

Modelado de edificaciones a partir de nubes de puntos con el uso del Autodesk Revit

Modeling of building from cloud points with de use of Autodesk Revit

Enrique Leandro Carballo-Hernández^{1,*}, Luis Enrique Acosta-González², Juan Carlos Fernández-García¹, Fabian Ojeda-Pardo³

¹Departamento de Construcciones. Universidad de Holguín, Cuba.

²Centro de Estudios CAD/CAM. Campus “Oscar Lucero Moya”. Avenida XX Aniversario s/n, Piedra Blanca. Holguín, Cuba.

³Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

*Autor de correspondencia: ecarballo@aho.edu.cu

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional](#)



Recibido: 15 agosto 2021 Aceptado: 31 agosto 2021 Publicado: 4 de septiembre 2021

Resumen

El modelado de información de la construcción posibilita crear y administrar todos los datos de un proyecto de construcción a lo largo del ciclo de vida, lo que permite la toma de decisiones oportunas. El escaneo láser terrestre se ha adoptado como su técnica de medición principal y un método efectivo en la adquisición rápida y precisa de la geometría del edificio gracias a la nube de puntos. En este trabajo se investigan los procedimientos para la generación y almacenamiento del modelo BIM, con la propuesta de un flujo de trabajo que permite la representación exacta de la geometría del edificio a partir de nubes de puntos, donde la utilización de Autodesk Revit resulta imprescindible por las ventajas que brinda en cuanto a integración en el proceso colaborativo entre las diferentes especialidades, gestión de errores, calidad y costos. El trabajo proporciona una guía para Cuba y se inserta oportunamente como parte de la política de desarrollo estratégico, donde el avance de la informatización y automatización de las construcciones es un asunto de primer orden. Por último, se aplica el procedimiento en la edificación “Nave Universidad de Holguín”, para ilustrar los aspectos prácticos. Como resultado de la investigación se obtiene el modelo BIM propuesto.

Palabras clave: BIM, Revit, nube de puntos, láser escáner

Abstract

Building information modeling makes possible to create and manage all the data of a construction project throughout its life cycle, enabling timely decision making. Terrestrial laser scanning has been adopted as its main measurement technique and an effective method in quickly and accurately acquiring the geometry of the building thanks to the point cloud. In this work, the procedures for the generation and storage of the BIM model are investigated, with the proposal of a workflow that allows the exact representation of the geometry of the building from point clouds, where the use of Autodesk Revit is essential for the advantages it offers in terms of integration in the collaborative process between the different specialties, error management, quality and costs. The work provides a guide for Cuba and is opportunely inserted as part of the strategic development policy, where the advancement of computerization and automation of constructions is a matter of the first order. Finally, the procedure is applied in the building "Nave Universidad de Holguín", to illustrate the practical aspects. As a result of the research, the proposed BIM model is obtained.

Keywords: BIM, Revit, cloud points, laser scanning

1. Introducción

La mayoría de las edificaciones existentes poseen una documentación insuficiente, atribuida a actualizaciones omitidas e información obsoleta o incompleta, lo que limita los procesos de implementación de las herramientas BIM. Para una correcta asimilación BIM, es necesario recopilar datos de construcción actualizados y precisos, que puedan interpretarse por los diferentes especialistas involucrados en un proyecto. Por esta razón, en el presente trabajo se considera que el uso combinado de las herramientas BIM y las nuevas tecnologías de levantamiento, como el escaneado láser terrestre, es esencial para proporcionar una base de datos confiable y precisa a partir de la cual se pueda desarrollar una intervención en el edificio [1-4].

Las nubes de puntos obtenidas a partir del escaneado láser terrestre se han integrado con las herramientas BIM, tales como Autodesk Revit, utilizadas para la gestión de datos [5-7]. Por lo tanto, la información se puede manejar e intercambiar más fácilmente, lo que permite una intervención de construcción más integrada y coherente. Autodesk Revit cuenta con una interface única para arquitectura, instalaciones y estructuras permitiendo el modelado 3D de edificios, terrenos y elementos. Cuantifica el modelo, genera una base de datos bidireccional, tablas de cuantificación y gestión de información, permitiendo el trabajo en equipo mediante la generación de fases y subproyectos [8-9].

En este trabajo se investigan los procesos tecnológicos para la generación y almacenamiento del modelo BIM, con la propuesta de un flujo de trabajo que permite la representación exacta de la geometría del edificio a partir de nubes de puntos, donde la utilización de Autodesk Revit resulta imprescindible por las ventajas que brinda en cuanto a integración en el proceso colaborativo entre las diferentes especialidades, gestión de errores, calidad y costos.

2. Materiales y Métodos

2.1 Fundamentos del enfoque BIM

El BIM es un enfoque integrado que brinda una información válida y coordinada sobre un proyecto de construcción a lo largo de la planificación, diseño, construcción y operación. Cuando este enfoque colaborativo e interdisciplinario se optimiza, puede mejorar las operaciones y la organización en cualquier fase de la edificación [10]; ofrece a los diseñadores, contratistas y propietarios la posibilidad de mejorar la toma de decisiones y la calidad.

A través de la colaboración y la gestión de datos durante el ciclo de vida de un edificio, compartir información de manera eficiente y efectiva puede respaldar una mejor interoperabilidad entre todas las partes interesadas del proyecto. Al hacer que estos análisis sean fácilmente accesibles, los derivados de este flujo de trabajo centrado en el modelo, pueden proporcionar una mejor comprensión de las oportunidades de diseño y las consecuencias de las decisiones [11].

Autodesk Revit es la plataforma preferida en muchos países para construir siguiendo el enfoque BIM. Es un software de diseño de construcción específico para la disciplina. Habilita un sistema de documentación para todas las fases de diseño, e incluso de fabricación, desde la captura de estudios conceptuales hasta el desarrollo de los dibujos de construcción más detallados, las aplicaciones basadas en Autodesk Revit proporcionan una ventaja competitiva inmediata, y entregan una mejor

coordinación y calidad en las diferentes fases de los proyectos. Además, puede contribuir a una mayor rentabilidad para arquitectos, diseñadores y el resto del equipo de construcción [12].

El modelador geométrico de Autodesk Revit es paramétrico, que coordina automáticamente los cambios en el proyecto, en vistas de modelos u hojas de dibujos, horarios, secciones y planes. El software utiliza una única base de datos de archivos que se puede compartir entre múltiples usuarios. Todos los tipos de documentos, como planos, secciones, elevaciones, leyendas y programas están interconectados, y si un usuario realiza un cambio en una vista, las otras vistas se actualizan automáticamente. Por lo tanto, los diagramas y cronogramas de Autodesk Revit siempre están coordinados en términos de los objetos de construcción que se muestran en los dibujos [13].

En Cuba esta herramienta es poco utilizada. En la actualidad se aprecia un crecimiento notorio, pero muy por debajo de los estándares mundiales. Ejemplos de obras creadas con el uso de Autodesk Revit son el Hotel Quebrada 17 (Snack Bar), el complejo Extra-Hotelero “Centro de servicios La Quebrada”, el Hotel Coco Real, el Hotel Coco Caribe, en Cayo Cruz, el Hotel Internacional de Varadero, el complejo hotelero Oasis, el teatro de animación del complejo hotelero Las Conchas, entre otros. Con la utilización del BIM, las empresas mejoran apreciablemente sus niveles de productividad.

2.2 Modelado de edificaciones a partir de nubes de puntos

Los avances tecnológicos y el uso de nuevas herramientas de captura de imagen no invasivas y métodos de largo alcance como el escaneo láser terrestre hacen que sea fácil realizar estudios arquitectónicos y lograr una alta precisión que capture los detalles de edificaciones, que de otra manera no sería posible [14,15].

En el caso de edificios construidos, el procedimiento difiere de cuando se aplica a nuevos proyectos, como se observa en la Figura 1. Puede realizarse para actualizar un modelo BIM existente o la creación de uno nuevo. Para estos casos, la ingeniería inversa con escaneo láser 3D se está convirtiendo en un procedimiento estándar [16].

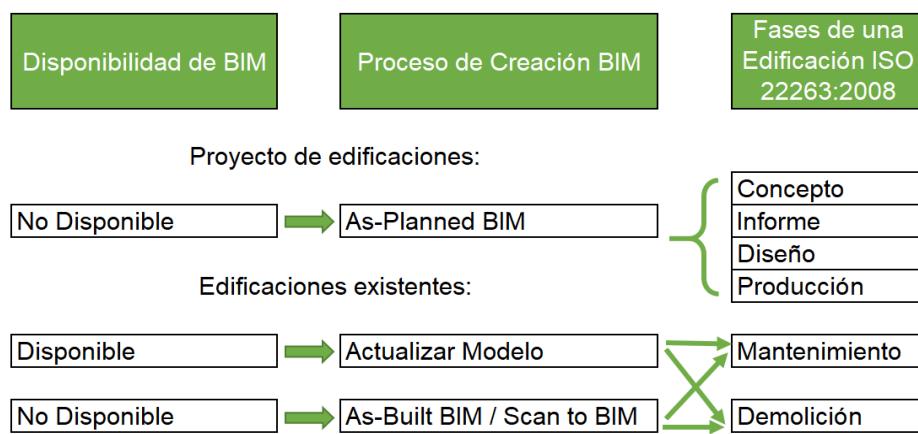


Fig.1 Proceso para la creación de un modelo BIM, basado en [17]

La integración del escaneo láser en el flujo de trabajo BIM representa una ventaja significativa en el sector de la construcción, incluidas las intervenciones en construcciones existentes [18]. Son técnicas eficaces para documentar la condición inicial, mantener un registro actualizado del sitio de construcción, detectar posibles errores de construcción, evaluar cambios a lo largo del tiempo y

obtener una documentación tal como está construida. Esto es aún más relevante para los edificios existentes donde las variables del sitio pueden no ser conocidas *a priori*.

Para la realización del modelo 3D BIM es necesario disponer de una nube de puntos previamente elaborada a partir de un láser escáner. En la presente investigación se propone para su ejecución, el procedimiento de la Figura 2, para cumplir con los parámetros requeridos citados anteriormente.

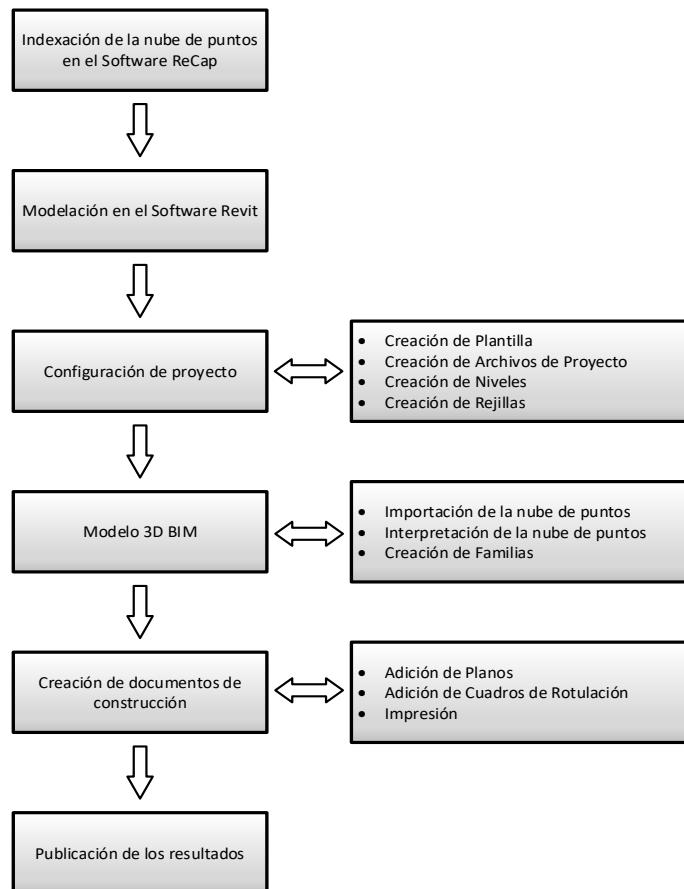


Fig.2 Procedimiento para el modelado 3D a partir de Nubes de Puntos

3. Resultados y Discusión

3.1 Caso de estudio de la “Nave Universidad de Holguín”

El procedimiento se apoya en el modelado 3D de la “Nave Universidad de Holguín”, ubicada en las coordenadas 20°53'39.4"N 76°14'21.0"W y pertenece a la Universidad de Holguín (Campus “Oscar Lucero Moya”), como se observa en la Figura 3. Para su realización es necesaria la utilización de la nube de puntos provenientes del archivo TLS, la cual fue procesada previamente.

3.2 Indexación en el software ReCap y configuraciones de proyecto

En este paso se exporta el archivo de la nube de puntos procesada a Autodesk Revit, para lo cual se debe comprobar los formatos de salida y entrada de uno y otro programa. La mejor manera de hacerlo es mediante un archivo *.pts, exportado por Cyclone; y mediante ReCAP transformarlo para crear otros archivos *.rcs y *.rcp, que son los que soporta Autodesk Revit. Con esta información, se puede realizar el levantamiento de la “Nave Universidad Holguín (Figura 4).

Antes de trabajar con la nube de puntos en el software Autodesk Revit, se garantiza la personalización de las configuraciones de proyectos para, una vez creadas las condiciones mínimas necesarias, no tener que interrumpir el desarrollo para el modelado de objetos sólidos por aspectos elementales que se pueden garantizar antes de importar la nube de puntos.



Fig.3 Imagen aérea de dron y fotografías de la “Nave Universidad de Holguín”

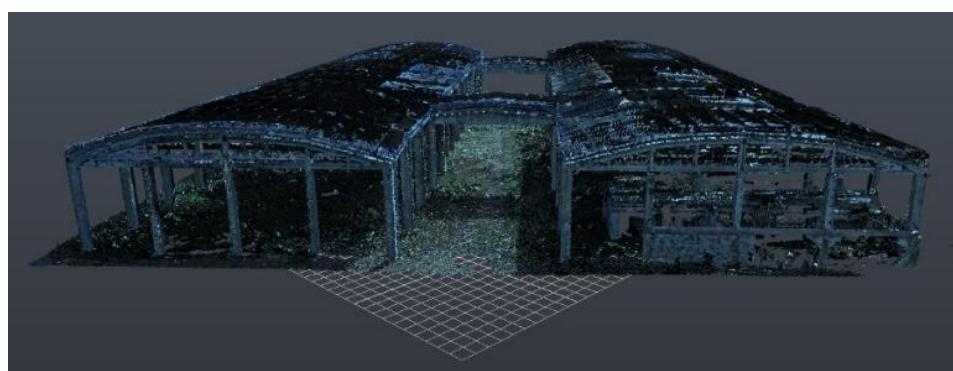


Fig.4 Nube de puntos en ReCap

Las plantillas de proyecto proporcionan las condiciones iniciales de un proyecto. Se ofrecen con Autodesk Revit, o se pueden crear las propias. Cualquier proyecto basado en la plantilla hereda todas las familias, configuraciones (como unidades, patrones de relleno, estilos y grosores de línea, y escalas de vista), y geometría. Luego de realizar la importación, se determina la ubicación real de la nube de puntos y el origen de coordenadas (Figura 4). Se usa el comando Nivel para definir una altura vertical o planta dentro de una construcción. El tamaño de sus extensiones se puede modificar para que no aparezcan en determinadas vistas. En la Figura 5 aparecen los niveles creados. Las líneas de rejilla son planos finitos y sus extensiones se pueden arrastrar en la vista de alzado para no intersecar las líneas de nivel. Esto permite determinar si las líneas de rejilla aparecen en cada vista de plano nueva que se cree para el proyecto. En el estudio de caso, las rejillas necesarias se adicionaron después de insertada la nube de puntos, teniendo en cuenta que estas se alinearon por los elementos constructivos típicos de la Nave (Figura 6).

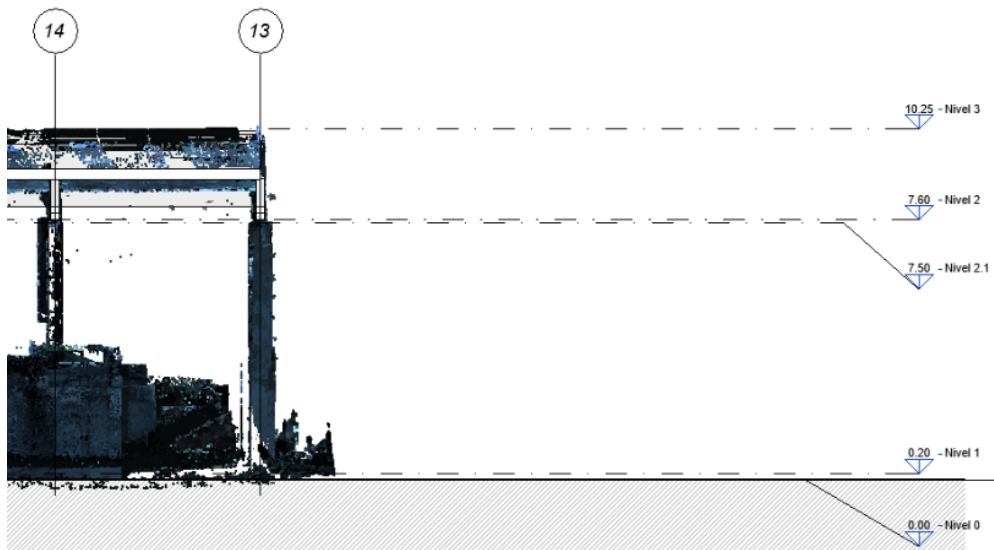


Fig.5 Creación de niveles en correlación con la nube de puntos

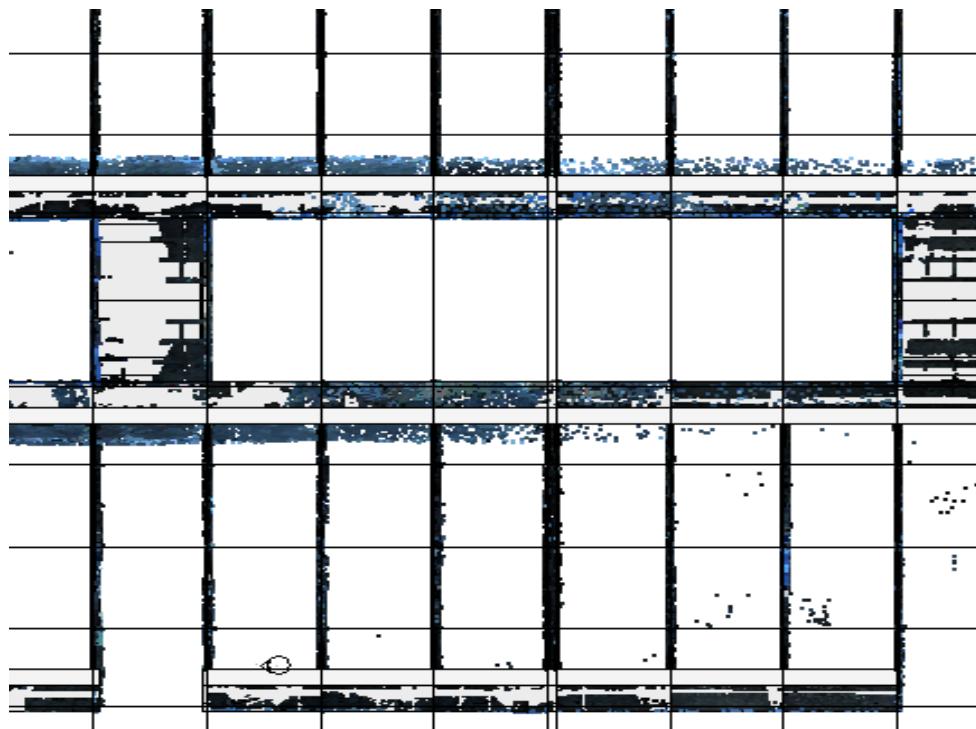


Fig.6 Rejilla coincidente con la Nube de Puntos

3.4 Creación de componentes propios (familias) y adición de pilares

Se crearon las familias necesarias a partir de las que se encuentran en la biblioteca de Autodesk Revit antes de comenzar con el modelado 3D. Autodesk Revit proporciona un gran número de familias predefinidas que se pueden utilizar en el proyecto, entre las que se encuentran: muros, techo, suelo, cubierta, independientes, línea, cara, entre otros. Se colocan pilares estructurales que se enlazan con otros elementos. Estos cuentan con las mismas propiedades que los pilares arquitectónicos. Sin embargo, los pilares estructurales tienen propiedades adicionales definidas por su configuración y las normas del sector. Los mismos se colocan debajo de la vista activa (Figura 7).

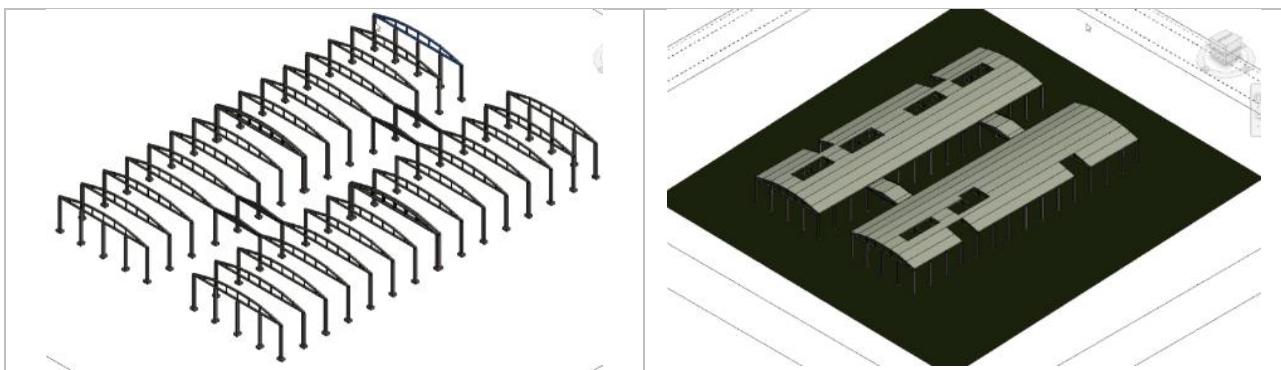


Fig.7 Creación de pilares (arquitectónicos y estructurales) y adición de las cimentaciones (izquierda); adición de las cubiertas con la superficie topográfica (derecha)

3.6 Adición de las cimentaciones, cerchas, cubierta, superficie topográfica y publicación de los resultados en *renders*

En este proyecto se selecciona la cimentación a colocar, en este caso, las previamente elaboradas con dimensiones de 1200 x 900 x 500 mm. Se colocan en los puntos medios de las intersecciones de las rejillas en la Vista del Nivel 1. El Nivel 1 se determinó como punto de comienzo de los pilares; las cerchas enlazan los elementos estructurales, por ejemplo, los pilares o columnas (Figura 7). Una vez definida la cubierta de la edificación, se crean los suelos, haciendo un boceto. El desfase de la superficie se define automáticamente hacia abajo a partir del nivel en el que se haga el boceto (Figura 7).

Es recomendable para la entrega y publicación de los resultados la generación de *renders* que permiten observar con mayor detalle el modelo generado. También se puede exportar a PDF aprovechando la multitud de opciones que tiene Autodesk Revit para la exportación del contenido. (Figura 8).

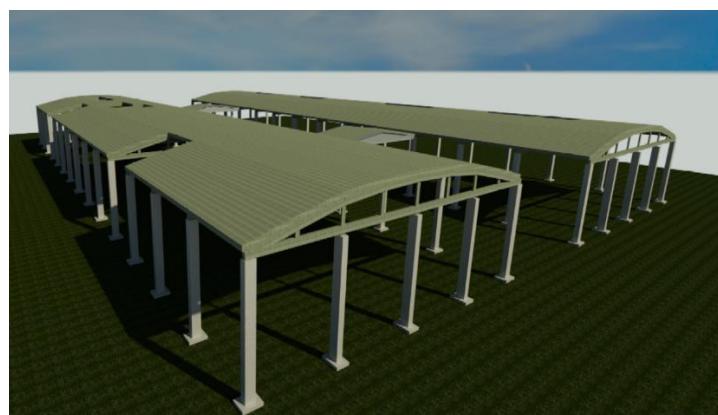


Fig.8 Render del modelo 3D de la Nave objeto de estudio

4. Conclusiones

Se determinó que el uso del software Autodesk Revit como herramienta BIM para el procesamiento de las nubes de puntos facilita la optimización de los procesos contenidos en la construcción durante la gestión de un proyecto. Se generó un modelado fiable, detallado y unificado que facilita la labor de renovación y mantenimiento. Se elaboró un procedimiento para la aplicación de Autodesk Revit que facilita el trabajo con nubes de puntos de edificaciones, a partir del uso de los modelos tridimensionales, que permiten la generación de documentos y *renders* en un menor tiempo y con un

nivel de precisión superior a otros métodos tradicionales. El análisis realizado sobre el caso de estudio presenta condiciones idóneas para la implementación del software Autodesk Revit, el cual puede ser usado como guía en posteriores proyectos de la construcción.

Referencias

1. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, 2011. New Jersey: John Wiley & Sons. ISBN 978-1-118-02169-9.
2. Hou, G., Li, L., Xu, Z., *A BIM-Based Visual Warning Management System for Structural Health Monitoring Integrated with LSTM Network*. KSCE Journal of Civil Engineering, 2021. **25**: p. 2779-2793. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12205-021-0565-0>
3. Zhang, Z., Cheng, X., Yang, B., Yang, D., *Exploration of Indoor Barrier-Free Plane Intelligent Lofting System Combining BIM and Multi-Sensors*. Remote Sensing, 2020. **12**(20): p. 3306. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12203306>
4. Rashidi, M., Mohammadi, M., Kivi, S.S., Abdolvand, M.M., Truong-Hong, L., Samali, B., *Exploration of Indoor Barrier-Free Plane Intelligent Lofting System Combining BIM and Multi-Sensors*. Remote Sensing, 2020. **12**(20): p. 3306. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12203306>
5. Kogut, J.P., Elżbieta, P., *Application of the terrestrial laser scanner in the monitoring of earth structures*. Open Geosciences, 2020. **12**(1): p. 503-517. DOI: <https://doi.org/10.1515/geo-2020-0033>
6. Gollob, C., Ritter, T., Nothdurft, A., *Comparison of 3D Point Clouds Obtained by Terrestrial Laser Scanning and Personal Laser Scanning on Forest Inventory Sample Plots*. Data, 2020. **5**(4): p. 103. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3698956>
7. Batista, C.M., Paula, L., Yunsheng, W., Yuwei, C., Heikki, H., Juha, H., Eetu, P., *A Long-Term Terrestrial Laser Scanning Measurement Station to Continuously Monitor Structural and Phenological Dynamics of Boreal Forest Canopy*. Frontiers in Plant Science, 2021. **11**: p. 2132. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.606752>
8. Asare, K.A.B., Ruikar, K.D., Zanni, M., *BIM-based LCA and energy analysis for optimized sustainable building design in Ghana*. SN Applied Sciences, 2020. **2**: p. 1855. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03682-2>
9. Loeh, R., Everett, J.W., Riddell, W.T., Cleary, D.B., *Enhancing a Building Information Model for an Existing Building with Data from a Sustainable Facility Management Database*. Sustainability, 2021. **13**: p. 7014. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13137014>
10. Safari, K., AzariJafari, H., *Challenges and opportunities for integrating BIM and LCA: Methodological choices and framework development*. Sustainable Cities and Society, 2021. **67**: p. 102728. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102728>
11. Sacks, R., Eastman, C., Ghang, L., Teicholz, P., *BIM Handbook: A Guide to Building Information, Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers (Third Edition)*, 2018. New Jersey: John Wiley & Sons. ISBN 978-1-119-28753-7.
12. Biancardo, S.A., Intignano, M., Viscione, N., Guerra De Oliveira, S., Tibaut, A., *Procedural Modeling-Based BIM Approach for Railway Design*. Journal of Advanced Transportation, 2021. p. 8839362. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/8839362>
13. Kirby, L., Krygiel, E., Kim, M., *Mastering Autodesk® Revit®*, 2018. Indianapolis: John Wiley & Sons. ISBN 978-1-119-38672-8.
14. Hajji, R., Yaagoubi, R., Meliana, I., Laafou, I., Gholabzouri, A.E., *Development of an Integrated BIM-3D GIS Approach for 3D Cadastre in Morocco*. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2021. **10**: p. 351. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi10050351>
15. Wyszomirski M, Gotlib D., *A Unified Database Solution to Process BIM and GIS Data*. Applied Sciences, 2020. **10**(23): p. 8518. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10238518>

16. Bosché, F., Ahmed, M., Turkany, Y., Haas, C.T., Haas, R., *The value of integrating Scan-to-BIM and Scan-vs-BIM techniques for construction monitoring using laser scanning and BIM: The case of cylindrical MEP components*. Automation in Construction, 2015. **49**(Part B): p. 201-213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.014>
17. Volk, R., Stengel, J., Schultmann, F., *Building information modeling (BIM) for existing buildings-literature review and future needs*. Automation in Construction, 2014. **38**: p. 109-127.
18. Golparvar-Fard, M., Bohn, J., Teizer, J., Savarese, S., Peña-Mora, F., *Evaluation of image-based modeling and laser scanning accuracy for emerging automated performance monitoring techniques*. Automation in Construction, 2011. **20**(8): p. 1143-1155. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2011.04.016>

Agradecimientos

Los autores agradecen a los colaboradores de la Empresa Geocuba Oriente Norte, a los técnicos y especialistas del Taller de Geodesia de la Agencia Geocuba Holguín, por los datos y el apoyo en las investigaciones de campo y gabinete.

Conflicto de Intereses

Los autores consideran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Enrique Leandro Carballo-Hernández. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6502-3535>

Participó en el diseño de la investigación, las mediciones de campo, el procesamiento de las nubes de puntos TLS en ReCap, Revit, la obtención de modelo BIM y redacción del manuscrito.

Luis Enrique Acosta-González. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2723-9850>

Participó en el diseño de la investigación, las mediciones de campo, el procesamiento de las nubes de puntos TLS en Cyclone, ReCap, obtención de modelo BIM, la revisión y redacción del manuscrito.

Juan Carlos Fernández-García. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5092-950X>

Participó en el diseño de la investigación y las mediciones de campo.

Fabian Ojeda-Pardo. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3192-5084>

Participó en el diseño de la investigación, la revisión y redacción del manuscrito.