
Tecnología 3D como herramienta para la investigación de órganos históricos: el caso de San Bartolomé Matlalohcan, Tlaxcala

*Sandra María Álvarez Jacinto
Gilberto García Quintana
Salvador Guillén Jiménez
Fanny Magaña Nieto
Norma Cristina Peña Peláez*

Al hablar del patrimonio organístico en México, agrupamos a un numeroso conjunto de bienes culturales, considerados monumentos históricos de acuerdo a lo establecido en la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, con características constructivas y de sonoridad particulares, que se encuentran ubicados en contextos sociales y geográficos diversos, distribuidos prácticamente a lo largo de todo el territorio nacional. Por lo anterior, abordar su registro e investigación se vuelve un reto y al mismo tiempo una tarea necesaria para su conservación, atendiendo a las particularidades de cada caso; para esto, un factor clave es la conformación de equipos interdisciplinarios que permitan la aplicación de herramientas de registro útiles que favorezcan una mejor aproximación y conocimiento de cada bien y que esto derive en la definición y desarrollo de líneas de investigación específicas que enriquezcan a los diferentes campos de conocimiento relacionados con órganos históricos.

En los últimos años, el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) a través de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC) y la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRyM) ha establecido líneas de trabajo que buscan atender las carencias identificadas y potenciar los avances que se han tenido hasta el momento.

Dentro del marco de las actividades mencionadas, el levantamiento gráfico de órganos históricos permite extraer información

tecnológica e histórica, así como documentar el estado de conservación de sus elementos y la existencia de intervenciones anteriores, dejar constancia de los tratamientos efectuados durante el desarrollo de un proyecto de conservación, permitir estudios comparativos con otros órganos, posibilitar un monitoreo a corto, mediano y largo plazo, y facilitar mecanismos de difusión a públicos y usuarios diversos, por mencionar algunos puntos. Por lo anterior, se propuso la aplicación de tecnología de digitalización 3D de alta resolución que permitiera un levantamiento preciso de los elementos que los conforman y al mismo tiempo brindara una visión integral del bien, al tiempo de definir las limitaciones, ventajas y desventajas de esta tecnología para reconocer en qué casos es factible y necesaria.

Para dicha propuesta, se decidió tomar como caso de estudio el órgano tubular del Museo Comunitario "Mixcoahtecutli" de San Bartolomé Matlalohcan, Tlaxcala, el cual surgió a partir de una solicitud que en 2014 enviaron los representantes de dicho museo al Centro INAH Tlaxcala, misma que se canalizó a la CNCPC para que el equipo de especialistas en conservación de órganos históricos pudiera efectuar una inspección y determinar las acciones pertinentes para este caso. Fue desde ese instante que el INAH ha dado un seguimiento constante, conformando un equipo integrado por restauradores de la CNCPC, del Seminario Taller Optativo de Conservación y Restauración de Instrumentos Musicales de la ENCRyM y con acompañamiento del CINAH Tlaxcala.



▲ *Figura 1. Vistas del órgano ubicado en el Museo Comunitario Mixcahtecutli. Izquierda: vista frontal con puertas cerradas, centro: vista del reverso, derecha: vista frontal con puertas abiertas. | Foto: © Acervo CNCPC-INAH, 2016.*



▲ *Figura 2. Vistas del órgano ubicado en el Museo Comunitario Mixcohtecutli. Izquierda: vista lateral derecha, derecha: vista lateral izquierda. | Foto: © Acervo CNCPC-INAH, 2016.*

El proyecto para el órgano de San Bartolomé Matlalohcan

El Museo Comunitario “Mixcohtecutli” de la comunidad de San Bartolomé Matlalohcan, en Tlaxcala, alberga un órgano tubular histórico portátil, que en la actualidad es la pieza central de su acervo y que originalmente se ubicó en el coro de la capilla católica de la población (Véanse figuras 1 y 2).

A partir de las primeras visitas y diálogo con los representantes del museo, se constató que no existían recursos económicos suficientes para emprender una restauración que recupere la sonoridad del instrumento, asimismo, tampoco se contaba con un plan de uso a largo plazo, aspecto fundamental para garantizar su conservación. Sin embargo, se observó que el bien conserva una gran cantidad de información histórica-tecnológica y que sus

dimensiones facilitan la obtención de la misma. Por lo anterior, el equipo de especialistas del INAH planteó como alternativa llevar a cabo un proyecto de investigación, documentación y divulgación del órgano, que problematizará su exhibición en un contexto de museo y dentro del cual se realizarán acciones preventivas para su conservación, trabajando en conjunto con los responsables del recinto.

Con la documentación de este instrumento se busca compararlo con otros órganos mexicanos similares, establecer una fecha o temporalidad de su construcción, caracterizar los materiales usados en su factura y su procedencia, identificar sus técnicas constructivas, localizar dentro de archivos y bibliotecas aquellos documentos que ofrezcan información histórica del órgano y planear actividades de divulgación de los datos recabados.

Durante 2015 arrancó el proyecto y se llevaron a cabo tres visitas de trabajo y una más a principios de 2016, dentro de las cuales se han realizado actividades de reconocimiento y registro del órgano. Hasta el momento se recopiló documentación fotográfica, muestras para identificación taxonómica de la madera y se efectuó el levantamiento tridimensional de la caja, teclado y tapa del secreto. Paralelamente, se observó su técnica de factura y estado de conservación, datos útiles para el establecimiento de líneas de acción específicas para el proyecto. Como actividades de conservación, se efectuó una limpieza superficial mecánica de polvo en todo el órgano y embalaje de la tubería de metal. Actualmente el proyecto espera desarrollar actividades durante el segundo semestre del presente año.

Aplicación de tecnología 3D

De acuerdo a lo establecido en los “Principios que deben regir la conservación de estructuras históricas en madera” en términos de documentación (ICOMOS 1999, citada en Instituto Nacional de Cultura del Perú 2007, p. 187), se menciona:

INSPECCIÓN, RECOGIDA DE DATOS Y DOCUMENTACIÓN

1. Antes de realizar cualquier intervención, el estado de la estructura y de sus elementos deberá ser cuidadosamente documentado, al igual que todos los materiales utilizados en los tratamientos, conforme al artículo 16 de la Carta de Venecia y los Principios de ICOMOS para el Registro documental de los Monumentos, Conjuntos arquitectónicos y Sitios culturales. [...]

Por lo anterior y dadas las condiciones actuales del órgano de San Bartolomé Matlalohcan, así como el enfoque del proyecto, se decidió realizar la documentación del mismo con tecnología de escaneo 3D sin contacto, con la finalidad de obtener un registro altamente preciso de sus elementos. Dicha tecnología, cada vez más recurrente en el campo de la documentación del patrimonio cultural (Fragoso, 2015; Paz Arellano y Ambrocio Ángeles, 2014; García Quintana *et al.*, 2015, p. 45; Montero, 2013; Mañana Borrazás *et al.*, 2008) recaba una gran cantidad de datos en un menor tiempo con respecto a otros métodos tradicionales, lo que facilita el análisis, monitoreo y divulgación de los resultados. La tarea primordial de este trabajo es la generación de un modelo tridimensional a partir de una reconstrucción digital en modelos geométricos basados en nubes de puntos o de mallas trianguladas, según el tipo de tecnología que se utilice, cada uno con características específicas, como pueden ser color, valores de reflectancia¹ y localización (x,y,z) (García *et al.*, 2015).

Ante esta perspectiva, se observó que el escaneo 3D brinda la posibilidad de registrar todo el órgano por el exterior y en zonas específicas al interior (al remover las tapas de la caja para acceder al mecanismo) con una precisión milimétrica; se reduce

¹ El valor de reflectancia luminosa (LRV, por sus siglas en inglés) es la cantidad total de luz visible reflejada por una superficie, p.ej. suelos, techos, paredes y muebles, en todas las longitudes de onda y direcciones cuando está iluminada por una fuente luminosa (DESSO, 2016).

considerablemente el margen de error al medir, ya que al hacerlo a mano y con herramientas diferentes (escalímetro, vernier, flexómetro) se generan diferencias, por lo tanto, con esta técnica se tiene la certeza de que las medidas extraídas del modelo son homogéneas entre sí.

Asimismo, permite analizar la técnica de factura sin la necesidad de permanecer *in situ*, lo que facilitará la comparación de las características particulares de este órgano con otros similares de la región, con la finalidad de comenzar a establecer paralelismos y diferencias entre las técnicas de construcción de órganos positivos en Tlaxcala; por otro lado, permitirá definir parámetros para evaluar su uso en otros casos. Otra utilidad del modelo 3D, es que se tiene un respaldo fidedigno de sus características, posibilitando un monitoreo a corto, mediano y largo plazo del mismo y la realización de material didáctico que favorezca la comprensión de su funcionamiento y su transmisión a un público de museo.

El equipo utilizado para el levantamiento fue un escáner láser modelo P20 Leica® y un escáner de luz estructurada modelo Go; Scan 3D Creaform®, que forman parte del Laboratorio de Documentación y Análisis Tridimensional de la CNCPC, el cual se pudo obtener gracias al financiamiento del CONACYT mediante el apoyo INFR-2015-01/251436 y es operado por personal especializado en el manejo de equipos de estas características, así como en la interpretación y procesamiento de la información. Para el levantamiento fue necesario que personal del laboratorio mencionado conociera las condiciones físicas del órgano y del sitio en el que se localiza, para decidir, en conjunto con los restauradores, la posición de cada una de las tomas con el fin de cubrir la mayor cantidad de superficie y tener un modelo digital útil y lo más completo posible, así como definir, con base en los resultados que se pretendían obtener, en dónde se utilizaría el escáner láser y en qué secciones sería necesario utilizar el escáner de luz estructurada, considerando el nivel de detalle de cada una de las piezas.

Una vez efectuado el levantamiento *in situ*, el resultado fue de cuarenta tomas con escáner láser, las que se utilizarán para generar dos

modelos en nube de puntos con textura; uno con las puertas cerradas, dejando ver solamente los elementos externos del órgano, y otro modelo con las puertas abiertas, el cual dejará ver los elementos internos, como son la tapa del secreto, el área donde se localizan las flautas, el secreto, el teclado y transmisiones. (Véanse figuras 3 y 4).



▲ Figura 3. Levantamiento de órgano con escáner láser modelo P20 Leica®. | Foto: © Acervo CNCPC-INAH, 2016.



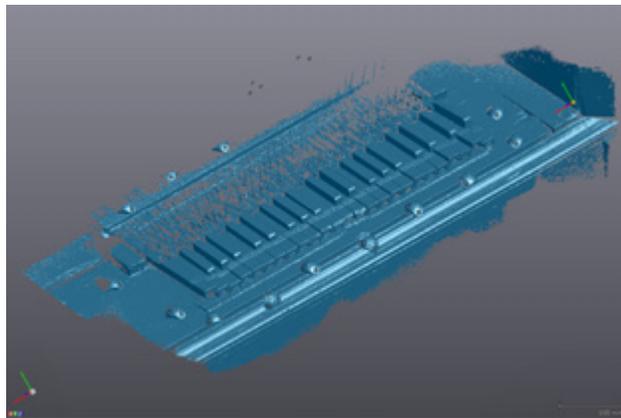
▲ Figura 4. Vista perspectiva del órgano en nube de puntos con fotografía integrada. | Foto: © Acervo CNCPC-INAH, 2016



Con el escáner de luz estructurada se generó un modelo en malla triangulada del área del teclado con una precisión de 3 mm, debido a que las piezas que lo conforman son pequeñas y por tanto los deterioros que se presentan en estas son demasiado finos, nivel de detalle que no se podría obtener con el escáner láser. (Véanse figuras 5 y 6).



▲ *Figura 5. Levantamiento de teclado con escáner de luz estructurada modelo Goj Scan3D Creaform®. | Foto: © Acervo CNCPC-INAH, 2016.*



▲ *Figura 6. Vista perspectiva de teclado en malla triangulada. | Foto: © Acervo CNCPC-INAH, 2016.*

A manera de conclusiones, la tecnología de escáner 3D funciona como una herramienta que optimiza la recopilación de información y garantiza su uso en cualquier momento de la investigación, convirtiéndola en una base de datos digital y precisa dentro del campo de la conservación del patrimonio cultural.

Por ello, el uso de esta herramienta se vuelve de gran utilidad para la conservación de órganos tubulares históricos, ya que al realizar el registro en menor tiempo y con mayor precisión, permite analizar con mayor detenimiento las características de cada órgano tubular por todas sus vistas, en los casos donde se tenga espacio suficiente para ello. Tras el procesamiento de la información, el modelo digital permite migrar los datos a otros programas, donde se podrá manipular el modelo para obtener levantamientos gráficos en 2D, así como cuantificar áreas y volúmenes.

Como desventajas se observó que en el caso del escáner manual de luz Creaform Goj Scan® no fue posible registrar por completo elementos que resultan visualmente monótonos (con patrón geométrico repetitivo), como sucedió con la tapa del secreto y el teclado. En el caso del teclado fue necesario complementar las tomas del escáner de luz con el escáner Leica HDS Scan P20®, por otro lado, en la tapa del secreto se completó con fotografías.

Un aspecto importante a considerar, para determinar su uso en otros casos, es que la estación de escaneo Leica HDS Scan P20® necesita espacio para maniobrar alrededor del bien, así como para realizar el número de tomas necesarias. Esta situación limita el acceso de este escáner en los inmuebles donde los órganos están fijos y con poco espacio alrededor.

Otra limitante consiste en que el órgano debe estar libre de polvo antes del escaneo, ya que la presencia de éste impide tener claridad en la imagen. En caso de realizar levantamientos en órganos a los que no se realice una limpieza previa, el resultado será una imagen con ruido e imprecisiones.

Por último, en el caso específico del órgano de San Bartolomé Matlalohcan, la información final de los modelos servirá como una documentación digital con un alto nivel de detalle y precisión de su sistema constructivo y del estado de conservación en el que se encontró el órgano, para generar posteriormente planos, esquemas, modelos digitales con textura y despieces

del mismo, totalmente medibles en cualquier momento. Lo anterior aportará información valiosa para el estudio de la organería regional. También se podrán realizar reconstrucciones digitales hipotéticas de los faltantes para crear una imagen integral del órgano sin necesidad de restaurarlo, y diseñar recursos didácticos que expliquen los elementos que constituyen al órgano, así como su funcionamiento, dentro del discurso museográfico del museo.

Referencias

DESSO, 2016. *Informe de prueba Valor de reflectancia luminosa*. [PDF] Disponible en: <<http://www.desso-businesscarpets.es/media/1737954/LRVTorsoES.pdf>> [Consultado el 30 de mayo de 2016].

Fragoso Calderas, I., 2015. *El uso del escáner láser 3D en la CNCPC: Retos y perspectivas a futuro*. [PDF] Disponible en: <<http://www.mener.inah.gob.mx/archivos/17-1443626859.PDF>> [Consultado el 27 de junio de 2016].

García Quintana G., López Armenta M. F., Rodríguez Vidal, C., 2015. *Levantamiento de alta definición con escáner láser 3D. Estructura B Muro Este Zona Arqueológica de Tula*. [PDF] Disponible en: <<http://conservacion.inah.gob.mx/publicaciones/?p=1301>> [Consultado el 30 de mayo de 2016].

ICOMOS, 1999. *Carta sobre los Principios que deben regir la conservación de estructuras históricas de madera*. México. Disponible en: http://www.icomos.org/charters/wood_sp.pdf [Consultado el 27 de junio de 2016].

Instituto Nacional de Cultura del Perú, 2007. *Documentos Fundamentales para el Patrimonio Cultural. Textos internacionales para su recuperación, repatriación, conservación, protección y difusión*. [PDF] Disponible en: <<http://www.cultura.gob.pe/sites/default/files/archivosadjuntos/2013/05/iiidocumentosfundam.pdf>> [Consultado el 30 de mayo de 2016].

Mañana Borrazás, P., Rodríguez Paz, A. y Blanco Rotea, R., 2008. Una experiencia en la aplicación del Láser Escáner 3D a los procesos de documentación y análisis del Patrimonio Construido: su aplicación a Santa Eulalia de Bóveda (Lugo) y San Fiz de Solovio (Santiago Compostela). *Arqueología de la Arquitectura*, [revista electrónica] (5), pp. 15-32. Disponible en: <<http://arqarqt.revistas.csic.es/index.php/arqarqt/article/view/87/84>> [consultado el 21 de junio 2016].

Montero, I., 2013. Las nuevas tecnologías en la difusión del patrimonio mundial. *Hereditas*. (19-20), pp. 48-57.

Paz Arellano, P., Ambrocio Ángeles, N., 2014. Citas en el frontispicio del templo. *Boletín de Monumentos Históricos*, Tercera época. (31), pp. 6-33.