

Uso de la tecnología digital para la conservación de la arquitectura industrial en Pachuca

Use of digital technology for the conservation of industrial architecture in Pachuca

F. V. Contreras-García ^a

^a Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Instituto de Ciencias Básicas e Ingenierías, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

Resumen

La arquitectura industrial de Pachuca es uno de los exponentes culturales más representativos de la entidad y que además ha marcado el paisaje de la zona, sin embargo, la falta de un plan de conservación y estrategias efectivas para visibilizar y reconocer esta arquitectura, aunado a la carencia de una legislación para proteger y regular estos inmuebles, agrava su situación de abandono. Aunque en Pachuca se han realizado estudios preliminares utilizando tecnología convencional, existe un potencial significativo para mejorar la conservación mediante métodos más sofisticados. El propósito de esta investigación es destacar los casos en Pachuca que podrían beneficiarse de la implementación de estrategias de preservación para mejorar la protección de la arquitectura industrial en la región, además, se analizarán las técnicas utilizadas en otras regiones del país y del mundo para el estudio y la conservación de casos específicos, como lo pueden ser territoriales o inmuebles, y así reconocer la precisión y alcance que se puede llegar a obtener con cada una, en caso de contar con los recursos para que sean aplicados en la arquitectura industrial de la zona de Pachuca.

Palabras Clave: documentación industrial, patrimonio industrial, fotogrametría, conservación arquitectónica.

Abstract

Industrial architecture in Pachuca is one of the most representative cultural symbols of the region, significantly shaping the local landscape. However, the lack of a conservation plan and effective strategies to highlight and recognize this architecture, coupled with the absence of legislation to protect and regulate these buildings, exacerbates their state of neglect. Although preliminary studies using conventional technology have been conducted in Pachuca, there is significant potential to enhance preservation efforts through more advanced methods. The aim of this research is to highlight cases in Pachuca that could benefit from the implementation of preservation strategies to improve the protection of industrial architecture in the area. Additionally, the study will examine techniques used in other regions of the country and around the world for the study and conservation of specific cases, whether territorial or architectural, to assess the accuracy and effectiveness of these methods if applied to the industrial architecture of Pachuca.

Keywords: industrial documentation, industrial heritage, photogrammetry, architectural conservation.

1. Antecedentes

Pachuca forma parte de la conocida Comarca Minera, conformada por siete municipios del estado de Hidalgo: Mineral del Monte, Mineral de la Reforma, Zimapán, por mencionar algunos; misma que recibe su nombre por la actividad que se desarrolló en la zona desde el siglo XVI; la minería en esta región no solo marcó su desarrollo económico, sino también dejó una huella indeleble en su paisaje y arquitectura, la cual tenía un diseño y funcionalidad

específica para enfrentar los retos de la extracción de minerales, ejemplo de ello: la casa de máquinas tipo Cornish.

Este tipo de infraestructura incluía una casa de máquinas de bombeo, crucial para la operación de las minas, las cuales, a menudo se inundaban debido al nivel freático o a filtraciones desde la superficie durante la temporada de lluvias, lo que hacía esencial este sistema para mantener los túneles secos y operativos. La casa de máquinas de bombeo utilizaba grandes bombas para elevar el agua a niveles superiores y evitar el colapso de los túneles.

*Autor para la correspondencia: co333462@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: co333462@uaeh.edu.mx (Flor Valeria Contreras-García).

Historial del manuscrito: recibido el 29/04/2024, última versión-revisada recibida el 19/07/2024, aceptado el 19/08/2024, en línea (postprint) desde el 23/09/2024, publicado el 05/07/2025. DOI: <https://doi.org/10.29057/icbi.v13i25.12918>

Las instalaciones industriales de la época, también contaban con una sala de caldera y una chimenea, fundamentales para el funcionamiento de las máquinas de bombeo y otras operaciones mineras. Dentro del predio de la mina, también se encontraban otras estructuras clave, como la horca o castillete, que era una torre de soporte para los cables de elevación de mineral. La casa del malacate albergaba el equipo de extracción y transporte del mineral, mientras que los talleres de reparación y las bodegas garantizaban el mantenimiento y almacenamiento de herramientas y suministros. Las oficinas administrativas gestionaban las operaciones diarias y, a menudo, también se incluían viviendas para el personal y sus familias. (Lozada Amador & Lagarda García, 2021, pág. 178-180) estos elementos no solo eran fundamentales para el funcionamiento de las minas, sino que también configuraron el paisaje cultural de la ciudad, reflejando el auge y la transformación de la industria minera en la región, sin embargo, debido a la evolución social, cultural y tecnológica, estas estructuras han sufrido una serie de daños, abandono o destrucción, que son evidentes a simple vista.

De acuerdo con la Carta de Monterrey, (ICOMOS, México, 2006, págs. 2-3), la importancia de la conservación de este tipo de edificios, recae en la influencia del desarrollo cultural, económico o social de una zona, como lo ha sido la actividad minera en la zona de Pachuca, además, menciona que la naturaleza y complejidad de estas edificaciones, requiere, no solo de la valorización estética y arquitectónica, sino también de instancias que se basen en lo funcional, tecnológico y sociológico.

Como mencionan, Lozada Amador & Lagarda García, (2021), “Reconocer la importancia de un patrimonio arquitectónico es el principio para su conservación” (pág. 176), por ello, es necesario que estos sean preservados y documentados, para que así la población pueda sentirse parte del sitio y desarrollar un mayor sentido de pertenencia cultural, (Simmel, 2013, pág. 42), ante la existente necesidad de salvaguardar esto último, y los componentes que la definen, el patrimonio arquitectónico se convierte en una herramienta para consolidar la idea de identidad a largo plazo (Maldonado Ruiz, 2019, págs. 16 - 17).

Como consecuencia, se busca reconocer zonas de interés dentro de la zona de Pachuca e identificar las técnicas digitales utilizadas en esta y otras ubicaciones que han facilitado la documentación en casos de estudio específicos, enfatizando la precisión y alcance que se podría llegar a tener con cada una en caso de contar con los recursos para que sean aplicados en la arquitectura industrial de la zona de Pachuca. Estas alternativas son un intento por recuperar visualmente parte del patrimonio, y por medio de inferencias científicas razonables, recuperar los componentes de los elementos que se perdieron (Ibid. p. 112.).

Lejía Román, et. al. (2022), mencionan la importancia de la documentación digital de los inmuebles arquitectónicos basada en la necesidad de normalizar las alternativas de acceso al patrimonio en este formato para contribuir a los procesos de almacenamiento, gestión, accesibilidad y preservación a largo plazo, esto permite concluir que con la aplicación de estos recursos se puede llegar a tener un repertorio digital público que permita el acceso a la

información y contribuya a la difusión de los mismos para promover su estudio y reconocimiento.

2. Metodología

Se utilizará un enfoque teórico que explora los recursos digitales disponibles para la conservación arquitectónica. En primer lugar, se mencionan posibles casos de estudio en la zona de Pachuca de Soto para identificar inmuebles relevantes para su documentación arquitectónica, y así analizar diversas técnicas digitales empleadas a nivel nacional e internacional, evaluando su aplicabilidad y eficacia en distintos contextos, asimismo, se describe el equipo y las herramientas que se emplearon destacando sus características técnicas y su relevancia para la investigación.

El método de investigación utilizado es deductivo, ya que de acuerdo con (Campos & Sosa, 2011), permite una indagación exhaustiva y un análisis minucioso de fuentes bibliográficas y digitales, lo que facilita la recopilación y evaluación de datos relevantes para la investigación, esto incluye datos sobre el estado de conservación de la arquitectura industrial de Pachuca, así como antecedentes históricos, que permiten contextualizar la situación actual de los mismos, e información relevante sobre estudios previamente realizados, los resultados obtenidos y el alcance de estos.

3. Arquitectura Industrial en Pachuca

Una de las características del estado, se basa en su legado a través de la minería, actividad que fue en el pasado, preponderante en la zona y de la cual se desprende una parte importante de su historia, sin embargo, como ya se ha mencionado, este legado analizado desde la arquitectura, con el paso del tiempo ha sufrido los embates de la indiferencia y el olvido por lo cual, algunas edificaciones se encuentran en el mejor de los casos en estado ruinoso o han desaparecido, ver Figura 1.

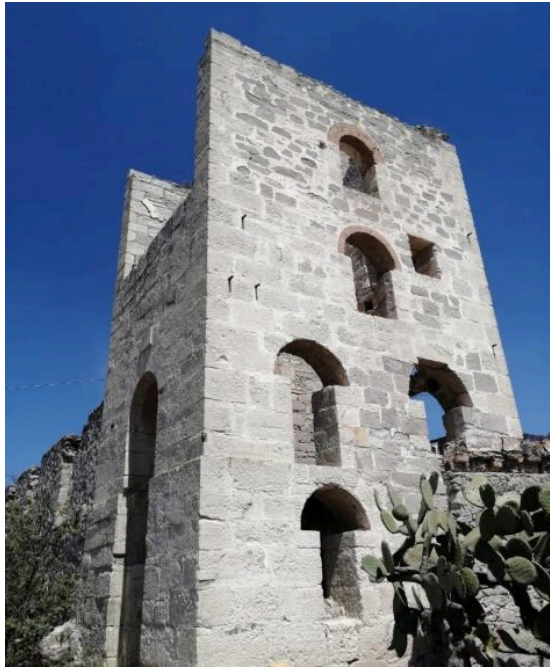


Figura 1. Vista de la fachada de la mina de San Pedro la Rabia. Elaboración propia, 2024.

A continuación, se mencionan dos ejemplos de conjuntos de inmuebles que se encuentran en estado de deterioro, producto del abandono paulatino que han sufrido con el paso del tiempo, la falta de mantenimiento y el desinterés de conservación, que en conjunto se ha visto reflejado en la destrucción de algunas de sus construcciones, así como en algunos casos, de secciones importantes en su estructura:

La primera es la mina de San Pedro la Rabia, que como se puede observar en la Figura 2, la falta de mantenimiento en la casa de máquinas Cornish, ha provocado la pérdida de algunas de sus secciones y la destrucción de partes importantes como el remate de la chimenea, que según refiere la persona que se encuentra resguardando el inmueble, fue destruido hace algunos años a consecuencia de haber recibido el impacto de un rayo; el marco y el adosado de las ventanas, que fueron sustraídos en el pasado con la finalidad de recuperar los tabiques para reutilizarlos, así como la cubierta que con el paso del tiempo y debido a un fenómeno meteorológico en un determinado momento, colapsó.

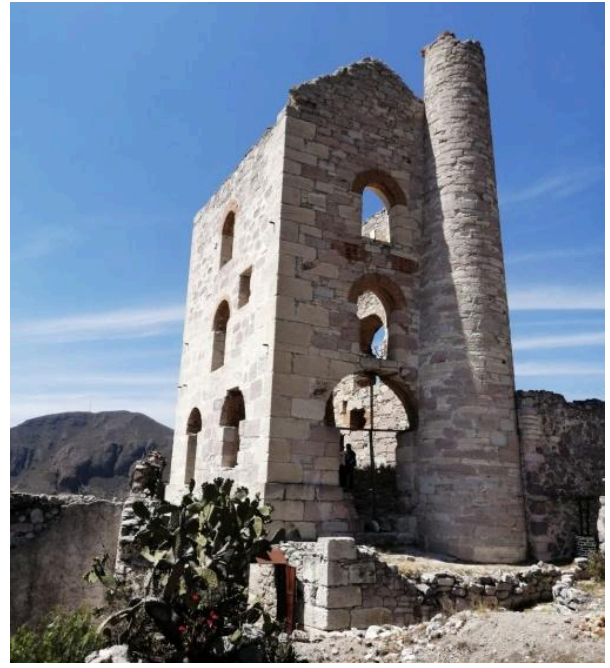


Figura 2. Vista de la fachada de la casa de máquinas Cornish en la mina de San Pedro la Rabia. Elaboración propia, 2024.

El otro ejemplo que resulta de interés, corresponde a la mina Camelia, que se ubica en los barrios originales de Pachuca, en donde el grado de marginación de la zona ha provocado que este edificio se encuentre en total abandono, ver Figura 3 y solo se ha utilizado por la comunidad en eventos aislados que lejos de promover su preservación, propician un mayor deterioro.

Aunque aún se conservan vestigios de los edificios que formaron parte de las minas, la implementación de tecnología avanzada permite, entre otras cosas, realizar reconstrucciones virtuales, lo que facilita la identificación de las formas originales, la comprensión de la disposición de los espacios y el conocimiento de las características principales del lugar. De este modo, se hace más accesible su estudio y documentación, promoviendo así la difusión de la información, contribuyendo a la preservación y reconocimiento cultural del sitio.



Figura 3. Vista parcial de la mina de Camelia. Fuente: FOLG, 2022).

4. Técnicas de documentación y análisis en Pachuca de Soto y otras ubicaciones

Actualmente, tanto en el estado de Hidalgo, específicamente en Pachuca de Soto, como en el resto del país, se cuenta con herramientas que permiten la reconstrucción virtual de inmuebles arquitectónicos, estas a su vez, se dividen en dos categorías principales: aquellas que se encargan del registro de datos volumétricos precisos, como los escáneres 3D, que capturan información detallada sobre las dimensiones y características físicas del sitio; y aquellas utilizadas para el dibujo y modelado, como los *softwares* de modelado 3D, que facilitan la creación y ajuste de modelos basados en los datos registrados.

Es fundamental mencionar que la precisión de una reconstrucción virtual depende en gran medida de la calidad y cantidad de datos disponibles; cuando se utilizan técnicas y/o datos insuficientes o imprecisos, las reconstrucciones pueden basarse en hipótesis que deben ser justificadas de manera rigurosa para asegurar su validez, sin embargo, cuando se cuenta con una correcta interpretación y combinación de los mismos, es posible recrear con mayor precisión las características arquitectónicas y los elementos históricos del inmueble.

Existen herramientas digitales diseñadas para cumplir objetivos específicos en la documentación digital, por ejemplo, para llevar a cabo una reconstrucción tridimensional avanzada, es crucial seguir una serie de etapas y contar con el equipo y las herramientas adecuadas para cada una. Este proceso incluye la recolección de datos geográficos del sitio mediante tecnología especializada y el post-procesamiento de estos con *softwares* específicos que facilitan la creación del modelo 3D.

Cada etapa, desde la recopilación hasta la interpretación de los datos, debe alinearse con el objetivo final de generar un modelo preciso y detallado del inmueble.

A continuación, se presentan herramientas y casos de estudio ligados a ellas, en los que se realizó la documentación digital arquitectónica a nivel nacional e internacional por medio de la tecnología digital.

La información obtenida en estos estudios resultó fundamental para el análisis y la documentación del patrimonio arquitectónico, considerando la escala y el contexto específico de cada proyecto.

4.1. AutoCAD, ARCHICAD y Lumion

El estudio y análisis de la arquitectura en Pachuca de Soto se centra en el uso de técnicas básicas, como lo es, la fotointerpretación, debido a la falta de recursos y a la escasa información pública disponible para realizar estudios avanzados. En este contexto, para este estudio, se emplearon herramientas de dibujo como Autodesk AutoCAD, Archicad-BIM y Lumion, que facilitan la creación de recorridos virtuales e imágenes digitales sin requerir equipos especializados.

Autodesk Autocad, es un software indicado para dibujar geometrías 2D y modelos básicos 3D mismo que permite la automatización y personalización del área de

trabajo, este puede ser utilizado en dispositivos de escritorio, web o móviles, tal como se menciona en la página de Autodesk (2024).

El sitio web de Archicad-BIM (GRAPHISOFT, 2024), menciona que el software permite diseñar, visualizar y documentar proyectos, considerando que algunas de sus características se encuentran enfocadas en: diseñar en 2D en conjunto con el modelado 3D, beneficiando el flujo de trabajo, además, permite tomar en cuenta detalles constructivos, adicionar materiales, dimensionar elementos estructurales, modelar diseños complejos como muros cortina, entre otros, esto con el plus de interactuar en conjunto con el equipo de trabajo de manera colaborativa, de forma presencial o remota para optimizar el desempeño.

Lumion es un programa de renderizado que permite trabajar con modelados generados en programas como Archicad a los cuales se les puede añadir elementos decorativos, materiales y ambientación en general, por mencionar algunas características, para generar videos, imágenes y panoramas 360° (lumion, 2024).

Este conjunto de programas fueron utilizados como parte de un proyecto por (Barrios Figueroa, Contreras García, Hernández Cabrera, Iturriaga Guerrero, & Vega Martínez, 2022); de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, para realizar el levantamiento tridimensional de una parte del centro histórico de Pachuca de Soto, Hidalgo, teniendo el espacio que comprende la esquina de la calle Gral. Pedro Ma. Anaya y la calle de José María Morelos y Pavón hasta ubicarse en la periferia de la Plaza de la Constitución, con el objetivo de que a través de este estudio, se identificaran las necesidades urbanas que se presentaban en la zona y posteriormente implementarlo en el modelo 3D para contar con una visualización de la propuesta.

Por medio de la fotointerpretación, que de acuerdo con (Hernández Fragozo & Pacheco Márquez, 2024, pág. 10), es el proceso de examinar imágenes fotográficas con el propósito de identificar objetos o condiciones y apreciar su significado; a través de Autocad 2D se logró hacer un levantamiento tridimensional con el uso del software para modelado Archicad y finalmente procesar la información recabada con el programa de renderizado Lumion, ver Figuras 4 y 5.



Figura 4. Render de la Plaza de la Constitución, Pachuca de Soto, Hgo., Fuente: (Barrios Figueroa y otros, 2022).



Figura 5. Render de la calle José María Morelos y Pavón, col. Centro, Pachuca de Soto, Hgo. Fuente: (Barrios Figueroa y otros, 2022).

4.2. Técnica “Structure for Motion (SfM)”

Se trata de una técnica que nace de la fotogrametría con drones tradicional, Correa Orozco, et. al. (2016, pág. 136) lo definen como: “La técnica que permite obtener un modelo virtual a partir de capturas parciales de pequeños segmentos del objeto fotografiado, combinando información volumétrica y datos de color que representan la superficie del objeto”, lo que ayuda a conocer propiedades geométricas de una superficie a partir de varias imágenes, las cuales son tomadas estratégicamente para evidenciar cada punto del caso de estudio, por lo que deben tener secuencias entre sí para obtener una mayor precisión, realizándose por medio de softwares que ayudan a planificar el vuelo del dron para que sus tomas sean efectivas (González Valdemar & Pérez Turizo, 2021, pág. 37).

Por otro lado, la técnica “Structure for Motion (SfM)”, comparte las características de reconstrucción 3D por medio de imágenes generadas por *softwares*, sin embargo, difiere en que la posición de la cámara, la escena y orientaciones sean resueltas automáticamente sin adicionar elementos con coordenadas conocidas. Estos parámetros son resueltos con ajustes basados en elementos extraídos del set de múltiples imágenes que se traslapan parcialmente entre sí, esto se refiere a la parte de las imágenes que cubre la misma área de la escena, lo que permite que diferentes fotos compartan información común. Al reconocer y comparar puntos similares en estas áreas superpuestas, se reconstruye la geometría de la escena. Con base en el seguimiento de estos puntos comunes, se pueden estimar las posiciones de las cámaras y las coordenadas de los objetos, resultando en una nube de puntos 3D que representa la escena reconstruida. (Parrizas Siles & Pardo Pascual, 2016, págs. 13-14).

Dicha técnica se ha empleado en Valencia, España, para la reconstrucción de áreas urbanas modificadas a lo largo del tiempo. En este caso, se aplicó una metodología específica para reconstruir en 3D grandes zonas territoriales, proporcionando una visión detallada de las alteraciones urbanas. Es importante destacar que esta técnica es particularmente eficaz a escala territorial, donde se requiere capturar y analizar grandes áreas con precisión, ver Figura 6).

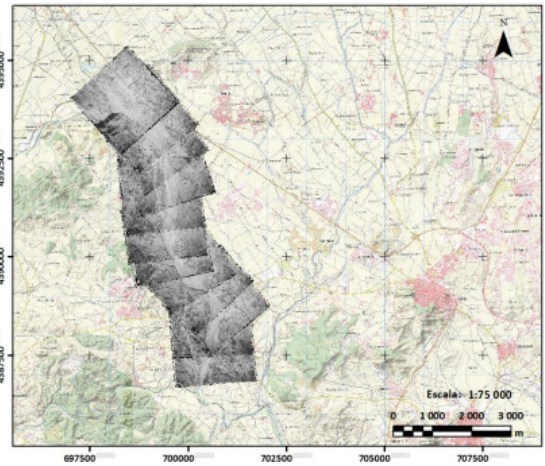


Figura 6. Ubicación por medio de fotografías previo al estudio, Río Turia, Oeste de Liria. Fuente: (Parrizas Siles & Pardo Pascual, 2016, pág. 16).

El objetivo fue estudiar el cambio morfológico del cauce del río Turia, situado en la península Ibérica, donde se utilizó el software Agisoft-Photoscan para procesar las imágenes digitales por medio de la fotogrametría digital y el visor de imágenes de la computadora, también se recurrió a herramientas y datos de apoyo, como la recolección de fotografías del repertorio local disponible, y los software FUSION y LIDAR, por mencionar algunos, en este caso el primero procesa los datos 2D del proyecto, y el segundo genera la visualización 3D, lo que en conjunto permitió obtener los resultados esperados para el caso de estudio, ver Figura 7 (Ibid. págs. 19-20).

Por lo anteriormente descrito, es una técnica recomendada en las zonas donde se ubican los vestigios de algunas minas como Camelia, La Rabia, Paraíso, entre algunas otras, pues genera la posibilidad de ubicar a los edificios con el entorno que los rodea, para identificar modificaciones tanto arquitectónicas como urbanas en la zona y que el modelo resultante tenga la capacidad de arrojar la información requerida para un estudio completo del sitio.

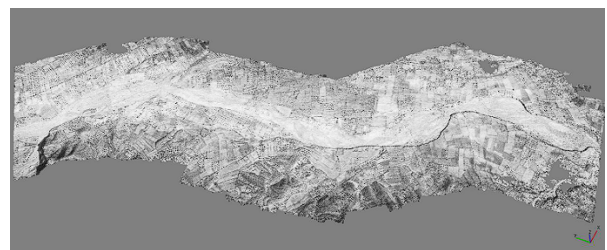


Figura 7. Resultado de la generación de la nube de puntos. Fuente: (Parrizas Siles & Pardo Pascual, 2016, pág. 25).

4.3. Escáner Láser

Es un dispositivo empleado para modelación 3D que recoge la información mediante un haz de láser de los elementos en el espacio circundante, funciona ejecutando movimientos hacia arriba y abajo, y de izquierda a derecha para hacer un barrido de información y conocer las coordenadas del área de investigación para después asignarle coordenadas reales a

cada punto del objeto con el propósito de generar una nube de puntos; la precisión de estos van a depender de la capacidad del equipo (Márquez, 2010, págs. 26-27).

Para ejemplificar tal equipo, se reconoce al escáner láser marca Leica modelo HDS 6200, el cual se utilizó en la zona arqueológica de Tula, Hidalgo, México, para el levantamiento y reconstrucción 3D de los elementos decorativos de los templos prehispánicos.

De acuerdo con el sitio web de la marca, (Leica Geosystems, 2023), esta línea de escáneres HDS, permiten obtener la geometría tridimensional o localizaciones de objetos y da como resultado nubes de puntos precisos, que con el tratamiento adecuado generan modelos 3D o 2D. Para estos casos, la marca cuenta con *softwares* de apoyo que se adaptan a las necesidades buscadas, como lo son: Leica HDS Cyclone, usado para descargar y trabajar los puntos recogidos, Leica CludWorxs CAD, que procesa la información trabajada en Cyclone dentro de programas como AutoCad; y Leica Cyclone 3DR creado para modelar, controlar e inspeccionar los elementos tridimensionales.

En este caso, el objetivo, además de la conservación y restauración, fue registrar los bienes inmuebles que se encuentran en el sitio. Por mencionar parte del proceso, el dispositivo ayudó a documentar la fachada del templo B, ver Figura 8, para ello se realizaron un total de 41 tomas en diferentes niveles y puntos de vista, además de posiciones regulares y cercanas en donde el muro tuviera relieves, esto con el objetivo de documentarlos de manera precisa, ver Figuras 9 y 10, (Jáidar Benavides, et. al., 2017, págs. 49-51).

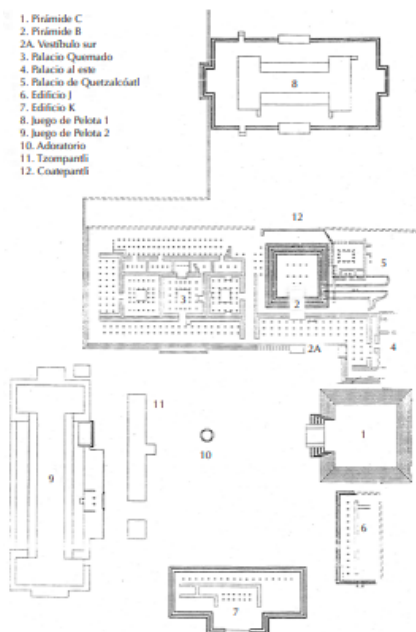


Figura 8. Plano general de la zona arqueológica de Tula, Hidalgo.
FUENTE (Soto, 2004).



Figura 9. Vista frontal de la nube de puntos del muro oriente del Edificio B.
Fuente: (Jáidar Benavides, y otros, 2017, pág. 50).

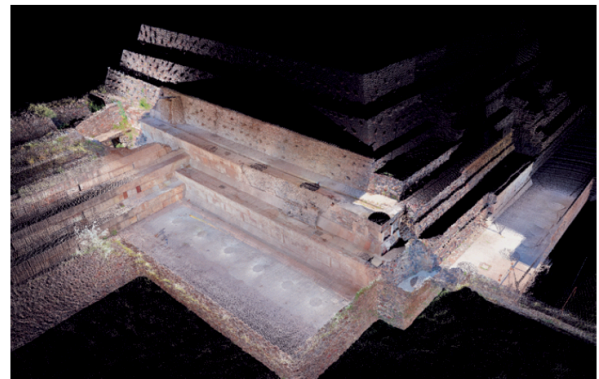


Figura 10. Vista en perspectiva de la nube de puntos del muro oriente del Edificio B. Fuente: (Jáidar Benavides, y otros, 2017, pág. 50).

Una vez recabados los datos, se integraron las posiciones individuales de nubes de puntos y sus fotografías para generar un modelo único y completo; en este caso fue necesario utilizar herramientas de apoyo para obtener el resultado final, estos son softwares para trabajar las imágenes recabadas por el escáner como PT-Gui, Pano2QTVR y Cyclone, por mencionar algunos (loc.cit.)

Este estudio se enfoca en una escala territorial, lo que implica la necesidad de capturar y analizar amplias áreas con alta precisión. Por ello, se emplean herramientas y equipos avanzados para realizar un análisis volumétrico detallado.

El uso de esta herramienta para levantamientos de precisión no invasivos en edificaciones correspondientes al patrimonio industrial de Pachuca, resultaría en un apoyo importante por la precisión que se puede lograr al reconstruir volúmenes que se han perdido y se pretenden recuperar visualmente.

4.4. Photomodeler

Es uno de los pioneros en su tipo; el software trabaja mediante fotogrametría, es decir, determina las propiedades geométricas y situaciones espaciales con ayuda de las fotografías. Para ello, es necesario tomar las fotos desde diferentes ángulos para obtener una información precisa. El propósito del software es crear maquetas virtuales utilizando solo una cámara fotográfica convencional y una computadora.

Para lograr esto, las fotografías deben ser tomadas de frente al objeto, buscando mantener un ángulo de 90° respecto al terreno, minimizando así las distorsiones que podrían afectar la precisión de las medidas del objeto. Esto asegura que las imágenes proporcionen datos más fiables para obtener

las medidas reales del objeto. Además, cuenta con herramientas de medición tanto 2D como 3D y brinda la opción de referenciar los puntos mediante estación total para obtener datos más precisos, también permite exportar por medio de archivos DFX, 3D Studio, VRML, Rhino, entre otros (Valeiras Jaén, 2012, págs. 65-67).

Este fue usado como caso práctico en España, para ejemplificar el funcionamiento del software para levantamiento de fachadas, ver Figura 11, algunas de las etapas de su proceso fueron: planificar la toma de fotografía, considerando aspectos como la iluminación y el ángulo de la cámara, una vez digitalizado el sitio, con ayuda del software, se procesaron las imágenes dando como resultado la volumetría (loc.cit).



Figura 11. Visualización tridimensional de fachada. Fuente: (Valeiras Jaén, 2012, pág. 71).

El estudio se enfoca en bienes inmuebles utilizando herramientas menos sofisticadas. Sin embargo, a pesar de esta limitación, el estudio cumple con su objetivo por lo que podría replicarse en el patrimonio industrial de Pachuca, en donde la adquisición de equipos y herramientas más avanzados son una limitante.

4.5. Pano2VR

De acuerdo con su página (Garden Gnome, s.f.), este es un software que permite hacer recorridos panorámicos o 360°, ya sean fotos o vídeos. Funciona por medio de escenas fotográficas o nodos, utilizando transiciones, además permite editar las imágenes para eliminar sombras, agregar información extra, así como diseñar la interfaz de la imagen, además, permite trabajar en conjunto con aplicaciones como Google Street View.

Este ejemplo, fue utilizado en China, para crear el recorrido virtual del Museo Hubei, y según con el estudio, el software satisface las necesidades del desarrollo de conjuntos multiformas, gracias a los beneficios que ofrece. (Su, 2022, págs. 5-7)

En resumen, el desarrollo consistió en realizar una especie de metodología para tomar fotografías del sitio, después en el software se crearon puntos interactivos mediante herramientas y equipos de apoyo como una cámara réflex digital de lente única, cabezal de trípode, trípode, lente

ultra angular, entre otros; además de softwares como Autodesk 3DS Max para realizar el modelado 3D del museo y la realización del panorama, finalmente se utilizó Pano2VR para generar el panorámico en formato flash que era el objetivo del estudio (loc. cit).

Similar al caso de estudio anterior, este análisis también se dirige a bienes inmuebles y emplea herramientas de menor sofisticación, por lo que comparte la posibilidad de utilizarse en Pachuca de Soto, en donde el financiamiento de técnicas avanzadas aún representa un largo camino.

Conclusiones

Hoy en día, se dispone de una amplia gama de herramientas tecnológicas para la preservación del patrimonio industrial. Estas herramientas abarcan desde las utilizadas para el levantamiento preciso, como drones y el uso de la fotogrametría, hasta aquellas empleadas para el dibujo y representación arquitectónica, como el modelado 3D, entre otras. Sin embargo, su uso y aplicación pueden verse limitados por diversos factores. Entre ellos, la capacidad económica, ya que a menudo se requiere el patrocinio de instituciones para financiar investigaciones especializadas, y los factores técnicos de operación, pues el manejo de software y equipos demanda una especialización previa para asegurar un uso adecuado y obtener resultados óptimos.

Vale la pena la comparativa entre la importancia con la que se realiza este apoyo a la conservación en otros países y las oportunidades que se pueden presentar en el estado y a nivel nacional, tratándose de inmuebles con el mismo valor simbólico, representativo y cultural, visibilizando que, mientras que en España, por ejemplo, se tienen registros y datos sobre el uso constante de estas herramientas en una suma importante de inmuebles como alternativa para el reconocimiento y difusión, en Hidalgo, es escasa la información y el acceso a esta, contribuyendo a su abandono y olvido, como lo son los casos de Pachuca, siendo que el patrimonio minero en este y otros municipios son parte de los referentes culturales más importantes, y a pesar de ello, estos se encuentran en aparente descuido y algunos en estado ruinoso y sin acceso a estos. Esto sugiere, la promoción del previo estudio en cada zona y la aplicación debida de las tecnologías digitales para su conservación y en determinado momento, la reconstrucción, para favorecer el reconocimiento entre la población, ya que es bien sabido que la difusión digital suele llegar a más personas en un intervalo menor de tiempo.

La utilización de las herramientas tecnológicas dirigidas hacia la conservación, permitiría llegar a tener un repertorio digital que contemple la visualización e interacción de estos inmuebles con la sociedad, sin embargo, queda mucho camino por delante, pero, vale la pena comenzar con un proceso de visibilización de la problemática existente y las muchas alternativas disponibles para solucionarla.

Referencias.

Aldama, A., Baños, J., Cabrera, Y., Lazcano, M., & David, R. (2019). Ruta Arqueológica Minera: La gestión integral del territorio del Antiguo

- Distrito Minero de Pachuca. *Memorias del Concurso La sallista de Investigación, Desarrollo e innovación*.
- AUTODESK. (2024). *AUTODESK*. Recuperado el 2024, de AutoCad: <https://www.autodesk.mx/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- Barrios Figueroa , A. V., Contreras García, F., Hernández Cabrera, F. A., Iturriaga Guerrero, S. M., & Vega Martínez, X. P. (2022).
- Campos , G., & Sosa, V. (2011). *Estrategias metodológicas para la elaboración de tesis*. México: Porrúa.
- Correa Orozco, C., Monteverde Puig, P., Ormeño Bustos, L., & Suazo Navia, A. (2016). *Centro Nacional de Conservación y Restauración*. Recuperado el Abril de 2024, de https://www.cncr.gob.cl/sites/www.cncr.gob.cl/files/images/articles-7578_0_archivo_12.pdf
- Garden Gnome. (s.f.). *Garden Gnome*. Recuperado el Marzo de 2024, de <https://ggnome.com/pano2vr/>
- González Valdemar, M., & Pérez Turizo, K. (2021). *Estudio de las tecnologías utilizadas en el levantamiento, diagnóstico, difusión y conservación del patrimonio arquitectónico y su viabilidad de aplicación en el patrimonio de Cartagena De Indias*. Cartagena: Universidad de Cartagena. Recuperado el Marzo de 2024, de Repositorio Institucional: <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/14627>
- GRAPHISOFT. (2024). *GRAPHISOFT*. Recuperado el 2024, de https://graphisoft.com/mx/solutions/archicad?utm_source=Google&utm_medium=PPCS&utm_campaign=sitelink&gad_source=1&gclid=CjwKC_Ajw_L0wBhBFEiwAmSEQAdEg9VVKQS_Bc4FfhZ5k3yzsYc_DEk1JKuDdbDN0IBXFOJ32sKTfTbBoCZb4QAvD_BwE
- Hernández Fragozo, E., & Pacheco Márquez, Y. (2024). *Aplicación del método de fotointerpretación de nube de puntos, escalamiento de ortomosaico y postproceso de muestras fotogramétricas mediante el uso de una aeronave remotamente tripulada RPAS, utilizando procesos de fotogrametría con Pix4d Mapper, ArcGIS*. Bucaramanga: Universidad Santo Tomás, Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/54436>
- ICOMOS, México. (2006). *ICOMOS Mexicano, A. C.* Recuperado el Marzo de 2024, de <https://ticcih.org/wp-content/uploads/2024/03/Carta-de-Monterrey-2006.pdf>
- Jáidar Benavides, Y., López Armenta, M. F., Rodríguez Vidal, C., Villaseñor, I., Ruigómez Correa, A. J., & Fragozo Calderas, I. S. (2017). Digitalización tridimensional para la documentación, análisis y conservación de bienes culturales: los relieves decorativos en piedra de la zona arqueológica de Tula, Hidalgo, México. *Intervención*. Recuperado el Marzo de 2024
- Leica Geosystems. (2023). *HEXAGON*. Recuperado el 2024, de <https://cpe.leica-geosystems.com/mx/blog/post/el-laser-escaner-hds-que-es-como-funciona.html>
- Lejía Román , D., Montes Rojas, M. L., & Valle Chavarria, L. G. (2022). Fotogrametría como recurso de virtualización en la difusión y preservación digital de patrimonio tangible. *Revista General de Información y Documentación*. Recuperado el Marzo de 2024, de https://www.researchgate.net/publication/366446236_Fotogrametria_como_recurso_de_virtualizacion_en_la_difusion_y_preservacion_digital_d_e_patrimonio_tangible
- Lozada Amador, E., & Lagarda García, F. O. (2021). Reconocimiento y reutilización del patrimonio industrial para su conservación. Casas de máquinas Cornish en Pachuca y Real del Monte, Hidalgo, México. *Intervención*. Recuperado el Marzo de 2024, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-249X2021000200176&script=sci_arttext
- lumion. (2024). *lumion*. Obtenido de <https://www.lumion.es/software-3d/>
- Maldonado Ruiz, A. (2019). *La Aplicación de la Fotogrametría (SFM) y las nuevas tecnologías para la mejora de la documentación, difusión y divulgación del patrimonio arqueológico*. Granada: Universidad de Granada. Recuperado el 12 de 3 de 2024, de <http://hdl.handle.net/10481/62261>
- Márquez, A. (2010). *Mecinca*. Recuperado el Marzo de 2024, de <http://mecinca.net/papers/EscanerTLS.pdf>
- Parrizas Siles , M., & Pardo Pascual , J. E. (2016). *MODELIZACIÓN TRIDIMENSIONAL MEDIANTE TÉCNICAS SFM DE VUELOS FOTOGAMÉTRICOS ANTIGUOS. EVALUACIÓN DE POSIBILIDADES APLICADAS AL VUELO DE 1957*. Valencia: Universidad Politécnica de València. Recuperado el 2024
- Simmel, G. (2013). *Filosofía del paisaje*. Portugal: A.Verissimo S.
- Soto, S. (2004). *Conservación, mantenimiento, restauración e investigación de la Zona Arqueológica de Tula*. Pachuca, Centro: INAH- Hidalgo.
- Su, J. (2022). Development and Design Case Function Comparison of Panoramic Roaming System of Virtual Museum Based on Pano2VR. *Hindawi*. Recuperado el 2024, de <https://www.hindawi.com/journals/misy/2022/7363221/>
- Valeiras Jaén, J. L. (2012). Photomodeler, nueva herramienta en levantamiento arquitectónico. *Universidad Politecnica de Valencia*. Recuperado el Marzo de 2024, de <https://riunet.upv.es/handle/10251/142547>