



Análisis de rentabilidad en la etapa de diseño entre un modelo bidimensional CAD y un modelo BIM para el proyecto de Intercambio Vial, Km 25+115.85 de la Autopista Juliaca - Puno

Profitability analysis in the design stage between a two-dimensional CAD model and a BIM model for the Road Interchange project, Km 25 + 115.85 of the Juliaca - Puno Highway

Análise de rentabilidade em fase de projeto entre um modelo CAD bidimensional e um modelo BIM para o projeto de Trevo Rodoviário, Km 25 + 115,85 da Rodovia Juliaca - Puno

ARTÍCULO GENERAL

Sergio Llanos Díaz

sergiollanos@outlook.com.pe

<https://orcid.org/0000-0002-2252-4708>

Universidad Peruana Unión

Sujei Ñaupá Mamani

sujei.mamani@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5304-4782>

Universidad Peruana Unión

Samuel Marca Arocutipá

samuelfmarcaarocutipá@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0423-853X>

Universidad Peruana Unión

Correspondencia: Rubén Fitzgerald Sosa Aquise

<https://orcid.org/0000-0003-1058-8285>; ruben.sosa@upeu.edu.pe

Recibido 02 de Diciembre 2021 | Arbitrado y aceptado 02 de Diciembre 2021 | Publicado el 07 de Enero 2022

RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo el estudio de la rentabilidad que produce la aplicación de la tecnología Buildig Information Modeling (BIM), en la etapa de diseño del expediente, frente al método tradicional de cálculo que se fundamenta en dibujos en dos dimensiones (2D). El caso de estudio es la estructura formada por planchas de acero corrugado galvanizado (Multiplate MP152), cimentación y muros de concreto armado, relleno estructural y pavimento flexible, del proyecto de Intercambio Vial, Km 25+115.85 de la Autopista Juliaca - Puno. Se presenta la metodología para el desarrollo del modelo BIM teniendo en cuenta cinco variables (dimensión en el eje x, dimensión en el eje y, dimensión en el eje z, tiempo y costo), con la integración de información utilizando herramientas como software de Autodesk: Recap, Civil 3D, Revit, Infracore y Navisworks. Se efectúa una comparación del Diseño de las partidas más importantes, obtenido con el método tradicional y con la utilización de BIM, a partir de la cual es posible verificar el aporte y/o rentabilidad que produce la implementación de BIM en el diseño de estas partidas. Como resultado de la modelación en BIM, se valora un ahorro de 24 % en cuanto al tiempo de ejecución y en función de la rentabilidad se estima que dicho ahorro con BIM es de 43.81 % con relación al CAD concluyendo que la tecnología BIM es más sencilla y eficaz de gestionar, agilizando todos los procesos de diseño.

Palabras claves: BIM, CAD, rentabilidad, intercambio vial, planchas de acero corrugado galvanizado Multiplate MP152, herramientas de software.

ABSTRACT

The objective of this article is to study the profitability produced by the application of Buildig Information Modeling (BIM) technology, in the file design stage, compared to the traditional calculation method that is based on two-dimensional drawings (2D). The case study is the structure formed by galvanized corrugated steel plates (Multiplate MP152), reinforced concrete foundations and walls, structural fill and flexible pavement, of the Road Interchange project, Km 25 + 115.85 of the Juliaca - Puno Highway. The methodology for the development of the BIM model is presented taking into account five variables (dimension on the x axis, dimension on the y axis, dimension on the z axis, time and cost), with the integration of information using tools such as Autodesk software : Recap, Civil 3D, Revit, Infracore and Navisworks. A comparison is made of the Design of the most important items, obtained with the traditional method and with the use of BIM, from which it is possible to verify the contribution and / or profitability produced by the implementation of BIM in the design of these items. As a result of the modeling in BIM, a saving of 24% in terms of execution time is valued and based on profitability it is estimated that said saving with BIM is 43.81% in relation to CAD, concluding that BIM technology is simpler and efficient to manage, streamlining all design processes.

Keywords: BIM, CAD, profitability, road interchange, Multiplate MP152 galvanized corrugated steel sheets, software tools.

RESUMO

O objetivo deste artigo é estudar a rentabilidade produzida pela aplicação da tecnologia Buildig Information Modeling (BIM), na etapa de projeto de arquivos, em comparação ao método tradicional de cálculo baseado em desenhos bidimensionais (2D). O estudo de caso é a estrutura formada por chapas de aço galvanizado ondulado (Multiplate MP152), fundações e paredes de concreto armado, preenchimento estrutural e pavimento flexível, do projeto Trevo Rodoviário, Km 25 + 115,85 da Rodovia Juliaca - Puno. A metodologia de desenvolvimento do modelo BIM é apresentada levando em consideração cinco variáveis (dimensão no eixo x, dimensão no eixo y, dimensão no eixo z, tempo e custo), com integração de informações por meio de ferramentas como o Autodesk softwares: Recap, Civil 3D, Revit, Infracore e Navisworks. É feita uma comparação do Desenho dos itens mais importantes, obtidos com o método tradicional e com o uso do BIM, a partir do qual é possível verificar a contribuição e / ou rentabilidade produzida pela implementação do BIM no desenho desses itens. Como resultado da modelagem em BIM, avalia-se uma economia de 24% em termos de tempo de execução e com base na rentabilidade estima-se que essa economia com BIM seja de 43,81% em relação ao CAD, concluindo que a tecnologia BIM é mais simples e eficiente para gerenciar, agilizando todos os processos de design.

Palavras-chave: BIM, CAD, lucratividade, intercâmbio rodoviário, chapas de aço galvanizado Multiplate MP152, ferramentas de software.

Introducción

BIM es una metodología colaborativa para la gestión de proyectos en obras civiles que aporta a los proyectos gran rentabilidad, eficiencia y sostenibilidad ya que genera un ahorro económico que ejercerá una mejor colaboración entre las diferentes disciplinas del diseño y ejecución de una obra de carretera. BIM, afirma Borja (2015), centraliza toda la información de un proyecto (3D o geométrica, 4D o tiempos, 5D o costes, 6D o ambiental, y 7D o mantenimiento) en un modelo digital desarrollado por todos sus agentes, permitiendo ahorros de tiempo y costos en un proyecto constructivo.

La situación según ASIDEK (2016) del BIM en el mundo ha ido evolucionando exponencialmente, con un crecimiento de la participación económica de países como EUA, Canadá, Reino Unido, Alemania o Francia, que ya apuestan por integrar BIM en su estrategia dentro del sector de arquitectura, ingeniería, construcción y operación (AECO). Se estima que para 2020, el mercado BIM crecerá hasta un 12% en Norte América, 13% en Europa y Asia, y 11% en el resto del mundo. Inicialmente, BIM fue diseñado para ser aplicado en el sector de la construcción, pero se está expandiendo a otras áreas de la construcción para las que no fue designado originalmente, como la infraestructura civil. Se cree que el uso de BIM en infraestructura está atrasado casi tres años con respecto a su uso para edificios, pero la evidencia muestra que recientemente el uso de BIM en infraestructura está aumentando

Fernando (2017), menciona que una de las ventajas que trae la utilización de este software es que se puede generar topografía desde las imágenes satelitales disponibles en sus servidores, esto permite tener una idea general de la superficie en donde se desarrollará el proyecto. La elaboración del diseño se muestra en forma automatizada, la visualización del proyecto se muestra en un plano 3D y que además contiene la información de cada uno de los componentes por los que están constituidos el proyecto. El software tiene la capacidad de extraer del modelo de manera automática la medición de todos ellos (Chavarria, 2018).

Tabla 1. Diferencia BIM y CAD

CONCEPTO	CAD	BIM
Dibujo	Se realiza por entidades geométricas como líneas, círculos, polígonos, sólidos y superficies	Se realiza con elementos constructivos con propiedades como muros, pilares, ventanas, cubiertas, terrenos.
Relación plantas,modelos, alzados.	Son entidades independientes y hay que aplicar cambios por separado, dado que los archivos son independientes entre sí.	Existe un único modelo del que se extraen representaciones, cualquier cambio en el modelo cambia las representaciones
Datos asociados	Bloques con atributos(Poco utilizados , tiene limitaciones)	Los elementos cuentan con propiedades.
Informes	Calcular datos y exportarlos a otros softwares (Excel)	Son generados automáticamente y tienen conexión directa entre ellos
Trabajo en grupo	No hay, soluciones improvisadas, un archivo una persona.	Posibilidad de trabajo e grupo sobre un mismo modelo, existe coherencia en el diseño final.

Nota. Tomado de Monfort (2015).

BIM se aplica principalmente en la generación y gestión de datos de edificios. Utiliza el concepto orientado a objetos para aumentar la eficiencia de la gestión de la información en el ciclo de vida del edificio” (Noor & Yi, 2017). Huang (como se cita en Noor & Yi, 2017) demostró que BIM puede simplificar el diseño y la construcción de la alineación de vías, aumentando las capacidades del diseño asistido por computadora y la automatización, lo que acorta en gran medida el período de diseño y aumenta la eficiencia de la construcción. El BIM permite una inimaginable gama de actividades colaborativas, revisión interdisciplinaria e integrada del diseño, coordinación multi-modelos y detección de interferencias, integración en tiempo real con otros especialistas para la estimación de costos, gestión de la construcción, etc” (Enshassi & AbuHamra, 2016; Karlshøj, 2012).

Entre las herramientas que permiten desarrollar este modelo digital, se destaca AutoCAD Civil 3D Software de diseño lineal de proyectos de infraestructura (EquipoPVP, 2018). En AutoCAD Civil 3D se puede establecer flujos de trabajo, se pueden desarrollar proyectos civiles, infraestructura, como distribución lotes, trazo de redes de abastecimiento de agua potable, alcantarillado, drenaje, vías, canales, además se puede procesar estudios topográficos (Huancas y Torres, 2020). Actualmente se puede utilizar con uno de los softwares más potentes que la empresa de Autodesk,

InfraWorks, este software puede ser utilizada en las fases como planeación y poder lograr la visualización del proyecto en la etapa final. este software nos permite elaborar modelos exactos en comparación a nuestra realidad y nos posibilita trabajar sobre los mismos de una manera simple y práctica, debido a que cuenta con herramientas muy útiles (Fernando, 2017).

Es importante tener en cuenta que “la industria de la construcción tiene un impacto directo sobre el crecimiento económico de un país. El sector de la construcción ha implementado diferentes metodologías para la gestión de proyectos a lo largo de la historia, pero las diferencias entre los tiempos y los costos se presentan constantemente a nivel mundial. Por otro lado, los proyectos de construcción cada vez son más complejos, lo que aumenta los riesgos y exige la utilización e implementación de nuevas técnicas y herramientas. La metodología BIM (Building Information Modeling por sus siglas en inglés) ha tomado fuerza en los últimos años, demostrando ser eficiente para una adecuada gestión de proyectos.” (Contreras et al., 2018)

La investigación de esta problemática se realizó por el interés de conocer “si el proyecto que implementa BIM, reduce el tiempo de trabajo para estimar los metrados para costos, porque reduce los días de trabajo al realizar el modelado, cuantificar el metrado y realizar la revisión respectiva para cada proyecto” (Medina y Salomón, 2019) y en el ámbito profesional, como ingenieros, el interés versó en conocer el contexto de la metodología BIM y su aplicación en obras de infraestructura vial, conocer las ventajas del modelamiento digital, así como programar, organizar actividades y facilitar la coordinación activa de todos los involucrados en el proyecto, con un intercambio de información y mediante un entorno común de datos.

Por último, el presente artículo tuvo como objetivo principal realizar un análisis de rentabilidad entre dos alternativas para la elaboración del proyecto en la etapa de diseño usando Building Information Modeling (BIM) y usando la metodología del diseño asistido por computadora (CAD). Además, fue necesario realizar lo siguiente: a) Analizar e interpretar los estudios con la metodología convencional CAD, b) Desarrollar el modelo BIM del intercambio vial 25+115.85 - LOD 400, c) Evaluar el rango de variabilidad del índice de rentabilidad entre el modelo convencional CAD y metodología BIM en las dimensiones de tiempos y costos del proyecto de intercambio vial 25+115.85, d) Analizar las ventajas y desventajas del uso de herramientas de

gestión de proyectos BIM y el método convencional post implementación en la etapa de expediente técnico.

Materiales y Métodos

Materiales

La metodología utilizada para la presente investigación hace referencia al método científico experimental. El desarrollo de la metodología se enfoca en el estudio del impacto de BIM en el cálculo de presupuestos de construcción de estructuras en concreto reforzado, frente al método tradicional de cálculo. Elaborar un presupuesto de obra resulta una labor compleja dada, la magnitud de los proyectos de construcción, las múltiples tareas de obra, la incertidumbre en obra, los factores climáticos, la variedad de los materiales empleados en el proyecto, los variables precios de materia

2.2. Métodos

2.2.1. Analizar e interpretar los estudios con la metodología convencional CAD

Las empresas constructoras, normalmente desarrollan proyectos que involucran concreto, ya sea desde un simple cimiento hasta muros reforzados y una variedad de tipos de estructuras que tienen inmerso principalmente dicho material pertenecientes a proyectos de diversa envergadura, sin embargo, hasta la actualidad todas estas estructuras siempre han sido plasmadas desde la fase de su idea inicial como proyecto hasta el momento de iniciar su construcción para reconocer cada elemento del proyecto visualmente siempre en dos dimensiones.

En CAD, la cooperación entre los distintos agentes implicados en el proyecto (ingenieros, empresas encargadas de la construcción, proveedores, etc.) no es posible debido a las limitaciones del software. En lo referente a la gestión de la información, en el caso de CAD el peso principal de los archivos creados son planos independientes unos de otros.

El CAD tiene menos precisión en cuanto al cálculo del metrado lo cual tiene un impacto directo en los costos de las obras en comparación a otras metodologías.

Se analizó los estudios básicos y planos de diseño del expediente técnico: Informe de Modificación de Ingeniería de la Variante de Paucarcolla correspondiente a la

Construcción de la Autopista Puno – Juliaca del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), con ellos se logró establecer cuáles serían las partidas de diseño más importantes.

Tales como la ubicación:

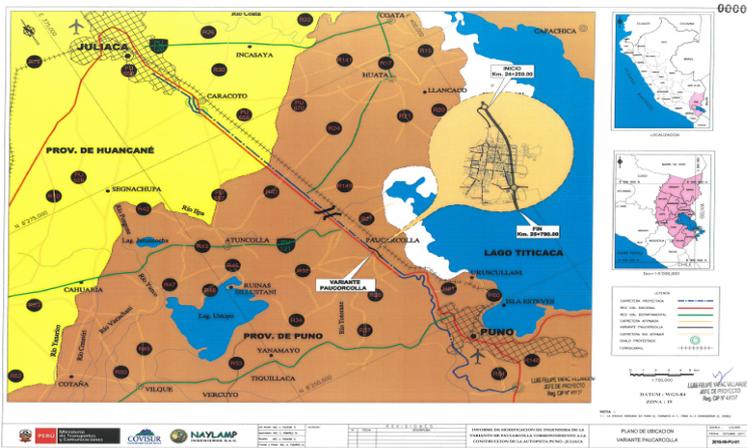


Figura 1. Plano Ubicación Intercambio Vial. Fuente, Expediente Técnico: Informe de Modificación de Ingeniería de la Variante de Paucarcolla correspondiente a la Construcción de la Autopista Puno - Juliaca

Asimismo, se muestra los planos más resaltantes del intercambio vial.

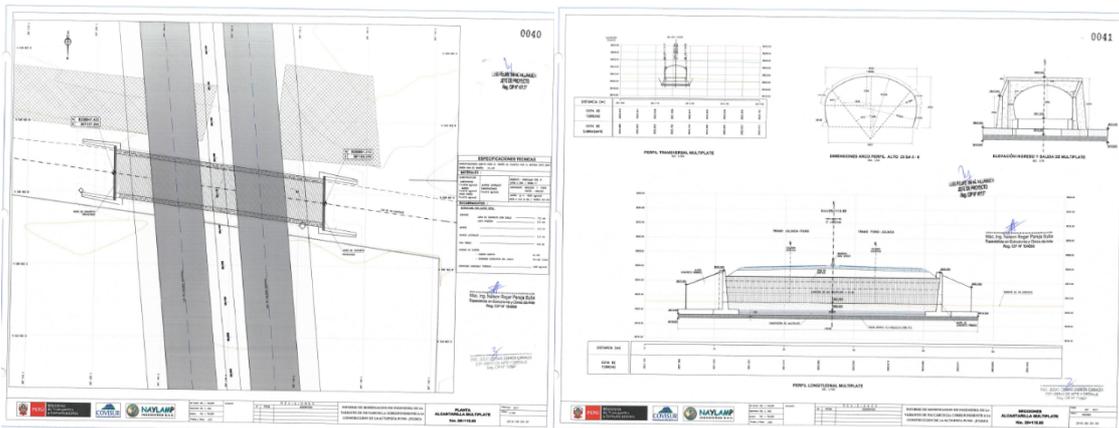


Figura 2. Plano Planta y Sección Intercambio Vial. Fuente, Expediente Técnico: Informe de Modificación de Ingeniería de la Variante de Paucarcolla correspondiente a la Construcción de la Autopista Puno - Juliaca

2.2.2. Desarrollar el modelo BIM del intercambio vial 25+115.85 - LOD 400.

Teniendo la información contractual de las diferentes especialidades analizadas del expediente técnico y tomando en cuenta los niveles proyectados se realizará el modelamiento BIM utilizando variedad de herramientas disponibles las cuales sirven como apoyo para la realización del proyecto.

Programas informáticos

En el año 2020 se realizaron diferentes webinar impartidos con el representante Victoria Ureña, en la cual se explicó las herramientas digitales para el desarrollo de proyectos de infraestructuras civiles indicando que existen tres programas clave que ofrecen soluciones complementarias, integradas y en constante evolución para la conceptualización, el diseño detallado y la documentación del proyecto: Autodesk InfraWorks, AutoCAD Civil 3D, Revit Estructural. Estos programas permiten trabajar con metodología BIM y flujos de trabajo conectados. Además, con Dynamo sobre Revit y Civil 3D podemos automatizar tareas repetitivas y reducir los tiempos de diseño.

Niveles de detalle

Tal como lo plantea el NBS del Reino Unido, el término Level of Definition (nivel de definición) se refiere al nivel de detalle (descripción gráfica de los modelos en cada etapa) y al nivel de información (LOI, que describe el contenido no gráfico del modelo en cada etapa). A continuación, se indican los siguientes niveles de detalle e información, acorde a lo señalado por el BIM Forum Chile (2017).

Tabla 2. Niveles de detalle

Nivel de detalle	características
LOD 1	Conceptualización y casi nula geometría
LOD 2	el elemento de construcción modelado proporciona una indicación visual del elemento en la etapa conceptual, identificando requerimientos claves como el acceso o zonas libres para el posterior mantenimiento. Esta información es adecuada para la coordinación espacial inicial de los elementos o sistema.
LOD 3	el elemento de construcción modelado proporciona una representación visual del elemento en la etapa de definiciones técnicas para su coordinación espacial completa

LOD 4 el elemento de construcción modelado proporciona una representación visual del elemento para una etapa de diseño. Con su coordinación espacial completa.

Nota. Tomado de BIM Forum Chile (2017)

Niveles de desarrollo

Ahora bien, el AIA (American Institute of Architects) de Estados Unidos define al nivel de desarrollo como la forma de identificar requisitos mínimos y usos específicos a cada elemento del modelo, en un respectivo nivel. Los siguientes, son los niveles de desarrollo, en base a lo expuesto por el BIM Forum Chile y desde la definición del AIA (2017):

Tabla 3. Niveles de desarrollo

Nivel de desarrollo	Características
LOD 100	El elemento puede ser representado gráficamente en el modelo con un símbolo o representación genérica. Estas representaciones muestran la existencia de un componente, pero no su forma, tamaño o ubicación precisa. La información debe ser considerada aproximadamente
LOD 200	El elemento se representa gráficamente como un sistema genérico de objeto, tamaño, forma, ubicación y orientación aproximados. La información no grafica también es aproximada. Esta aproximación es respecto al volumen o espacio reservado.
LOD 300	El elemento representa gráficamente como un objeto o sistema específico en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación. La información grafica se corresponde con la información gráfica. Las cantidades, dimensiones, formas, ubicación y orientación según lo diseñado se puede obtener directamente o del elemento.
LOD 350	Igual al LOD 300, pero con representaciones se vinculan con otros elementos del modelo cercano o adjunto y se incluyen las partes tales como soporte o conexiones.
LOD 400	LOD 350 más la modelación. Estas representaciones se modelan con la precisión y el detalle suficiente para su fabricación e instalación.

Nota. Tomado de BIM Forum Chile (2017)

El desarrollo del modelo se desarrolló de la siguiente manera y siguiendo estos pasos:

- Levantamiento fotogramétrico y nube de puntos; Se utilizó un dron DJI Phantom 4 y para el diseño de la nube de puntos el software Autodesk Recap



Figura 3 y 4. Levantamiento Dron y Nube de Puntos en Paucarcolla, Puno

- Alineamiento y diseño vial; se procesa la información de la nube de puntos y se realiza el diseño mediante el software Autodesk Civil3D.

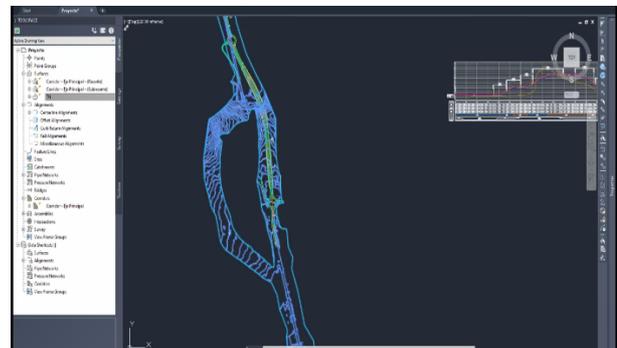


Figura 5 y 6. Diseño vial Intercambio Vial

- Diseño y modelamiento 3D; con la información del diseño en Civil 3D y con la información de los planos del expediente técnico; se procede a diseñar y modelar en 3D utilizando el software Autodesk Revit.

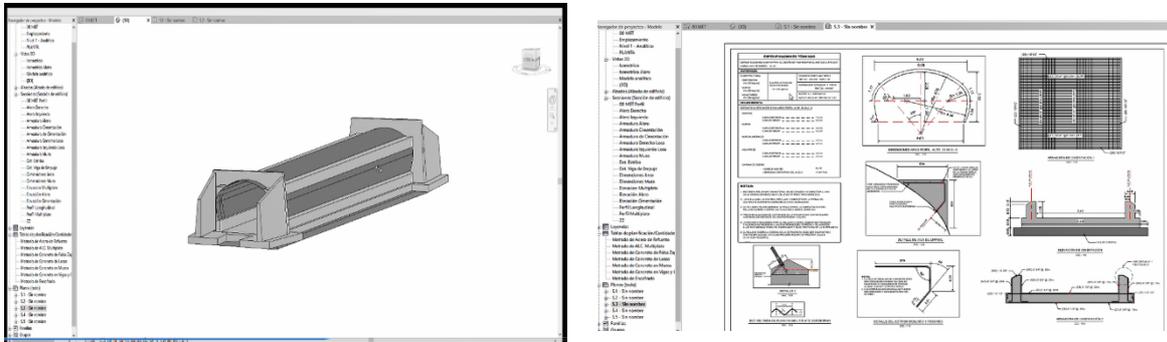


Figura 7 y 8. Diseño 3D y laminado en Revit

- Modelamiento y simulación; haciendo uso del software Autodesk Infraworks se hace una simulación del proceso constructivo con el fin de verificar la compatibilidad del diseño.

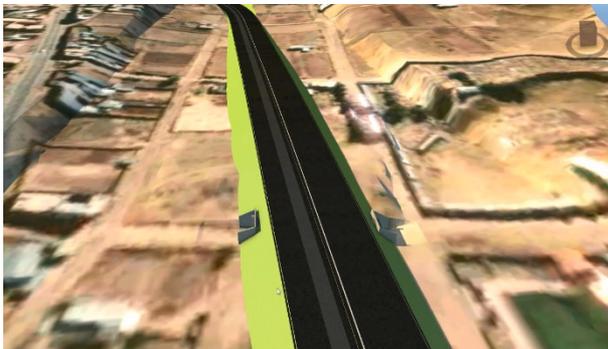


Figura 9. Modelamiento Infraworks

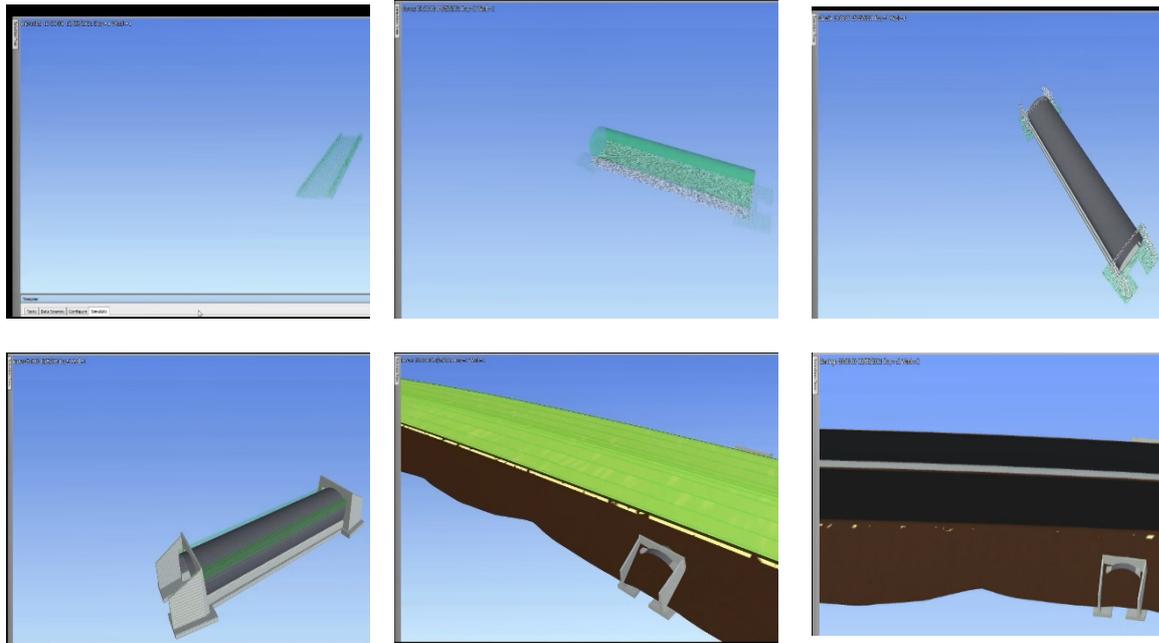


Figura 10. Simulación Navisworks

2.2.3. Evaluar el rango de variabilidad del índice de rentabilidad entre el modelo convencional CAD y metodología BIM en las dimensiones de tiempos y costos del proyecto de intercambio vial 25+115.85

Se realizará un cuadro comparativo de valores obtenidos en base a la información de la metodología convencional CAD y BIM, donde se verificará el porcentaje de variabilidad en metrados no considerados en la metodología convencional, siendo en su gran mayoría en sobrecanchos de la vía y parte de las curvas.

CAPITULOS Y ACTIVIDADES	UND	METODOLOGIA	
		TRADICIONAL 2D	METODO BIM
CIMENTACIÓN			
EXCAVACION A MAQUINA SIN RETIRO	M3	589,14	670,64
CONCRETO CICLOPEO 3000 PSI RELAC.60C/40P	M3	71,83	84,05
ZAPATA CONCRETO 3000 PSI INC. FORMALETA	M3	75,28	88,99
VIGA CIMIENTO ENLACE H=40 cms, INCLUYE SOLADO DE LIMPIEZA	M3	38,44	29,71
CONTRAPISO CONCRETO E=10CM 2.500 Psi	M2	551,36	518,82
PISO RAMPA EN CONCRETO F'c= 3000 PSI	M2	12,00	10,00
ANDEN CONCRETO 10CM 3000 PSI (perimetral)	M2	547,00	574,55
RELLENO ROCA MUERTA COMPACTADO-SALTARIN	M3	158,74	130,64
SOLADO ESPESOR E=0.05M F'c=3000 PSI-21MPA	M2	79,69	76,24

Figura 11. Cuantificación inicial cantidades de obra metodología tradicional vs BIM (Ramírez, 2018)

Tabla 4. Matriz de Rentabilidad de los métodos CAD y BIM.

Rentabilidad	MÉTODO			
	CAD		BIM	
	PLAZO (HH)	COSTO (S./XH)	PLAZO (HH)	COSTO (S./XH)
Topografía	30	40	20	30
Mejoramiento de terreno	24	40	18	30
Movimiento de tierras	20	40	10	30
Cimentación	30	40	25	30
Rellenos	25	40	20	30
Plancha metálica corrugada	45	40	40	30
Muros	35	40	30	30
Sub base y bases	26	40	16	30
Seguridad vial	20	40	10	30
Pavimento	40	40	35	30

Utilizando la tabla 4 se calculó el costo total para cada método y se obtuvo la tabla N° 5

Tabla 5. Costo total de los métodos CAD y BIM.

COSTO TOTAL		
	CAD	BIM
Topografía	S/. 1200	S/. 600
Mejoramiento de terreno	S/. 960	S/. 540
Movimiento de tierras	S/. 800	S/. 300
Cimentación	S/. 800	S/. 750
Rellenos	S/. 100	S/. 600
Plancha metálica corrugada	S/. 1800	S/. 1200
Muros	S/. 1400	S/. 900
Sub base y bases	S/. 1040	S/. 480
Seguridad vial	S/. 800	S/. 300
Pavimento	S/. 1600	S/. 1050

Fuente. Elaboración propia

Para poder lograr un análisis de la información estadística, utilizaremos la Distribución T de Student. Según (García 2017) indica que la Distribución T de Student se utiliza para detectar la existencia de diferencias significativas entre las medias de una determinada variable cuantitativa en dos grupos de datos. También indica sobre:

Requisitos:

- Datos distribuidos según una distribución normal en cada grupo.
- Muestras independientes y menores a 30.

Procedimiento de cálculo

- El estadístico de prueba para una distribución t-student con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad es el siguiente:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}; S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Donde:

n_1 y n_2 : Tamaños de las muestras 1 y 2 respectivamente

\bar{X}_1 y \bar{X}_2 : Medias de las muestras 1 y 2 respectivamente

S_1^2 y S_2^2 : Varianzas de las muestras 1 y 2 respectivamente

A continuación, se mide la significación del estadístico t_p , comparando ese valor con el valor de un estadístico t_{tabla} que se obtiene mirando las tablas correspondientes.

Para identificar el t_{tabla} que nos corresponde hemos de fijarnos en el número de colas que tiene nuestra hipótesis (una cola o dos colas), en el nivel de significación (α) con el que pretendemos rechazar la hipótesis nula; y en los grados de libertad del test ($n_1 + n_2 - 2$).

Si $t_p \geq t_{\text{tabla}} \Rightarrow$ se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

Si $t_p < t_{\text{tabla}} \Rightarrow$ se rechaza H_0 y se rechaza H_1 .

Tabla 6. Prueba T de Student

Prueba T					
Estadísticas de grupo					
	METODO	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
COSTO	BIM	9	680,00	319,257	106,419
	CAD	10	1188,88	333,200	105,367

Fuente. Elaboración propia

Tabla 7. Análisis de varianzas

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias				
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
COSTO	Se asumen varianzas iguales	,001	,978	-3,331	17	,004	-500,000	150,114
	No se asumen varianzas iguales			-3,339	16,920	,004	-500,000	149,757

Fuente. Elaboración propia

Utilizando los datos provenientes de la tabla 4 se realizó el test de t-Student para verificar si las medias de los costos de ambos métodos son iguales o diferentes. Los resultados lo obtenemos con el software SPSS y obtuvimos que las medias de dichos métodos son estadísticamente diferentes y significativos con un $p\text{-value} = 0.004 < 0.05$, podemos ver también que la media del costo con el método BIM fue de S/ 680.00 y el costo con el método CAD fue de S/ 1180.00 (tabla 6 y 7).

Discusion de resultados

De acuerdo a los resultados encontrados se evidencia que la metodología BIM no solamente es mucho menos costosa por lo cual es mucho más rentable en relación a la metodología tradicional CAD lo cual se compara con los expuesto por Enshassi & AbuHamra, 2016; Karlshøj, (2012) quien planteó que BIM permite una inimaginable gama de actividades a esto se agrega el hecho de que integra datos multidisciplinares para crear representaciones digitales detalladas que se administran en una plataforma abierta en la nube a fin de permitir la colaboración en tiempo real, esto igualmente es reforzado por Fernando (2017), quien menciona que el usar un software le proporciona una serie de ventajas al momento de hacer efectiva la planificación y ejecución de los proyectos de construcción.

Lamentablemente el uso de BIM en comparación con el CAD está mucho menos difundido en obras de infraestructura lo que no ha permitido su popularidad como en otras áreas de la ingeniería civil, donde el BIM aporta como anteriormente se mencionó no solo aspectos referidos a un menor costo, sino que en el tema de los tiempos, el uso de BIM aminora los plazos en cada una de las fases tal y como se encontró en los resultados, donde cimentación hasta mejoramiento del terreno se hace en un corto plazo hasta y las variaciones fluctúan de forma bastante interesante, en el caso de cimentación al utilizar BIM se desarrolla en un 16.6 % menor con respecto a CAD y en mejoramiento de terreno se vuelve mucho más significativo cuando al usar BIM el plazo disminuye hasta en un 38% en comparación al usar CAD. Esto es comparable con los estudios realizados por Garzón et al., (2018) quien estableció que la metodología BIM aporta a la gestión de proyectos en función de tiempos y los costos, esto es igualmente confirmado por la opinión de Medina y Salomón (2019) quien menciona que BIM, es de hecho una metodología que contribuye en la reducción del tiempo de trabajo para estimar los metrados para costos, porque reduce los días de trabajo y

lógicamente esto genera un impacto económica en las obras, por tanto tiene incidencia directa en la rentabilidad de los proyectos realizados.

Conclusión

De esta manera concluir que entre las 02 metodologías en cuanto a la rentabilidad del proyecto el método BIM tiene un costo más bajo que el CAD por lo que es más recomendable utilizar este tipo de método en la estructura formada por planchas de acero corrugado galvanizado (Multiplate MP152), cimentación y muros de concreto armado, relleno estructural y pavimento flexible del proyecto de Intercambio Vial, Km 25+115.85 de la Autopista Juliaca – Puno.

Referencias

- ASIDEK. (12 de diciembre de 2016). *La situación del BIM en el mundo evoluciona*. ASIDEK. <https://www.asidek.es/la-situacion-del-bim-mundo>
- BIM Forum Chile (2017). *Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones*. Corporación de Desarrollo Tecnológico - Cámara Chilena de la Construcción. <https://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Gu%c3%ada-inicial-para-implementar-BIM-en-las-organizaciones-versi%c3%b3n-imprenta.pdf>
- Borja, S. A. (18 de noviembre de 2015). *Qué es Revit o mejor, qué es BIM*. Espacio BIM. <https://www.espaciobim.com/que-es-revit/>
- Chavarría, E. (2018). *La metodología BIM para optimizar el diseño de la carretera Luricocha-Pacchancca, Ayacucho 2018*. Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22807>
- Contreras, J., Garzón, Y., Gómez, A. & Misie, R. (2018). Integración entre building information modeling y project management institute como propuesta metodológica para la gestión de proyectos. *Ingeniería*, vol. 22, núm. 3, pp. 1-16. <https://www.redalyc.org/journal/467/46759491001/html/>
- Enshassi, A., & AbuHamra, L. (2016). Investigación de las funciones del modelado de la información de construcción en la industria de la construcción en Palestina. *Revista Ingeniería de Construcción*, 31(2), 127–138. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732016000200006>

- EquipoPVP. (17 de agosto de 2018). *ProgramasvirtualesPC*. Obtenido de <https://www.programasvirtualespc.net/software/autocad-civil-3d-2019-0-1-espanole-ingles-construccion-y-diseno-en-ingenieria-civil/es.BIM>
- Fernando. (12 de 04 de 2017). Autodesk Latam. Obtenido de <http://blogs.autodesk.com/latam/2017/04/12/autodesk-infraworks-colaboracion-yvisualizacion-a-la-vanguardia/>
- García, B. (2017). *Efecto de la Fibra de Vidrio en las propiedades mecánicas del Concreto $F'_{C}=210$ kg/cm² en la ciudad de puno*. Universidad Nacional del Altiplano. 2017
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/656/T%20690%20P739%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huancas, E. & Torres, H. (2020). *METODOLOGÍA BIM PARA CICLOS DE DESARROLLO DE PROYECTOS INMOBILIARIOS, LAMBAYEQUE*. 2018. Universidad Señor de Sipán. Pimentel, Perú.
<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/6997/Huancas%20Tineo%20Edwin%20%26%20Torres%20Pedraza%20Heggel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Informe de Modificación de Ingeniería de la Variante de Paucarcolla correspondiente a la Construcción de la Autopista Puno – Juliaca*. MTC; Covisur.
- Karlshøj, J. (2012). Not just CAD ++. *BIM Journal*, 3(28), 39–42.
- Medina, P. & Salomón, N. (2019). *Evaluación de la estimación de metrados para los costos de la partida de arquitectura de una obra retail en Lima en el 2019 con la implementación BIM*. Universidad Tecnológica del Perú. Lima, Perú.
https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3435/Pablo%20Medina_Nataly%20Salomon_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Noor, B. A., & Yi, S. (2017). Building Information Modeling in Construction Phase. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, 33(10), 36–44. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/TB6U9>
- Monfort, C. (2015) *Impacto del BIIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura*. Universidad politécnica de Valencia. Escola Técnica de Arquitectura.

<https://docplayer.es/8512882-Impacto-del-bim-en-la-gestion-del-proyecto-y-la-obra-de-arquitectura-un-proyecto-con-revit.html>

Ramírez, J. (2018). *Comparación entre metodologías building information modeling (BIM) y metodologías tradicionales en el cálculo de cantidades de obra y elaboración de presupuestos. Caso de estudio: edificación educativa en Colombia.* Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.

Ureña, V. (20 de junio de 2020). Infrastructure Technical Specialist en Autodesk [Discurso principal]. Conferencia de las Naciones Unidas, Autodesk Spain & Portugal.