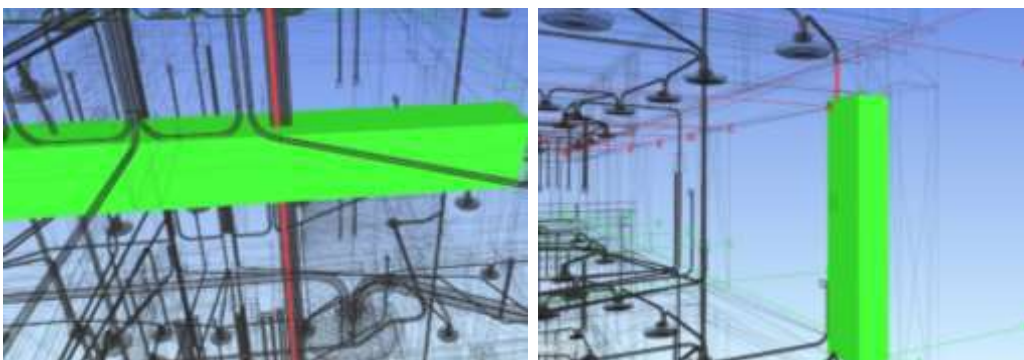


La Figura 8 ilustra las interferencias entre las tuberías de desagüe y las vigas, así como entre las tuberías de agua y el muro de concreto. Estas interferencias son críticas ya que podrían haber comprometido la capacidad estructural. Al identificarse a tiempo, es posible realizar ajustes antes de la ejecución. Para resolver estos problemas, se recomienda reubicar estratégicamente las tuberías, redirigiéndolas hacia los muros.

Estructuras VS IIEE: en el análisis de interferencias se identificaron 128 conflictos, con tuberías que atraviesan columnas, placas y vigas.

Figura 9

Interferencias Estructuras VS Instalaciones Eléctricas



La Figura 9 muestra el posicionamiento incorrecto de tuberías en elementos estructurales clave, como columnas y vigas. Se observa un interruptor ubicado en una columna y un grupo de tuberías cruzando una viga. Para solucionar estos problemas, es necesario reubicar estratégicamente las tuberías para garantizar la estabilidad estructural.

Estos ejemplos resaltan la relevancia de utilizar la metodología BIM para garantizar la compatibilidad en los proyectos. Es crucial priorizar las interferencias según su impacto. Para resolver estos problemas, se deben programar sesiones ICE con todas las partes interesadas para tomar decisiones conjuntas.

Después de detectar las interferencias, se muestra en la Figura 10 la cantidad y el porcentaje de interferencias entre especialidades: 64 (22%) para "Estructuras VS arquitectura", 103 (35%) para "Estructura VS instalaciones sanitarias" y 128 (43 %) entre "Estructura VS instalaciones eléctricas", dando un total de 295 interferencias.

Figura 10

Porcentaje de interferencias por especialidad.



Según se muestra en la Figura 10, las interferencias de "Estructura VS instalaciones eléctricas" son las más comunes, principalmente causadas por la presencia de tuberías y dispositivos en elementos estructurales. Para minimizar estas interferencias, es fundamental coordinar la instalación de los sistemas eléctricos con la de las estructuras. Se debe evitar colocar tomacorrientes, interruptores y conmutadores en placas, columnas y vigas, y en su lugar, ubicarlos en los muros.

Por otro lado, Maciel *et al.*, (2022) identificaron en su estudio que el mayor número de interferencias se dio entre Estructuras VS Instalaciones Sanitarias, lo cual también subraya la importancia de utilizar la metodología BIM para una mejor coordinación.

El cálculo del indicador de interferencias por metro cuadrado se basó en el número total de interferencias identificadas en relación con el área techada total del proyecto, tal como se indica en la Tabla 4.

Tabla 4

Interferencias por metro cuadrado

Datos	
Área techada (m2)	617.87
Interferencias (N°)	295
Interferencias/m2	0.48

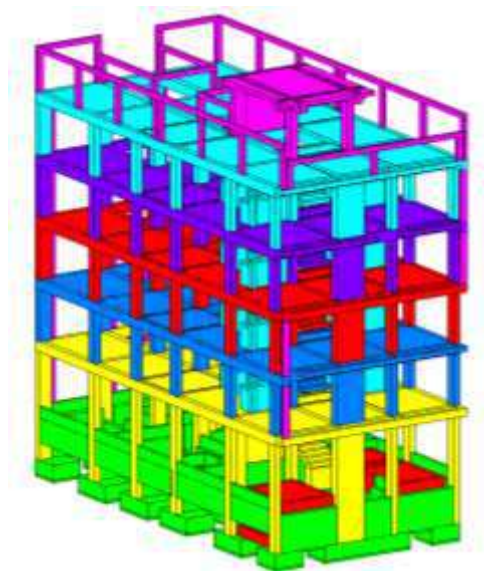
La tabla 4 muestra que existe 0.48 interferencias por metro cuadrado de área techada, lo que indica una cantidad significativa en relación con el área total. Este hallazgo es crucial para evaluar el impacto en el presupuesto, ya que resalta la necesidad de identificar posibles modificaciones que podrían haber afectado el presupuesto original. El análisis sistemático mediante la superposición de modelos en Navisworks facilita la detección temprana de

problemas y contribuye a una ejecución más eficiente del proyecto, al reducir retrabajos y retrasos durante la construcción.

4.2.7. H7: Modelo 4D. El factor tiempo determina una secuencia de ejecución para cada elemento del proyecto, lo que permite controlar su dinámica y anticipar posibles dificultades, aumentando así el rendimiento y cumpliendo con los plazos establecidos. Implementar el modelo 4D en la planificación y control de un proyecto puede ser de gran ayuda para asegurar el cumplimiento de los tiempos y el presupuesto, siendo esencial realizar un monitoreo constante del avance del proyecto. La Figura 11 muestra la sectorización mensual de la especialidad de estructuras del Proyecto D, según el cronograma contractual. Esta metodología también puede aplicarse a otras especialidades.

Figura 11

Sectorización mensual - Especialidad de estructuras



La sectorización o simulación 4D permiten generar reportes de control del avance del proyecto utilizando el modelo BIM. Este enfoque es más valorado por los clientes en

comparación con un diagrama de Gantt, ya que facilita una mejor comprensión y visualización del avance del proyecto.

4.2.8. H8: Modelo 5D.

Abarca la obtención de metrados y la estimación de costos, lo que posibilita una gestión exacta de los datos económicos y aumenta la rentabilidad de la inversión en el proyecto. Después de generar los modelos 3D de las diferentes especialidades, se elaboran cuadros de cuantificación. Esta metodología permitió comparar la variación en los metrados obtenidos con BIM y la metodología tradicional, mostrando la eficacia de la integración de BIM en el proyecto.

Estructuras. Se analizó el 75.56% (34 partidas) del total de partidas, excluyendo algunas como el movimiento de tierras por falta de modelado topográfico, y los mesones de concreto debido a la falta de detalles que impedían su análisis completo. De las partidas sometidas a análisis, se identificó que el 100% presentaba variación.

Arquitectura. Se analizó el 95.65% (22 partidas) del total de partidas, excluyendo algunas como el pasamanos debido a que tiene una unidad de medida global asociada. De las partidas sometidas a análisis, se identificó que el 81.82% presentaba variación.

Instalaciones sanitarias. Se evaluó el 95.92% (47 partidas) del total de las partidas que incluyen aparatos sanitarios, sistemas de agua fría, desagüe y ventilación. Se identificó que el 59.57% presentaba variación. De las cuales, de acuerdo con los planos en CAD, el metrado tradicional no consideró algunas partidas como accesorios sanitarios lo que condujo a la variación en el metrado.

Instalaciones eléctricas. Se evaluó el 96% (23 partidas) de todas las partidas, excluyendo el sistema de puesta a tierra debido a que su unidad de medida era global. De las partidas sometidas a análisis, se identificó que el 56.52% presentan variación.

La Tabla 5 detalla la variación de las partidas por especialidad.

Tabla 5

Variación de partidas por especialidad.

Especialidad	Total partidas	P. con variación	P. sin variación	Porcentaje	
				P. con variación	P. sin variación
Estructuras	34	34	0	100.00%	0.00%
Arquitectura	22	18	4	81.82%	18.18%
Inst. Sanitarias	47	28	19	59.57%	40.43%
Inst. Eléctricas	23	13	10	56.52%	43.48%
Total	126	93	33	73.81%	26.19%

Según la Tabla 5, la mayor variación se encuentra en la especialidad de estructuras, seguida de arquitectura. Se observa que en todas las especialidades más del 50% presentan variación, lo cual afecta negativamente al presupuesto.

Análisis de variación de partidas. Se analizó el total de partidas analizadas del proyecto en la Tabla 6, comparando las partidas con variaciones en el metrado usando la metodología BIM y la tradicional.

Tabla 6

Variación total de partidas

PARTIDAS	UND	N.º de partidas	Porcentaje (%)
Total de partidas analizadas del proyecto	und	126	100.00%
Total de partidas con variación	und	93	73.81%
Total de partidas sin variación	und	33	26.19%

De todas las partidas examinadas utilizando la metodología BIM, el 73.81% (93 partidas) presentan variación con el metrado tradicional, y solo el 26.19% (33 partidas) no presentan variación alguna. Por lo que, el uso de las herramientas BIM es vital para garantizar la optimización y la calidad del proyecto.

Comparación de Costos. Se llevó a cabo la comparación de los costos totales de cada especialidad entre la metodología tradicional (ítems extraídos del expediente) y la metodología BIM. Se observó que las partidas con variaciones en el metrado también experimentan cambios en los costos.

Tabla 7

Comparación de costos totales por especialidad

Especialidad	Metodología tradicional	Metodología BIM	Diferencia
Estructuras	S/ 367,773.24	S/ 362,032.92	S/ 5,740.32
Arquitectura	S/ 304,190.49	S/ 270,690.30	S/ 33,500.19
Inst. Sanitarias	S/ 58,642.92	S/ 59,213.74	-S/ 570.82
Inst. Eléctricas	S/ 73,823.83	S/ 69,987.36	S/ 3,836.47
Total	S/ 804,430.48	S/ 761,924.32	S/ 42,506.16

En la Tabla 7 indica que el costo total del proyecto, según el expediente técnico, es de S/804,430.48, mientras que el costo utilizando herramientas BIM es de S/761,924.32, lo que representa una diferencia de S/42,506.16. Esta diferencia indica una optimización del 5.28% con respecto al método tradicional. En comparación, Chirinos y Pecho (2019) reportaron una optimización del 1.97%. Esto sugiere que la implementación de BIM no solo

ofrece ventajas económicas, sino que también contribuye a mejorar el tiempo y la calidad del proyecto.

Análisis de Rentabilidad BIM e IPD. A través de la tabla 8 y 9 se evaluó el costo previsto para la implementación de las metodologías BIM e IPD en el caso de estudio. Dicha implementación requiere conocimientos previos, por lo que se consideró un costo de capacitación. Este costo fue obtenido del curso "Gerencia de Proyectos mediante IPD y BIM" del Centro de Educación Continua de la ESPOL.

También se incluye el costo del modelado y gestión de la implementación de la metodología BIM y la generación de metrados en Revit, se registró el tiempo empleado en crear el modelo BIM del proyecto D, que fue de 10 semanas (250 horas) trabajando 5 horas al día. Se estimó un salario mensual de S/3,341.00 según Diar Ingenieros S.A., con un horario de trabajo de 48 horas por semana durante 4 semanas, lo que equivale a S/17.40 por hora de trabajo.

Tabla 8

Costo de implementación BIM e IPD

Descripción	Cantidad
Costo de Capacitación	S/ 4,247.36
Costo de Modelado y gestión	S/ 4,350.00
Costo de implementación BIM e IPD	S/ 8,597.36

Con base en esta información, es posible determinar el ROI de la implementación de las metodologías BIM e IPD, lo que nos permitirá evaluar su rentabilidad. La rentabilidad según Cabrera y Quiroz (2020) la rentabilidad se calcula al relacionando la utilidad neta con el costo de la implementación.

$$ROI\% = \frac{UNBI}{CIBI}$$

UNBI = Utilidad neta con BIM e IPD

CIBI = Costo de inversión de implementación BIM e IPD

Tabla 9

Cálculo del Retorno de inversión (ROI).

Descripción	Cantidad
Ajuste de Costo Directo con BIM	S/ 42,506.16
Costo Implementación BIM e IPD	S/ 8,597.36
Utilidad Neta	S/ 33,908.80
ROI %	394.41%

En la Tabla 9 se muestra que la inversión en BIM e IPD generó un retorno del 394.41%, lo que equivale a obtener S/3.94 por cada S/1 invertido. En comparación, Cabrera y Quiroz (2020) reportaron un retorno del 109% para la metodología BIM. Esto sugiere que las metodologías BIM e IPD ofrecen una ganancia significativamente mayor en comparación con la metodología tradicional.

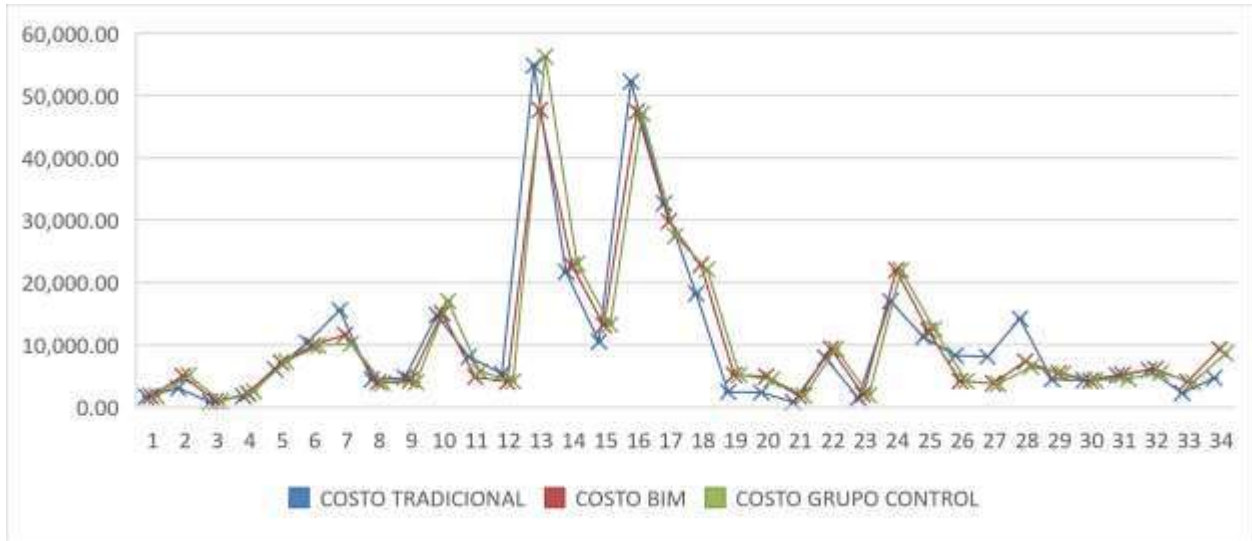
4.3. Validación

4.3.1. Análisis estadístico.

Para realizar el análisis, de acuerdo con Ureta y Chileno (2022), se creó un Grupo de Control (GC) que consiste en realizar un metrado minucioso para determinar la exactitud de la información obtenida a través de la metodología tradicional y BIM. La Figura 12 presenta la variación de los costos de la especialidad de estructuras en relación con el Grupo de Control.

Figura 12

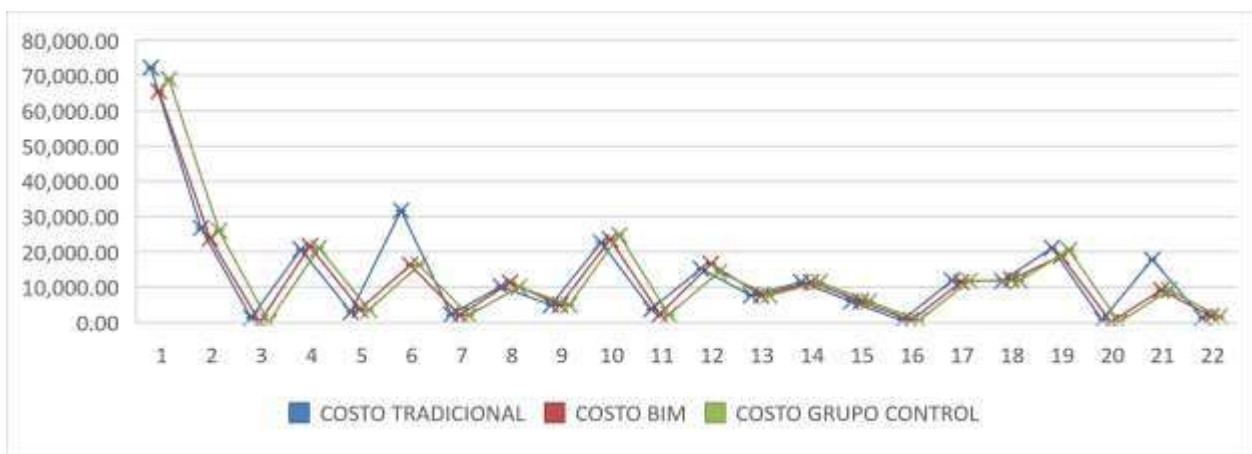
Costos de la Especialidad de Estructuras



De manera similar, la Figura 13 evidencia que los costos de la especialidad de arquitectura tienen menor variación con la metodología BIM respecto al Grupo de control, comparado con la metodología tradicional.

Figura 13

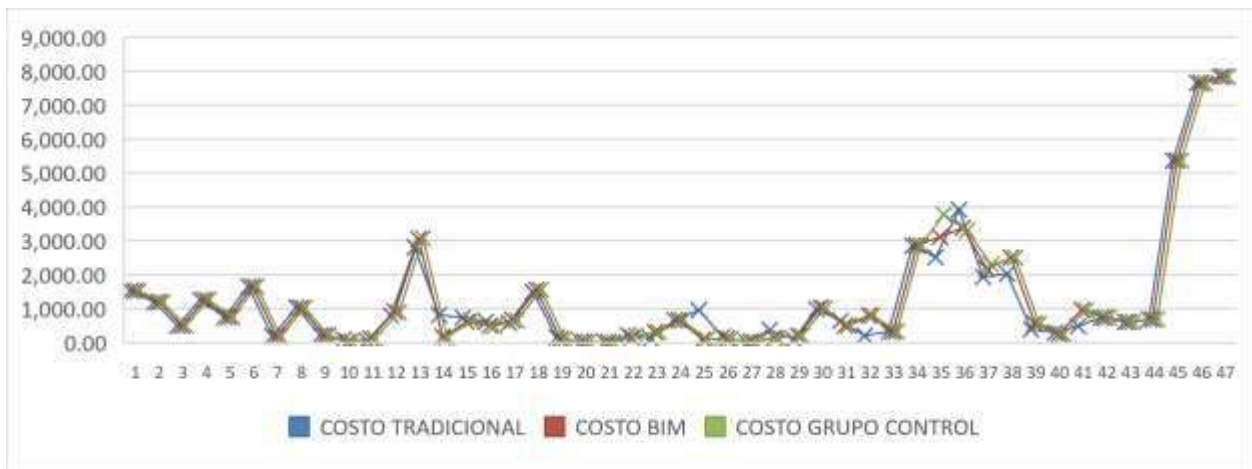
Costos de la Especialidad de Arquitectura



En la Figura 14, se aprecia que los costos de la especialidad de instalaciones sanitarias presentan menor variación con la metodología BIM respecto al Grupo de control, en comparación con la metodología tradicional.

Figura 14

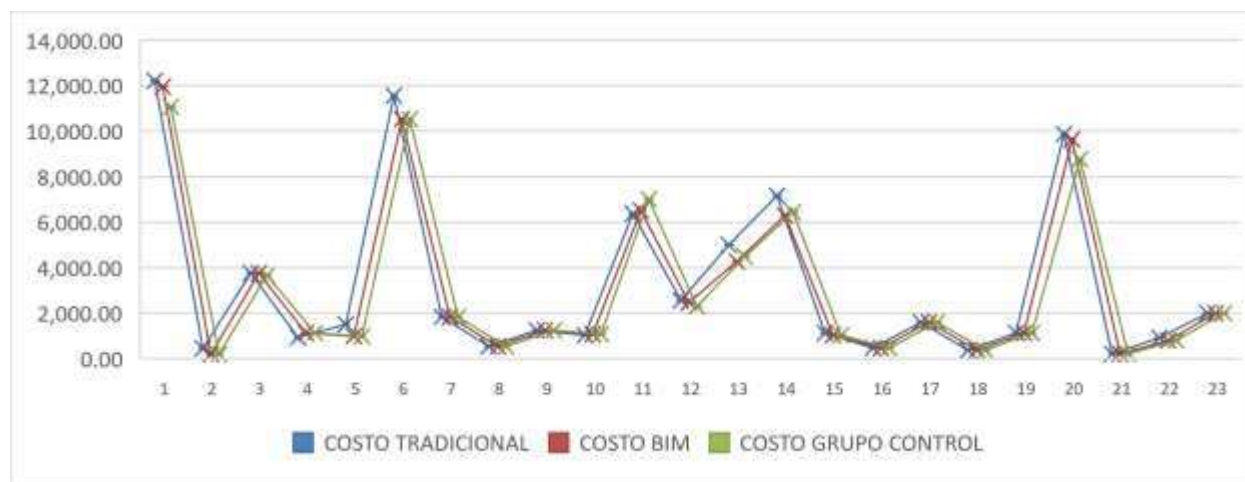
Costos de la Especialidad de Instalaciones Sanitarias



La Figura 15 muestra que los costos en la especialidad de Instalaciones Eléctricas son más precisos con la metodología BIM, presentando una menor variación frente al Grupo de Control, en comparación con la metodología tradicional.

Figura 15

Costos de la Especialidad de Instalaciones Eléctricas



Utilizando la información presentada en las Figuras 12 al 15, se determinaron los porcentajes de variación respecto al Grupo de Control. Para el análisis estadístico, se empleó la prueba de cola izquierda con un valor crítico z , ya que se trabajó con una muestra grande de 126 partidas, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.01$. Con 125 grados de libertad (GL). La hipótesis planteada se muestra en la Tabla 10 y 11.

Tabla 10

Prueba de Hipótesis para dos muestras

Hipótesis	Símbolo	Descripción	Expresión	Regla de decisión
H. Alternativa	H_a	Con la metodología BIM los costos se optimizan.	$\mu_1 < \mu_2^1$	SE RECHAZA Ho Si: $Z_k < Z_\alpha$
H. Nula	H_0	Con la metodología BIM los costos no se optimizan.	$\mu_1 \geq \mu_2^1$	SE ACEPTA Ho Si = $Z_k \geq Z_\alpha$

μ_1 representa la media muestral del porcentaje de variación de los costos de BIM en relación al Grupo de Control; y μ_2 es la media muestral del porcentaje de variación de los costos del Expediente Técnico en relación al Grupo de control.

Tabla 11

Datos para el Estadístico de Prueba

Muestra	N	Media	Desv. Est.
% Variación BIM / G.C.	126	$x_1 = 2.96 \%$	$\sigma_1 = 4.59 \%$
% Variación E.T. / G.C.	126	$x_2 = 46.79 \%$	$\sigma_2 = 145.71 \%$

Con estos datos, el cálculo se realiza de acuerdo con la siguiente fórmula:

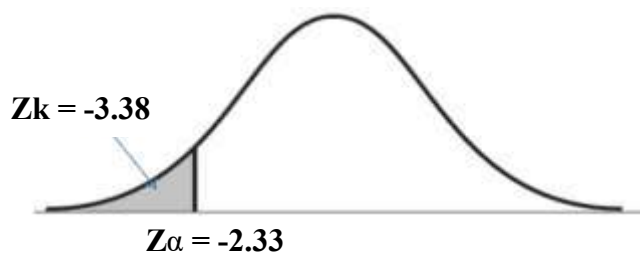
$$Z_k = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Se obtiene un valor de $Z_k = -3.38$ como resultado. En la tabla "Z", se encuentra un valor crítico de $Z_\alpha = -2.33$ para un nivel de significancia $\alpha = 0,01$.

En la Figura 16 se observa que el valor de Z_k obtenido (-3.38) es inferior a Z_α (-2.33), por lo tanto, se descarta la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Esto confirma que la metodología BIM optimiza los costos, proporcionando datos más precisos.

Figura 16

Zona de aceptación y rechazo de la Hipótesis



4.3.2. Matriz de validación.

Después de analizar las ocho herramientas propuestas, la Tabla 12 muestra cómo cada una aborda y resuelve los problemas de gestión identificados en el diagnóstico, con la meta de mejorar la gestión en proyectos futuros de la SME.

Tabla 12

Propuestas de mejora y aplicación.

Herramientas Propuestas		Problema a resolver								
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
H1	Contrato Colaborativo: NEC4 ECC	X		X	X	X		X	X	X
H2	ECD – Trimble Connect	X		X	X	X				
H3	Software: Revit y Navisworks	X	X		X	X	X	X		
H4	Equipos de Trabajo	X		X	X					
H5	Sesiones ICE	X		X	X	X				
H6	Modelo 3D BIM	X	X	X	X	X	X	X		
H7	Modelo 4D BIM			X		X		X		
H8	Modelo 5D BIM		X	X			X			

Como se muestra en la Tabla 12, las herramientas H1 y H6 abordan la mayoría de los problemas identificados, seguido de la herramienta H3 que resuelve seis. De la Herramienta H1 se puede decir que un contrato detallado asegura un entendimiento completo y la definición de las responsabilidades de cada parte, fomentando así un mayor nivel de colaboración en el proyecto durante su desarrollo y ejecución. Las herramientas H2 y H5 son clave para mejorar la comunicación, coordinación y colaboración entre los equipos. La herramienta H3 resalta la importancia de utilizar software adecuado, como Revit y Navisworks, para la implementación efectiva de modelos BIM. La herramienta H4 subraya la necesidad de definir claramente los miembros del equipo y asegurar su colaboración activa en cada etapa del proceso. También es esencial que el contrato contenga toda la

documentación necesaria para que el contratista pueda realizar las obras planificadas; por lo tanto, las herramientas H6, H7 y H8 son esenciales desde las primeras etapas del proyecto hasta su conclusión. Estas herramientas no solo mejoran la calidad de los entregables, sino que también optimizan la planificación del proyecto, los metrados y los costos, garantizando entregables más precisos.

5. DISCUSIÓN

Al examinar el caso de estudio se han identificado nueve problemas clave en la gestión tradicional de edificaciones residenciales. Estos problemas coinciden con los reportados por Othman y Youssef (2021), Yabar-Ardiles *et al.*, (2023), Ajmal y Rajasekaran (2023) y Dos Santos *et al.*, (2023), quienes también identificaron problemas similares. La coincidencia con estudios previos subraya las persistentes deficiencias en la gestión tradicional.

De la integración de IPD y BIM se proponen ocho herramientas de optimización como la implementación de cláusulas colaborativas NEC4 ECC en contratos tradicionales, Yabar-Ardiles *et al.*, (2023) y Wright y Fergusson (2009), respaldan esta propuesta, indicando que NEC ECC mejora la gestión del proyecto, proporciona claridad contractual y fomenta relaciones proactivas, optimizando así la gestión. La herramienta Trimble Connect ECD simplifica la colaboración y la comunicación de datos en proyectos BIM, Gehry *et al.*, (2020) destacan que esta herramienta mejora la claridad constructiva, reduciendo costos y plazos. El uso de Revit y Navisworks dentro de un entorno BIM se destaca por su interoperabilidad y capacidad para integrar información de diversas disciplinas, según Akter *et al.*, (2024), estas herramientas mejoran significativamente la calidad y seguridad en la

construcción. Sobre los Equipos de Trabajo, el equipo del caso de estudio no tuvo intervención del contratista hasta la propia ejecución de la obra, este enfoque debe mejorarse, la adopción de los principios de IPD (NEC4 ECC) al integrar al contratista desde etapas tempranas están respaldadas por autores como Franz *et al.*, (2017) y Laurent y Leicht (2019) que destacan que su integración mejora significativamente el rendimiento en términos de costos y plazos de los proyectos. En relación con las sesiones ICE, se recomienda implementarlas regularmente, al menos una vez por semana, e incrementar su frecuencia durante la etapa de diseño, esta práctica mejorará la colaboración y comunicación del equipo, Laurent y Leicht (2019) también sugieren sesiones semanales o más frecuentes para optimizar la gestión. El análisis del Modelo 3D reveló 295 interferencias, equivalentes a 0.48 interferencias por m² de área techada. Estos hallazgos sugieren que el uso de BIM facilita la identificación y corrección de interferencias antes de la ejecución del proyecto, lo que resulta en ahorro de costos y tiempo. En línea con esto, Dos Santos *et al.*, (2023) confirman que la compatibilización de proyectos mediante BIM permite detectar y corregir interferencias antes de la fase de ejecución, mejorando así la gestión del proyecto. La integración del Modelo 4D facilita la toma de decisiones y mejora la comunicación al permitir visualizar la secuencia de construcción a lo largo del tiempo. Según Martins *et al.*, (2022) el Modelo 4D optimiza la comunicación entre equipos en las distintas etapas del proyecto. En relación con el Modelo 5D, el estudio reveló que el 73.81% de las partidas analizadas presentaron variaciones en metrados y costos. La metodología BIM logró una optimización del 5.28%, lo que representó un ahorro de S/42,506.16. Por su parte, Chirinos y Pecho (2019) reportaron una optimización del 1.97%, mostrando que la metodología BIM reduce el margen de error y mejora los costos a través de una cuantificación más precisa de los metrados. El análisis de rentabilidad mostró

un retorno de inversión de 394.41%, lo que indica que cada sol invertido en BIM e IPD generó un retorno de S/ 3.94. De forma similar, Cabrera y Quiroz (2020) encontraron un retorno del 109%, lo que sugiere que estas metodologías son rentables. La validación del modelo se comprobó con el análisis estadístico Z que confirmó la optimización de los costos con un valor de $Z_k = -3.38$ menor que $Z_\alpha = -2.33$. La Matriz de Validación demostró que todas las herramientas propuestas abordan problemas de gestión, con el Contrato Colaborativo NEC4 ECC y el Modelo 3D BIM resolviendo el mayor número de problemas. Khanna *et al.*, (2021) destacan que la integración de las metodologías IPD y BIM mejoran la coordinación y la transparencia, optimizando costos y plazos. Por lo tanto, la implementación de estas metodologías optimizará la gestión para futuros proyectos.

Se debe mencionar que existen dimensiones adicionales de BIM en desarrollo, como BIM 6D (energía y sostenibilidad), BIM 7D (mantenimiento y gestión del activo), y las emergentes BIM 8D (seguridad), BIM 9D (Lean Construction) y BIM 10D (industrialización de la construcción), así como el CIM (*City Information Model*). A medida que la tecnología evoluciona, se recomienda incorporar nuevas tecnologías como la inteligencia artificial (IA) y el Machine Learning con IPD y BIM para procesos más eficientes. Esta investigación destaca los beneficios de BIM e IPD y sugiere la integración de nuevas dimensiones y tecnologías en futuras investigaciones. Es aconsejable darle mayor importancia a cambiar la forma de pensar y la actitud para obtener mejores resultados, utilizando el método de Kotter para la gestión del cambio, que permitirá conducir los procesos de transformación dentro de la SME de manera estratégica y efectiva.

6. CONCLUSIONES

Respecto al primer objetivo específico, se logró evaluar la gestión de edificaciones residenciales de una SME y uno de sus proyectos, identificando nueve problemas recurrentes, como deficiencias en planos, metrados y presupuestos, así como retrasos por planificación inadecuada en el abastecimiento de materiales. Respecto al segundo objetivo específico, se desarrollaron ocho propuestas de optimización basadas en las metodologías BIM e IPD. La introducción de cláusulas colaborativas NEC4 ECC para garantizar claridad contractual. ECD Trimble Connect para una gestión documental eficiente. Revit y Navisworks para facilitar la gestión de modelos BIM. Involucramiento temprano del contratista para reducir modificaciones. Sesiones ICE para mejorar la comunicación, coordinación y colaboración. El Modelo 3D permitió identificar 0.48 interferencias por m². El modelo 4D facilitó la supervisión del progreso. El modelo 5D optimizó los costos en un 5.28%, con un retorno de inversión de S/ 3.94 por sol invertido. Respecto al tercer objetivo específico, la validación mediante el análisis estadístico Z confirmó que la metodología optimiza los costos y proporciona datos más precisos. Además, la matriz de validación destacó al contrato colaborativo NEC4 ECC y al modelo 3D como las herramientas más efectivas para resolver problemas de gestión. En conclusión, se alcanzó el objetivo general al demostrar que las metodologías IPD y BIM optimizan la etapa de diseño en edificaciones residenciales, resolviendo problemas de gestión, proporcionando precisión en los entregables, garantizando claridad contractual, mejorando la planificación y fomentando una colaboración y comunicación efectiva. Se recomienda su adopción en futuros proyectos por su capacidad para mejorar la gestión, contribuyendo a cerrar la brecha de conocimiento en este campo.

Referencias Bibliográficas

- Acero, Y. (2023). Consejero regional anuncia reanudar obras paralizadas en Tacna. *Radio Uno*. <https://radiouno.pe/noticias/183001/consejero-regional-anuncia-reanudar-obras-paralizadas-en-tacna/>
- Ahmed, M. M., Lotfy, S. M., Othman, A. A. E., & Hammad, H. A. (2016). An Analytical Study of the Current Status of Managing Change Orders during the Construction Phase of Governmental Projects in Egypt. *MEJ Mansoura Engineering Journal*.
- AIA California Council. Integrated Project Delivery A Guide, (2007).
- Ajmal, M., & Rajasekaran, C. (2023). Comparison of Afghanistan's Construction and Engineering Contract with International Contracts of FIDIC RED BOOK (2017) and NEC4—ECC. Lecture Notes in Civil Engineering,
- Akter, J., Datta, S. D., Islam, M., Tayeh, B. A., Sraboni, S. A., & Das, N. (2024). Assessment and analysis of the effects of implementing building information modelling as a lean management tool in construction management [Article]. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-08-2023-0118>
- Alcantara, P. (2013). *Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM* <http://hdl.handle.net/20.500.14076/3760>
- Alinezhad, M., Saghatforoush, E., Kahvandi, Z., & Preece, C. (2020). Analysis of the Benefits of Implementation of IPD for Construction Project Stakeholders. *CIVIL ENGINEERING JOURNAL-TEHRAN*, 6(8), 1609-1621. <https://doi.org/10.28991/cej-2020-03091570>
- Alqahtani, F. K., Alsanad, A., Alsanad, A., Sherif, M., & Mohamed, A. G. (2022). Scrutinizing the Adoption of Integrated Project Delivery in the Kingdom of Saudi Arabia Construction Sector. *BUILDINGS*, 12(12), Article 2144. <https://doi.org/10.3390/buildings12122144>
- Asvadurov, S., Varilla, R., Brindado, T., Brown, T., Knox, D., & Ellis, M. (2017). *The art of project leadership: Delivering the world's largest projects*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/the-art-of-project-leadership-delivering-the-worlds-largest-projects#/>
- Bravo, A. J., & Mendoza, J. C. (2019). *Propuesta de un método de integración basado en las herramientas de Integrated Project Delivery y Virtual Design and Construction para reducir el impacto de las incompatibilidades en la etapa de diseño de edificios residenciales de alto desempeño en Lima Metropolitana* <http://hdl.handle.net/10757/628154>
- Buk'hail, R., & Al-Sabah, R. S. (2022). Exploring the Barriers to Implementing the Integrated Project Delivery Method [Article]. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2022.04.003>
- Cabrera, J., & Quiroz, L. (2020). Análisis del retorno de inversión al aplicar Building Information Modeling (BIM) en un proyecto inmobiliario. (Lima - Perú). <http://hdl.handle.net/20.500.12404/17033>
- Chirinos Santander, L. R., & Pecho Llacta, J. C. (2019). Implementación de la metodología BIM en la construcción del proyecto multifamiliar DUPLO para optimizar el costo establecido. In *Implementation of the BIM methodology in the construction of the*

- DUPLO multifamily project to optimize the established cost*: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Dos Santos, D. F. A., Ferreira, M. E. C., & Ferreira, M. P. (2023). Compatibility of design through BIM methodology. *REVISTA INGENIERIA DE CONSTRUCCION*, 38(1), 80-89. <https://doi.org/10.7764/RIC.00053.21>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Architects, Engineers and Contractors*.
- El Asmar, M., Hanna, A. S., & Loh, W. Y. (2013). Quantifying Performance for the Integrated Project Delivery System as Compared to Established Delivery Systems. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(11), Article 4013012. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000744](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000744)
- Franz, B., Leicht, R., Molenaar, K., & Messner, J. (2017). Impact of Team Integration and Group Cohesion on Project Delivery Performance [Article]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(1), Article 04016088. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001219](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001219)
- Gehry, F., Lloyd, M., & Shelden, D. (2020). Empowering Design: Gehry Partners, Gehry Technologies and Architect-Led Industry Change [Article]. *Architectural Design*, 90(2), 14-23. <https://doi.org/10.1002/ad.2542>
- Kent, D. C., & Becerik-Gerber, B. (2010). Understanding construction industry experience and attitudes toward integrated project delivery [Article]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(8), 815-825. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000188](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000188)
- Khanna, M., Elghaish, F. F., McIlwaine, S., & Brooks, T. (2021). FEASIBILITY OF IMPLEMENTING IPD APPROACH FOR INFRASTRUCTURE PROJECTS IN DEVELOPING COUNTRIES. *JOURNAL OF INFORMATION TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION*, 26, 902-921. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.048>
- La Contraloría General de la República del Perú. (2023). *Reporte de obras paralizadas en el territorio Nacional a mayo 2023*. Lima, Perú Retrieved from <https://www.gob.pe/institucion/contraloria/informes-publicaciones/4157828-reporte-de-obras-paralizadas-en-el-territorio-nacional-a-mayo-2023>
- Lau, C. H., Mesthrige, J. W., Lam, P. T. I., & Javed, A. A. (2019). The challenges of adopting new engineering contract: a Hong Kong study [Article]. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(10), 2389-2409. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2018-0055>
- Laurent, J., & Leicht, R. M. (2019). Practices for Designing Cross-Functional Teams for Integrated Project Delivery [Article]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(3), Article 05019001. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001605](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001605)
- Ling, F. Y. Y., Teo, P. X., Li, S., Zhang, Z., & Ma, Q. (2020). Adoption of Integrated Project Delivery Practices for Superior Project Performance [Article]. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 12(4), Article 05020014. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LA.1943-4170.0000428](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000428)
- Maciel, A. C. F., de Souza, D. A., & Oliveira, P. H. (2022). DETECTION OF DESIGN INCOMPATIBILITIES BETWEEN TRADITIONAL 2D AND BIM

- METHODOLOGY: A COMPARATIVE STUDY. *REVISTA DE GESTAO E PROJETOS*, 13(3), 97-116. <https://doi.org/10.5585/gep.v13i3.22337>
- Martins, S. S., Evangelista, A. C. J., Hammad, A. W. A., Tam, V. W. Y., & Haddad, A. (2022). Evaluation of 4D BIM tools applicability in construction planning efficiency [Article]. *International Journal of Construction Management*, 22(15), 2987-3000. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1837718>
- MEF. (2021). *Plan de implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú*. Lima, Peru Retrieved from <https://www.gob.pe/mef>
- Mesa, H. A., Molenaar, K. R., & Alarcon, L. F. (2016). Exploring performance of the integrated project delivery process on complex building projects. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PROJECT MANAGEMENT*, 34(7), 1089-1101. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.05.007>
- Mesquita, H. D., Eduardo, R. C., Rodrigues, K. C., & de Paula, H. M. (2018). Case study of analysis of interferences between the discipline of a building with conventional designs (re) modeling in BIM. *MATERIA-RIO DE JANEIRO*, 23(3), Article e-12173. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620180003.0507>
- Mitchell, B., & Trebes, B. (2017). *Managing Reality: Book One*. <https://doi.org/10.1680/iecc.61828>
- Murguía, D. (2023). *Tercer estudio de adopcion BIM en proyectos de edificacion en Lima*. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/195846>
- Othman, A. A. E., & Youssef, L. Y. W. (2021). A framework for implementing integrated project delivery in architecture design firms in Egypt. *JOURNAL OF ENGINEERING DESIGN AND TECHNOLOGY*, 19(3), 721-757. <https://doi.org/10.1108/JEDT-02-2020-0047>
- Sullivan, J., El Asmar, M., Chalhoub, J., & Obeid, H. (2017). Two Decades of Performance Comparisons for Design-Build, Construction Manager at Risk, and Design-Bid-Build: Quantitative Analysis of the State of Knowledge on Project Cost, Schedule, and Quality. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(6), Article 04017009. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001282](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001282)
- Tapia, E. (2023). Hay más de S/ 29 mil millones en obras, paralizados por malos expedientes técnicos. *Voces*. <https://diariovoces.com.pe/242006/hay-mas-de-s-29-mil-millones-en-obras-paralizados-por-malos-expedientes-tecnicos>
- Ureta, D. D., & Chileno, J. O. (2022). Analisis comparativo de la rentabilidad entre el modelo convencional CAD y el BIM en la etapa de planificacion del bloque de administración de la escuela técnico superior PNP - Arequipa. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/5717>
- Wright, J. N., & Fergusson, W. (2009). Benefits of the NEC ECC form of contract: A New Zealand case study [Article]. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PROJECT MANAGEMENT*, 27(3), 243-249. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.03.005>
- Yabar-Ardiles, O., Sanchez-Carigga, C., Vigil, A. J. E., Málaga, M. S. G., & Zevallos, A. A. M. (2023). Seeking the Optimisation of Public Infrastructure Procurement with NEC4 ECC: A Peruvian Case Study. *BUILDINGS*, 13(11), Article 2828. <https://doi.org/10.3390/buildings13112828>
- Yañez, D. S. (2023). *Retos de la implementacion de BIM durante la etapa de diseño de infraestructura de salud* <http://hdl.handle.net/20.500.12404/24639>

ANEXOS

A: Evidencia de sumisión del artículo en una revista.

B/12/24, 19:59

Correo: delta.tizon - Outlook

 Outlook

[CivilEng] Manuscript ID: civileng-3313662 - Submission Received

Desde susy@mdpi.com <susy@mdpi.com>
en nombre de
Editorial Office <civileng@mdpi.com>

Fecha Mar 29/10/2024 18:56

Para Alain Jorge Espinoza Vigil <aespinozav@ucsm.edu.pe>; Alain Jorge Espinoza Vigil
<alainespinozavigil@gmail.com>

CC delta.tizon <delta.tizon@upeu.edu.pe>; Ecler Mamani Chambi <ecler.mamani@upeu.edu.pe>

Dear Professor Espinoza Vigil,

Thank you very much for uploading the following manuscript to the MDPI submission system. One of our editors will be in touch with you soon.

Journal name: CivilEng

Manuscript ID: civileng-3313662

Type of manuscript: Article

Title: Integrating BIM and IPD for Optimized Design of Residential Buildings:

A Case Study in Peru

Authors: Delta Salome Tizon Checca, Ecler Mamani Chambi, Alain Jorge Espinoza Vigil *

Received: 30 Oct 2024

E-mails: delta.tizon@upeu.edu.pe, ecler.mamani@upeu.edu.pe,
aespinozav@ucsm.edu.pe

We encourage you to provide an Author Biography on this publication's webpage. Please click the following link to find the corresponding instructions and decide whether to accept our invitation:

https://susy.mdpi.com/user/manuscript/author_biography/33ecc25f95f71cbf5dd1d8eadf27185c

You can follow progress of your manuscript at the following link (login required):

https://susy.mdpi.com/user/manuscripts/review_info/33ecc25f95f71cbf5dd1d8eadf27185c

The following points were confirmed during submission:

1. CivilEng is an open access journal with publishing fees of 1200 CHF for an accepted paper (see <https://www.mdpi.com/about/apc/> for details). This manuscript, if accepted, will be published under an open access Creative Commons CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), and I agree to pay the Article Processing Charges as described on the journal webpage (<https://www.mdpi.com/journal/civileng/apc>). See <https://www.mdpi.com/about/openaccess> for more information about open access publishing.

Please note that you may be entitled to a discount if you have previously received a discount code, if your institute is participating in the MDPI Institutional Open Access Program (IOAP)(<https://www.mdpi.com/about/ioap>), or

if a society you are a member of is part of our affiliation program(https://www.mdpi.com/societies_partnership). If you have been granted any other special discounts for your submission, please contact the CivilEng editorial office.

2. I understand that:

a. If previously published material is reproduced in my manuscript, I will provide proof that I have obtained the necessary copyright permission. (Please refer to the Rights & Permissions website: <https://www.mdpi.com/authors/rights>).

b. My manuscript is submitted on the understanding that it has not been published in or submitted to another peer-reviewed journal. Exceptions to this rule are papers containing material disclosed at conferences. I confirm that I will inform the journal editorial office if this is the case for my manuscript. I confirm that all authors are familiar with and agree with submission of the contents of the manuscript. The journal editorial office reserves the right to contact all authors to confirm this in case of doubt. I will provide email addresses for all authors and an institutional e-mail address for at least one of the co-authors, and specify the name, address and e-mail for invoicing purposes.

If you have any questions, please do not hesitate to contact the CivilEng editorial office at civileng@mdpi.com

Kind regards,
CivilEng Editorial Office
Grosspeteranlage 5, 4052 Basel, Switzerland
E-Mail: civileng@mdpi.com
Tel. +41 61 683 77 34
Fax: +41 61 302 89 18

B: Resolución de inscripción de perfil de proyecto.



"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

RESOLUCIÓN N° 0924-2024/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Naña, 19 de noviembre de 2024

VISTO:

El expediente del (de la) bachiller **Delta Salome Tizon Checca** identificado(a) con código universitario N° **201010461**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la sustentación de la tesis en formato artículo;

Que el Comité Dictaminador ha emitido su dictamen aprobando el informe de tesis titulado "Integración de BIM e IPD para el Diseño Optimizado de Edificios Residenciales: Un Caso de Estudio en Perú.", presentado por el (la) bachiller **Delta Salome Tizon Checca**, reuniendo de esta manera las condiciones previas para la declaratoria de expedito para la programación de la sustentación;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 19 de noviembre de 2024, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

1. Declarar expedito al (a) bachiller **Delta Salome Tizon Checca**, para que sustente la tesis en formato artículo titulada "Integración de BIM e IPD para el Diseño Optimizado de Edificios Residenciales: Un Caso de Estudio en Perú.", conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil, el 02 de diciembre, a las 14:00 horas, en el Salón de Actos Wellesley Muir.
2. Designar el Jurado de Sustentación, encargado de gestionar la sustentación respectiva, el mismo que queda constituido por los siguientes miembros:

Presidente: Mtro. Leonel Chahuares Paucar
Secretario: Mg. Amaldo Cahui Galarza
Asesor: MSc. Ecler Mamani Chambi
Vocal: Mg. Jose Pacori Pacori

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA



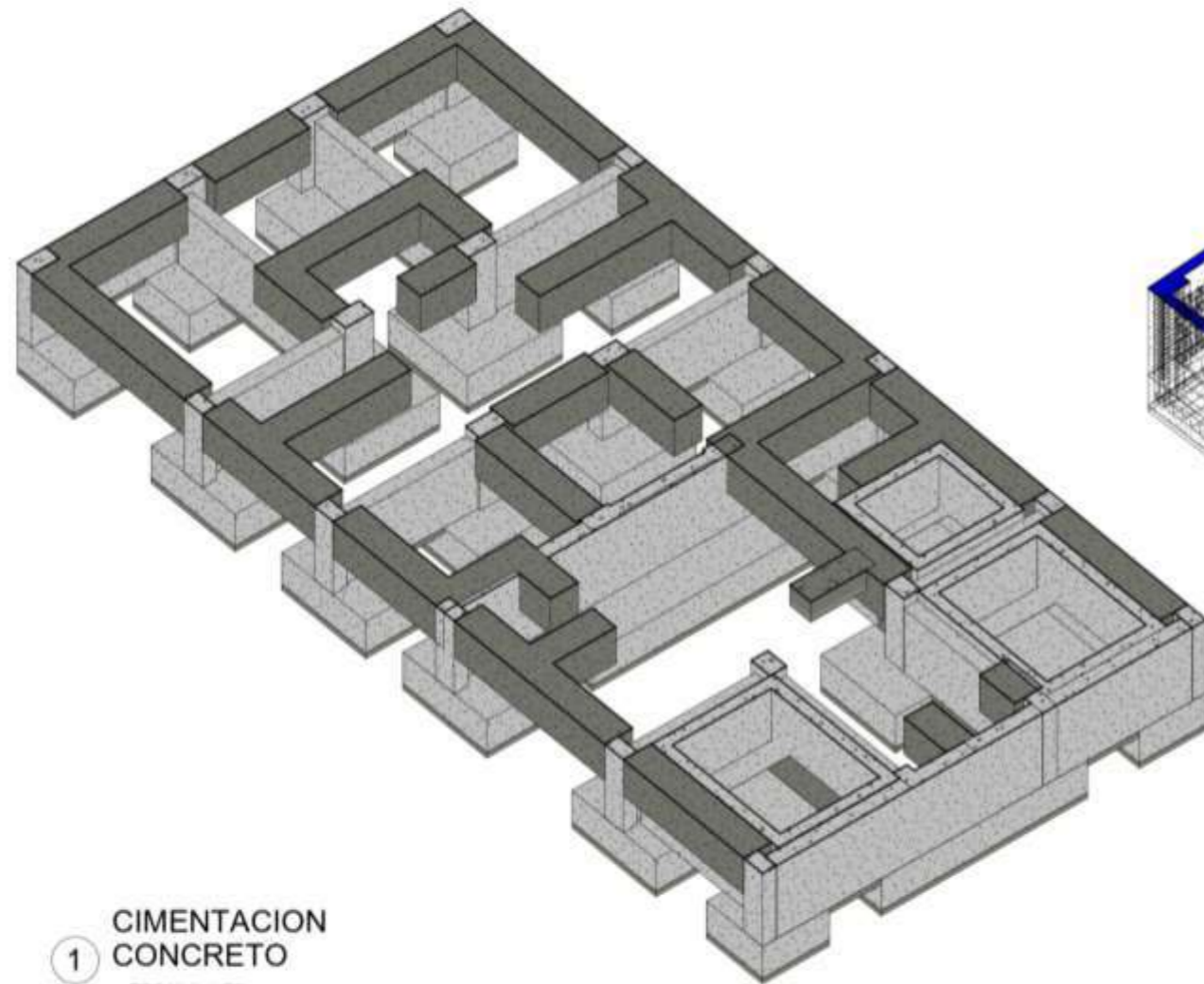

Ph.D. Silvia Pilco Quesada
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:
-Interesado
-Jurado (0-0)
-Secretaría General
-Archivos

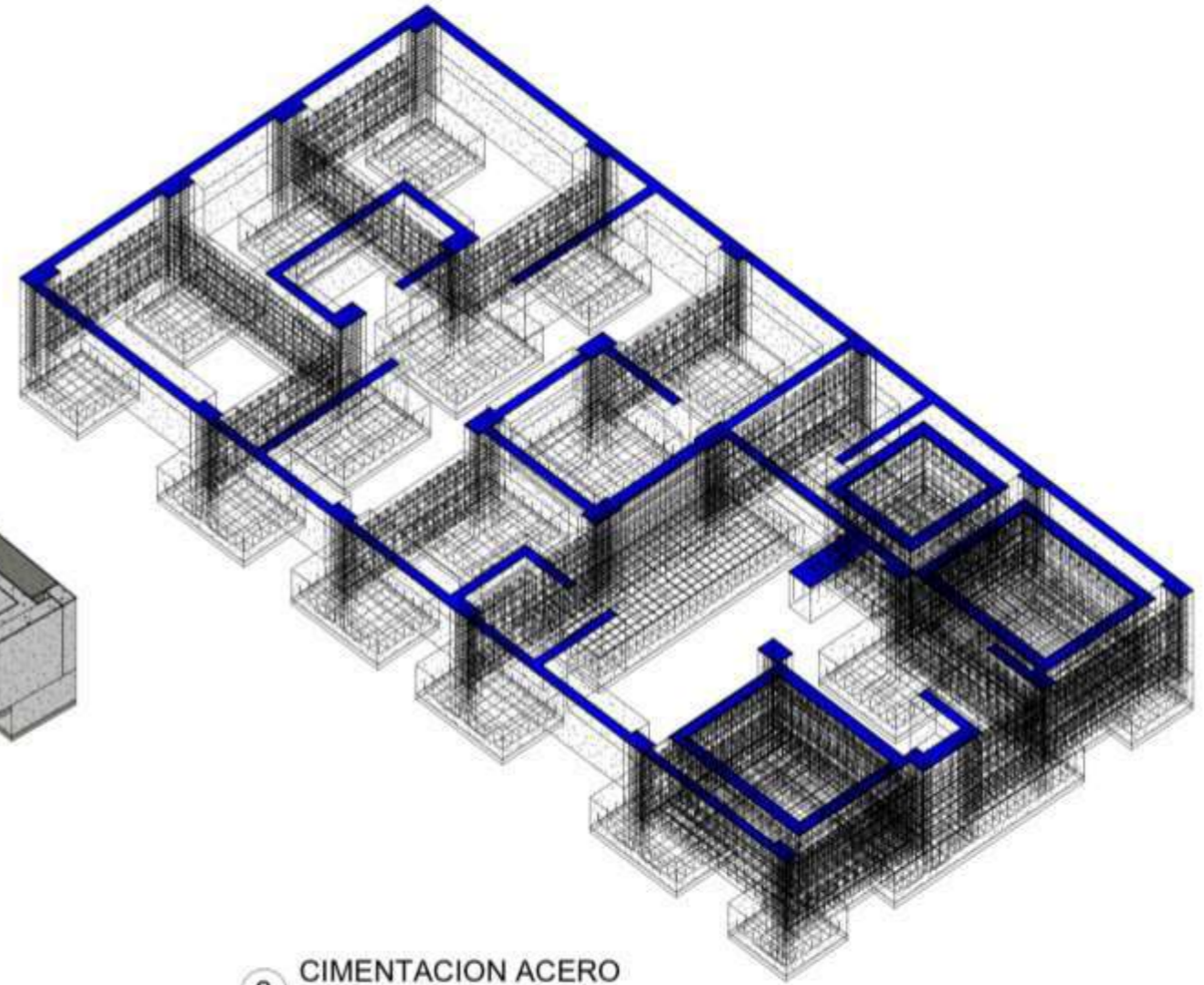
C: Planos del Proyecto D





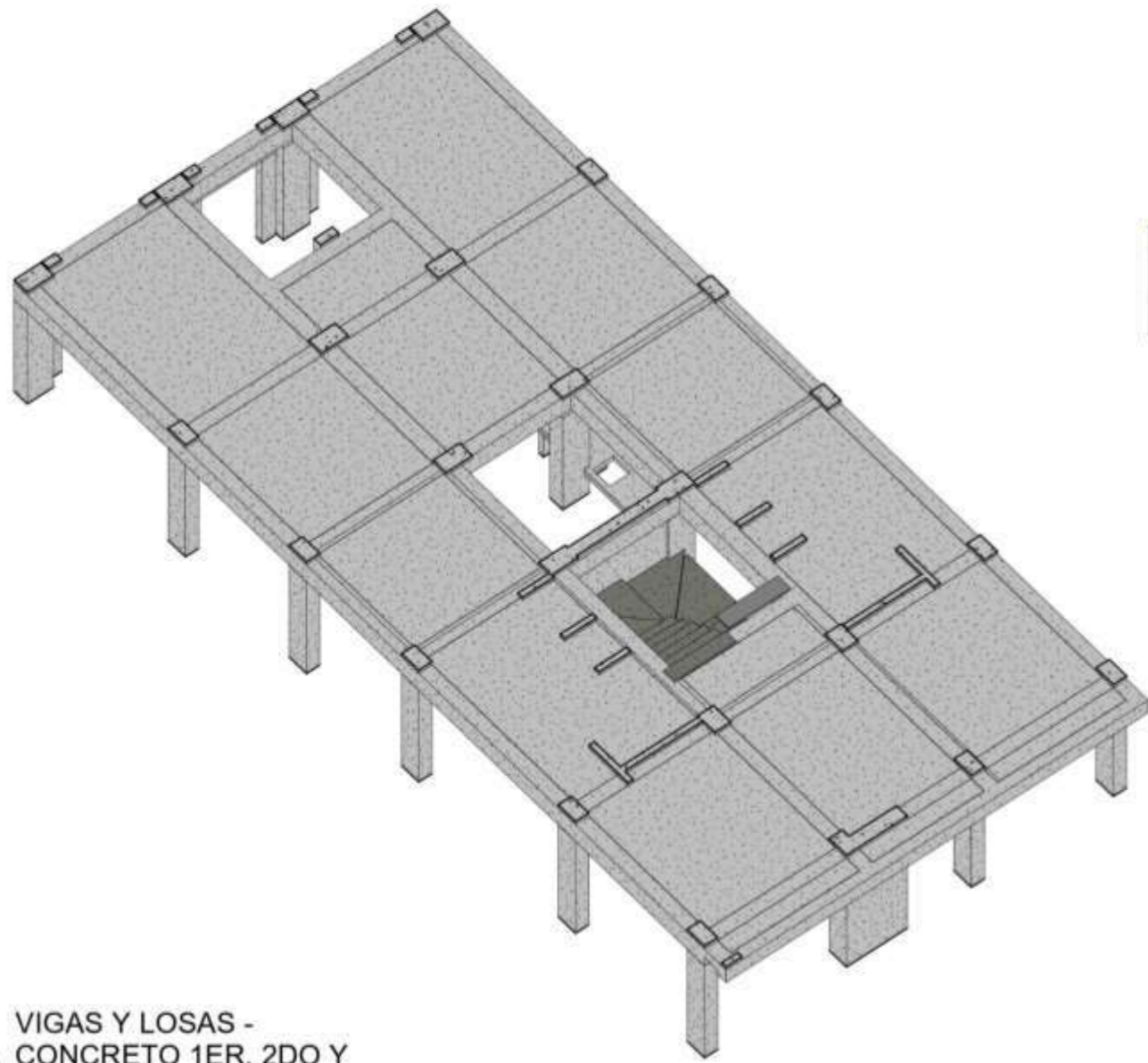


1 CIMENTACION
CONCRETO
ESCALA: 1/50

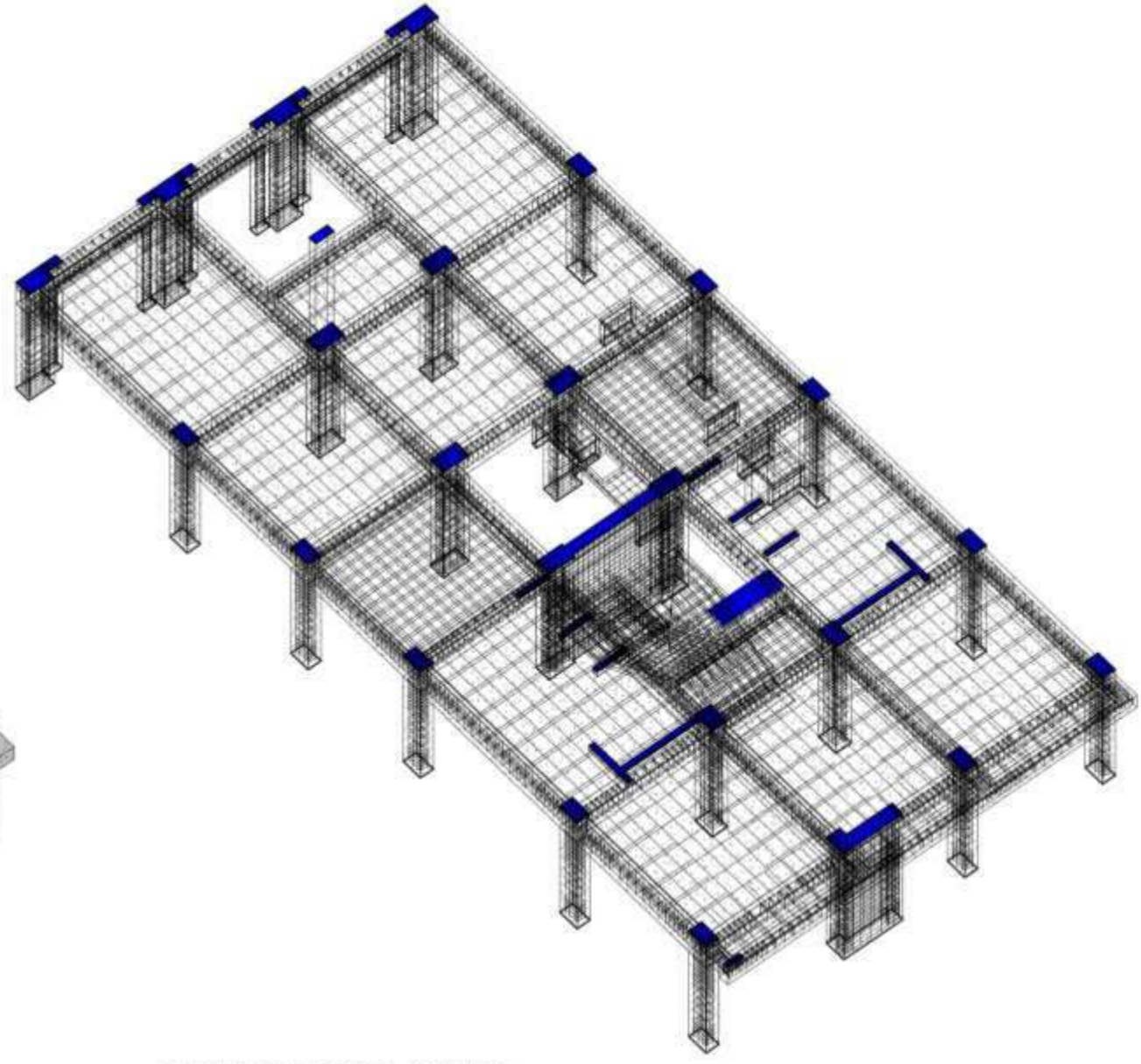


2 CIMENTACION ACERO
ESCALA: 1/50

PROYECTO				EDIFICIO RESIDENCIAL	
PLANO				ESTRUCTURAS - CIMENTACION	
PROYECTADO	DATE			LIBRO	
PROYECTADO	TACNA - PERU			E-01	
PROYECTADO	PROYECTADO	PROYECTADO	PROYECTADO	DELTA SALOME TORN OJEDA	

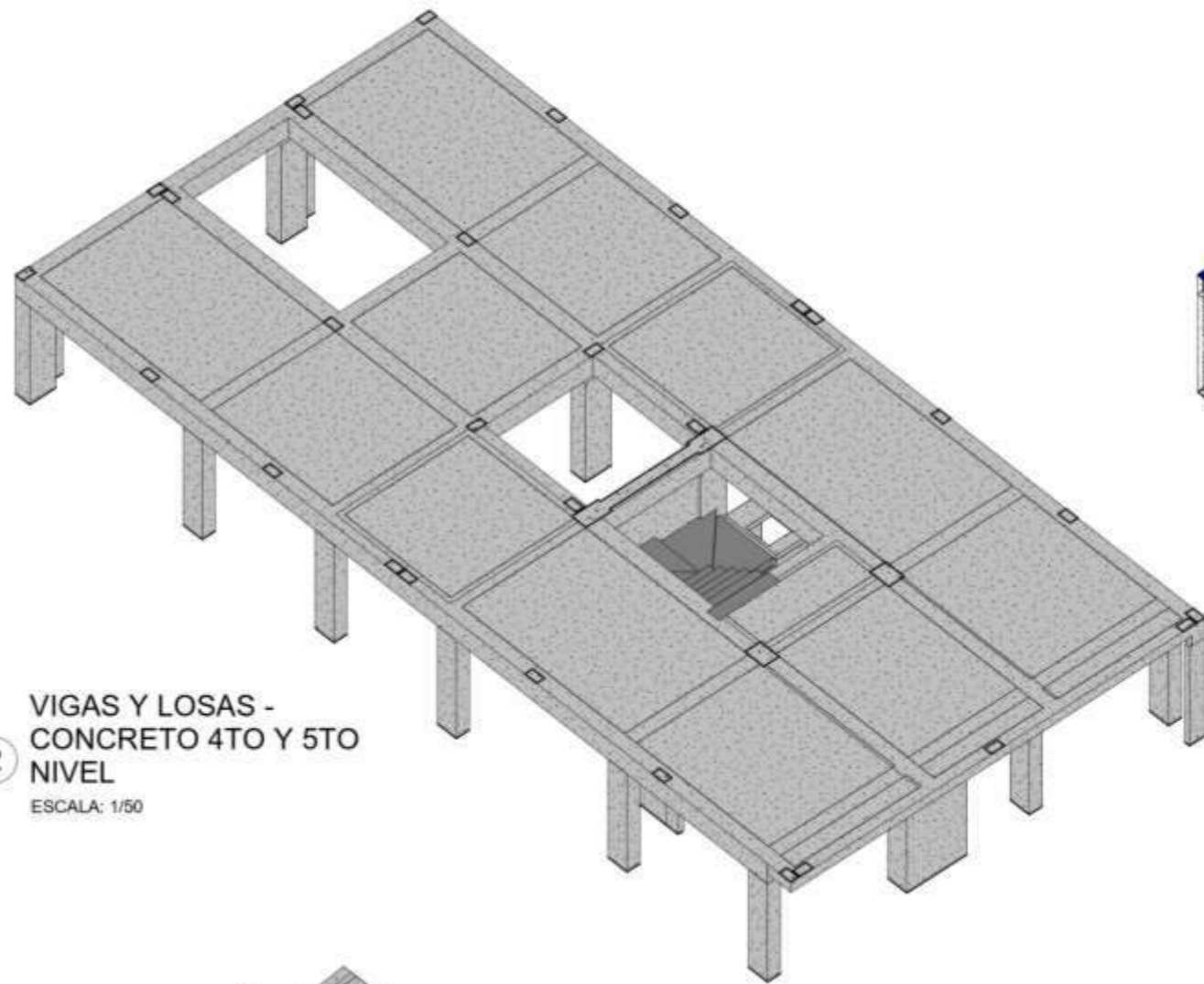


2 VIGAS Y LOSAS -
CONCRETO 1ER, 2DO Y
3ER NIVEL
ESCALA: 1/50

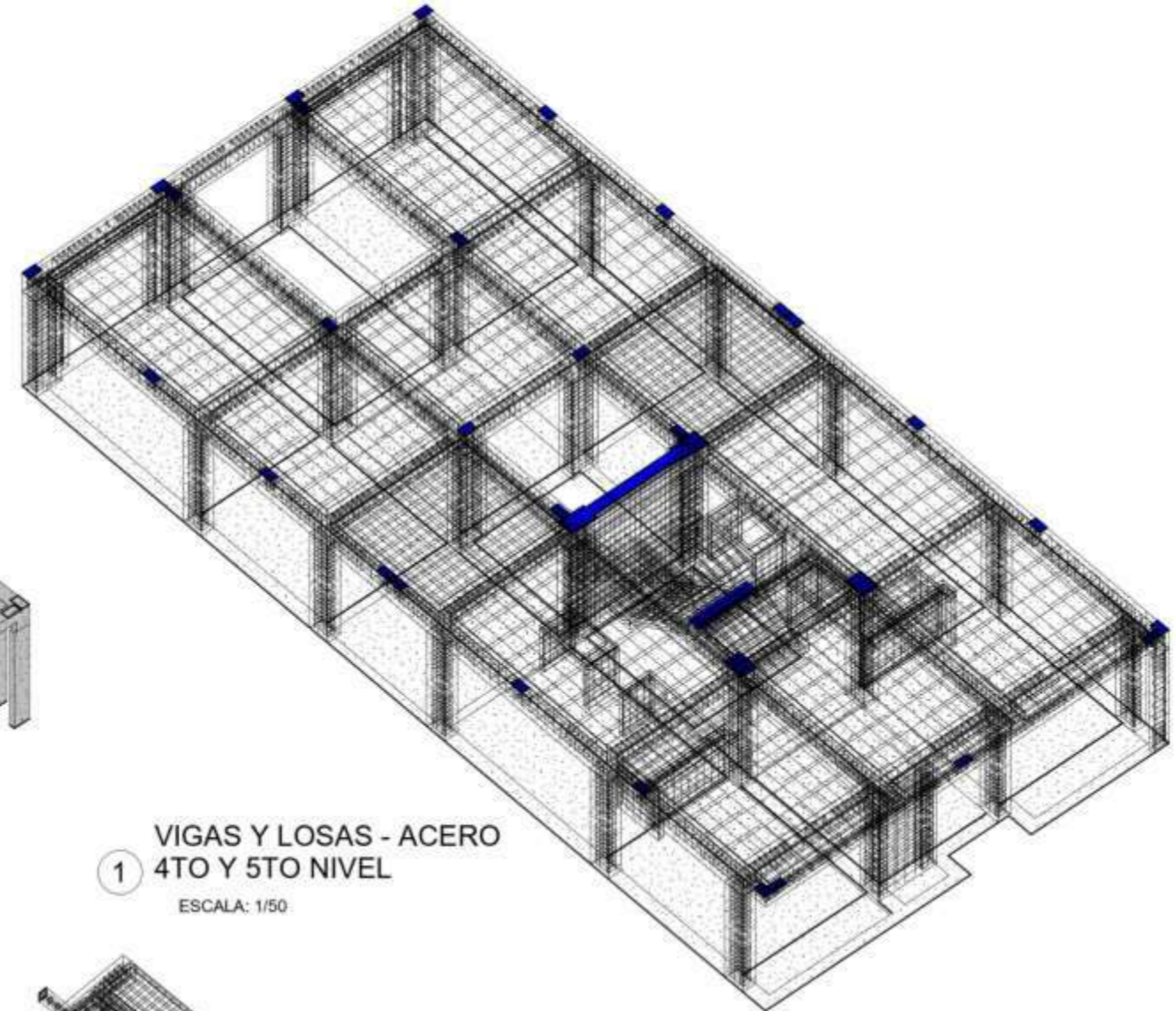


1 VIGAS Y LOSAS - ACERO
1ER, 2DO Y 3ER NIVEL
ESCALA: 1/50

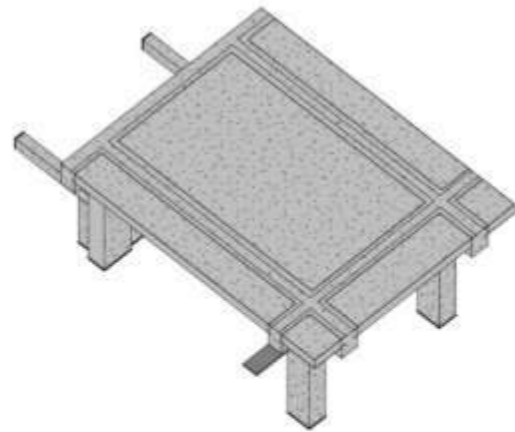
EDIFICIO RESIDENCIAL			
ESTRUCTURAS - LOSA ALIGERADA, VIGAS 1ER AL 3ER NIVEL			
PROYECTISTA	DATE	LABOR	
CLIENTE	TACNA - PERU		
PROYECTO	FECHA	PROYECTO	PROYECTO
INTEGRACION		DELTA SALOME TEXEIRA	
			E-02



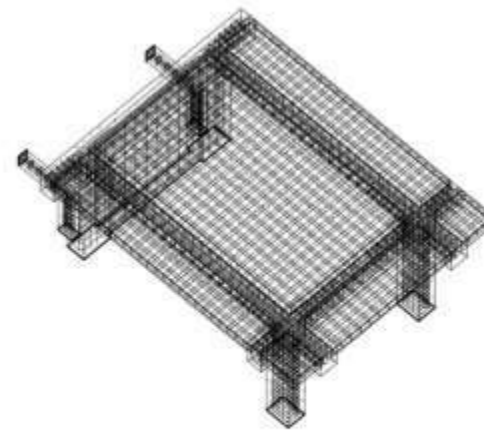
2 VIGAS Y LOSAS -
CONCRETO 4TO Y 5TO
NIVEL
ESCALA: 1/50



1 VIGAS Y LOSAS - ACERO
4TO Y 5TO NIVEL
ESCALA: 1/50

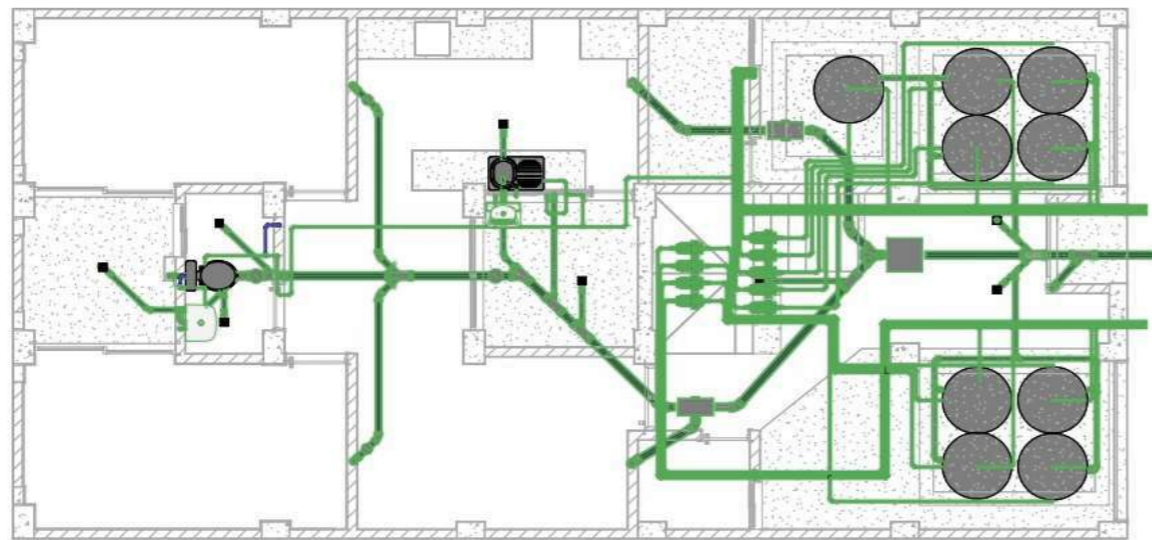


4 VIGAS Y LOSAS -
CONCRETO AZOTEA
ESCALA: 1/50

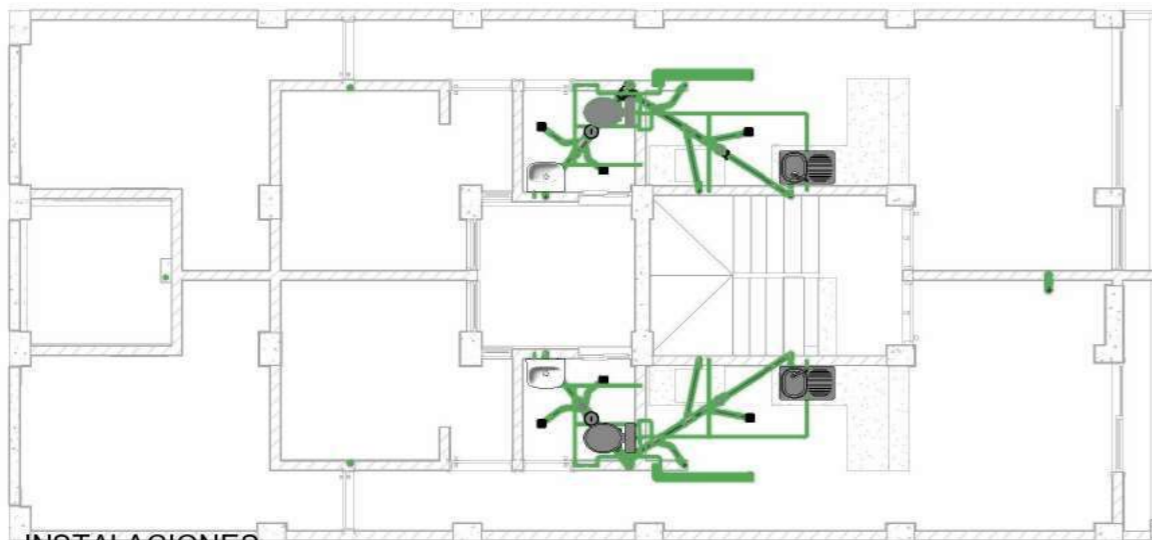


3 VIGAS Y LOSAS - ACERO
AZOTEA
ESCALA: 1/50

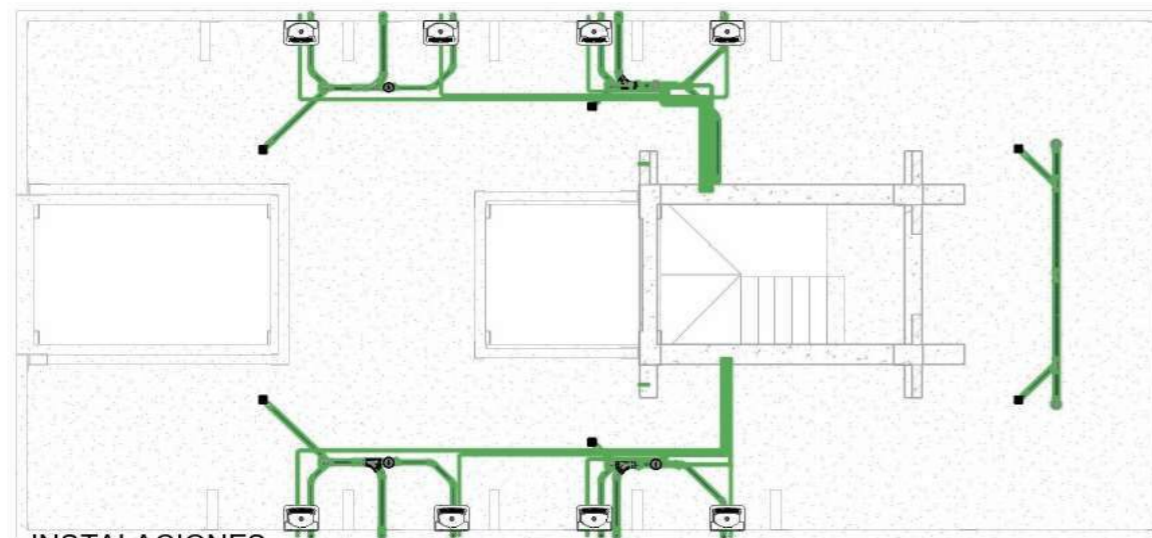
EDIFICIO RESIDENCIAL			
ESTRUCTURAS - LOSA ALIGERADA, VIGAS 4TO AL 5TO NIVEL			
PROYECTISTA	DATE	PROYECTO	ESCALA
INGENIERO	TACNA - PERU	PROYECTO	E-03
FECHA	NOVIEMBRE 2014	PROYECTO	PROYECTO DE LA SALUD TERNALDECA



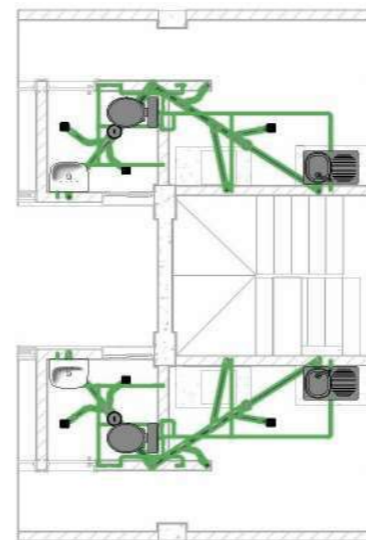
1 INSTALACIONES
SANITARIAS 1ER NIVEL



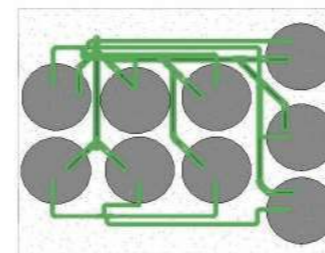
2 INSTALACIONES
SANITARIAS 2DO NIVEL



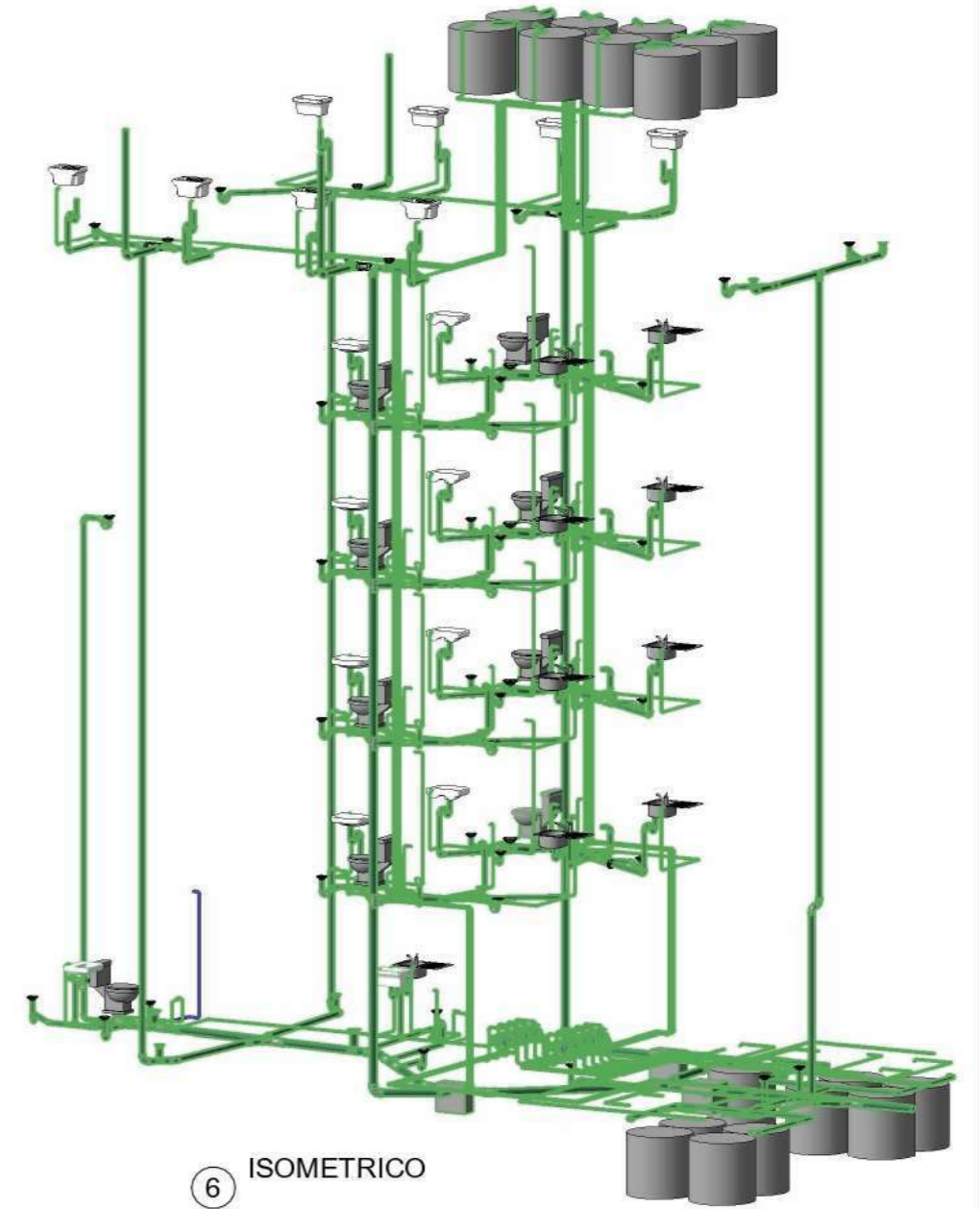
4 INSTALACIONES
SANITARIAS AZOTEA



3 INSTALACIONES
SANITARIAS 3ER AL 5TO
NIVEL



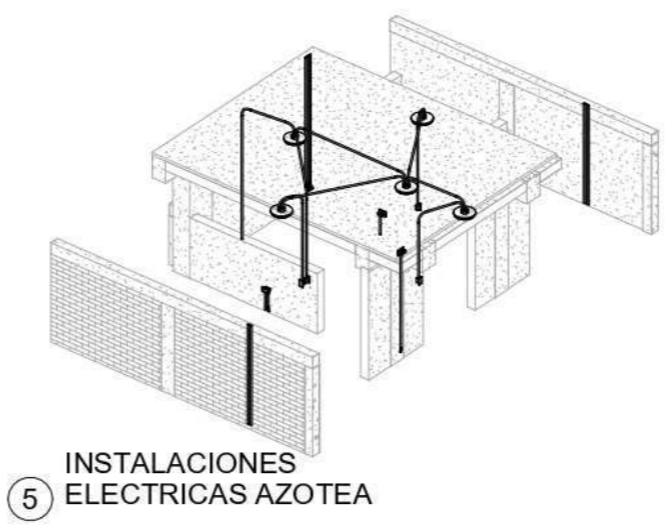
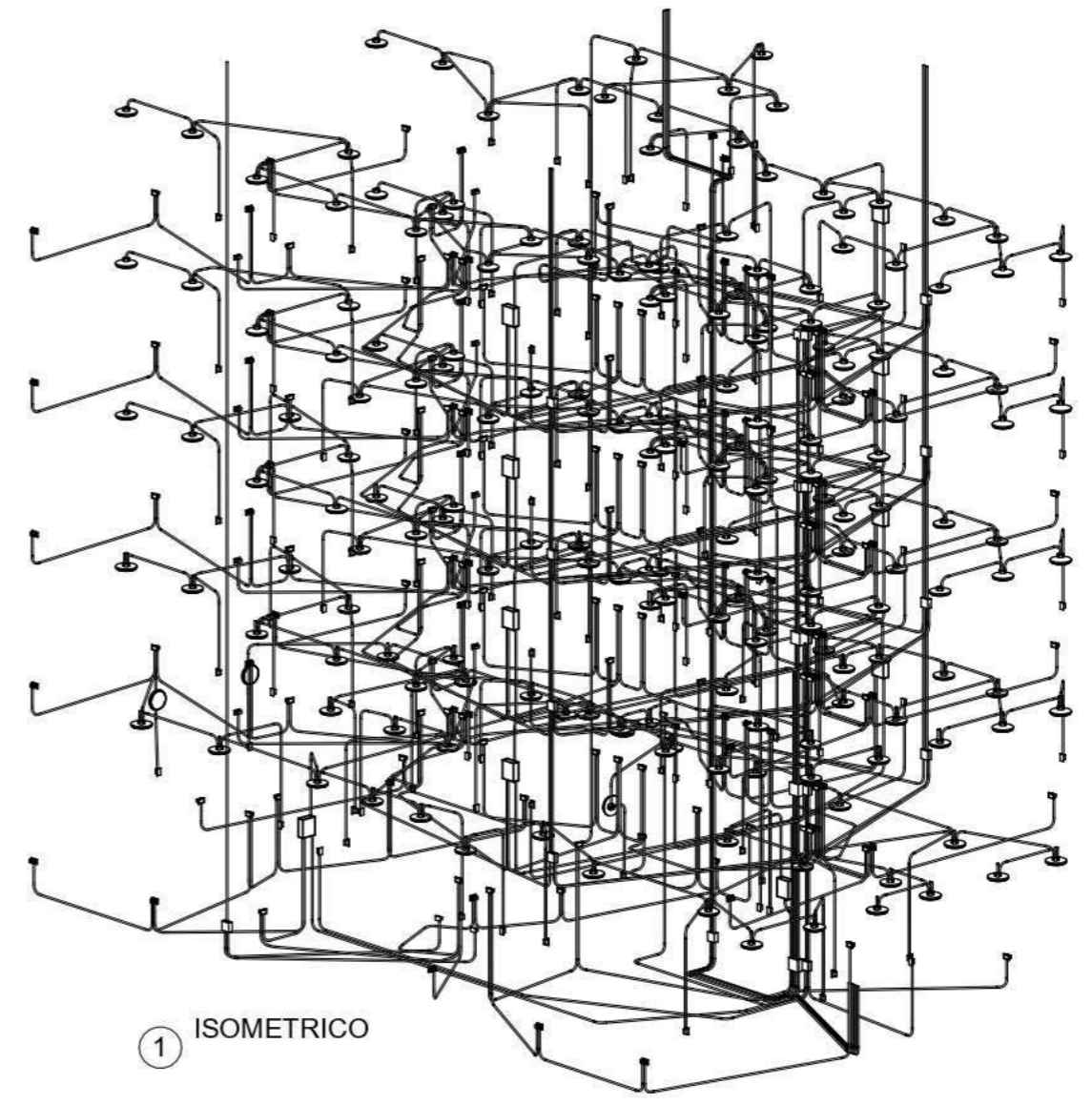
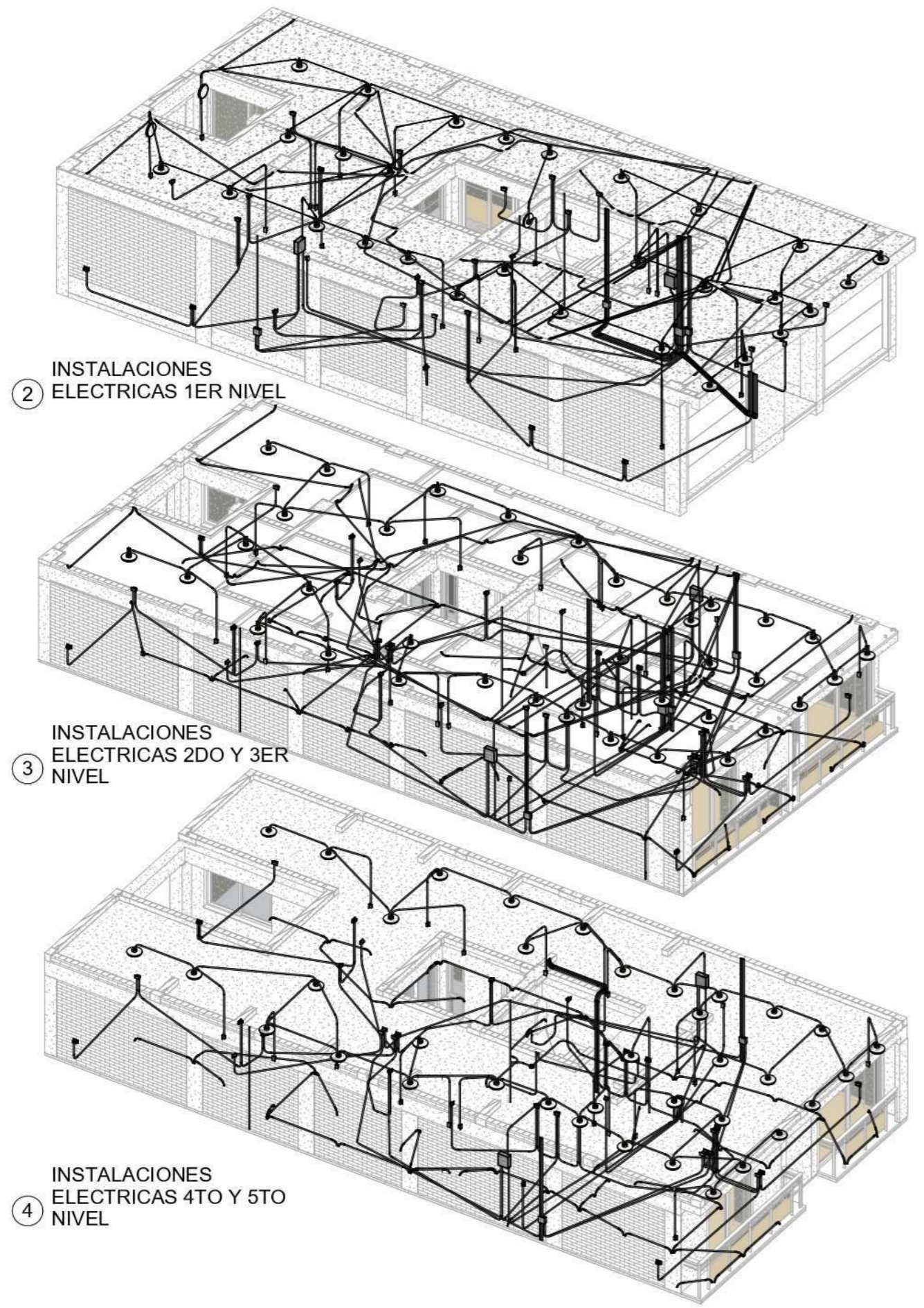
5 INSTALACIONES
SANITARIAS CUBIERTA



6 ISOMETRICO

PROYECTO : EDIFICIO RESIDENCIAL	
PLANO : INSTALACIONES SANITARIAS	
PROYECTADO : S.M.E.	LICENCIADO :
UBICACION : TACNA - PERU	ESCALA :
FECHA : AGOSTO 2024	OTRO : DELTA CALOR TICOVICHICA

IS-01



PROYECTO : EDIFICIO RESIDENCIAL	
PLANO : INSTALACIONES ELECTRICAS	
PROYECTADO : SIME	LABORADO :
UBICACION : TACNA - PERU	IE-01
FECHA : AGO 2010 2010	PROYECTADO : SIME
REVISADO : WDCADA	APROBADO : DELTA SALOMÉ TIZON CHIBCHA

D: Variación de metrados y costos entre la metodología Tradicional y BIM en base al Grupo de Control.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO TRADICIONAL	METRADO BIM	METRADO GRUPO CONTROL	PARCIAL TRADICIONAL	PARCIAL BIM	PARCIAL GRUPO CONTROL	% VARIACION TRADICIONAL/GRUPO DE CONTROL	% VARIACION BIM/GRUPO DE CONTROL
01	ESTRUCTURAS									
01.03	CONCRETO SIMPLE									
01.03.01	solados concreto f'c=100 kg/cm2 h=2"	m2	57.41	59.66	59.63	1,679.10	1,745.06	1,744.18	3.73%	0.05%
01.03.02	cimientos corridos mezcla 1:10 cemento-hormigon 30% piedra	m3	19.43	31.84	32.33	3,073.25	5,036.45	5,113.96	39.90%	1.52%
01.03.03	concreto sobrecimientos mezcla 1:8 + 25% p.m.	m3	4.04	4.25	4.25	842.18	886.21	886.21	4.97%	0.00%
01.03.04	encofrado de sobrecimiento h=0.30 m	m2	39.78	49.55	56.67	1,761.66	2,194.07	2,509.35	29.80%	12.56%
01.04	CONCRETO ARMADO									
01.04.02	ZAPATAS									
01.04.02.01	acero fy=4200 kg/cm2 grado 60 en zapatas	kg	1,008.97	1,192.49	1,220.80	6,063.93	7,166.86	7,337.01	17.35%	2.32%
01.04.02.02	concreto para zapatas f'c=210 kg/cm2	m3	34.44	33.12	33.12	10,336.00	9,938.98	9,938.98	3.99%	0.00%
01.04.03	VIGA DE CIMENTACION									
01.04.03.01	acero corrugado fy= 4200 kg/cm2 grado 60	kg	2,588.41	1,930.26	1,689.14	15,556.35	11,600.86	10,151.73	53.24%	14.27%
01.04.03.02	encofrado y desencofrado	m2	125.64	113.91	110.10	4,432.58	4,018.74	3,884.33	14.11%	3.46%
01.04.03.03	concreto en vigas f'c=210 kg/cm2	m3	15.71	14.24	13.25	4,756.89	4,313.15	4,013.29	18.53%	7.47%
01.04.04	MURO DE CONCRETO									
01.04.04.01	acero corrugado fy= 4200 kg/cm2 muro de concreto	kg	2,465.83	2,500.43	2,826.99	14,819.64	15,027.58	16,990.21	12.78%	11.55%
01.04.04.02	encofrado normal en muro de concreto	m2	185.84	111.50	131.44	8,100.77	4,860.29	5,729.47	41.39%	15.17%
01.04.04.03	concreto en en muro de concreto f'c=210 kg/cm2	m3	17.56	13.40	13.63	5,381.77	4,106.70	4,177.19	28.84%	1.69%
01.04.05	COLUMNAS									
01.04.05.01	acero fy=4200 kg/cm2 grado 60 en columnas	kg	9,122.89	7,939.92	9,357.32	54,828.58	47,718.92	56,237.49	2.51%	15.15%
01.04.05.02	encofrado y desencofrado normal en columnas	m2	368.56	386.83	390.88	21,697.13	22,772.68	23,011.11	5.71%	1.04%
01.04.05.03	concreto en columnas f'c=210 kg/cm2	m3	26.23	32.87	32.99	10,502.06	13,158.85	13,206.89	20.48%	0.36%
01.04.06	VIGAS									
01.04.06.01	acero fy=4200 kg/cm2 grado 60 en vigas	kg	8,690.18	7,894.00	7,834.58	52,227.97	47,442.94	47,085.83	10.92%	0.76%
01.04.06.02	encofrado y desencofrado normal en vigas	m2	427.14	389.74	358.95	32,663.40	29,803.42	27,448.91	19.00%	8.58%
01.04.06.03	concreto en vigas f'c=210 kg/cm2	m3	48.21	60.40	58.20	18,253.40	22,871.06	22,038.01	17.17%	3.78%
01.04.07	COLUMNAS Y VIGAS DE AMARRE									
01.04.07.01	acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 en columnetas y viguetas	kg	412.61	868.00	857.16	2,479.77	5,216.68	5,151.53	51.86%	1.26%
01.04.07.02	encofrado columnas y vigas de amarre	m2	49.25	103.22	91.40	2,373.85	4,975.20	4,405.48	46.12%	12.93%
01.04.07.03	concreto columnetas y viguetas de arriostre f'c=175 kg/cm2	m3	2.96	6.24	6.30	854.59	1,804.61	1,821.96	53.10%	0.95%
01.04.08	LOSAS ALIGERADAS									
01.04.08.01	concreto en losas aligeradas f'c=210 kg/cm2	m3	24.64	29.19	29.18	7,907.30	9,369.11	9,365.90	15.57%	0.03%
01.04.08.02	ladrillo hueco de arcilla h=15 cm para techo aligerado	pza	2,346.24	3,190.20	3,021.50	1,478.13	2,009.83	1,903.55	22.35%	5.58%
01.04.08.03	encofrado y desencofrado normal en losas aligeradas	m2	281.55	364.74	364.81	16,997.17	22,019.35	22,023.58	22.82%	0.02%
01.04.08.04	acero fy=4200 kg/cm2 grado 60 en losas aligeradas	kg	1,880.58	2,041.81	2,087.52	11,302.28	12,271.28	12,546.00	9.91%	2.19%
01.04.09	LOSA MACIZA									
01.04.09.01	concreto f'c = 210 kg/cm2	m3	25.34	12.71	12.73	8,308.80	4,167.48	4,174.04	99.06%	0.16%
01.04.09.02	encofrado y desencofrado normal	m2	158.62	74.75	72.95	8,081.69	3,808.51	3,716.80	117.44%	2.47%
01.04.09.03	acero corrugado fy= 4200 kg/cm2 grado 60	kg	2,365.72	1,218.52	1,084.51	14,218.01	7,323.31	6,517.91	118.14%	12.36%
01.04.10	ESCALERAS									
01.04.10.01	concreto f'c = 210 kg/cm2	m3	10.84	13.06	12.91	4,541.09	5,468.88	5,406.06	16.00%	1.16%
01.04.10.02	encofrado y desencofrado normal	m2	58.76	58.23	59.22	4,316.14	4,277.58	4,350.30	0.79%	1.67%
01.04.10.03	acero corrugado fy= 4200 kg/cm2 grado 60	kg	842.70	858.48	766.49	5,064.64	5,159.46	4,606.60	9.94%	12.00%
01.04.12	CISTERNA									
01.04.12.01	concreto f'c = 210 kg/cm2	m3	14.81	15.31	13.75	5,928.37	6,129.05	5,504.54	7.70%	11.35%
01.04.12.02	encofrado y desencofrado normal	m2	45.19	80.05	78.47	2,285.28	4,048.13	3,968.23	42.41%	2.01%
01.04.12.03	acero corrugado fy= 4200 kg/cm2 grado 60	kg	775.29	1,551.02	1,435.66	4,659.50	9,321.63	8,628.32	46.00%	8.04%
02	ARQUITECTURA									
02.01	ALBAÑILERIA									
02.01.01	muro ladrillo k.k.de arcilla 18 h.(0.09x0.13x0.24) amarre de sogá,mortero 1:1:5 ,junta 1.5 cm.	m2	932.18	847.00	890.02	72,113.11	65,523.92	68,851.95	4.74%	4.83%

02.02	REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDURAS									
02.02.01	tarrajeo de muros interiores	m2	1,453.78	1,300.73	1,410.95	26,705.99	23,894.41	25,919.15	3.04%	7.81%
02.02.02	tarrajeo de muros exteriores	m2	62.80	6.16	6.16	1,351.46	132.56	132.56	919.48%	0.00%
02.02.03	tarrajeo de vigas y/o columnas	m2	770.82	803.48	789.08	20,627.06	21,501.12	21,115.78	2.31%	1.82%
02.02.04	derrames a=0.15 m.mortero 1:3	m	179.09	231.71	223.81	2,899.47	3,751.38	3,623.48	19.98%	3.53%
02.03	CIELORRASOS									
02.03.01	tarrajeo de cieloraso	m2	856.14	439.49	437.75	31,677.18	16,261.13	16,196.75	95.58%	0.40%
02.04	PISOS Y PAVIMENTOS									
02.04.01	concreto falso piso e=4"	m2	80.20	73.14	74.41	2,185.45	1,993.07	2,027.67	7.78%	1.71%
02.04.02	contrapiso de 2"	m2	401.88	443.18	399.16	10,195.70	11,243.48	10,126.69	0.68%	11.03%
02.04.03	piso de cemento pulido sin colorear e=2"	m2	139.25	140.04	139.33	4,893.25	4,921.01	4,896.06	0.06%	0.51%
02.04.04	piso de ceramico	m2	472.17	491.23	518.47	22,579.17	23,490.62	24,793.24	8.93%	5.25%
02.05	ZOCALOS									
02.05.01	zocalo de ceramica 20 x 30 en baño o similar	m2	123.88	78.80	74.20	3,730.15	2,372.67	2,234.16	66.96%	6.20%
02.06	CONTRAZOCALOS									
02.06.01	contrazocalo de piso de ceramico h=0.10m.	m	560.16	614.71	530.76	15,157.93	16,634.05	14,362.37	5.54%	15.82%
02.07	CARPINTERIA DE MADERA									
02.07.01	puerta de madera	und	9.00	9.00	9.00	7,650.00	7,650.00	7,650.00	0.00%	0.00%
02.07.02	puerta contraplacada 35 mm con triplay 4 mm incluye marco cedro 2"x3"	und	30.00	30.00	30.00	11,400.00	11,400.00	11,400.00	0.00%	0.00%
02.08	CARPINTERIA METALICA									
02.08.01	puerta metalica levadiza	und	2.00	2.00	2.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	0.00%	0.00%
02.08.02	reja metalica	und	1.00	1.00	1.00	500.00	500.00	500.00	0.00%	0.00%
02.09	VIDRIOS, CRISTALES Y SIMILARES									
02.09.01	vidrio semidoble incoloro crudo	p2	1,111.99	1,070.48	1,099.37	11,898.30	11,454.14	11,763.26	1.15%	2.63%
02.10	PINTURA									
02.10.01	pintura latex en vigas y columnas	m2	770.82	803.48	789.08	11,662.46	12,156.65	11,938.78	2.31%	1.82%
02.10.02	pintura latex en muros interiores	m2	1,453.78	1,300.73	1,410.95	21,123.47	18,899.61	20,501.10	3.04%	7.81%
02.10.03	pintura latex en muros exteriores	m2	62.80	6.16	6.16	736.64	72.26	72.26	919.48%	0.00%
02.10.04	pintura latex en cielo raso	m2	856.14	439.49	437.75	17,782.03	9,128.21	9,092.07	95.58%	0.40%
02.10.05	pintura latex en derrames de vanos	m	179.09	231.71	223.81	1,321.68	1,710.02	1,651.72	19.98%	3.53%
03	INSTALACIONES ELECTRICAS									
03.01	SALIDAS PARA ALUMBRADO, TOMACORRIENTES, FUERZA Y SEÑALES DÉBILES									
03.01.01	SALIDA									
03.01.01.01	salida de alumbrado - centro de luz	und	192.00	188.00	174.00	12,215.04	11,960.56	11,069.88	10.34%	8.05%
03.01.01.02	salida de alumbrado - braquet	und	7.00	3.00	3.00	439.46	188.34	188.34	133.33%	0.00%
03.01.01.03	salida para interruptores simples	und	72.00	72.00	70.00	3,757.68	3,757.68	3,653.30	2.86%	2.86%
03.01.01.04	salida para interruptores dobles	und	15.00	18.00	18.00	941.10	1,129.32	1,129.32	16.67%	0.00%
03.01.01.05	salida para interruptores conmutación	und	26.00	17.00	17.00	1,501.24	981.58	981.58	52.94%	0.00%
03.01.01.06	salida para tomacorrientes dobles con puesta a tierra	und	147.00	134.00	134.00	11,552.73	10,531.06	10,531.06	9.70%	0.00%
03.01.01.07	salida para televisión	pto	27.00	27.00	27.00	1,825.74	1,825.74	1,825.74	0.00%	0.00%
03.01.01.08	salida para data	pto	9.00	9.00	9.00	543.33	543.33	543.33	0.00%	0.00%
03.01.01.09	salida para intercomunicador	pto	9.00	9.00	9.00	1,251.45	1,251.45	1,251.45	0.00%	0.00%
03.01.01.10	caja de paso cuadradas	und	19.00	20.00	20.00	1,028.47	1,082.60	1,082.60	5.00%	0.00%
03.01.02	CANALIZACIONES, CONDUCTOS O TUBERÍAS									
03.01.02.01	tubo pvc sap ø 20mm	m	1,413.54	1,441.46	1,554.89	6,375.07	6,500.98	7,012.55	9.09%	7.30%
03.01.02.02	tubo pvc sap ø 25mm	m	413.83	398.05	371.70	2,553.33	2,455.97	2,293.39	11.33%	7.09%
03.01.03	CONDUCTORES Y CABLES DE ENERGÍA EN TUBERÍAS									
03.01.03.01	conductor tw solido 2.5 mm2	m	1,301.01	1,113.45	1,170.91	4,995.89	4,275.63	4,496.29	11.11%	4.91%
03.01.03.02	conductor tw solido 4 mm2	m	1,556.84	1,368.93	1,401.56	7,161.44	6,297.08	6,447.18	11.08%	2.33%
03.01.04	TABLEROS PRINCIPALES									
03.01.04.01	tablero electrico gab. metalico 10 interruptores p/distribución general	und	11.00	10.00	10.00	1,124.97	1,022.70	1,022.70	10.00%	0.00%
03.01.05	DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN									
03.01.05.01	interruptor termomagnetico de 2x16a	und	11.00	11.00	11.00	460.35	460.35	460.35	0.00%	0.00%
03.01.05.02	interruptor termomagnetico de 2x20a	und	38.00	38.00	38.00	1,590.30	1,590.30	1,590.30	0.00%	0.00%
03.01.05.03	interruptor termomagnetico de 2x32a	und	9.00	9.00	9.00	376.65	376.65	376.65	0.00%	0.00%
03.01.05.04	interruptor diferencial 2x25a	und	10.00	10.00	10.00	1,128.50	1,128.50	1,128.50	0.00%	0.00%
03.01.06	INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA									
03.01.07	ARTEFACTOS									
03.01.07.01	luminaria c/lamp. adosable al techo	und	163.00	159.00	145.00	9,864.76	9,622.68	8,775.40	12.41%	9.66%
03.01.07.02	luminaria c/lamp rsp - 2 de 20w adosable al muro	und	3.00	3.00	3.00	211.56	211.56	211.56	0.00%	0.00%
03.01.07.03	lampara de emergencia 2 x 20w halogeno	und	7.00	6.00	6.00	920.29	788.82	788.82	16.67%	0.00%
03.01.07.04	spot light	pto	29.00	29.00	29.00	2,004.48	2,004.48	2,004.48	0.00%	0.00%
04	INSTALACIONES SANITARIAS									
04.01	APARATOS Y ACCESORIOS SANITARIOS									
04.01.01	inodoro one piece blanco	und	9.00	9.00	9.00	1,525.50	1,525.50	1,525.50	0.00%	0.00%
04.01.02	lavatorio nacional color	und	9.00	9.00	9.00	1,197.00	1,197.00	1,197.00	0.00%	0.00%
04.01.03	ducha cromada de cabeza giratoria y llave mezcladora	und	9.00	9.00	9.00	499.95	499.95	499.95	0.00%	0.00%
04.01.04	lavadero de acero inoxidable una poza	und	9.00	9.00	9.00	1,255.50	1,255.50	1,255.50	0.00%	0.00%
04.01.05	lavadero de granito	und	9.00	9.00	9.00	747.00	747.00	747.00	0.00%	0.00%

04.01.06	colocacion de aparatos sanitarios	und	36.00	36.00	36.00	1,652.04	1,652.04	1,652.04	0.00%	0.00%
04.01.07	colocacion de accesorios sanitarios	und	9.00	9.00	9.00	181.62	181.62	181.62	0.00%	0.00%
04.02	SISTEMA DE DESAGUE									
04.02.01	salida desague de pvc sal 2"	pto	44.00	43.00	43.00	1,040.16	1,016.52	1,016.52	2.33%	0.00%
04.02.02	salida desague de pvc-sal 4"	pto	9.00	9.00	9.00	226.35	226.35	226.35	0.00%	0.00%
04.02.03	salida ventilacion pvc-sal 2"	pto	3.00	1.00	1.00	88.53	29.51	29.51	200.00%	0.00%
04.02.04	salida ventilacion pvc-sal 3"	pto	2.00	4.00	4.00	59.02	118.04	118.04	50.00%	0.00%
04.02.05	suministro e instalacion tuberia. pvc sal 4"	m	29.07	33.24	32.67	803.62	918.75	903.00	11.01%	1.74%
04.02.07	suministro e instalacion tuberia pvc sal 2"	m	106.30	115.44	117.05	2,808.50	3,049.92	3,092.46	9.18%	1.38%
04.03	ACCESORIOS SANITARIOS									
04.03.01	montante de tuberia pvc sal 2"	m	50.82	10.40	10.00	812.10	166.19	159.80	408.20%	4.00%
04.03.02	montante de tuberia pvc sal 3"	m	45.78	38.69	41.50	731.56	618.22	663.17	10.31%	6.78%
04.03.04	montante de tuberia pvc sal 4"	m	31.29	25.74	25.00	612.66	503.99	489.50	25.16%	2.96%
04.03.03	codo pvc sal 2"x45	pza	43.00	49.00	49.00	584.80	666.40	666.40	12.24%	0.00%
04.03.05	codo pvc sal 2"x90	pza	110.00	114.00	114.00	1,496.00	1,550.40	1,550.40	3.51%	0.00%
04.03.06	codo pvc sal 3"x45	pza	12.00	8.00	8.00	163.20	108.80	108.80	50.00%	0.00%
04.03.07	codo pvc sal 4"x90	pza	2.00	2.00	2.00	36.80	36.80	36.80	0.00%	0.00%
04.03.08	codo pvc sal 4"x90 con ventilacion	pza	1.00	1.00	1.00	13.60	13.60	13.60	0.00%	0.00%
04.03.09	tee pvc sal 2"x2"	pza	13.00	10.00	12.00	213.20	164.00	196.80	8.33%	16.67%
04.03.10	tee pvc sal 3"x3"	pza	7.00	19.00	19.00	114.80	311.60	311.60	63.16%	0.00%
04.03.11	tee sanitaria pvc sal 4"x4"	pza	34.00	34.00	34.00	659.60	659.60	659.60	0.00%	0.00%
04.03.12	yee pvc sal 2"x2"	pza	62.00	6.00	6.00	954.80	92.40	92.40	933.33%	0.00%
04.03.13	yee pvc sal 4"x2"	pza	9.00	7.00	6.00	164.70	128.10	109.80	50.00%	16.67%
04.03.14	yee pvc sal 4"x4"	pza	1.00	2.00	2.00	18.30	36.60	36.60	50.00%	0.00%
04.03.15	reduccion pvc sal 4"x2"	pza	23.00	9.00	9.00	377.20	147.60	147.60	155.56%	0.00%
04.03.16	reduccion pvc sal 3"x2"	pza	6.00	12.00	12.00	98.40	196.80	196.80	50.00%	0.00%
04.03.17	sumidero cromado de 2" con trampa	und	37.00	39.00	38.00	986.05	1,039.35	1,012.70	2.63%	2.63%
04.03.18	registro roscado bronce 4"	und	13.00	10.00	10.00	645.45	496.50	496.50	30.00%	0.00%
04.03.19	registro roscado bronce 3"	und	4.00	16.00	16.00	198.60	794.40	794.40	75.00%	0.00%
04.03.21	caja de registro de 30 x 60 c/tapa	und	3.00	3.00	3.00	333.45	333.45	333.45	0.00%	0.00%
04.04	SISTEMA DE AGUA FRIA Y CONTRA INCENDIO									
04.04.01	salida de agua fria tuberia pvc c-10 o 1/2"	pto	62.00	62.00	62.00	2,858.20	2,858.20	2,858.20	0.00%	0.00%
04.04.02	red de distribucion interna con tuberia de pvc c-10 de 1/2"	m	215.96	267.46	323.10	2,522.41	3,123.93	3,773.81	33.16%	17.22%
04.04.03	red de distribucion interna con tuberia de pvc c-10 o 3/4"	m	323.16	278.50	272.03	3,926.39	3,383.78	3,305.16	18.80%	2.38%
04.04.04	codo pvc sap 1/2"x 90°	und	241.00	270.00	286.00	1,942.46	2,176.20	2,305.16	15.73%	5.59%
04.04.05	codo pvc sap 3/4"x 90°	und	196.00	241.00	241.00	2,032.52	2,499.17	2,499.17	18.67%	0.00%
04.04.06	tee pvc sap 1/2"x1/2"x1/2"	und	45.00	65.00	65.00	396.45	572.65	572.65	30.77%	0.00%
04.04.07	tee pvc sap 3/4"x 3/4"x3/4"	und	30.00	27.00	26.00	294.30	264.87	255.06	15.38%	3.85%
04.04.08	valvula compuerta de 1/2"	und	9.00	18.00	18.00	482.31	964.62	964.62	50.00%	0.00%
04.04.09	valvula compuerta de 3/4"	und	9.00	9.00	9.00	741.96	741.96	741.96	0.00%	0.00%
04.04.10	valvula check bronce de 1/2"	und	9.00	9.00	9.00	605.70	605.70	605.70	0.00%	0.00%
04.04.11	valvula check bronce de 3/4"	und	9.00	9.00	9.00	699.03	699.03	699.03	0.00%	0.00%
01.05	CISTERNA, TANQUE ELEVADO Y CUARTOS DE BOMBAS									
01.05.01	tanque de agua de eternit de 1000 litros incluye acc. internos	und	9.00	9.00	9.00	5,365.26	5,365.26	5,365.26	0.00%	0.00%
01.05.02	cisterna de agua de 1100 litros incluye acc. internos	und	9.00	9.00	9.00	7,642.80	7,642.80	7,642.80	0.00%	0.00%
01.05.03	equipo de bombeo a tanque elevado	und	9.00	9.00	9.00	7,833.06	7,833.06	7,833.06	0.00%	0.00%
TOTAL						804,430.49	761,924.32	769,251.59		