

PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO Y RECURSOS DIGITALES

CULTURAL HERITAGE AND DIGITAL RESOURCES

Juan Saumell Lladó. Universidad de Extremadura.

Adela Rueda Márquez de la Plata. Universidad de Extremadura.

RESUMEN

En la documentación del Patrimonio arquitectónico se emplean métodos, técnicas e instrumentos propios, tanto por el entorno físico como por los agentes intervinientes, especialmente si son alumnos de Edificación. En la toma de datos procede combinar instrumentación de control general con medidas directas, armonizando croquis y agudeza de análisis.

El trabajo de gabinete requiere adoptar un equilibrio entre la cantidad de datos manejados (tanto si se trata de puntos sueltos como de una nube de puntos) y la selección de los mismos.

Además del trabajo de toma de datos y de la gestión documental, la representación de las particularidades arquitectónicas de las edificaciones históricas y el establecimiento de criterios fijos para un grafismo coherente de las conclusiones resultan relevantes para la presentación de resultados.

Palabras Clave:

Láser escáner, representación, Patrimonio, métodos levantamiento

INTRODUCCIÓN

El momento actual ofrece enormes posibilidades para cuidar del patrimonio edificado. Por un lado, la sensibilidad hacia contenidos culturales va ganando adeptos, tanto en el mundo académico e investigador,

como en amplios estratos de la sociedad. Los itinerarios turísticos aumentan su oferta con destinos patrimoniales. En el caso de Cáceres se han ido abriendo al público en los últimos años tramos del recinto amurallado y un amplio número de palacios y edificaciones singulares. En el año 2015 se ha incorporado a ese elenco el Palacio de los Golfines de Abajo, muestra característica de la crestería plateresca del siglo XVI y del palacio-torre gótico del XV (1), gracias a la Fundación Tatiana Pérez de Guzmán el Bueno.

Por otra parte, el auge de la construcción ha generado un elevado número de profesionales con alta cualificación que, a resultas de la crisis posterior, han quedado disponibles para documentar y dar a conocer el

patrimonio arquitectónico (2). La participación en concursos sobre actuación en patrimonio está a la orden del día (3). El interés en la documentación arquitectónica también se plasma en trabajos académicos y de investigación (4). Todos estos proyectos y trabajos emplean una metodología y unos medios en parte coincidentes y con muchos aspectos peculiares. La metodología a utilizar guarda similitudes con otras disciplinas paralelas. El levantamiento arquitectónico está relacionado con el levantamiento arqueológico y el levantamiento urbano. Podríamos incluso iniciar el proceso por este último, al permitirnos situar en el territorio la zona, la manzana, la parcela donde se erige el edificio a documentar. El levantamiento arqueológico, sin minusvalorar su relevancia, lo podemos considerar una fase del levantamiento arquitectónico, con sus peculiaridades, aunque en ocasiones se confundan. En cualquier caso, se necesitan unos instrumentos que van variando con el progreso de la técnica. Esos instrumentos, así como el método a emplear, variarán en función de la envergadura y complejidad del trabajo a realizar.

Para este ensayo acotamos el panorama a espacios de dimensión limitada (de 100 a 500 metros cuadrados), en una o dos plantas, que puedan afrontarse por una o dos personas en un tiempo razonable (una o dos jornadas de trabajo de campo) y con medios asequibles para estudiantes de Edificación o Arquitectura.



Fig. 1: Palacio de los Golfines de Abajo en Cáceres. Fuente: Propia.

MEDIOS PARA EL LEVANTAMIENTO. MÉTODOS

Al considerar cómo afrontar el levantamiento arquitectónico de un edificio o de un conjunto edificado, debemos plantearnos qué medios emplear, distinguiendo métodos, técnicas e instrumentos. Método en el sentido de procedimiento o modo de obrar. Técnica como aplicación concreta del método. Instrumento como conjunto de piezas de las que nos servimos en la técnica del levantamiento.

Los métodos a utilizar resultan variados y habitualmente habrá que combinar varios de ellos. El método directo era utilizado, por lo menos, hace tres o cuatro milenios. Los egipcios nos han legado gráficos con instrumentos de medida antecedentes directos de los actuales (5). Para determinados espacios el método directo será suficiente y apropiado, y resultaría desproporcionado el manejo de instrumental sofisticado en pequeñas superficies con profusión de recovecos, sin un valor añadido específico. O en determinados trabajos en los que se requiere inmediatez con una precisión controlada.

Al acudir al levantamiento instrumental estamos buscando una mayor exactitud en las medidas y una relación topográfica con el territorio. En cualquier caso, la instrumentación está evolucionando constantemente y, de la estación total al láser escáner se ha dado un paso notable. Evolución sufrida tanto con una mayor cantidad de datos recogida en un tiempo determinado, como con la precisión de los resultados y la facilidad de manejo de los instrumentos.

El levantamiento fotogramétrico podría considerarse como un estadio intermedio entre los anteriores –método directo e instrumental- o una combinación de ambos. El software disponible en la actualidad, en constante desarrollo, ofrece posibilidades insospechadas hace tan solo unas décadas.

Mención aparte requiere el levantamiento de detalles arquitectónicos, constructivos y estructurales y, en el caso del patrimonio clásico, el levantamiento de los órdenes arquitectónicos. La atención específica está relacionada con sus contenidos técnicos e históricos, presuponiendo unos conocimientos previos que enlazarán con los procedimientos a utilizar.

Los métodos generales mencionados (directo, instrumental, fotogramétrico) utilizan diversas técnicas, que se esbozan a continuación. Como paso previo al análisis de las técnicas a manejar conviene tener en cuenta el lugar y los elementos a medir. Una planificación inicial comprenderá unos bocetos o croquis de toma de contacto que nos ofrecerán una visión global de la escala, así como la compartimentación de espacios en horizontal (plantas) y en vertical (secciones). La escala del conjunto nos acercará a la precisión de la medición requerida y a una gradación o establecimiento de niveles de exactitud en función de los espacios o detalles a tener en cuenta. Esa toma de contacto ayudará a la programación del trabajo, estableciendo un plan de contenidos.

TÉCNICAS

Con estos prolegómenos presentamos las técnicas a emplear. Partimos de la medida o medición, considerada como una comparación entre una dimensión física y la unidad de referencia (en metros, centímetros o milímetros, en función de la escala a representar). Esa unidad de referencia, en edificación patrimonial, estará entre los centímetros y los milímetros, considerando los primeros relativamente insuficientes, y los segundos con una precisión ilusoria, si nos referimos a edificaciones antiguas. Se propone establecer un criterio de actuación a mantener en toda la medición, aunque esa digresión entre centímetros y milímetros parezca una contradicción. Para ilustrarlo con un ejemplo, calculamos la dimensión entre muros enfrentados, tomando un

plano virtual tangente a los elementos salientes de la cantería, mampostería o enlucido, despreciando resaltes excesivos.



Fig. 2: Superficie irregular de una fachada de mampostería en Cáceres. Fuente: Propia.

Esa simplificación tendrá diversa consideración si utilizamos cinta métrica o flexómetro, donde advertimos el origen y el final de la medición, con un pliegue final más preciso en el soporte metálico que en el tejido, pero no está tan claro el punto final al medir con el distanciómetro láser, salvo que utilicemos un trípode para fijar el instrumento. Previamente a la medida, se establecen unos planos de referencia, para poder trasladar las dimensiones tomadas en el espacio a unas coordenadas planas, en x e y, o espaciales, en x, y, z. Eso supone, si estamos tomando medidas horizontales, que las mediciones se tomen en un plano de referencia horizontal, para poder restituirlas, pues en caso contrario necesitaríamos más medidas y ángulos para situarnos en el espacio tridimensional. Eso se podría realizar sin especial complejidad con instrumentación específica, cuando proceda. Pero ahora nos estamos refiriendo a una medición directa unidireccional en cada toma, para su restitución en un plano. Al organizar las tomas tendremos en cuenta, una vez obviada la tercera dimensión, el hecho de subdividir el espacio en triángulos, o ligando los puntos origen y final de cada medición mediante triángulos, para poder trasladar las medidas a un soporte gráfico. Con los tres lados del triángulo plano queda definido el polígono, sin necesidad de medidas de ángulos (6). Cómo con-

seguir la referencia plana resulta asequible como concepto, pero revierte cierta complejidad en la aplicación práctica.

Si partimos de un perímetro físico, una estancia o habitación, podemos marcar en la pared, la misma cota para cada punto, mediante un nivel de agua, de burbuja, láser o topográfico, dependiendo de múltiples factores. Para utilizar esos puntos en la pared como origen o final de la medición, tenemos en cuenta la inexactitud derivada de medir desde o hasta una esquina, tanto por las irregularidades de las mismas como por la dificultad de la disposición del instrumento de medida en ese punto. Las esquinas con frecuencia aparecen ligeramente redondeadas, si están ejecutadas con materiales aplicados en masa, o deformes en el caso de mampostería sin revestir. Por otra parte, los rodapiés reducen la dimensión de la planta. Las canalizaciones de instalaciones eléctricas o de telecomunicaciones en reformas o actualizaciones suelen situarse en las esquinas. Si nos separamos de las esquinas unos centímetros, deberemos anotar esas determinaciones para restituir oportunamente. En muchos casos, no será oportuno separarse de las esquinas, pudiendo establecer una aproximación de la medida parcial a la que no llega el instrumento de medición. Estos valores aproximados guardan relación con la unidad de medición, pues resulta desproporcionado ajustar a milímetros en otras partes cuando en estas situaciones no pasamos de la precisión del centímetro. Las inexactitudes adoptadas habrá que tenerlas en cuenta al realizar la restitución. Establecidos los puntos de referencia para la medición, unidos entre sí formando triángulos coplanarios para poder restituir en dos dimensiones, organizamos las anotaciones. Estas se realizarán en el mismo soporte del croquis o sirviéndonos de algún código de letras o números, en una tabla auxiliar. La decisión de utilizar una tabla dependerá de la densidad de puntos a tomar, en relación entre el tamaño del dibujo y la realidad (la es-



Fig. 3: Patio del Palacio de los Golfines de Abajo de Cáceres. Fuente: Propia.

cala), que remite a la precisión deseada. Procedimiento análogo se seguiría a distintos niveles de altura, señalando plantas u organizaciones espaciales específicas, tanto del conjunto del edificio (dobles espacios, diversas capas de cubierta) como de parte de él (sótanos, entreplantas, torres).

La relación entre los distintos niveles debemos considerarla teniendo en cuenta tanto el diseño original, en la medida que se conozca, la ejecución más o menos fidedigna al diseño, y las reformas sufridas a lo largo del tiempo. Se destaca este aspecto porque estamos documentando patrimonio construido y vivido, y puede resultar interesante estudiar su evolución. Para conectar los diversos niveles necesitaremos una plomada y un nivel láser, de forma que logremos medir horizontalmente divergencias de puntos supuestamente situados en la misma vertical. Esas medidas las necesitaremos en dos coordenadas, x e y , al movernos en un plano horizontal de referencia previamente establecido.

Las plantas interiores se pueden relacionar a través de escaleras y patios. Por el exterior, los huecos de fachada nos servirán de control, estableciendo correspondencia entre niveles, conectando el exterior con el interior y comprobando la verticalidad

de los muros. El nivel láser proyecta un plano vertical perpendicular a la charnela entre el plano horizontal y la fachada o muro. La línea resultante proyectada y la plomada ayudan a medir el desplome o inclinación del muro respecto a la vertical.

La medida de las cubiertas inclinadas no visitables por el exterior es uno de los aspectos particulares a tener en cuenta. La complejidad añadida es relativa debido a no resultar un espacio habitable, y que conviene documentar, sobre todo, cara a las patologías que puedan haberse producido. Con más motivo si la cubierta no es visitable por su trasdós. Cada edificio requerirá un análisis particular para localizar una visión cenital que permita tomar medidas. En primer lugar, buscaremos un punto de estación fijo, en el propio edificio o en otro cercano, a una cota superior (una torre, un mirador), o suficientemente alejada para llegar a todos los puntos notables de la cubierta desde una cota inferior. Como segunda opción, acudiremos a escaleras de mano, pértigas o trípodes telescópicos para elevar el origen de medición. A partir de ahí vendrían medios poco asequibles para medición directa. Nos referimos a instrumentos no tripulados, como globos, dirigibles, cometas o drones, con la dificultad de la estabilidad para tomar medidas direccionales, y a aparatos tripulados: unos y otros requerirán instrumental más sofisticado.

Una vez decidida la estrategia a seguir se optará por el instrumental adecuado. Se tomarán puntos notables con una estación total. Se trata de un instrumental costoso, pero accesible como préstamo para trabajos académicos en nuestra universidad. Y, al incorporarse como arquitectos técnicos al mundo laboral, también podrán acceder al uso de una estación total a través de su colegio profesional. En muchas ocasiones obtendremos la información necesaria para el levantamiento con determinados puntos notables, especialmente si la cubierta está en buenas condiciones o si, por el contrario, resulta evidente el dete-

rioro que urge el cambio independientemente de que la pendiente de la cubierta esté más o menos abombada. Esta toma de puntos de la cubierta habrá que relacionarla con la fachada, por lo menos con tres o cuatro puntos de control, para enlazar la envolvente exterior y, a través de la fachada, unirla al interior.

Llegados a este punto, trazaremos y mediremos las secciones. Algunas de las medidas las hemos tomado al relacionar las plantas entre sí. Necesitamos definir la geometría de suelos, paredes y techos contenidos en un corte vertical. El nivel láser resulta de gran ayuda para proyectar sobre el paramento, suelo y techo un plano láser y, en la línea intersección entre los planos físicos y el plano proyectado, medir por coordenadas polares la geometría de la sección o trasladar el plano secante proyectado por el láser al dibujo.

Esta técnica resulta especialmente práctica para definir la curvatura de las bóvedas. En este sentido procede escoger las secciones verticales por los trazados característicos del techo. Una vez más se trata de combinar el control de la geometría del espacio con la decisión acertada del plan de trabajo antes de empezar a elaborar las secciones. Para las medidas de altura de escaleras nos ayudaremos del nivel de agua recorriendo el perímetro de la caja de escalera, en el caso de estar limitada por paredes. Como complemento servirá el nivel de burbuja y una regla para seguir la formación de peldaños por tramos.

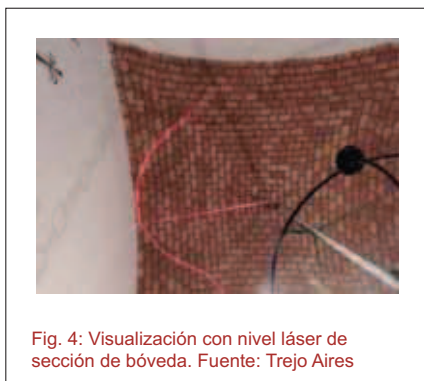


Fig. 4: Visualización con nivel láser de sección de bóveda. Fuente: Trejo Aires

La siguiente fase consistirá en el trazado de las fachadas. Parte de las medidas las hemos obtenido en las plantas y las secciones. Para otras medidas complementarias nos servirán técnicas fotogramétricas, combinando datos de fotografías con otros de las plantas y las secciones. Lógicamente las fotografías requerirán su rectificación, mediante programas adecuados (7).

Algunos elementos requerirán mayor precisión de detalle. Portadas, ventanas, cercos, rejería, carpintería, cantería, escaleras pueden contener pormenores por los materiales, la construcción, la estructura, el diseño o la decoración. En este caso, será de gran utilidad una combinación de técnicas de medición directa y fotogrametría (8).

INSTRUMENTOS

Mencionadas diversas técnicas a emplear, nos detenemos en algunos instrumentos más significativos resaltando su uso específico.

El flexómetro metálico puede considerarse un instrumento básico junto con el soporte y el lápiz (o la tableta gráfica). En cuanto a la longitud ideal consideramos óptimo uno de 5 u 8 metros, por el equilibrio entre manejabilidad, alcance y rigidez, para medir tanto en horizontal, como en vertical alturas relativamente bajas. Para longitudes mayores resulta útil la cinta métrica de fibra de vidrio, o de acero forrado de poliamida, de 20 a 50 metros, útiles para medición de fachadas a cinta corrida. En el caso de detalles, el metro de carpintero, tanto de madera como metálico o de fibra de vidrio aporta el valor añadido de la rigidez, para medir profundidades de huecos inaccesibles, por ejemplo.

El distanciómetro o medidor láser de distancias supone un avance en la toma de datos directa. Presenta una amplia gama de opciones y calidades. Apuntamos algunas de las prestaciones que revisten mayor utilidad a nuestro propósito. Además de medir

distancias y ángulos resulta útil la medición a 360°, para poder recorrer las paredes enfrentadas de una estancia, la cobertura, y parte del suelo en una sola estación. Una opción a valorar es la transferencia de medidas tomadas por el aparato a una tabla en formato digital, para facilitar su procesado posterior. El equipo del distanciómetro se completa con un trípode y un adaptador adecuados para mantener fijo el origen de medición invariable al girar el aparato.

El nivel láser se ha comprobado muy útil para el trazado de secciones horizontales (para medir plantas al intersectar el plano láser con los muros) y verticales (para medición de alturas) y para alinear el punto de estación con su proyección en el suelo y situarlo respecto a puntos definidos de las paredes. Con los planos horizontales proyectados obtenemos unas líneas de referencia en las paredes a cota fija. A partir de esa línea podemos medir hacia abajo con flexómetro (cota negativa) precisando la inclinación del suelo, en su caso. Midiendo hacia arriba establecemos una segunda altura de medición horizontal, a comprobar con el nivel láser. El plano vertical que proyecta el láser permite "trazar" secciones ideales sobre los paramentos, que permitirán medir desplomes. La plomada complementa el nivel láser para comprobar la verticalidad de los muros en una sección determinada. El nivel láser requerirá un trípode de apoyo a dos niveles, por lo menos. Uno, de escasa altura, para salvar la altura del rodapié en el nivel más bajo, y alinear el distanciómetro con la proyección de su origen de medición en el suelo. A otra altura, para trazar los niveles superiores, e incluso las curvas de nivel de las bóvedas. Para ello se requerirá un soporte auxiliar para el nivel y una mira telescópica, que permita graduar y medir la altura de cada curva proyectada, que se fotografía y restituye para trazar el plano acotado de la bóveda.

La estación total resulta un complemento conveniente para medidas de control exterior, resultando práctica-



Fig. 5: Posicionamiento de estación total en torre cercana. Fuente: Propia.

mente indispensable en cubiertas no accesibles. En primer lugar, a partir de una estación en cota superior a la medida para tomar los puntos notables de la cubierta. Y en segundo lugar para relacionar el punto de estación precedente con otros sobre el suelo que permitan tomar puntos notables de la fachada.

Se ha mencionado la cámara fotográfica. Para utilizarla con precisión requerirá su calibrado, corrigiendo las distorsiones geométricas de la imagen, asequible con software libre (9).

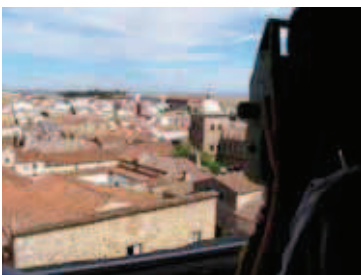


Fig. 6: Toma de datos con estación total desde torre cercana. Fuente: Propia.

Con las técnicas e instrumentos presentados resulta asequible realizar un levantamiento arquitectónico de patrimonio construido con suficiente precisión. Sin embargo, nos sentimos obligados a hacer alguna referencia al láser escáner y la nube de puntos.

PRECISIÓN Y MANEJABILIDAD DE LA NUBE DE PUNTOS

El láser escáner ha irrumpido con fuerza revolucionaria en el campo de los levantamientos, tanto arquitectó-

nicos como ingenieriles y arqueológicos. Renovación en constante evolución, que permite la toma de una ingente cantidad de información para una documentación gráfica precisa. La elevada cantidad de millones de puntos que ofrece, con una densidad programable, permite ofrecer una documentación fidedigna del patrimonio.

La contrapartida es la manejabilidad de esa información y su procesado para obtener instrumentos útiles de medición en obra, asequibles a un operario medio del sector de la construcción. Con ello queremos resaltar que se necesita una discriminación y transformación de la información que puede llegar a considerarse desproporcionada su utilización, en función de la finalidad buscada. En el caso que estamos presentando, dirigido a estudiantes de Edificación, son una minoría los que tienen acceso a corto plazo a manejar una nube de puntos de densidad suficiente, con el riesgo de proporcionar documentación gráfica de calidad inferior a la ofrecida por técnicas e instrumentos más sencillos. Según el uso que se haga de ella, la nube de puntos ofrece un resultado relativamente impreciso (10).

Respondiendo a esta obligación y a pesar de esta pequeña proporción de estudiantes, consideramos que es interesante dar a conocer un método simple de toma de datos con láser escáner. Creemos que es complementario en la mayoría de casos con alguna de las opciones antes mencionadas para el levantamiento planimétrico, si bien es cierto que la precisión no es comparable, para llegar al empleo del láser escáner es preferible pasar anteriormente por uno de los métodos anteriores.

RESTITUCIÓN Y REPRESENTACIÓN

Para el uso del láser escáner lo más importante es tener una base planimétrica previa (11). Como hemos dicho el uso de este método busca la precisión, así que es lógico pensar que

se tenga ya una referencia anterior, al menos una planta del edificio a levantar. Con esta base se debe decidir dónde se debe colocar la estación láser, desde qué puntos interesa lanzar el láser para que se forme el modelo tridimensional con el mínimo de estaciones posibles. Desde el plano base se decide el número y la posición de las tomas. Deben ser las mínimas porque duplicar información y puntos, primero hará que el archivo final sea realmente insostenible para cualquier ordenador accesible a nuestros alumnos y segundo trabajaremos el doble en vano. Aunque no hay que duplicar zonas de medición por lo dicho anteriormente sí que hay que tener en cuenta un solape entre estas zonas. Lo más cómodo para el manejo de los archivos es hacer las mediciones en archivos distintos. Es cierto que los láser escáner de última generación son capaces de unificar con coordenadas GPS por sí mismo las distintas mediciones, aunque no es lo más aconsejable de nuevo por el peso del archivo final por lo dicho anteriormente. En archivos distintos el manejo de la nube se puede hacer por partes hasta llegar a la unión de las partes en una nube definitiva.

GRAFISMOS

Una vez se tiene todo el modelo levantado tridimensionalmente es necesario tomar decisiones de representación. Con cualquier método hace falta explicar claramente a los alumnos que el resultado final dependerá de cómo se traten los datos en este punto del trabajo.

Lo primero que deben aprender es el uso de las escalas con este tipo de instrumentos digitales. La ventaja de estos métodos, como hemos dicho, es la precisión del resultado, pero esto puede llegar a convertirse en un gran problema para los alumnos que se encuentran con modelos a escala 1:1 en los que trabajan durante horas para luego imprimir y que, en el mejor de los casos, no se "note" la elaboración y en el peor la cantidad de detalle haga ilegible el resultado final impreso.

Hay que tener muy claro cuál será el fin del trabajo. Pero es raro que el trabajo no vaya a entregarse en soporte papel tanto en clase como en la vida profesional diaria (aunque sea para corregir con el cliente). Suponiendo una situación de este tipo, lo mejor es determinar de antemano cuál será la escala en relación con el objetivo del trabajo. Para una escala de detalle la nube de puntos como tal no servirá en ninguna de sus posibilidades, sin embargo, para una escala global dicha nube de puntos será de gran utilidad para comprender un conjunto.

De cara a los detalles lo mejor es el uso de herramientas de carácter fotográfico. Se puede llegar a este tipo de levantamiento a través del láser escáner (que, en modelos de calidad, llega a detectar la diferencia de color creando una nube de puntos cromática) o directamente con software y trabajo de levantamiento fotogramétrico buscando una geometría triangulada con una cantidad de detalle flexible que se adapte a la escala que vamos a utilizar.

Por ejemplo, como vemos en las imágenes una habitación dónde se ha

encontrado un arco de descarga que trabaja tridimensionalmente y que interesa su levantamiento para su posterior análisis estructural y, sobre todo, para dejar documentado el elemento si al final se determina ocultarlo como decisión de proyecto. Tras su levantamiento con láser escáner se procede a trabajar con los detalles. Como se puede ver en las figuras 8 y 9, las posibilidades de este tipo de levantamientos son muchas. Por un lado se puede desarrollar la triangulación densa de la geometría del detalle en CAD. Esto nos permite tener una malla precisa de la geometría del detalle. Por otro lado y como otra opción, a partir de este levantamiento puede cromatizarse la nube de puntos, dando una densidad enorme de puntos cada uno con un color que forman el modelo final. El aspecto de este último modelo es mucho más atractivo a primera vista (todo dependiendo de los parámetros que se le den a la malla de puntos), pero es cierto que no sólo el archivo resultante es mucho más pesado y difícil de manejar, sino que no es transferible a formato CAD. Lo aconsejable es hacer un trabajo combinado. Por un lado secciones, plantas y mediciones trabajando con la malla trian-

gulada. Y por el otro visión global y comprensión tridimensional con la nube cromatizada o la fotogrametría del detalle. De este modo los alumnos aprenderán a gestionar los distintos problemas con variados instrumentos y sobre todo conocerán la importancia de una expresión gráfica acorde a lo que se quiere o se necesita explicar.

CONCLUSIONES

El trabajo de levantamiento arquitectónico en constante desarrollo combina tecnologías diversas cada vez más sofisticadas. Para compaginar calidad y sencillez, tanto en el proceso de toma y elaboración de datos como en el resultado final, se propone una metodología asequible para estudiantes de Edificación de últimos cursos, que se ha comprobado eficaz. Sin necesidad de acceder a medios sofisticados, se puede obtener una documentación completa y fiable, proporcionada al uso que se pueda realizar de ella.

Además de eso, se propone una manera gráfica de expresar los detalles arquitectónicos más complejos donde el alumno deberá comprender la finalidad del trabajo realizado huyendo de convertirse en exclusivos gestores comerciales o aplicadores técnicos de instrumental, sacando partido a todas las herramientas a las que tienen acceso, utilizándolas y combinándolas con objetivos claros.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que el profesor, en las asignaturas que hagan uso de estas tecnologías, no debe convertirse nunca en un “técnico de programas” que lo único que hace es explicar paso a paso la aplicación de una herramienta. Es importante hacer comprender al alumno que el manejo del programa no es lo exclusivamente importante: lo fundamental es comprender el objetivo último del uso de este material de trabajo que es, principalmente, la búsqueda de la precisión de cara al levantamiento documental y al diagnóstico arquitectónico. Que el trabajo sea útil no sólo



Fig. 7: Levantamiento fotogramétrico. Estudio Cruz y Rueda arquitectos

a la persona que lo está realizando sino a todo aquel que lo necesite en el futuro, ya que este resultado digital es susceptible de una divulgación mucho más amplia que el soporte papel, además de que el uso de estas herramientas favorece enormemente la actualización de datos. Esto es crucial sobre todo en arquitectura de Patrimonio y en ciudades Patrimonio de la Humanidad como es Cáceres y desde la Universidad de Extremadura estamos trabajando para que estos avances tecnológicos se apliquen no sólo a los proyectos profesionales sino a las investigaciones científicas y sobre todo a las instituciones, para que puedan servir a toda la comunidad científica y a la sociedad. El uso de estos métodos ayuda enormemente a este fin.

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Mogollón Cano-Cortés, P.** 2006. *Por tierras de Cáceres*. León. Lancia, p. 91. ISBN: 84-86205-79-13.
2. **Barrero Ortega, P. Bañasco Sánchez, P. Prados Godoy, J.L.** 2014. *La expresión gráfica como método analítico de las intervenciones arquitectónicas en el patrimonio. La bóveda central de la Catedral de Córdoba*. EGE, Vol. 8, pp. 21-27. ISSN: 1888.8143.
3. **Diario Oficial de Extremadura.** 2015. *RESOLUCIÓN de 3 de junio de 2015, de la Secretaría General, por la que se hace pública la formalización del contrato de los servicios de Redacción del Plan Director de la Muralla de Trujillo*. DOE, n. 114, p. 23306.
4. **Salcedo, J.C.** 2012. *Urbanismo y Arquitectura de la puebla de Guadalupe*. Cáceres. Edición en CD. ISBN: 978-84-694-4325-5; **Dols Juste, I.** 2013. *Santa Lucía del Trampal: análisis de un proceso constructivo con influencia oriental y bizantina*. Cáceres. Inédito (Archivo de la Escuela Politécnica); **Rodríguez Cortés, J. Trejo Aires, N.** 2014. *Toma de datos y montaje de fachadas Cáceres Plan Especial*. Cáceres. Inédito (Archivo de la Escuela Politécnica, contenidos accesibles en http://sig.caceres.es/visores/Patrimonio_Arquitectonico/).
5. **Docci, M. Maestri, D.** 2009. *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*. Roma-Bari. Laterza. ISBN: 978-88-420-9068-7.
6. **Docci, M. Maestri, D.** *op. cit.*, p. 52.
7. **Martínez Moya, J.A. Soler Estrela, A.** 2014. *Metodología de recuperación gráfica de las portadas del palacio condal de Oliva*. EGE, Vol. 8, p. 39. ISSN: 1888.8143.
8. **Granado Castro, G. Aguilar Camacho, J. Lozano Martínez, F.R.** 2014. *La fotografía métrica no interpretada: una potente herramienta para la puesta en valor del patrimonio arqueológico en la capilla real de la Catedral de Sevilla*. EGE, Vol. 8, pp. 28-34. ISSN: 1888.8143.
9. **Cabezos Bernal, P.M. Cisneros Vivó, J.J.** 2012. *Fotogrametría con cámaras digitales convencionales y software libre*. EGA, Vol. 20, pp. 88-99. ISSN: 1133-6137.
10. **Serrano, F. Saumell, J. Berenguer, F.** 2014. *Análisis de resultados métricos de una nube de puntos y una medición directa en el patrimonio edificado. El Santuario de la Montaña de Cáceres*. Informes de la Construcción, Vol. 66, 534, abril-junio. ISSN-L: 0020-0883.
11. **Rueda, A. Cruz, P.A.** 2012. *El castillo de las Argujuelas de Arriba. La necesidad de valorar el Patrimonio desde un punto global*. Madrid. Revista Castillos de España nº167-170. ISSN: 0008/7505