
MODELACIÓN 3D DE OBRAS PATRIMONIALES A PARTIR DE TECNOLOGÍA LASER.

3D MODELING OF HERITAGE SITES USING LASER TECHNOLOGY.

Laimnisbel Hernández Peña Geodesa.

liamnisbel93@gmail.com

RESUMEN:

La documentación 3D de obras patrimoniales se hace cada día más imprescindible para la ejecución de los procesos de mantenimiento, restauración y conservación de estas, lo que tiene un alto valor histórico y cultural para mantener vigente la herencia de nuestros antepasados y la belleza arquitectónica de las estructuras y edificaciones que constituyen parte del patrimonio de nuestro país.

En los momentos actuales en Cuba el análisis de edificaciones y obras patrimoniales se ve afectado por el tiempo empleado en la realización de los levantamientos y por la carencia de documentación técnica que contenga un procedimiento para el modelado tridimensional de edificaciones, obras patrimoniales, arquitectónicas y de ingeniería a partir de nubes de puntos, por lo tanto, la formulación del problema a investigar está dada porque los procesos de documentación tridimensional del Patrimonio no tienen en cuenta el empleo conjunto de la tecnología láser que permita los posteriores procesos de mantenimiento, restauración y conservación de forma eficiente y precisa.

En el presente trabajo se muestran los resultados alcanzados en las investigaciones desarrolladas en esta temática; se propone un procedimiento para la Modelación 3D a partir de las nubes de puntos generadas con la tecnología Escáner Láser Terrestre (ELT), permitiendo crear modelos 3D de obras patrimoniales, y dando la posibilidad de realizar análisis sobre estos modelos, así como la generación de los planos de planta y alzados, secciones y hasta la obtención de los importantes planos “As Built”, lo que proporcionará un aumento de la eficiencia y productividad y reducción del tiempo en la realización de los trabajos.

Palabras Clave: Escáner Láser Terrestre, modelación, nube de puntos, patrimonio, tridimensional.

ABSTRACT:

The 3D documentation of heritage works is becoming increasingly essential for the execution of maintenance, restoration and conservation processes, which has a high historical and cultural value to maintain the heritage of our ancestors and the architectural beauty of the structures and buildings that are part of the heritage of our country.

At the present time in Cuba, the analysis of buildings and heritage works is affected by the time spent in carrying out the surveys and by the lack of technical documentation containing a procedure for three-dimensional modeling of buildings, heritage, architectural and engineering works from point clouds, therefore, the formulation of the scientific problem is given because the processes of three-dimensional documentation of heritage do not take into account the joint use of laser technologies that allow the subsequent processes of maintenance, restoration and conservation in an efficient and accurate manner.

This paper shows the results achieved in the research developed in this area; a procedure is proposed for 3D modeling from point clouds generated with the Terrestrial Laser Scanner (ELT)z technology, allowing the creation of 3D models of heritage works, and giving the possibility of performing analysis on these models, as well as the generation of floor plans and elevations, sections and even obtaining the important "As Built" plans, which will provide an increase in efficiency and productivity and reduction of time in the completion of the work.

Keywords: Heritage, modeling, point cloud, Terrestrial Laser Scanner, three-dimensional.

Recibido:26/09/2023

Aprobado:16/11/2023

INTRODUCCIÓN

El mundo se encuentra en constante desarrollo y el avance tecnológico adquiere mayor auge, marcando el paso del tiempo como si fuera un reloj. La Geomática es una disciplina que engloba las Geociencias con la integración, aplicación y gestión de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) (Certicalia, 2021), lo que hace posible la captura, procesamiento, análisis, interpretación, aplicación, almacenamiento, modelización, difusión y gestión de los datos de la Geodesia, Topografía, Fotogrametría, Teledetección, Cartografía, los Sistemas Globales de Navegación por Satélites (GNSS), los Sistemas de Información Geográfica (SIG) e Infraestructura de Datos Espaciales (IDE). Esta es aplicable en la ingeniería, el territorio, la

sociedad (Geomática, 2021) y es útil en aplicaciones para el desarrollo de los países (Arias, 2009). Se relaciona con cualquier ciencia que suponga el procesamiento de información geográfica (Geomática, 2021).

En los momentos actuales Cuba se encuentra en un arduo proceso de informatización de la sociedad y una forma de contribuir a este es creando nuevas vías, métodos y estilos de trabajo que agilicen y economicen la entrega de nuevos productos que permitan hacer más en menos tiempo y con menos costos.

El estado actual de la Geomática a nivel internacional se encuentra potenciado por el alto nivel tecnológico alcanzado en diferentes disciplinas, entre los que se destacan los actuales avances en el posicionamiento en tiempo real con los GNSS, los precisos LIDARES y las cámaras de alta resolución aéreas y terrestres, impresoras 3D, las vinculaciones con el desarrollo de la inteligencia artificial, los softwares CAD, BIM y las Infraestructuras de datos Espaciales (IDE), productos cartográficos interactivos, Sistemas de Información Geográfica (SIG) por solo mencionar algunos de ellos que convierten a la Geomática en una potencia para el desarrollo de otras ramas. En este trabajo se emplearán las nubes de puntos de los Escáner Laser Terrestre (ELT) como materia prima para el desarrollo de un procedimiento que permita el modelado 3D de obras patrimoniales, de una forma precisa y eficiente.

El desarrollo tecnológico del equipamiento topográfico como parte de la Geomática es aplicable en diferentes sectores de la economía nacional e internacional. En esta investigación se demuestra como las tecnologías de la geomática pueden emplearse en otros sectores de vital importancia para el desarrollo económico e innovativo, como lo es el sector de la construcción, siendo este un tema de una actualidad significativa atendiendo que el ahorro de recursos es indispensable. En este trabajo se describe un procedimiento para la modelación de obras patrimoniales, edificios etc, a partir de tecnologías laser lo que demuestra el desarrollo tecnológico actual en la esfera de la geomática y se ponen en práctica las leyes de la dialéctica materialista.

El trabajo a partir de nubes de puntos con tecnología láser es hoy en el mundo una problemática que se desarrolla cada día en busca de soluciones que faciliten la toma de datos en un menor tiempo y con una mayor precisión. En Cuba el análisis de las edificaciones se ve afectado por el tiempo empleado en la realización de los levantamientos y por la carencia de documentación técnica que contenga un procedimiento para el modelado 3D a partir de nubes de puntos, por lo tanto, la investigación da solución a la problemática de que los procesos de documentación

tridimensional del Patrimonio no tienen en cuenta el empleo conjunto de la tecnología láser, lo que permite los posteriores procesos de mantenimiento, restauración y conservación de forma eficiente y precisa. A partir de lo anteriormente expuesto se puede plantear que el objetivo de este trabajo es elaborar un procedimiento general para la modelación 3D de dichas obras a partir de nubes de puntos del ELT.

Las nubes de puntos constituyen a nivel mundial una herramienta fundamental como base para la obtención de diferentes productos y aplicaciones topográficas. En Cuba, se emplean con distintas finalidades en las diferentes ramas de la economía. En el sector de la construcción estas permiten hacer estudios de patologías, visualización del estado constructivo de las obras, etc.

El país ha adquirido tecnologías innovadoras como los ELT las cuales se han empleado no solo en las esferas de la Geomática, sino en otros sectores importantes para el desarrollo de la economía, debido a la veracidad, precisión y rapidez con la que se obtienen los resultados, por lo que se hace necesario la elaboración de un procedimiento en el que se describan los procesos para llevar a cabo la modelación en 3D, a partir de las nubes de puntos generadas por estas tecnologías.

El presente trabajo permite obtener un procedimiento para el modelado 3D, a partir de nubes de puntos generadas con ELT de obras patrimoniales lo que permite la obtención de diferentes productos, a partir de las experiencias generadas en los casos de estudio, así como la homogenización del proceso productivo con el empleo de la tecnología ELT.

METODOLOGÍA

Materiales y Métodos:

El ELT es un instrumento topográfico moderno que, a partir de sus mediciones, permite obtener un modelo tridimensional de nube de puntos que puede ser procesado y exportado hacia otros softwares de diseños que permitan crear modelos 3D de edificaciones, pudiendo realizar análisis sobre estos, así como la generación de los planos de planta y alzados, secciones y hasta la obtención de los importantes planos “As Built”

En Cuba existen diferentes tipos de ELT y para el caso específico de esta investigación las mediciones se llevaron a cabo empleando el ScanStation P40, el cual es un equipo compacto, de impulsos de alta velocidad con compensador de dos ejes, alcance y campo visual topográfico, cámara integrada y plomada laser. Brinda un alcance con alta efectividad de 0.1 a 270 m, velocidad de escaneo de 1 000 000 puntos/seg como velocidad máxima instantánea. El campo

visual es ajustable teniendo valores máximos, para el horizontal: 360° y para el vertical: 270° (máximo). Utiliza láser clase 1. Precisión de 2 mm. Capacidad de almacenaje 240 GB.

Transferencia de Datos: cable o USB (Leica Geosistem, 2023).

Software Cyclone

Las nubes de puntos 3D representan una de sus principales ventajas sobre otras fuentes de información geométrica. El único objetivo de Cyclone es proporcionar el mayor rendimiento para los proyectos de escáner láser. El programa hace que sea fácil para los usuarios administrar los datos de manera eficiente en las bases de datos. Los usuarios pueden trabajar al mismo tiempo en las bases de datos, reduciendo así la necesidad de copiar y/o transmitir los archivos de proyecto con grandes nubes de puntos.

Leica Cyclone se compone por cinco módulos de software, los que funcionan de forma individual para dar solución a diferentes necesidades y son flexibles para la personalización del producto:

- Cyclone Scan: controla el proceso de escaneado del equipo.
- Cyclone Register: ofrece un conjunto de herramientas para registrar o georreferenciar las nubes de puntos escaneadas desde distintas posiciones de manera rápida y precisa.
- Cyclone Survey: permite extraer rápidamente las características principales y coordinar la información de las nubes de puntos.
- Cyclone Model: ofrece todas las funciones disponibles para extraer y medir elementos y crear un modelo 3D a partir de las nubes de puntos.
- Cyclone Publisher: permite publicar los datos de las nubes de puntos en un formato de vista panorámica que se puede publicar en Internet. El usuario puede visualizar estos datos desde Internet Explorer con el plugg-in Leica TrueView permitiendo el acceso desde cualquier lugar del mundo. **Software TruView**

El software gratuito TruView, además de permitir la visualización, medición y marcado, también posibilita a los usuarios realizar operaciones, tales como: controlar unidades de medida, extraer coordenadas, textos, rectángulos y círculos; guardar vistas específicas y marcas con una cámara de visión asociada; crear “mapas del sitio”, lo que facilita encontrar la ubicación del escáner para la visualización de nubes de puntos, también pueden definir elementos específicos de interés, como una válvula en una planta o un hidrante en la calle, y agregar atributos de comentarios, incluyendo hipervínculos a esta etiqueta, también pueden hacer clic en un píxel de la imagen y extraer coordenadas o hacer clic en dos píxeles y extraer distancias, etc.

Software Revit.

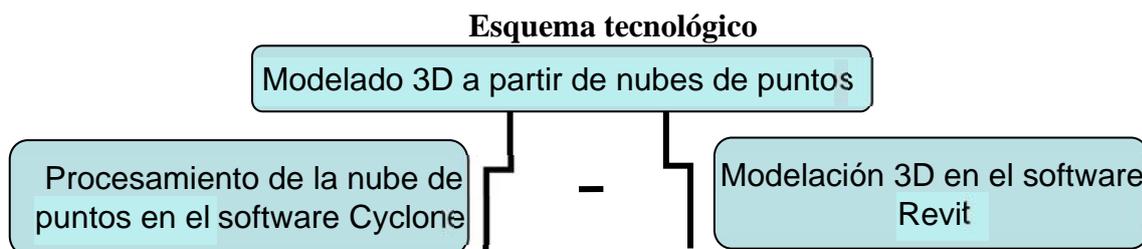
Revit es conocido por su uso y su utilidad con respecto al modelado de información de construcción, este es uno de los softwares que más se emplea para el Modelado de Información de Edificaciones, por sus siglas en inglés (BIM).

Con esta tecnología se puede abordar y tratar todo lo relacionado con el proyecto de un edificio o una construcción, desde su diseño hasta su levantamiento y puesta en marcha, pues el programa permite simular y trabajar en la construcción con exactitud, características y funciones muy amplias y útiles que ayudan mucho en el día a día de los arquitectos y los profesionales de este sector. Sus principales bondades se exponen a continuación.

Es un programa que permite presentar y visualizar proyectos de gran envergadura o de todo tipo y enseñarlos a la hora de mostrar un proyecto a un cliente o en una reunión del equipo de trabajo. Es decir, permite ver el edificio a construir o la estructura mucho antes de que esta haya sido construida o incluso terminada de diseñar, algo así como un boceto previo en 3D. Facilita además diseñar el edificio para comprobar si funciona bien o no el diseño, qué puede fallar y qué necesita mejorar. En general, todos los aspectos del proyecto y del edificio en cuestión.

RESULTADOS

En este trabajo se propone un procedimiento para el modelado 3D a partir de nubes de puntos del ELT. Con el objetivo de organizar los trabajos se diseñó el siguiente esquema tecnológico que ilustra de forma gráfica dicho funcionamiento.



1. Procesamiento de la nube de puntos en el software Cyclone.

El procesamiento de la nube de puntos incluye una serie de procedimientos obligatorios, ya sea desde la importación, registro, unificación, limpieza y exportación de la nube de puntos que no deben faltar y otros opcionales que van en función del objetivo que se desee lograr como la creación de TruView, generación de videos de recorridos virtuales, creación de planos, etc.

1.1 Importación de las nubes de puntos del ELT.

Los datos obtenidos con la tecnología ELT pueden ser descargados por diferentes vías según el tipo de escáner que se emplee, la vía más utilizada -por ser una de las más prácticas- es la extracción de la información utilizando un dispositivo USB. Al descargar estos datos se habilita una carpeta con el nombre Scanner – Projects. Luego, es necesario copiar la información en la PC a emplear para el procesamiento de la información e ir organizándolos por fechas y por proyectos para cuando se hayan acumulado gran cantidad de trabajos no exista desorganización ni pérdida de datos (Ver Fig. 1).

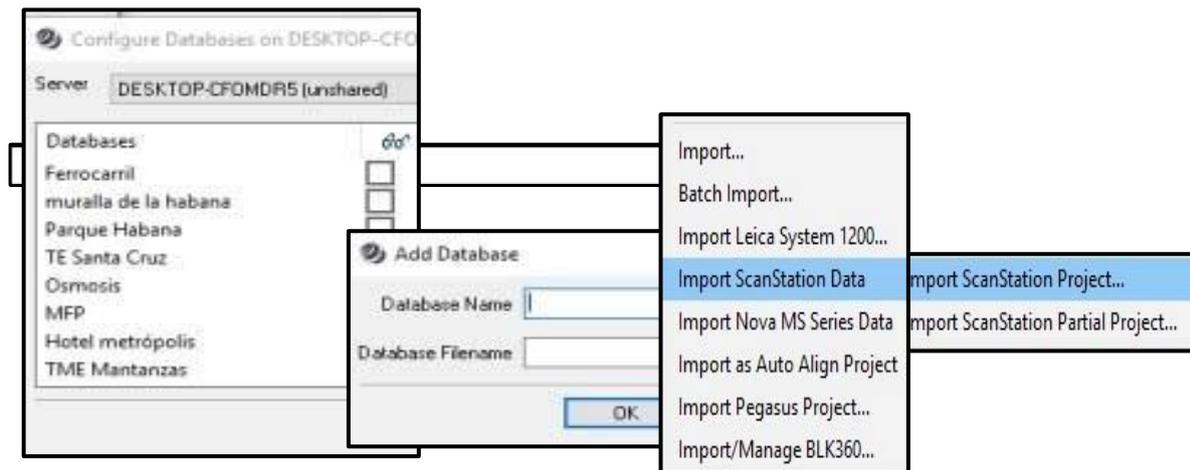


Figura 1. Creación de base de datos y proceso de importación. Fuente: elaborada por el autor.

1.2 Registro de la nube de puntos del ELT.

Para la ejecución del levantamiento en áreas extensas o modelado de objetos, se hace necesario la realización de varias puestas de instrumentos, con el objetivo de que queden cubiertas todas las caras de los elementos presentes en el terreno, además para eliminar las zonas muertas que pueden surgir a partir del ángulo de incidencia del láser. Una vez importadas todas las nubes de puntos, deben ser registradas para poder trabajar sobre ellas y obtener un producto (Ver Fig. 2).

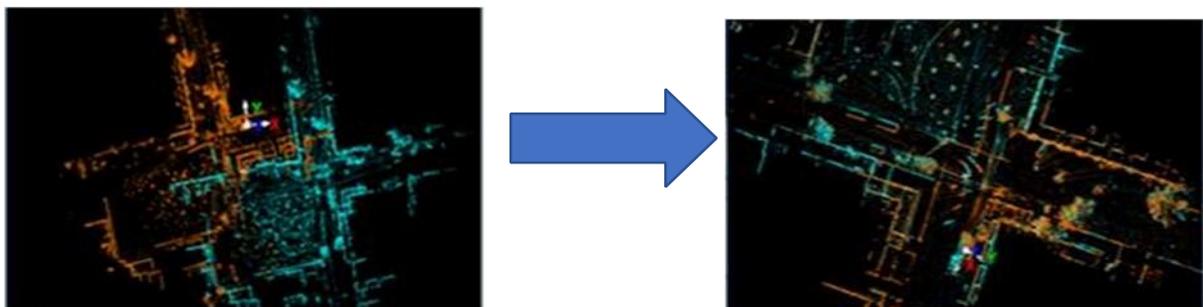


Figura 2. Registro de la nube de puntos. Fuente: elaborada por el autor.

Unificación de la nube de puntos del ELT.

Luego del registro de cada una de las estaciones se procede a la unificación de las nubes de puntos, teniendo en cuenta que aunque están registradas se encuentran solapadas unas con otras, generando puntos repetidos innecesarios que originan un peso mayor, pero que además, no permiten trabajar como un modelo 3D, sino como modelos independientes de puestas de instrumentos que crean ruidos y que para realizar la limpieza de los elementos ajenos a la zona de trabajo, debe estar unificada la nube de puntos.

1.3 Limpieza y exportación de la nube de puntos.

Los trabajos de campo se pueden llevar a cabo en cualquier ambiente, ya sea en zonas abiertas como canteras, minas, ciudades etc. o en locales cerrados como edificaciones, túneles y otros, lo que demuestra que hay muchos elementos naturales o socioeconómicos que constituyen ruidos en la zona, pero que en el momento de los trabajos de campo no se puede prescindir de ellos que incluiría detener el paso de vehículos y peatones etc. Esta situación problemática tiene solución en post procesamiento realizando una limpieza minuciosa de todos esos elementos ajenos a la zona de trabajo. Luego se exportan los datos en el formato deseado (Ver Fig. 3).

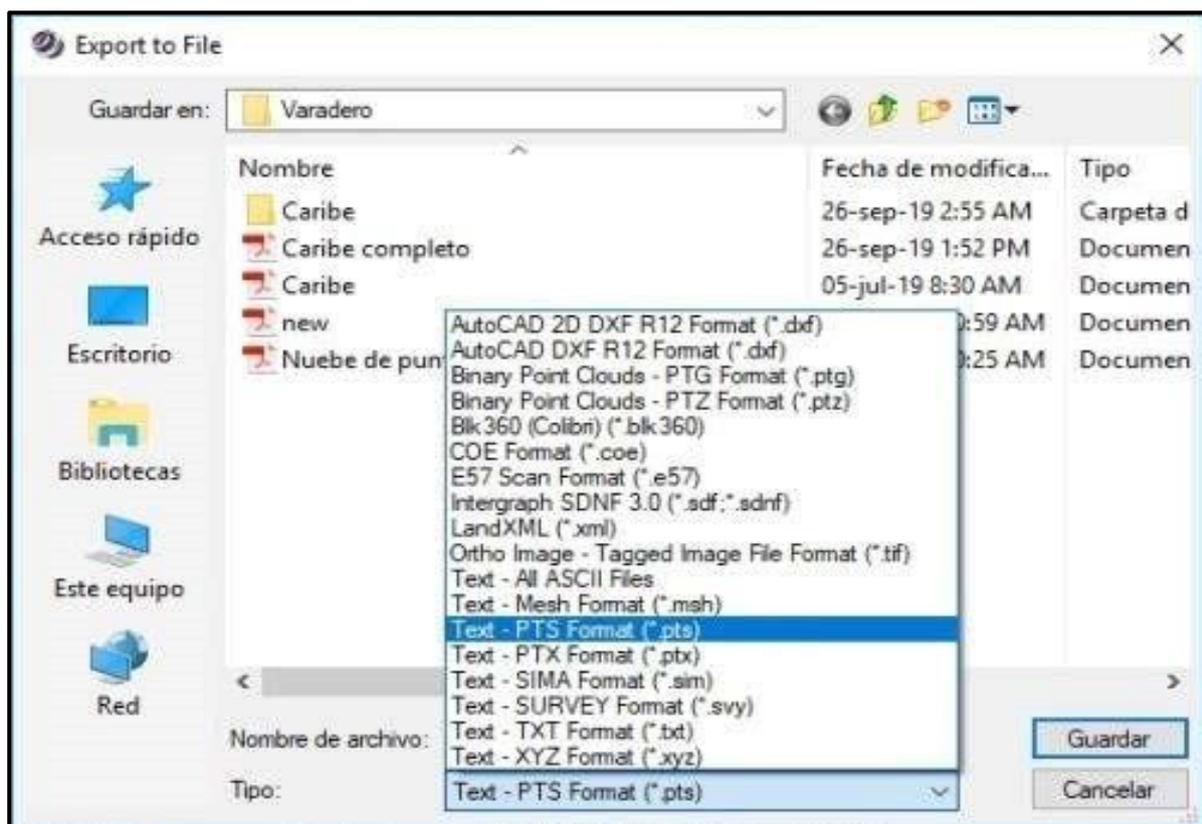


Figura 3. Formatos de exportación en el Software Cyclone. Fuente: elaborada por el autor.

1.4 Creación de la Vista Real (TruView)

La creación de la Vista Real de la zona de trabajo se realiza a partir del software Cyclone con el empleo del módulo de software individual Publisher y se visualiza a través del TruView. Permite la publicación de los escaneos con tomas de imágenes que generan una vista en 3D alrededor de la puesta de instrumento para su visualización intuitiva y medición, ya sea mediante Internet Explorer o desde la PC mediante un modo local.

2. Modelación 3D a partir de la nube de puntos del ELT en el software Revit.

La modelación 3D consta de etapas como la interpretación de la nube de puntos, la cual permite realizar una lectura de su significado a partir de la identificación de los elementos existentes en la realidad, lo que posibilita llevar a cabo un modelado más rápido y eficiente, permite, además, la importación de las nubes de puntos y el modelado de los elementos arquitectónicos y estructurales, así como la creación de los documentos de construcción.

2.1 Interpretación de la nube de puntos.

Anteriormente se había hecho referencia a las nubes de puntos, las cuales por el nivel de información que brindan -como textura y color- permiten visualizar en 3D la zona de trabajo. Antes de comenzar con el modelado 3D es necesario realizar una interpretación de la zona, utilizando los diferentes métodos como la navegación 3D por la nube de puntos realizando un recorrido virtual a través de esta, y mediante la vista real de la zona de trabajo que con imágenes en 3D permite hacer un análisis detallado de la obra sin necesidad de acudir al lugar, todo esto permitirá tener un conocimiento previo para su posterior empleo.

Configuraciones de proyecto.

Antes de comenzar a trabajar con la nube de puntos en el software Revit, se propone garantizar la personalización de 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.

2.2 Modelación 3D. Importación de la nube de puntos en software Revit.

Una vez obtenida la nube de puntos en el software Cyclone, se procede a la importación de esta para la realización del modelado 3D, teniendo en cuenta que la nube de puntos y el TruView reducen el tiempo empleado en la realización de los trabajos de campo con respecto a los métodos tradicionales, propiciando un considerable ahorro de tiempo y de recursos. Posteriormente se modelan todos los elementos correspondientes a las estructuras del patrimonio o la obra edificada (Ver Figs. 4 y 5).

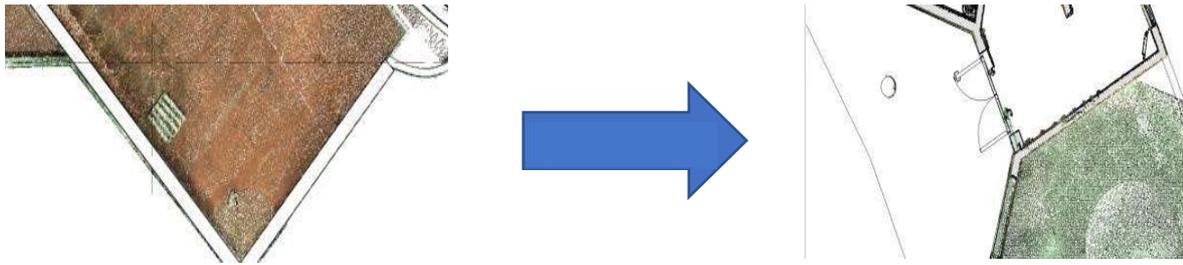


Figura 4. Creación de muros y puertas. Fuente: elaborada por el autor.

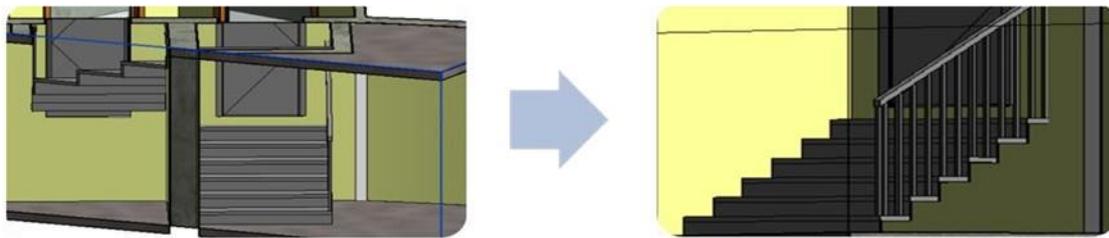


Figura 5. Creación de barandillas y escaleras. Fuente: elaborada por el autor.

2.3 Anotaciones y detalles

Luego de la modelación 3D se pueden colocar notas de texto y detalles, que enriquecen la información del modelo 3D, así como la realización de cálculos de área, volumen y creación de tablas de planificación entre otros.

Notas de texto

Se pueden insertar notas de texto ajustado o sin ajustar. Las notas de texto se miden en función de las dimensiones del papel. Estas notas adecuan su tamaño automáticamente en función de la vista. Por ejemplo, si se desea reducir el tamaño de la escala de la vista, el texto cambia de tamaño automáticamente. Las notas de texto sin directriz fuerzan el cursor a los orígenes del texto de notas o etiquetas de texto cercanas.

Creación de documentos de construcción.

Para crear un conjunto de documentos de construcción en Revit, como tablas de planificación (Ver Tabla 1), vistas de planos que incluyan cuadros de rotulación, se añaden vistas de la construcción a la vista de plano y, después, se imprimen las vistas de planos. Tras imprimir las vistas de planos, se pueden enviar al lugar de construcción, donde se pueden aplicar marcas de revisión. Revit proporciona herramientas para efectuar el seguimiento de las revisiones.

Tabla 1. Creación de Tablas de planificación. Fuente: elaborada por el autor.

<Tabla de planificación de habitaciones 2>				
A	B	C	D	E
Número	Nombre	Nivel	Área	Altura sin límites
1	Baños	Nivel 1	17 m ²	4000
2	Pista de baile	Nivel 1	82 m ²	4000
3	Habitación	Nivel 1	12 m ²	2438
4	Habitación	Nivel 1	17 m ²	2438
5	Habitación	Nivel 1	34 m ²	2438
6	Habitación	Nivel 1	117 m ²	2438
7	Habitación	Nivel 1	92 m ²	2438

En la tabla 2 se refleja la comparación de costos entre el método tradicional y el levantamiento con ELT lo que permite evidenciar el ahorro de recursos con el empleo de este último.

Tabla 2: Comparación de costos entre método tradicional y levantamiento con ELT (unidades en pesos totales).

No	Conceptos	Métodos tradicionales	ELT
1	Combustible	80.00	28.0
2	Salario	1140.39	227.76
3	Sobrecumplimiento	342.12	68.33
4	Otros gastos de mano de obra	442.04	88.28
5	Materiales	17.00	4.80
6	Dieta y hospedaje	1735.50	77.0
7	Otros gastos	283.63	94.23
8	Gastos Indirectos	1126.71	225.03
9	Total	5167.39	727.3

Fuente: elaborada por el autor.

CONCLUSIONES

1. El análisis y sistematización de la información inicial permitió constatar que, la temática se estaba abordando con los elementos técnicos preliminares asociados a la tecnología, lo que no posibilita el empleo óptimo del caudal de conocimientos existente en el mundo.

2. El procedimiento descrito, permite realizar análisis constructivos en la obra, en un menor tiempo y con mayor precisión que con los métodos tradicionales.
3. El experimento realizado y el análisis económico permitió demostrar la efectividad del procedimiento propuesto y evidenció que el empleo de la Tecnología ELT proporciona un ahorro de recursos que constituye un 31.37% de ahorro de tiempo y un 14% de ahorro de los costos, respecto a los métodos tradicionales con una mayor calidad y precisión en la entrega de los resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Certicalia. ¿Qué es el diagnóstico estructural? 2021 [Available from:
<https://www.certicalia.com/diagnostico-estructural/que-eseldiagnosticoestructural#:~:text=Cuando%20hablamos%20de%20diagn%C3%B3stico%20estructural,la%20normativa%20vigente%20de%20seguridad.>
2. Arias MV. La geomática y su importancia en el desarrollo de los estados. REVISMAR. 2009.
3. Geomática [cited 2021 25/2]. Tomado de: <http://geomatice.com/que-eslageomatica/>. Geomática [Tomado de: <http://repositorio.geotech.cu/xmlui/handle/1234/31>].
4. Leica Geosistem. (2023). Catálogos > Leica Geosystems > Leica ScanStation P30 / P40 Data Sheet. https://pdf.directindustry.es/pdf/leica-geosystems/leica-scanstation-p30-p40data-sheet/14324-610556.html#https://img.directindustry.es/pdf/repository_di/14324/leica-scanstationp30-p40-data-sheet-610556_1b.jpg

BIBLIOGRAFÍA

Brenner C. Laser Scanning [tesis de ingeniería]: international summer school “Digital recording and 3D modeling”; 2006.

Concepto de procedimiento 2019. Tomado de:
<https://deconceptos.com/general/procedimiento>.

G B. La representación gráfica arquitectónica entre la continuidad y la innovación mayo 2011. Available from: <http://www.vitruvius.es/revistas/read/arquitextos/11.132/390>.

Mederos Awn. El láser y sus aplicaciones Cuba 2008 [cited 2019 20 de septiembre]. Available from: <https://www.monografias.com/trabajos61/laser-aplicaciones/laseraplicaciones.shtml>.

Nube de puntos. Available from:

<https://www.google.com/search?client=firefox-b&q=nubes+de+puntos.+definicion>.

Rodríguez DO. Del grafismo manual al modelado 3D: evolución de los métodos de promoción para proyectos de edificación [fin de grado]: Universidad Politécnica de Valencia; 2015.

Rodríguez GP, Batista GG, León Ind, Inza MIg. Metodología de la investigación educacional. Educación Ihepy, editor 1996.

Significado de tecnología 23/09/2019 [cited 2019 7 de octubre]. Available from: <https://www.significados.com/tecnologia/>.

Tarragó YF. Un procedimiento para el empleo de la tecnología escáner láser 3D durante los levantamientos topográficos en obras ingenieras: Academia Naval "Granma" orden "Antonio Maceo" 2017.

Zapata M. Historia de la representación gráfica 2013. Available from: <http://mariazapataipat2013.blogspot.com.es/2013/04/historiade-la-representaciongrafica.html> [2014].