

Analysis and Implementation of Technical Standards for Planning and Coordination in the Virtual Construction of Investment Projects

Alvaro Fernando Díaz Arribasplata, Bach.¹; and Kevin Osama Herrera Cabrera, Bach²,
Tulio Edgar Guillén Sheen, Ing.³

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca- Perú. N00022134@upn.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca- Perú. N00024673@upn.pe

³ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú, tulio.guillen@upn.pe

Abstract – The purpose of this research work is to analyze and implement technical standards for planning and coordination in the virtual construction of investment projects of low and medium complexity. A non-experimental design of a descriptive - comparative level and of an applied type with a qualitative approach was applied. The study population and sample are two investment projects which were chosen for the convenience of the authors and are non-probabilistic. The instruments used were the documentation (2D plans, measurements and budgets) obtained from the technical files, Revit 2022 software (for modeling, information extraction and documentation), Dynamo 2022 (to optimize processes), Naviswork 2022 (for coordination 4D), Delphin Express 2022 (for the budget) and finally Microsoft Excel 2019 (for data analysis). The results show the optimization of resources (time - costs), increased productivity and improvement in modeling and coordination processes, through information management, thanks to the technical standards implemented which serve as guidelines, processes and recurring formats. that must be followed when the BIM methodology has to be applied in vertical infrastructure projects, since it allows us to have scope of how it is going to be done, so that it is going to be done and what is going to be obtained in order to meet the objectives of the project and maintain a synchronous language between the BIM team.

Keywords – Technical standards, planning and coordination, virtual construction.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Análisis e Implementación de Estándares Técnicos para la Planificación y Coordinación en la Construcción Virtual de Proyectos de Inversión

Alvaro Fernando Díaz Arribasplata, Bach.¹ ; and Kevin Osama Herrera Cabrera, Bach² ,
Tulio Edgar Guillén Sheen, Ing.³ 

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca- Perú. N00022134@upn.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca- Perú. N00024673@upn.pe

³ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú, tulio.guillen@upn.pe

Resumen – El presente trabajo de investigación tiene como propósito analizar e implementar estándares técnicos para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad. Se aplicó un diseño no experimental de nivel descriptivo – comparativo y de tipo aplicada con enfoque cualitativo. La población y muestra de estudio son dos proyectos de inversión los cuales se eligieron por conveniencia de los autores y son no probabilísticos. Los instrumentos usados fueron la documentación (planos 2D, metrados y presupuestos) obtenido de los expedientes técnicos, los software's Revit 2022 (modelamiento, información y documentación), Dynamo 2022 (optimizar procesos), Naviswork 2022 (coordinación 4D), Delphin Express 2022 (presupuesto) y finalmente Microsoft Excel 2019 (análisis de datos). Los resultados evidencian la optimización de recursos (tiempo – costos), aumento de la productividad y mejora en los procesos de modelado y coordinación, mediante la gestión de la información, gracias a los estándares técnicos implementados los cuales sirven como lineamientos, procesos y formatos recurrentes que se deben seguir cuando se tiene que aplicar la metodología BIM en proyectos de infraestructura vertical, ya que nos permite tener alcances de cómo se va hacer, para que se va hacer y que se va a obtener a fin de cumplir con los objetivos del proyecto y mantener un lenguaje sincrónico entre el equipo BIM.

Palabras Clave – Estándares técnicos, planificación y coordinación, construcción virtual.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la complejidad de los proyectos de construcción requeridos por los clientes está aumentando, debido a su gran envergadura y la amplia variedad de especialidades (topografía, arquitectura, estructuras, instalaciones: sanitarias, eléctricas, mecánicas, gas, red contra incendios, aire acondicionado, etc.), materiales, suministros y procedimientos constructivos. Dichas exigencias desencadenan un desarrollo deficiente en la calidad del proyecto, desde la etapa de planificación hasta la operación y mantenimiento, donde los errores más frecuentes son la falta de coordinación y comunicación sincrónica entre los agentes implicados. Según [1], alega que el diseño del proyecto a menudo pasa a la etapa de construcción con un perfil no optimizado (documentación incompleta) y con interferencias e incompatibilidades entre especialidades, lo que obliga a la empresa constructora a asumir el liderazgo en revisar y rectificar las deficiencias encontradas, y lo más crítico es que esta revisión se da muchas veces en plena

construcción del proyecto, la cual puede incidir negativamente en los plazos y costos de obra si estos errores no son detectados.

Por esta razón, no solo se requiere la aplicación de herramientas tecnológicas de modelado 3D y detección de interferencias; sino también una adecuada organización de diseños constructivos, programación de operación y mantenimiento, etc. Es así, que en la Municipalidad Distrital de San Isidro “MSI” pretendieron realizar proyectos pilotos BIM, sin tomar en cuenta que no se contaba con una base técnica referencial para desarrollarlos; por lo tanto, al remarcar esta deficiencia se optó por implementar el “MSI - Estándares Técnicos BIM” el cual regula los lineamientos, procesos y formatos recurrentes para la productividad de los proyectos de inversión en sus diversas etapas (diseño, planificación y construcción). Así mismo, este estándar técnico servirá como base de apoyo para el Plan de Ejecución BIM “BEP” al momento de dar respuesta al EIR “Employer's Information Requirement” – “Requisitos de Información del Empleador”.

La complejidad de los proyectos de inversión se define en función de: I) el nivel de riesgo o incertidumbre de los resultados del proyecto; y II) el valor o magnitud del monto estimado a la inversión del proyecto [2].

TABLA 1
CLASIFICACIÓN DEL VALOR O MAGNITUD DEL MONTO DE INVERSIÓN ESTIMADO DEL PROYECTO

Rango de montos de inversión estimado del proyecto	Clasificación del nivel de riesgo
Menor o igual a 15 mil UIT	Valor bajo
Mayor a 15 mil UIT y menor a 407 mil UIT	Valor medio
Mayor o igual a 407 mil UIT	Valor alto

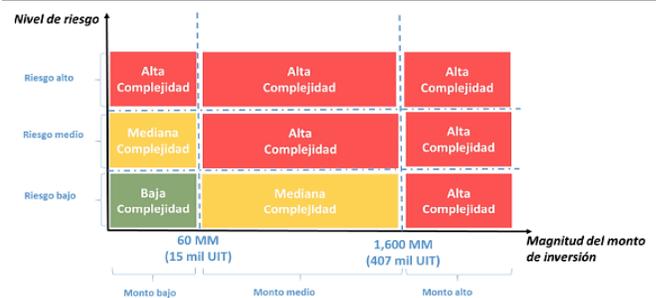
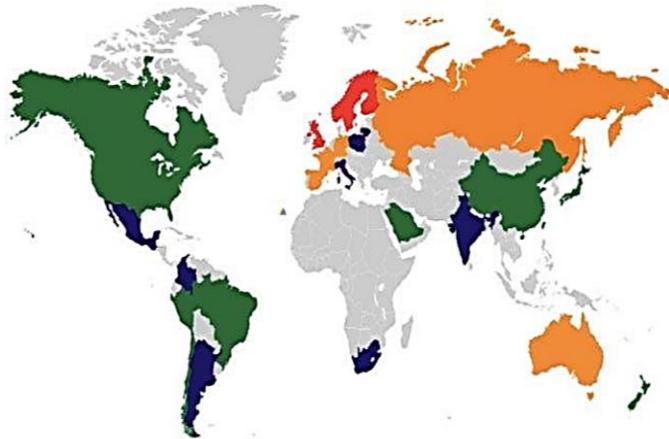


Fig. 1 Clasificación del nivel de complejidad de un proyecto de inversión.

Durante los últimos veinte años a nivel internacional, se viene desarrollando un avance significativo en materia de tecnologías de información para proyectos de construcción, una de ellas es la metodología Building Information Modeling (BIM), la cual se va extendiendo rápidamente en gran parte del mundo y está llamada a ser el futuro de este mercado [3]. Como [4], mencionan que la metodología BIM es ampliamente usada gracias a sus funcionalidades de visualización, análisis, documentación, etc. que prestan sus diferentes software's. De este modo, dichas herramientas ayudan a la implementación y eficacia de las estrategias de planificación y coordinación. Por otro lado, [5] refieren que BIM genera beneficios ambientales por una reducción del volumen de residuos que terminan en los cauces de ríos, botaderos, etc., gracias a una mayor precisión en el requerimiento de materiales o una optimizada simulación de estudios energéticos.

En el mundo, EE. UU es uno de los países donde el uso y aplicación BIM está cubierta al 100%, Reino Unido quien fue pionero registra un 80%, en Singapur su aplicación está en ascenso alrededor del 65%; es así que dichos países apuestan por esta metodología ya que les ha generado grandes cifras de rentabilidad económica a las empresas, puesto que al utilizar BIM se optimizan recursos y detectan errores tempranos, que es lo que se busca desde la etapa de planificación. Para [5] en países como: España, México, Perú y Chile están empezando a acogerse a esta metodología a través de la promulgación de nuevas leyes que contemplan los objetivos y metas que se pretenden alcanzar en un determinado plazo con el uso de BIM, como parte fundamental en la elaboración de expedientes técnicos de proyectos de inversión; frente a ello, existe una deficiente estandarización para complementar dichas leyes y alinear a las instituciones; es decir, que se adapten y permitan ser auditadas y replicadas.



- USO OBLIGATORIO EN PROYECTOS PÚBLICOS (Reino Unido, Noruega, Suecia, Finlandia)
- USO OBLIGATORIO PREVISTO EN PROYECTOS PÚBLICOS (España, Francia, Alemania, Rusia, Australia)
- USO HABITUAL PERO NO OBLIGATORIO (EEUU, Canadá, Brasil, Chile, Perú, Arabia Saudí, China, Japón, Nueva Zelanda)
- USO INCIPIENTE DEL BIM (México, Colombia, Argentina, Italia, Sudáfrica, Polonia, La India)
- SIN DATOS

Fig. 2 Mapa de implementación BIM en el mundo.

En el Perú, la implementación de esta nueva metodología de trabajo empezó en el 2005, donde diversas entidades públicas y generalmente privadas estuvieron ejecutando modelos 3D que no contaban con la información necesaria para la elaboración de expedientes técnicos de los proyectos de inversión, desperdiciando así la máxima potencialidad del Building Information Modeling (BIM), además de no llevar un adecuado orden en la comunicación al momento de pretender implementarla. Por ello, el Ministerio de Economía y Finanzas al notar dicho acontecimiento, decidió iniciar la correcta adopción BIM a partir de la creación del “Plan BIM Perú” aprobada bajo el Decreto Supremo N° 237 – 2019 - EF y que establece como medida política mejorar la calidad y eficiencia de los proyectos de inversión pública de todo el país.

Building Information Modeling o más conocido como BIM, es una metodología de trabajo colaborativo para la creación y gestión de proyectos de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información (física y funcional) del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes [6].

BIM abarca todo el ciclo de vida de una infraestructura, el cual se encarga de la gestión de toda la información que se genera en las distintas etapas del proyecto (desde la concepción del proyecto, diseño, análisis, documentación, construcción, gestión de tiempo y costos, logístico de construcción, operación y mantenimiento, hasta su demolición).

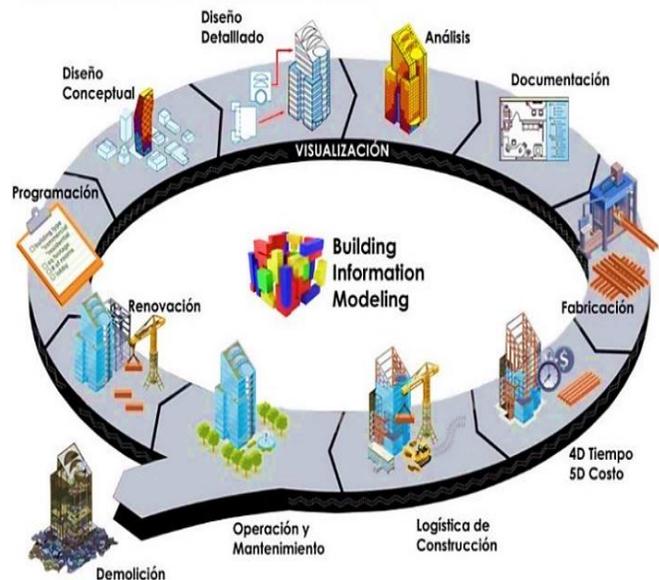


Fig. 3 Etapas de un proceso BIM.

Así mismo, BIM sirve para determinar la forma particular en la que diversos tipos de información son vinculados al modelo BIM mediante sus siete dimensiones, y a mayor que sean hacen que se puedan entender de mejor manera el proyecto de inversión [7].



Fig. 4 Dimensiones de una edificación BIM.

La metodología BIM no solo es un software de modelado 3D. Para usar tecnologías BIM se debe partir de un software de modelado 3D, pero no todos son una herramienta BIM. Además, se debe basar en objetos y generar una base de datos relacionales; dichos objetos deben cumplir con parámetros definidos de construcción.

El nivel de información necesaria (LOIN) define el alcance y granularidad de la información a intercambiar y hace referencia al nivel de datos, parámetros, detalle (geometría - madurez) y nivel de información (cantidad de datos) de un modelo tridimensional.

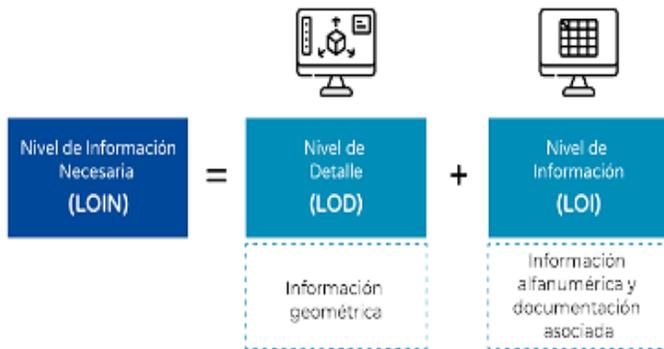


Fig. 5 Level of development o Nivel de desarrollo.

El BIM Forum es una institución sin fines de lucro que norma y establece los niveles de LOD en un modelo de información, al igual que [8] identifican los siguientes niveles de desarrollo LOD:

- ✓ **LOD 100:** Se trata de un nivel de aspecto físico, propuesta visual o de diseño conceptual que viene a equivaler a un 20% de la cantidad de información total posible.
- ✓ **LOD 200:** Se considera un nivel básico o esquematizado que incluye información dimensional parametrizada y viene a equivaler a un 40% de la información total.
- ✓ **LOD 300:** En este nivel los elementos ya incluyen funciones determinadas, además de sus dimensiones geométricas y corresponde a un 60% de la información total.

- ✓ **LOD 350 - 400:** Los elementos cuentan con la información de un LOD 300 + los parámetros de un modelo concreto, fabricante, coste, etc. y se contempla ya a nivel de proyecto de construcción, equivaliendo al 80% de la cantidad de información total.
- ✓ **LOD 500:** Se le conoce como “AS BUILT”, es decir, hace referencia a un nivel en el que el modelo es la réplica de gran fidelidad a la edificación ya construida. Este nivel se entiende que contiene el 100% de la información total.

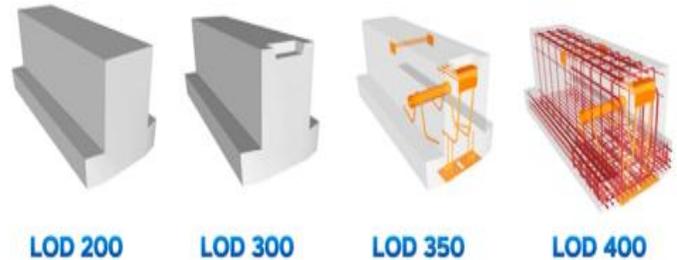


Fig. 6 LOD – Estructuras (Viga de concreto armado).

En la presente investigación se realiza el análisis e implementación de estándares técnicos para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad. Dicha indagación se enmarca en la línea de investigación de tecnologías emergentes y la sub-línea de investigación nuevas tecnologías para la construcción.

De acuerdo con lo expuesto, surgió la siguiente pregunta: ¿De qué forma ayuda el análisis e implementación de estándares técnicos para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad?

El objetivo general de esta investigación es: analizar e implementar estándares técnicos para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad. Así mismo, como objetivos específicos se tuvo: usar herramientas tecnológicas para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad; implementar procesos y formatos recurrentes para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad; realizar la comparación técnica de los planos, metrados y presupuesto de cada expediente técnico existente elaborados con el sistema tradicional CAD, frente a la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad desarrollados bajo la metodología BIM.

También se planteó como hipótesis general lo siguiente: el análisis e implementación de estándares técnicos optimiza y mejora la productividad de procesos para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación es de tipo aplicada puesto que se brinda la solución al problema en un determinado contexto; es decir, se empleará conceptos, técnicas y procedimientos de la metodología BIM mediante el uso de herramientas [9].

Así mismo, el presente estudio es de nivel descriptivo y comparativo. Es descriptivo, ya que se tiene dos variables de estudio y se busca la relación directa que pueda contribuir a la estandarización técnica para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad, a través del modelo de información 3D, planificación 4D y costos 5D en el proceso constructivo. Es comparativa, porque se realizará el análisis de la información existente de los expedientes técnicos de cada proyecto (planos, metrados, inconsistencias, tiempo y costos) desarrollado con el sistema tradicional CAD y la diferencia que se generó al ejecutar los proyectos mediante BIM [10].

También, es de enfoque cualitativo ya que se tiene el propósito de describir las variables y analizar su comportamiento en diferentes etapas a través de la gestión de proyectos [11]. Finalmente, el diseño de la investigación es no experimental debido a que se efectuó la investigación sin manipular deliberadamente las variables, se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto [11].

La investigación cuenta con una población y muestra de dos proyectos de inversión de baja y mediana complejidad respectivamente, denominados: I) *“Mejoramiento de los Servicios de Salud y Bienestar de la Gerencia de Desarrollo Humano de San Isidro, Distrito de San Isidro – Lima – Lima, C.U.I. 2369797”* y II) *“Mejoramiento del Servicio de Seguridad Ciudadana en el Distrito de San Isidro – Lima – Lima, C.U.I. 2325535”*. Cabe mencionar que los proyectos de inversión descritos, se eligieron por conveniencia de los autores y son no probabilísticos [12].

Para el tratamiento de los datos obtenidos, a continuación, se describen las Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de datos utilizados:

Se tiene como técnica la recopilación de datos concerniente a los planos 2D de las diferentes especialidades, los metrados y presupuestos; la recopilación y análisis de datos existentes; el modelado 3D; la planificación 4D; costos 5D y hojas de cálculo. Como instrumentos se desarrolló la estandarización técnica, para lograr una base configurada de lineamientos, procesos y formatos que servirán para mantener un lenguaje sincrónico, con respecto a la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión; por otro lado, se emplearon: el software AutoCAD y los planos junto a los metrados de cada expediente técnico para el inicio del modelado digital, donde se consideró el proceso constructivo mediante los software Revit 2022 y Dynamo 2022 que nos brindó información necesaria para la optimización de procesos y entregables; también para la planificación 4D a través del software Navisworks 2022, que nos facilitó detectar

interferencias e incompatibilidades entre especialidades; así mismo, el Timeliner de cada proyecto de inversión y la parametrización para el control y seguimiento de obra; para los costos 5D se usó el software Delphin Express 2022, que nos permitió actualizar el presupuesto de obra mediante las tablas de planificación (metrados exactos); finalmente se usó el software Microsoft Excel 2019 para el análisis de datos.

El procedimiento de la presente investigación se realizó en distintas etapas, estas son:

La primera etapa, consistió en la búsqueda de información de primera fuente en los buscadores académicos como: Google Académico, Dspace, Dialnet, Redalyc, Repositorio de la UPN, etc. Los documentos recopilados fueron artículos indexados y tesis de grado de los últimos diez años, acerca de la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de baja y mediana complejidad “Metodología BIM”; luego se procedió a realizar una búsqueda y selección de información más detallada sobre la investigación preliminar con palabras clave como: planificación, coordinación, implementación de BIM en el mundo, construcción virtual, nivel de información LOIN, etc. Se seleccionó la información recopilada y se organizó para fundamentar nuestra realidad problemática, los antecedentes y bases teóricas de la investigación.

La segunda etapa, consistió en analizar y recopilar el diseño y dibujo 2D de las especialidades involucradas (arquitectura, estructuras, instalaciones mecánicas, sanitarias, eléctricas y comunicaciones), empleando el software AutoCAD y donde se verificó la calidad de información y documentación (metrados y presupuestos) de cada proyecto.

Como tercera etapa, se hizo un bosquejo de los estándares técnicos en base a conocimientos técnicos utilizando procesos constructivos desde lo más simples hasta lo más complejo, para así tener los lineamientos y requisitos que se deben cumplir al momento de elaborar un proyecto; es decir, que se deben implementar para generar mayor producción y así tener mejoras significativas en los futuros proyectos de inversión. Dichos estándares contienen: plantillas básicas (recopilación de información técnica), recurso humano (roles y responsabilidades), técnicas de modelado y coordinación (estructura de directorios, librerías o familias paramétricas, parámetros compartidos, tutoriales de configuración, etc.). y optimizador de procesos (nodos vinculados, tablas de planificación, etc.)

Como cuarta etapa, se realizó el modelado 3D de las diversas especialidades de cada infraestructura vertical, empleando el software Revit 2022 y Dynamo 2022, donde se demostró la eficiencia de las herramientas y la optimización de procesos en el desarrollo BIM que presenta esta metodología en la calidad de información y exactitud de los entregables obtenidos (modelo de información por especialidad, cálculo de cantidades de obra y documentación 2D y 3D, etc.).

Como quinta etapa, se realizó la planificación 4D y coordinación mediante el software Navisworks 2022, el cual nos permitirá detectar de manera oportuna las interferencias e incompatibilidades entre los modelos interdisciplinarios, con el fin de evitar adicionales y excesos en los costos; también se realizó el timeliner para definir los plazos y procesos de ejecución, además de la parametrización para el control y seguimiento de obra.

Como sexta etapa, se realizó los costos 5D usando el software Delphin Express 2022, el cual nos permitió actualizar el presupuesto mediante las tablas de planificación extraídas de los modelos compatibilizados.

Finalmente, como séptima y última etapa se completó los Estándares Técnicos en base a lo que se empleó en los modelos federados de ambos proyectos, obteniendo una base técnica configurada para proyectos de inversión de igual o similar infraestructura civil. Así mismo se elaboró el análisis de datos mediante el software Microsoft Excel 2019, y son representados mediante tablas comparativas y de cuantificación, histogramas, gráficos y reportes descriptivos.

La ética se relaciona con el comportamiento de los investigadores ante la sociedad. La investigación estuvo orientada a la revisión de documentos y se dio el crédito a cada uno en el desarrollo del marco teórico, a través de una adecuada referenciación, siendo consultadas con fines estrictamente académicos y en bien de la investigación científica. Así mismo, se ha tomado información existente de la entidad “Municipalidad de San Isidro”, para cambiar y mejorar los procesos mediante la metodología BIM, solicitando los permisos y accesos pertinentes para no infringir la ley en la realización del presente trabajo; en este sentido, se tuvo en cuenta los siguientes valores éticos: responsabilidad y colaboración mutua entre los autores, no se manipuló los datos, no se causó daño al medio ambiente, personas y/o animales, y finalmente se hizo la publicación de los resultados obtenidos de forma fidedigna sin alteración alguna.

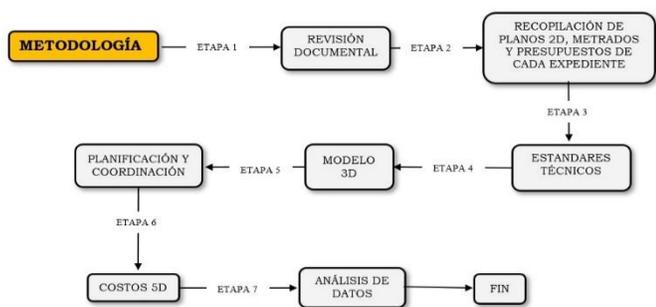


Fig. 7 Esquema flujograma de trabajo.

III. RESULTADOS

Se otorga una estandarización técnica acerca del procedimiento correcto para el modelado 3D y coordinación 4D, todo ello enmarcado dentro de la gestión y planificación BIM, para los proyectos de inversión de baja y mediana

complejidad. Dichos estándares contienen: recopilación de información técnica y prototipos paramétricos, roles y responsabilidades (recurso humano), procesos (estructura de directorios, librerías o familias paramétricas, parámetros compartidos, tutoriales de configuración, etc.) y nodos vinculados, metrados exactos, etc. Es importante mencionar, que dicha implementación quedará en beneficio de la institución pública “Municipalidad de San Isidro – Lima”.

TABLA 2
AGRUPACIÓN DE “MSI – ESTÁNDARES TÉCNICOS BIM”

Nº	Estándar Técnico	Descripción	Antes 3D	Después 3D
1	Introducción	La estandarizar consiste en procesos técnicos correspondiente al modelado y la coordinación utilizando la Metodología BIM donde el siguiente documento describe los procesos, procedimientos y requisitos que deben seguirse para la preparación y desarrollo de modelos BIM.		
2	Definición	Un Estándar es un conjunto de reglas y procedimientos específicos, técnicos establecidos en un plan, destinados a estandarizar diferentes procesos frente a una situación específica.	X	
3	Propósito	El Estándar Técnico BIM asegura que todas las empresas, entidades, profesionales o personas que estén involucradas en los procesos de construcción tengan una herramienta base permitiendo el intercambio de información eficiente entre los modelos desarrollados por las diferentes disciplinas.		X
4	Aplicabilidad	Pueden ser utilizados para realizar diseños, estimados, programación y construcción, así como el mantenimiento y operación de manera más eficiente y efectiva.	X	
5	Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> Perfeccionar la comunicación entre las disciplinas involucradas en la construcción. Facilitar la importación de planos en CAD a la plataforma BIM. Estandarizar los usos de BIM en las diferentes etapas de la construcción. Resolver interferencias entre las diferentes disciplinas antes de la ejecución de obra. Poseer mejor y eficiente programación de obra. Precisar niveles de desarrollo en cada etapa del proyecto. Cuantificaciones más rápidas y exactas. Extracción de planos constructivos 2D y 3D 		X
6	Glosario	Descripción de los términos usados en estos Estándares Técnicos BIM.	X	
7		A NIVEL DISCIPLINA		

	Dependerá de cuantas especialidades estén involucradas en el Proyecto que será desarrollado bajo la Metodología BIM	X	X	19	Programación	Una serie de parámetros han sido creados específicamente para poder administrar la programación de obra y han sido aplicados a todos los objetos en Revit.	X
8	Flujos de trabajo						
	A NIVEL DE PROYECTO						
	Se establecerá un modelo de coordenadas para cada proyecto.	X	X	20	BIM en la obra	Todos los cambios necesarios en los diferentes modelos para que al finalizar el mismo este refleje de manera exacta lo que se ha construido en obra.	X
8	Roles y responsabilidades	X		21	Actualizaciones, cambios y revisiones	Cambios podrán realizarse debido a errores y omisiones, así como para mejorar o actualizar el estándar basado en cambios en el entorno de BIM.	X
9	Generalidades del proyecto	X	X				
10	Requerimientos	X					
11	Accediendo a los estándares	X	X				
12	Configuración del entorno	X	X				
13	Estructura de directorios	X	X				
14	Plantillas		X				
15	Convención de nombres	X	X				
16	Parámetros personalizados	X	X				
17	Técnicas de modelado		X				
18	Resolución de interferencias		X				

Los modelos se elaboraron en base al expediente técnico y a los estándares técnicos creados. Por ello, el modelo de información requirió la buena lectura de planos y conocimientos de constructibilidad; es así, que se modela como se construye. Según lo mencionado, se elaboró la creación de familias paramétricas, modelos de información por cada especialidad, creación de parámetros, cálculo de cantidades de obra y la documentación 2D – 3D.

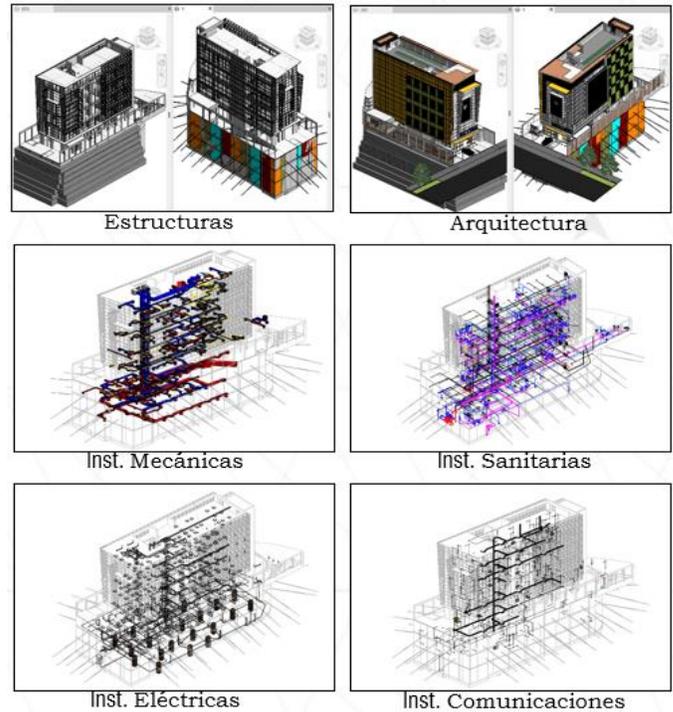


Fig. 8 Modelos Generales por especialidad.

Para el inicio de la coordinación BIM, se tomaron los modelos de información disciplinarios del software Revit. Posteriormente se realizó la interoperabilidad de los mismos para obtener el modelo federado; todo ello, con ayuda del software Navisworks.

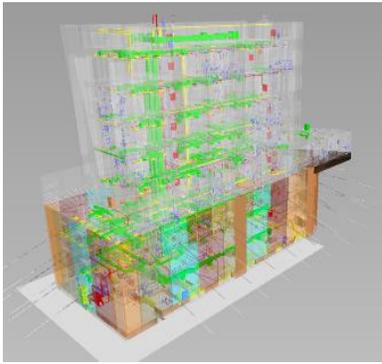


Fig. 9 Modelo Federado (Coordinación)

Para la extracción de las tablas de planificación (metrados BIM), se elaboró bajo criterios de que: se modela como se construye; de igual manera, se utilizaron los parámetros compartidos (sector, áreas, encofrado, vaciado, tipo, etc.) y familias paramétricas.

Para la elaboración de la cuantificación del proyecto, se actualizó el presupuesto general de obra mediante la variación de las tablas de planificación extraídas de los modelos de información compatibilizados.

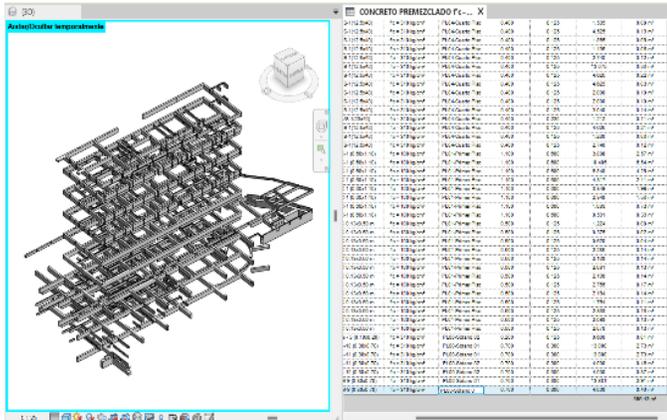


Fig. 10 Metrado BIM – C° premezclado $f'c=310 \text{ kg/cm}^2$ con bomba en Vigas

TABLA 3
DIFERENCIA METRADO Y COSTO BIM VS ET – CONCRETO PREMEZCLADO $f'c=310 \text{ KG/CM}^2$ CON BOMBA EN VIGAS

01.01.05.06.01	Concreto premezclado $f'c=310 \text{ kg/cm}^2$ con bomba en Vigas	m ³
	BIM	EXP. TECNICO
Metrado	396.46	132.64
Costo Parcial	344.78	344.78
Costo Total	S/ 136,691.48	S/ 45,731.62
Diferencia %	-198.90%	

Nota: La figura 10 y Tabla 3, con respecto a la partida 01.01.05.06.01 Concreto premezclado $f'c=310 \text{ kg/cm}^2$ en Vigas, se puede observar que el metrado obtenido de la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados es 396.46 m³ con un costo de S/. 136,691.48; el cual es mayor al metrado y costo establecido en el Exp. Téc. con 132.64 m³ y S/. 45,731.62 con una diferencia deficiente del -198.90%.

Se realizó la comparación del costo total y plazo de ejecución del proyecto evidenciándose los siguientes resultados, gracias a la implementación de los estándares técnicos:

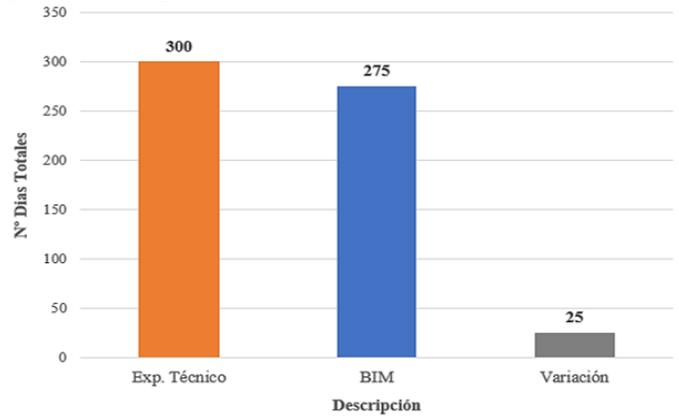


Fig. 11 Comparación del Costo BIM vs Expediente Técnico

Nota: La figura 11, se observa que el costo total del Expediente Técnico es de S/ 27,010,146.26; el cual es menor al costo total del proyecto obtenido con BIM gracias a los estándares técnicos implementados de S/ 29,021,045.10, presentando un déficit de S/ 2,010,898.84 y una diferencia deficiente de -6.93%.

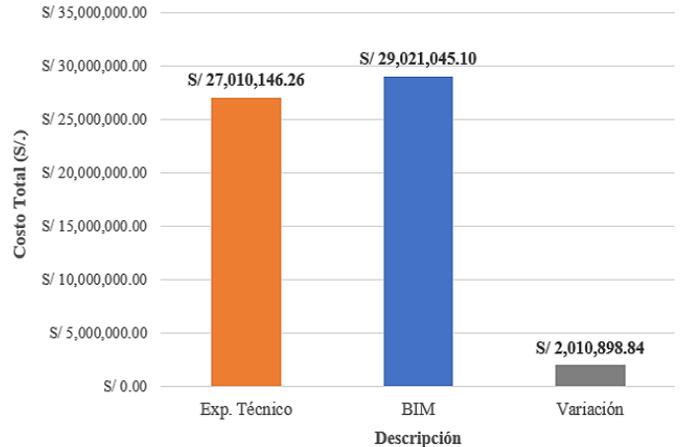


Fig. 12 Comparación del Tiempo de Ejecución de Obra

Nota: La figura 12, se observa que el tiempo de ejecución de obra del Expediente Técnico es de 300 días, el cual excede en un 8.33% al tiempo realizado con la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados y la mejora de procesos, donde resulta en 275 días y; por lo tanto, una disminución de 25 días con respecto al Expediente Técnico.

Para el otro proyecto, se encaminó de igual forma tomando como hoja de ruta a la estandarización implementada.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Esta investigación presentó la limitación en la Municipalidad de San Isidro donde se evidenció la ausencia de procesos y estándares técnicos para la planificación y coordinación en la construcción virtual e integración de la información de los proyectos verticales de inversión de baja y mediana complejidad.

Los estándares técnicos se elaboraron en base a la experiencia y resultados finales de los modelos y coordinación de los proyectos de baja y mediana complejidad. El empleo de dicha estandarización permitirá en cada proceso: generar una automatización e incremento de la producción, lograr mejores resultados, poder ser auditadas y replicadas en los futuros proyectos de inversión.

La construcción virtual nos facilitó la gestión de la información mediante el trabajo colaborativo y la creación de: familias paramétricas, modelos de información disciplinarias, parámetros, documentación 2D – 3D y extraer tablas de planificación, planos constructivos, detalles, renders, etc. Así mismo, se trabajó los modelos BIM bajo ciertos parámetros definidos como: sector, áreas, encofrado, vaciado, tipo, etc. para garantizar la correcta vinculación de la información en la etapa de coordinación (4D) y costos (5D) de ambos proyectos de inversión.

En el primer proyecto se obtuvo un total de 7 967 interferencias e incompatibilidades y un total de 275 días para su ejecución, lo cual representa el 8.33% con una optimización de 25 días comparado al expediente técnico; en el segundo proyecto se obtuvo un total de 16 221 interferencias e incompatibilidades y un total de 330 días para su ejecución, lo cual representa el 22.35% con una optimización de 95 días comparado al expediente técnico.

En el proyecto de inversión de baja complejidad se evidencia una variación deficiente del -6.93% que corresponde a S/. 2,010,898.84; mientras que en el proyecto de inversión de mediana complejidad se percibe un -14.71% que concierne a S/. 7,495,239,58. Puesto que las deficiencias en los presupuestos de cada Expediente Técnico se presentan puntualmente en los metrados.

Los estándares técnicos implementados coinciden con la identificación de normas y reglamentos estatales para el desarrollo de proyectos de inversión pública remarcadas por el autor [5]; además la ISO 19650 es una normativa internacional que marca las pautas necesarias para realizar la gestión de la información en un proyecto de construcción. Por otro lado, tenemos el Plan BIM Perú que busca adoptar la metodología BIM de manera progresiva en todo el sector público, teniendo como referencia el año 2030. A partir de nuestros resultados podemos afirmar que la Metodología BIM, logra evidenciar una considerable diferencia y mejora en eficiencia a partir de los parámetros de costos, tiempo y calidad en todo el ciclo de vida del proyecto.

Es importante desarrollar proyectos de construcción empleando BIM bajo la dirección de normas y/o estándares propios, ya que nos permite un mejor acceso a la información independientemente del software, esto se debe a que todos comparten el mismo enfoque; es decir, “gestionar la información de manera eficiente”, facilitando la colaboración e interacción entre los diferentes actores de un proyecto en tiempo real.

Respecto a la implicancia de la investigación, se tiene como aporte “MSI - Estándares Técnicos BIM para el modelamiento y coordinación” implementada en la Municipalidad de San Isidro. Se definió los estándares para complementar y reforzar el proceso de implementación BIM en dicha institución pública. Mediante la estandarización se brindan los lineamientos, requisitos, procesos y formatos para la construcción virtual de modelos BIM e integración de la información, el correcto flujo de trabajo colaborativo a fin de obtener métricas basadas en tiempo vs RFI o levantamiento de observaciones. Finalmente, la mencionada implementación también puede tener alcance para los proyectos de inversión de alta complejidad, dependiendo de los criterios que se establezcan por parte del equipo BIM y el tipo de infraestructura civil.

Se concluye en la aceptación de la hipótesis que establece: el análisis e implementación de estándares técnicos optimiza y mejora la productividad de procesos para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad. Debido a que dicha estandarización sirve como lineamientos, procesos y formatos recurrentes para mejorar la productividad de los proyectos de inversión y a su vez afianzar la nueva metodología de trabajo, ya que nos permite tener alcances de lo que se va hacer, como se va hacer, para que se va hacer y que se va a obtener a fin de cumplir con los objetivos de los activos.

Los Estándares Técnicos BIM nos facilitaron la comunicación y trabajo sincrónico en colaboración con herramientas de telecomunicaciones como el entorno común de datos (ECD).

La Estandarización Técnica BIM sirve como base al Plan de Ejecución BIM (BEP) para dar respuesta al Employer’s Information Requirements ó EIR el cual es ejecutado por la entidad contratante; es decir, para proyectos realizados por ejecución presupuestaria indirecta.

Para el caso de proyectos desarrollados por administración directa, ya no será necesario realizar un Plan de Ejecución BIM (BEP) ya que los Estándares Técnicos BIM sustituyen a este.

La Estandarización Técnica BIM se aprovecha en su totalidad en proyectos de infraestructura vertical (colegios, hospitales, mercados, centros recreativos, etc.); así mismo, se puede utilizar los directorios creados en proyectos de infraestructura lineal (carreteras, saneamiento, ferrovías, gasoductos, vías navegables, etc.) mas no el proceso constructivo ni las plantillas generadas.

A mayor escala y complejidad, el retorno de inversión es mayor, ya que existe un esfuerzo inicial de planificación, coordinación, movilización y creación del ecosistema de trabajo, que no tiene demasiada variación si el proyecto es más o menos complejo. Esto no quiere decir que la metodología BIM no sea aplicable para proyectos pequeños, sino que hay mayor rendimiento y rentabilidad cuanto más grande es el proyecto de inversión.

No basta con elaborar un modelo 3D para identificar interferencias e incompatibilidades, sino que se debe modelar bajo procesos constructivos y parámetros definidos (información) en los Estándares Técnicos BIM, para tener mejores resultados en cuanto a productividad.

Es preferible, identificar las interferencias entre especialidades en etapas tempranas que construir sin tomarlas en cuenta, lo cual desencadena pérdidas en recurso humano, presupuesto y retrasos de obra.

Por otro lado, el “MSI – Estándares Técnicos BIM” es un documento que brinda la hoja de ruta para mantener el lenguaje común entre el equipo BIM; ejemplo: debido a los constantes cambios de gestión (gobiernos municipales y gubernamentales) de las entidades en el sector público, al retirarse o ingresar nuevo personal técnico (ingenieros, arquitectos y/o involucrados), dicho documento servirá para orientar y seguir encaminando los proyectos que se encuentran en pleno desarrollo.

Para implementar de manera correcta la metodología BIM se requiere una estrategia que considere cuatro pilares, que son: procesos, estándares técnicos, recurso humano y tecnología.

Se compararon ambos métodos de trabajo y se obtuvo que BIM ofrece eficiencia en los procesos frente al sistema tradicional CAD, ya que brinda mayor colaboración y comunicación sincrónica, visualización del proyecto en pre – construcción, proyectos mejor compatibilizados, estimación de recursos y costos basados en los modelos, programación y secuencia constructiva, mayor productividad, aumento de la seguridad y mejor gestión durante la vida del proyecto.

Finalmente, hoy en día hace falta profesionales BIM en la industria constructiva para desarrollar y tener mejores proyectos de inversión, además de contribuir con la celeridad de la adopción BIM en el Perú; por ello las universidades deben adoptar y actualizar su plan de estudios considerando la metodología BIM.

REFERENCIAS

[1] Taboada, J., Alcántara, V., Lovera, D., Santos, R., & Diego, J. (2011) Detección de interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificación usando tecnología BIM. *Revista Científica Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/672>

[2] Ministerio de Economía y Finanzas. (2019, 23 de enero). *Directiva General del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones*. Diario Oficial el Peruano. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/anexo1_0_directiva001_2019EF6301.pdf

[3] Mojica, A., Valencia, D., Gómez, A., & Alvarado, Y. (2016). Planificación y control de proyectos aplicando “Building Information Modeling” un estudio de caso. *Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán*, 20 (1). <https://www.redalyc.org/pdf/467/46750927004.pdf>

[4] Álvarez, M., & Bouza, M. (2015). La conexión entre el Project Management y el BIM. *Revista de la Escuela Técnica Superior de*

Edificaciones, Universidad Politécnica de Madrid, 15 (1). <https://www.researchgate.net/publication/320077548>

[5] Salinas, J., & Prado, G. (2019). Modelado de Información de Construcción (BIM) para la gestión del diseño y construcción de proyectos públicos peruanos. *Revista de la Escuela Técnica Superior de Edificaciones, Universidad Politécnica de Madrid*, 3 (2). <https://dx.doi.org/10.20868/bma.2019.2.3923>

[6] Choclán, F., Soler, M., & Gonzáles, R. (2014). Introducción a la metodología BIM. *Revista de la Escuela Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid*. <https://www.researchgate.net/publication/284159764>

[7] National Institute of Building Sciences (2017). *BIM Dimensions*. National BIM Guide for Owners. Consultado el 22 de julio de 2022. https://www.nibs.org/files/pdfs/NIBS_BIMC_NationalBIMGuide.pdf

[8] Morea, J., & Zaragoza, J. (2015). Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura técnica. Madrid: Fe d’erratas.

[9] Baena, G. (2014). *Metodología de la Investigación*. Patria. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf

[10] Arias, T. (2012). *Diseño metodológico*. Consultado el 27 de julio de 2022. http://www.cvrecursosdidacticos.com/web/repository/134488851_dise-no-1.pdf

[11] Lozada, J. (2014). *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria*, 3 (2), 60-62. Consultado el 27 de julio de 2022. <https://dialnet.unirioja.es>