
PRESENTACIÓN

El Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) tiene entre sus tareas la investigación, conservación y difusión del patrimonio arqueológico e histórico de la nación para el fortalecimiento de la identidad y de la memoria de la sociedad que lo ostenta. En busca del cumplimiento de tales objetos, desde el 2009 el INAH creó, mediante la Coordinación Nacional de Monumentos Históricos (CNMH), el Laboratorio de Imagen y Análisis Dimensional (LIAD), por el cual se instrumentó la tecnología escáner láser para fortalecer el conocimiento científico y tecnológico en materia de bienes culturales y, de acuerdo con este fin, formar una base de datos con modelos digitales de los monumentos históricos y arqueológicos emblemáticos del país. Desde ese momento, se ha incrementado a casi un centenar el número de monumentos históricos y arqueológicos documentados a detalle en el ámbito nacional, con lo que se hereda a las generaciones futuras una base de datos de modelos tridimensionales del patrimonio material de México.

Con ánimo de nutrir esos esfuerzos, en el 2013 comenzó a configurarse un grupo de trabajo interesado en aplicar la tecnología de barrido láser en investigaciones diversas. Se trataba de establecer un diálogo entre distintos proyectos para compartir resultados y metodologías.

Ya con ese antecedente, en el 2014 se concursó en la convocatoria de "Apoyo al fortalecimiento y desarrollo de la infraestructura científica y tecnológica", Conacyt, 2014, con el proyecto "Tecnología 3D por barrido láser aplicada al estudio, protección, conservación, restauración y difusión del patrimonio cultural de México". Con el recurso otorgado por el consejo, la finalidad era adquirir otros instrumentos que permitieran registrar objetos más pequeños, a la par de actualizar la tecnología con la que se contaba para hacer levantamientos arquitectónicos precisos, pero, principalmente, de manera más rápida.

Gracias a la obtención del recurso, se adquirieron un escáner láser P20, un escáner de mano Go!SCAN3D de luz blanca, una cámara fotográfica, una estación total TS11 R1000, receptor GPS, además de sus licencias de uso. En conjunto, estos equipos han permitido el fortalecimiento del conocimiento científico y tecnológico en materia de bienes culturales por medio de modelos digitales tridimensionales de precisión milimétrica. Justamente este libro pretende dar a conocer los resultados obtenidos en las diversas líneas de investigación que se desarrollaron a lo largo de un año utilizando dichas tecnologías.

Al respecto, decidimos agrupar los trabajos en tres rubros. En el primero, INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA Y SUS POTENCIALES, se presenta un trabajo que nos permite conocer la tecnología de barrido láser y de luz blanca. Precisamente en “Los escáneres de barrido láser y luz blanca. Herramientas para la conservación del patrimonio material” se da explicación de tales tecnologías y se exponen las posibilidades que otorgan en materia patrimonial. Al respecto, Jessica Ramírez, Valeria Valero y Ángel Mora se centran en entender la necesidad que ha tenido el hombre por generar levantamientos arquitectónicos y cómo el uso de los escáneres ha permitido la generación de modelos digitales tridimensionales que posibilitan la conservación del patrimonio material de nuestro país.

En la segunda parte del libro, USOS DE TECNOLOGÍA 3D EN ANÁLISIS ARQUEOLÓGICOS E HISTÓRICOS, se publican estudios de caso en los que, con ayuda de la tecnología, los autores dieron respuesta a ciertas hipótesis y plantearon otras tantas. Uno de los primeros proyectos arqueológicos en los que se utilizó la tecnología 3D fue en México en apoyo al proyecto *Tlalocan, camino bajo la tierra de Teotihuacan*. Precisamente, en su artículo: “El uso del escáner láser 3D como parte del procedimiento heurístico para la exploración del túnel bajo el Templo de la Serpiente Emplumada en Teotihuacan”, Sergio Gómez y Julie Gazzola dan cuenta del proceso de excavación y las hipótesis que han perfilado en torno de este emblemático sitio arqueológico. Entre los muchos hallazgos de su trabajo, dedican un apartado a comentar uno de los más novedosos: el proceso de exploración del túnel bajo el Templo de la Serpiente Emplumada, en el que el escáner ha sido de gran utilidad. Con este se realizó el registro del interior antes de que se emprendiera la excavación, lo cual permitió dar sustento a la hipótesis que establecía que el túnel se conduciría en dirección al eje vertical del centro de la pirámide.

Como un puente entre los estudios arqueológicos e históricos se inserta el trabajo de Araceli Peralta: “Levantamiento arquitectónico del conjunto conventual de San Bernardino de Siena, Xochimilco, con la tecnología escáner láser”. En este se muestran las imágenes obtenidas a partir del trabajo realizado con el escáner P20, entre ellas: un modelo tridimensional del antiguo convento, levantamientos arquitectónicos con exactitud milimétrica, registro de dimensiones y volúmenes reales de cada elemento arquitectónico y una base de datos digital como soporte para la investigación, intervención y restauración del monumento

histórico. Asimismo se realizaron, con ayuda de otros programas de cómputo, planos y estimaciones que confirmaron alineamientos arqueoastronómicos, es decir, que el templo de San Bernardino conservó la ubicación y orientación prehispánica del teocalli de la diosa Cihuacóatl. Al respecto, vale la pena señalar que tales cálculos pudieron realizarse por medio de otro de los instrumentos que se adquirieron: la estación total. Así, podemos ver cómo diversas herramientas se complementan para lograr un conocimiento más integral en torno de un inmueble.

Distinto de un contexto religioso, Julieta García nos presenta el baluarte de Santiago como uno de los que conformaron la fortificación dispuesta para la protección de la ciudad de Veracruz. Aunque “Santiago, reminiscencia de un sistema defensivo en Veracruz”, comparte el objeto de estudio del siguiente ensayo, lo que indudablemente los enriquece mutuamente, es distinto, pues mientras que el segundo analiza el conjunto, el primero atiende sus partes. La autora se centra específicamente en presentarnos los elementos arquitectónicos del baluarte de Santiago o del sistema defensivo de la ciudad de Veracruz a partir de los términos con sus definiciones. Lo interesante es que, de manera general, tales explicaciones derivan de textos de la época. Así, se constituye como una primera propuesta de un glosario del sistema de fortificaciones del virreinato novohispano, ilustrado en buena medida basándose en modelos tridimensionales obtenidos del levantamiento arquitectónico hecho con la tecnología de barrido láser. Una adaptación de mayor complejidad técnica a esta primera versión digital podría ofrecer un abanico de oportunidades para su consulta: desde la manipulación de cada uno de los elementos para su apreciación en 3D, hasta el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada.

Valeria Valero y Antonio Mondragón hicieron uso de la tecnología tridimensional en “El baluarte de Santiago: un ejemplo de arquitectura militar del siglo XVII construido a regla de arte”. Con base en el modelo tridimensional obtenido con la tecnología de barrido láser, se realizaron las planimetrías y altimetrías de dicho baluarte, levantamiento arquitectónico que ayudó a identificar de manera precisa los sistemas constructivos del inmueble y los deterioros que hoy presenta para definir las acciones necesarias para su restauración y puesta en valor. Además de la propuesta de restauración del monumento histórico con base en el mismo levantamiento en 3D, esta línea de investigación desarrolló un estudio de caso, en el que se comprobó que el baluarte de Santiago, construido en la primera mitad del siglo XVII en la ciudad de Veracruz, fue trazado a partir de las reglas de la fortificación que entonces se aplicaban y que, gracias a la difusión que permitió la imprenta, como a la preocupación de los humanistas por la traducción al castellano de textos antiguos y modernos, llegaron a la Nueva España. Para ello se comparó su morfología actual —obtenida del modelo tridimensional realizado con la aplicación de la tecnología escáner láser— con los principios de trazo y construcción establecidos en el tratado militar del capitán

español Cristóbal de Rojas, *Teórica y practica de fortificacion, conforme las medidas y defensas destes tiempos*, al que se sabe tuvo acceso Adrián Boot, ingeniero militar de origen flamenco, autor del proyecto del baluarte.

Un ejercicio similar al de Valero y Mondragón, aunque aplicado a una tipología habitacional única en América, lo realizó Jessica Ramírez: entre 1606 y 1611 se edificó el primer desierto de los carmelitas; no obstante, por problemas en su estructura, este fue demolido casi por completo, con lo que se edificó uno nuevo entre 1722 y 1724. Así, el propósito que se planteó con el uso del escáner fue hacer el levantamiento tridimensional del inmueble para generar una planta precisa a partir de la cual lograr unir los distintos elementos gráficos con los que contamos para esbozar algunas hipótesis en torno de la configuración del espacio en el que se desarrollaron los carmelitas que ahí vivieron.

Con la investigación documental realizada se encontraron dos planos hipotéticos del yermo erigido en el siglo xvii. Al contar con el registro tridimensional y el geoposicionamiento de elementos del yermo actual construido en el siglo xviii —y otros tantos pertenecientes al siglo xvii—, se pudo proponer dónde se encontraba el primero de ellos, así como las modificaciones que se le hicieron posteriormente al segundo: de ahí el título de “Dos desiertos, un mismo espacio. Estudio de las transformaciones morfológicas del Desierto de los Leones a partir del uso de nuevas tecnologías”. En conclusión, este estudio nos da la posibilidad de conocer la estructura del inmueble y su orientación, así como su distribución. Esto puede llevar al lector a aproximarse a la vida en su interior, las transformaciones en su significado y las actividades que ahí se desarrollaron.

La tercera y última parte de este libro, intitulada EXPERIENCIAS EN TORNO DE LA DIGITALIZACIÓN TRIDIMENSIONAL, aborda las experiencias de investigadores de diversas disciplinas e intereses al utilizar dicha tecnología en distintos contextos, materiales, formas, tamaños, etc., es decir, nos permite ver las ventajas, pero también los problemas, al utilizar la tecnología y, en su caso, la forma de complementarla.

El texto con el que se abre esta sección del libro es el de “Una experiencia de digitalización tridimensional en el campo de la conservación arqueológica en la escala artefactual: el Complejo Funerario El Salitre, Cultura Tolteca, México”, de Isabel Medina-González y Juan Carlos Equihua, en el que se discuten los resultados de las primeras pruebas de captura y manejo de datos a partir del uso del escáner portable de luz blanca, con el análisis de las posibilidades que ofrece, así como de sus limitaciones. Los casos que los autores abordan para este estudio tienen como característica común su escala artefactual; no obstante, tienen, con la finalidad de evaluar las fortalezas y limitaciones de la tecnología, diversidad formal, variabilidad material y diferencias dimensionales.

El segundo artículo, en el que participa Isabel Medina-González ahora en conjunto con Grégory Pereira, expone el desempeño de la tecnología en diversas escalas patrimoniales: artefacto, monumento, estructura arquitectónica

y sitio arqueológico, aunque todas ellas pertenecientes a un mismo ámbito cultural. Por lo anterior, dieron a su trabajo el título de “Una aproximación a la digitalización tridimensional de entidades prehispánicas en cuatro escalas: artefacto, monumento, arquitectura y sitio. Casos de estudio asociados a la arqueología Uacúsecha, Michoacán, México”.

Por su parte, “Avances y posibilidades de la aplicación de tecnología 3D para fines de conservación arqueológica: la Pirámide de las Serpientes Emplumadas, Xochicalco, Morelos”, realizado por Isabel Medina-González, José Medina Romero y Elda Anrubio Vega, informa los primeros avances acerca del registro sistemático comparativo de dicha estructura y sus relieves escultóricos adosados y asociados. Se trata, igualmente, de ejercicios de reconstrucción digital, así como del inicio de pruebas de aplicación de la técnica en su diagnóstico de estado físico. En conjunto, este artículo expone diversas acciones de investigación experimental que podrían apoyar, más allá del conocimiento académico, las tareas de divulgación.

Cierra este libro el trabajo de Flor Trejo, que expone la experiencia en la digitalización del patrimonio cultural sumergido y su potencial para explorar detalles y facilitar el conocimiento sobre este. Específicamente se trata de la experiencia adquirida al digitalizar 70 piezas arqueológicas provenientes de contextos subacuáticos tanto de aguas continentales como de aguas abiertas que formarán parte de la colección del museo virtual: por ello el artículo se titula “Generación de modelos tridimensionales de piezas arqueológicas para el museo virtual de arqueología subacuática (MAS)”. Para la obtención de los modelos tridimensionales se empleó un escáner de luz blanca Go!SCAN portátil. Así, esta colaboración expone las ventajas, pero también las dificultades, que se presentaron al usar esta tecnología, solventadas en algunos casos por medio de la fotogrametría digital.

Más allá del desarrollo de cada una de estas líneas de investigación a partir del uso de la tecnología, se hicieron levantamientos arquitectónicos precisos que permitirán la elaboración de nuevos estudios académicos, la generación de estrategias para sociabilizar el patrimonio entre la población, y también la toma de decisiones, precisas y documentadas, en relación con sus restauraciones. Cada una de esas acciones hará posible, a su vez, la conservación del patrimonio material de México.

En conjunto, en el ámbito del conocimiento, el proyecto del que se desprende este libro ha influido en una nueva forma de ver, estudiar y valorar el patrimonio de nuestro país, ofreciendo a los especialistas en las áreas de la arquitectura, la arqueología, la historia y la restauración, como al personal técnico, información precisa para conocer, estudiar, monitorear, restaurar y preservar físicamente el patrimonio mueble e inmueble de nuestro país. De hecho, uno de los mayores beneficios del proyecto fue acercar el uso de la tecnología a jóvenes que se encuentran en programas de posgrado, en particular, los que es-

tán estudiando la maestría en Conservación y Restauración de Bienes Culturales Inmuebles de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel Castillo Negrete” (ENCRyM) del INAH.

El uso de la tecnología de escáner láser como herramienta fundamental de este proyecto no solo genera estudios en torno del patrimonio material desde diversas disciplinas, sino posibilita un mayor acercamiento de los resultados académicos a la sociedad mexicana por medio de numerosos recursos: archivos tridimensionales en formato pdf, maquetas tridimensionales de manufactura aditiva (impresión 3D), modelos sólidos o recorridos virtuales 3D que pueden consultarse en la red.

Ejemplo de lo anterior fue la aplicación de esta tecnología para generar recursos didácticos para la exposición *100 años del Templo Mayor. Historia de un descubrimiento*.¹ En el proyecto se idearon dos productos: un modelo 3D para recrear, a partir de material fotográfico histórico, las calles de Seminario y República de Guatemala en el Centro Histórico de la Ciudad de México hacia 1915, antes de que el arqueólogo Manuel Gamio efectuara el hallazgo del Templo Mayor, lo que significó la demolición de la arquitectura virreinal en dichas calles.² Un aspecto interesante de este video es que se trata de un recorrido histórico inmersivo y no solo un viaje virtual para el espectador sobre la zona arqueológica actual. El segundo producto fue la recreación digital hipotética del *Huey Teocalli* sobre el modelo tridimensional en nube de puntos de la zona arqueológica de Templo Mayor, gráfico que formó parte del montaje y también de la publicación.³

Solo resta decir que, como es notorio, este trabajo no habría sido posible sin la participación de diversas instituciones y numerosas personas. Por ello, no queremos dejar de agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y al Instituto Nacional de Antropología e Historia, especialmente, de este último, a quienes realizaron el trabajo de campo y gabinete: Juan Carlos García, Jorge Cuauhtémoc Martínez, Apolo Balarama Ibarra, Nancy A. Ambrocio, Carlos Humberto Rojas, Jorge Alcalá, Ana Belém Rodríguez, Roberto Franco Durán, Celedonio Rodríguez, Gilberto García, Fernanda López. Igualmente, a Delia Pérez y Arturo Lozano, quienes de formas diversas allanaron el camino de las gestiones. Por último, a Gabriela Noguez, a Elizabeth González y a Perla Reséndiz, por la revisión formal de los textos.

Los coordinadores

1 La exposición se presentó en el Museo de Templo Mayor de diciembre del 2014 a abril del 2015; los curadores fueron los arqueólogos Eduardo Matos y Carlos Javier González, junto con la historiadora Gabriela Sánchez Reyes.

2 El render se tituló *Evolución urbana del área de Templo Mayor* y puede consultarse en <<https://www.youtube.com/watch?v=NE8hJaiLcM>>.

3 Gabriela Sánchez Reyes, “El descubrimiento del Templo Mayor bajo las casas virreinales de la Condesa de Peñalva”, en *100 años del Templo Mayor. Historia de un descubrimiento*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2014, pp. 119-147.