



TITULO	LA NECESIDAD DE UN MODELO DE INFORMACIÓN APLICADO AL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO
ÁREA TEMÁTICA	BIM en la Universidad. 1.1 Investigación
AUTOR / ES	NIETO JULIÁN, J. Enrique; MOYANO CAMPOS, Juan J.; RICO DELGADO, Fernando; ANTÓN GARCÍA, Daniel
INSTITUCIÓN	Universidad de Sevilla Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación
DIRECCIÓN	Avenida Reina Mercedes, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
E-MAIL	jenieto@us.es
TELÉFONO	654 267 425
FAX	954 556 628



LA NECESIDAD DE UN MODELO DE INFORMACIÓN APLICADO AL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

Autores: Nieto Julián, J. Enrique (1), Moyano Campos, Juan J. (2); Rico Delgado, Fernando (3), Antón García, Daniel (4),

- (1) Profesor Colaborador. Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación (DEGIE) de la Universidad de Sevilla. jenieto@us.es
(2) Profesor Titular Doctor. DEGIE de la Universidad de Sevilla. jmoyano@us.es
(3) Profesor Colaborador Doctor. DEGIE de la Universidad de Sevilla. fricodel@us.es
(4) Becario Colaborador. DEGIE de la Universidad de Sevilla. daangar@telefonica.net

RESUMEN

El levantamiento y la reconstrucción del Patrimonio Arquitectónico utilizando el sistema BIM nos permitirá obtener un modelo virtual que constituirá el núcleo esencial sobre el que se volcará todo tipo de datos provenientes de la investigación. Este proceso proporcionará un conocimiento científico de sus sistemas constructivos, características físicas de sus elementos, la evolución histórica y las patologías detectadas. Pero hay que emplear desde el inicio los mejores métodos para un levantamiento gráfico sostenible desde la vertiente técnica y científica, que nos facilitará un análisis más efectivo y nos conducirá a una transferencia irrefutable del patrimonio.

Para disponer de una documentación científica ésta debe ser fiel al patrimonio existente, por lo que debemos de procesar los modelos para asemejarlos al estado original basándonos en técnicas contrastadas para la captura de la información geométrica: la fotogrametría y el escaneado 3D.

Sin embargo, la concepción que las aplicaciones BIM tienen de los objetos es diferente a la que tradicionalmente hacían las de CAD. Los nuevos objetos *paramétricos* permitirán manipular las propiedades dimensionales y físicas para adaptarlas a las particularidades del edificio. La confección del modelo BIM no sólo supondrá el levantamiento constructivo del Patrimonio Arquitectónico, sino un trabajo verdadero de auscultación y análisis.

Palabras clave: *escáner 3D, fotogrametría, modelo de información patrimonial, objetos paramétricos, Patrimonio Arquitectónico.*

1 INTRODUCCIÓN

El contexto en el que se rodea la actual sociedad de la información y del conocimiento ha motivado un acelerado avance de las tecnologías gráficas. Este camino iniciado en los Sistemas de Información Geográfica debido en gran parte a la necesidad de una renovación en la planimetría por las carencias detectadas, han logrado un impulso cuantitativo en la producción de excelentes trabajos, que tiene que ver con la generación de bases de datos en constante actualización y la gestión multidisciplinar de la información espacial.

A esta situación, hay que agregarle en la última década un gran progreso en las técnicas gráficas de levantamiento y representación, obteniéndose una documentación geométrica de alta precisión, más asequible y que ha simplificado el protocolo para la obtención de la información, como son la medición de la geometría y las características físicas de un objeto¹.



1. EL LEVANTAMIENTO GRÁFICO EN EL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

Las técnicas de levantamiento gráficas aplicadas a edificios históricos cobran gran importancia cuando preexisten elementos con altos valores arquitectónicos y arqueológicos. La morfología actual y real que nos ha llegado a nuestros días no puede ser interpretada aleatoriamente, pues son testigos que se han preservado a lo largo de la historia.

Es por lo que las nuevas técnicas no pueden olvidarse de la fotografía, como la copia más fiel del estado presente del objeto a representar, al compaginarse con los demás documentos gráficos y que nos permiten comprobar e interactuar con las dimensiones espaciales a la vez que incorporan la imagen como una envolvente del material superficial. Se considera, por tanto, un complemento de la propia geometría, ya que a través de instrumentos geométricos proporciona información métrica que puede ser empleada en futuros análisis y como verificación del modelo generado en un levantamiento gráfico².

En el campo de la arquitectura y de la ingeniería, principalmente cuando se actúa en obra de nueva planta, se aplica el término de levantamiento a la etapa de elaboración de la documentación gráfica que incorpora las dimensiones geométricas de la edificación. Pero cuando se actúa sobre un edificio con un determinado carácter patrimonial, la forma de proceder requiere una definición básica que se amplifica a otras áreas para lograr así un completo conocimiento del edificio desde la perspectiva de las diferentes disciplinas participativas en el patrimonio intervenido.

En la vertiginosa carrera de la información, la constante evolución del hardware y software ha permitido incrementar considerablemente el almacenamiento de datos y una ampliación en las capacidades de gestión de la información. Se han desarrollado sistemas gráficos y de información en el campo geográfico con los llamados SIG, como en el área de construcción e ingeniería con los modelos de información para la edificación o sistemas BIM (Building Information Modeling). Ahora se debería integrar en un único modelo la información geográfica, geométrica y alfanumérica generada en el estudio y análisis del patrimonio arquitectónico. La Carta del Restauo llega a establecer que *el proyecto se basará en un completo levantamiento planimétrico y fotográfico, interpretado también bajo el aspecto metrológico, de los trazados reguladores y de los sistemas proporcionales y comprenderá un cuidadoso estudio para verificar las condiciones de estabilidad*³.

2. ESTRATEGIAS SEGUIDAS: EL MODELO DE INFORMACIÓN PATRIMONIAL

En la etapa de auscultación del patrimonio edificado encontraremos por lo general piezas arquitectónicas, estatuas o representaciones escultóricas que deben ser catalogadas y documentadas debido a su valor excepcional, por ser provenientes de anteriores construcciones y que han sido recolocadas en la edificación analizada o por su particularidad arquitectónica: elementos destacables en el conjunto edificatorio, piezas inéditas o singulares que hacen precisa su correcta identificación.

Pero para llegar a un modelado preciso y real de estos elementos utilizando las herramientas de diseño que dispone cualquier software de CAD o BIM, habría que emprender una laboriosa tarea antes de incorporarlos en el modelo virtual de información, conscientes de que nunca conseguiremos una reproducción exacta y más cuando lo que intentamos es no falsear o obviar información que nos puede ser útil en otras etapas. En



casos de derrumbamientos por fenómenos naturales o por conflictos bélicos, un levantamiento exhaustivo nos permitiría obtener un documento gráfico real que archiváramos para ser utilizado como una reproducción idéntica en una posterior fase de reconstrucción.

Las distintas alternativas de software actuales bajo el entorno BIM, suelen incorporar herramientas de diseño para el modelado de elementos propios de sistemas constructivos – forjados, pilares, vigas, cubiertas y una infinidad de objetos paramétricos enfocados a la representación de piezas arquitectónicas, perfilerías normalizadas y elementos de sistemas tecnológicos patentados o preestablecidos- que nos facilitan el trabajo de la construcción del modelo. Por el contrario, en el caso del levantamiento de un edificio patrimonial, tendríamos que remontarnos a técnicas constructivas no habituales en la actualidad o que incorporan ornamentos propios de estilos arquitectónicos muy anteriores a los actuales.

Con el empleo del modelo BIM el proceso de modelado va unido a una labor de construcción del edificio permitiendo una exploración de todos los elementos por fases constructivas, que iniciadas desde sus cimientos vaya creciendo por pisos sucesivos incorporando todos los elementos integrantes entre los niveles establecidos al inicio como una estructuración ascendente del levantamiento. Pero para el caso de ser aplicado al edificio patrimonial esta dualidad modelado-constructiva está íntimamente vinculada a una labor no menos importante de análisis arquitectónico, donde nos encontramos deformaciones y vestigios ocasionados por la larga trayectoria del ente patrimonial.

En esta circunstancia y como ensayo al trabajo de investigación, varios miembros del grupo de investigación TEP932 del Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación de la Universidad de Sevilla, hemos estado trabajando en la exploración y toma de datos del Cenador de Carlos V del Real Alcázar de Sevilla para conformar un *Modelo de Información del Patrimonio Arquitectónico*. Para el levantamiento se ha utilizado un equipo escáner láser 3D, modelo ScanStation C10 de Leica, y dicha documentación se ha contrastado con la planimetría aportada por la Escuela de Estudios Árabes del CSIC, dirigida por el arquitecto Antonio Almagro Gorbea, quién en su día, realizó un levantamiento fotogramétrico de los palacios y edificios más emblemáticos del Alcázar. Debido a la tipología edificatoria del complejo palaciego se consideró esta técnica gráfica como una de las más idóneas para conseguir un levantamiento planimétrico preciso al permitir la fotogrametría operar sin apenas utilizar medios auxiliares y con reducidas sesiones de toma de datos. En la fase previa de análisis de investigación, se ha ido generando el modelo del Cenador de Carlos V con el Software ArchiCAD® utilizando como plantillas las vistas diédricas contenidas en los planos de la Planimetría del Alcázar de Sevilla⁴.

ArchiCAD es un Software de modelado enfocado a la construcción que lleva presente desde hace más de una década en el mercado de nuestro país. Su *Modelo Virtual* ha funcionado desde siempre como un modelo de información antes de que se estableciera la epítome de las palabras inglesas *Building Information Modeling*. Este mismo software ha dispuesto también desde versiones anteriores del *plug-in Objective*, que incorpora un modelado flexible de elementos arquitectónicos. Pero con la versión 16, ArchiCAD ha introducido capacidades de modelado directo con su nueva herramienta *Morph o Forma*, recomendable para la creación de componentes personalizados con una flexibilidad extraordinaria⁵.

En el modelo de investigación patrimonial se han aplicado las herramientas de diseño o construcción habituales -*Forjado, Muro, Pilares, Viga*- cuando los elementos a representar disponían de formas poligonales sencillas y constantes, empleándose la herramienta *perfil* para confeccionar las secciones complejas que nos servirían para asociarlas a las vigas o muros y obtener por extrusión las impostas, cornisas y remates de paramentos y cubiertas. Sin embargo, para los elementos decorativos característicos de un estilo arquitectónico y por lo general exclusivo del edificio analizado, no era procedente utilizar las herramientas de construcción básicas, y aunque apostáramos por elegir las más flexibles – como es el caso de *Forma*-, no resolvería el verdadero problema de la toma precisa de datos dimensionales de los elementos que incorporan motivos aleatorios y su traslado al modelo. Este es el caso de los elementos que incorporan los capiteles de las columnas que cierran las cuatro logias del Cenador de la Alcoba, que fueron talladas con motivos corintios distintos (Fig. 1).



Fig. 1. Fachada Sur del Cenador de Carlos V y Capitel central nº 4. Real Alcázar de Sevilla. 2012.
Enrique Nieto

3. EL MODELADO DE VESTIGIOS PATRIMONIALES

Pretendemos ahora explicar la sistemática seguida para el modelado de algunos de los elementos del Cenador de Carlos V, que fueron elegidos por su relevancia en el conjunto arquitectónico queriendo que su reproducción fuese la más fiel a su estado actual antes de ser incorporados en el modelo de información patrimonial. Las piezas elegidas fueron: los capiteles de procedencia italiana de las dieciséis columnas y las tallas que incorporaban las hojas de las carpinterías de madera del Cenador.

Tanto la fotogrametría como recientemente las técnicas de escaneado en 3D, son ventajosas para la captura con precisión de la información geométrica. Pero lo que obtenemos inicialmente es una fotografía tridimensional que la constituye una nube de puntos o píxeles con valores X, Y, Z que no son manipulables inicialmente por las aplicaciones de CAD/BIM, no teniendo más alternativa que procesarlos para convertirlos posteriormente en superficies.

4.1 Procesamiento de la información del escaneado

En una primera fase, a modo de iniciación y a la vez experimentación con las nuevas herramientas de escaneado, empleamos el escáner óptico 3D portátil de Artec -modelo MHT-, sin descartar posteriormente la técnica fotogramétrica. Se procedió de manera general a realizar el escaneado de los capiteles en un barrido que cubrió los 360º debido a que las dimensiones de las piezas lo permitían. Finalizada cada sesión se procedió a la reconstrucción del modelo 3D usando las funciones de la aplicación del escáner 3D Artec y

distribuidas en las siguientes etapas: revisión y edición de los escaneos, alineamiento de los mismos, optimización global de los escaneos, fusión de datos en un único modelo 3D y edición final del modelo 3D⁶.

En todas nuestras sesiones se procedió a realizar una inspección visual de los fotogramas escaneados con el post-proceso del escaneo, consistente en borrar los fotogramas no deseados, separar las áreas mal alineadas y dejar fuera de la escena los objetos no deseados y no rígidos (Fig. 2).

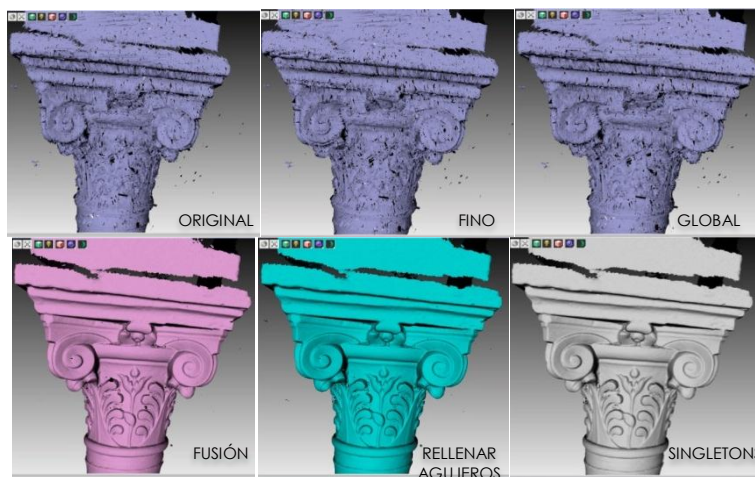


Fig. 2. Procesamiento de la información geométrica del capitel nº 4 con el escáner 3D portátil de Artec. 2013. Daniel Antón, Enrique Nieto

Debido a las peculiaridades de la geometría de los elementos escaneados – volutas y elementos florales en capiteles corintios, y los adornos rizados o entrelazados en las tallas de las hojas de ventanas y puerta-, que imposibilitan la detección por el escáner de sus profundidades, se hizo necesario una operación de reparación de todas las zonas sin mallar. Este procedimiento se llevó a cabo por un control directo sobre los agujeros incorporados en la lista del Software para después ser rellenados modificando las características especiales de cada uno (Fig. 3). Después fue necesario utilizar el algoritmo de alisado para retocar los bordes rugosos de algunos agujeros después de rellenados y alisar rugosidades.

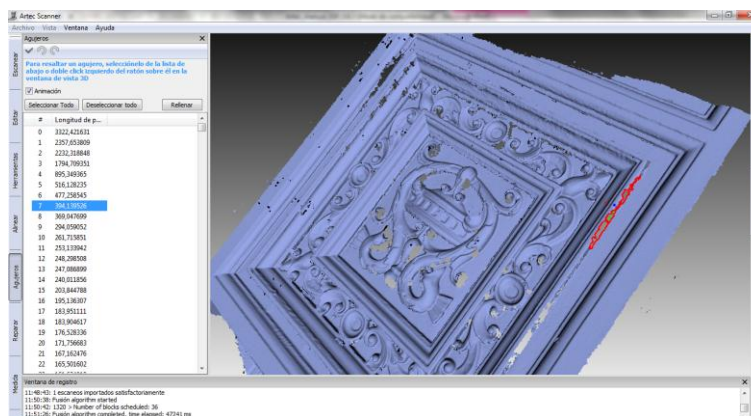


Fig. 3. Selección directa y relleno de oquedades con el software Artec Scanner del Cuarterón superior de la hoja Izquierda de la ventana norte. Cenador de Carlos V. 2013. Daniel Antón, Enrique Nieto

Pero para la posterior fase de introducción de los objetos 3D finales en el modelo de información realizado con el software ArchiCAD, fue primordial una simplificación de los mismos antes de su conversión a objetos paramétricos GDL.

4.2 El levantamiento fotogramétrico

Aunque los resultados obtenidos por el escáner portátil 3D de Artec fueron muy satisfactorios llegando a cotas de perfección inesperadas, quisimos paralelamente experimentar con las técnicas de levantamiento fotogramétrico y contrastar los resultados. Son muchas las aplicaciones disponibles en el mercado, y asequibles por unos precios no muy elevados, que nos pueden proporcionar modelos tridimensionales texturizados sorprendentes. En nuestro proceso utilizamos los software Agisoft *Photoscan*⁷ y Autodesk *123D Catch*, aplicándolos al capitel nº16 para su modelado por fotogramétrica (Fig.4a).

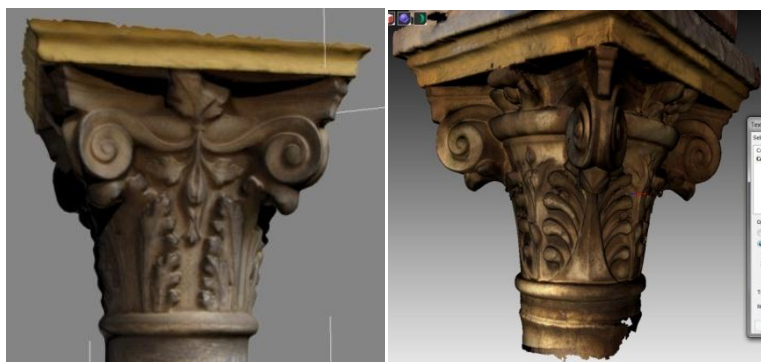


Fig. 4. a) Capitel nº 16 modelado por fotogrametría. Software: Autodesk 123D Catch b) Capitel nº 4 texturizado obtenido por el escáner Artec 3D. 2013. Carlos Gómez, Daniel Antón, Enrique Nieto

4.3 El modelo final texturizado

Si es necesario para los agentes intervinientes en el patrimonio arquitectónico y arqueológico un levantamiento preciso de sus elementos, no menos importante es la obtención de texturas fidedignas para un análisis completo y eficiente. Para disponer de una documentación verdaderamente científica ésta debe ser fiel al patrimonio sometido a estudio, por lo que debemos de procesar los modelos tridimensionales para asemejarlos al estado original encontrado en la toma de datos, sea por técnicas de escaneado como por fotogrametría. En la fotografía anterior se puede apreciar el texturizado del capitel nº 4, destacando una calidad realística superior que permite una exploración por el agente especialista muy eficaz desde su propio estudio y sin desplazarse al lugar (Fig. 4b).

Las imágenes de los materiales obtenidas de los elementos escaneados se aplicaron empleando el método de texturizado de *Combinación de texturas aportadas in situ*. De este modo, el modelo tendrá tantas imágenes *jpg* como el número individual de fotogramas texturizados adquiridos durante el escaneo. Para utilizar el modelo final en otras aplicaciones, se exportó utilizando el formato VRML.

4. GENERACIÓN DE OBJETOS PARAMÉTRICOS

Hemos hablado del proceso para la obtención de pequeños objetos arquitectónicos tridimensionales utilizando las nuevas técnicas de toma de datos para su posterior inserción en un software de diseño gráfico. Pero la concepción que las nuevas aplicaciones BIM

tienen de los objetos es diferente a las que tradicionalmente hacían las de CAD, pues aquí no se piensa en un “bloque dwg” que funcionaba como una entidad vectorial 2D o 3D asentada, sino que los nuevos objetos *paramétricos* GDL nos permitirán manipular propiedades dimensionales y físicas, adaptándolas a las particularidades del edificio. Es decir, que se puede configurar libremente la instancia ubicada sin realmente modificar el archivo origen para el objeto.

La tecnología GDL (Lenguaje de Descripción Geométrica) de objetos inteligentes supone actualmente una nueva forma y eficaz para que los fabricantes de componentes constructivos comercialicen sus productos en “la nube” de Internet. La selección de componentes constructivos durante la fase de diseño, beneficia tanto al diseñador gráfico, que puede diseñar utilizando objetos del mundo real, como a los fabricantes de los componentes, que pueden proporcionar información del producto para que sirva de ayuda en el proceso de diseño⁸. En el campo patrimonial esto no es así, más que por una falta de interés del inversor a la poca rentabilidad, por la dificultad de disponer de una biblioteca de objetos GDL que cubra la infinidad de soluciones tradicionales que han ido surgiendo o sufriendo modificaciones a lo largo de los siglos. Aunque últimamente algo está cambiando en la concepción que el ciudadano tiene de proteger lo heredado y que ha derivado en un gran interés por la industria en invertir e investigar en técnicas y procesos de rehabilitación y/o restauración.

La siguiente etapa después de obtener el modelado de la pieza, es su inserción en el modelo de información. Los software de escaneado o fotogrametría permite una salida muy flexible, pudiendo elegir entre diferentes formatos estándares de las aplicaciones de modelado: *3ds, obj, ply, stl, wrl,...* En el caso de utilizar la aplicación ArchiCAD Graphisoft, se dispone de la opción de inserción de archivos especiales: en el formato nativo de 3DStudio o en el IFC 2x3, que convertirá dichos elementos modelados en objetos paramétricos GDL. Pero hay que considerar que una conversión a paramétrico supondría un aumento considerable de la información del nuevo objeto. Además de los scripts que controlan las propiedades geométricas y representación en 2D -plumas y tramas utilizadas-, se incorporarán otros, como su resolución y sombra en la visualización 3D, los materiales aplicados y los parámetros para incorporar en listados: coste, fabricante, ubicación, nº inventario, peso del objeto y otros a definir por el usuario.

Para la operación del modelado 3D de los elementos escaneados cualquier software empleado, sea de CAD o BIM, tiene como base una malla poligonal obtenida por la formación de polígonos o triangulación de los puntos capturados para formar las superficies del modelo tridimensional. Pero por lo general el número suele ser muy elevado, de los cuales muchos son innecesarios para la representación gráfica correcta del objeto, ocasionando triángulos pequeños que podrían ser suprimidos sin apenas apreciarse en el modelo. La solución tomada por nuestro equipo de trabajo ha optado por emplear el filtro “simplificar” para reducir los polígonos de la malla, disminuyendo considerablemente el tamaño del archivo.

Pongamos como ejemplo el escaneado del capitel nº 4, perteneciente a una de las columnas de la fachada sur del Cenador de Carlos V. Una vez procesado el escaneado desde el Software de Artec, obtuvimos un modelo que se guardó en archivo *obj*, con una capacidad de 71053 kb. Debido a su tamaño considerable probamos emplear el filtrado de simplificación de polígonos, consiguiendo en esta segunda etapa una contundente reducción

al obtener un archivo 3ds de 395 kb para su inserción en ArchiCAD (a 10.000 triángulos máx.), y sin apenas percibir pérdida en la profundidades y resaltes de los motivos florales.

Esta operación es necesaria para que el modelo virtual sea fácilmente manipulable, más cuando se quiere una exploración del mismo en tiempo real con el mapeado de superficies – modo OpenGL- y en unos equipos informáticos que disponen de un hardware aceptable. Pero si es cierto considerar que la información obtenida del escáner con todas las superficies bien definidas y sus texturas reales aplicadas no se deben perder.

Debemos de salvaguardar el patrimonio tal como nos ha llegado a nuestros días y no podemos obviar su estado actual más cuando las técnicas más avanzadas permiten alcanzar una perfección en la adquisición de medidas hasta hace poco años inalcanzable. La solución sería crear una biblioteca de objetos modelados con la geometría y textura “virgen” y no manipulada como base documental disponible para futuras investigaciones o intervenciones en el mismo patrimonio arquitectónico. Finalmente la pieza arquitectónica simplificada fue importada desde ArchiCAD, obteniendo un objeto paramétrico de 2600 kb que se archivó en la biblioteca para que fuese insertado las veces que quisiéramos en el modelo de información (Fig. 5).

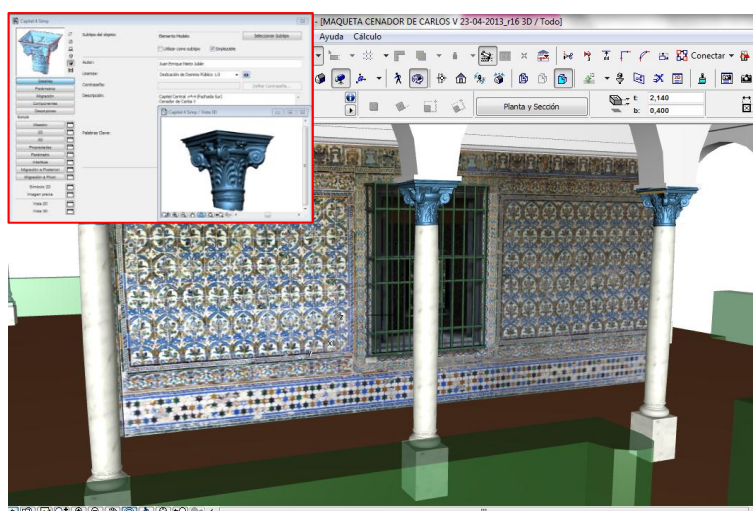


Fig. 5. a) Ventana de edición de los parámetros del objeto Capitel 4 Simp.gsm. b) Inserción de los capiteles en el modelo del Cenador de Calor V. Software ArchiCAD v16. 2013. Enrique Nieto

Otro de los componentes substanciales del Cenador eran sus carpinterías de madera con cuarterones que incluían motivos florales y rizados entrelazados tallados a mano, consideradas de un alto valor por su antigüedad. Pensamos que también deberían ser documentadas con sus características dimensiones reales, tarea que fue emprendida por el equipo admitiendo las dos técnicas de levantamiento antes descritas. Necesitábamos llevar la geometría tridimensional completa a todos los elementos del modelo de información para que este fuese verdaderamente una base gráfica del patrimonio arquitectónico extrapolable a todas las disciplinas participativas, sea en una etapa de investigación-documentación o en una inminente intervención de restauración o rehabilitación.

Las puertas, las ventanas son objetos GDL con una infinidad de parámetros variables. Por ejemplo, las puertas y ventanas de la biblioteca de ArchiCAD ofrecen diversas opciones para los paneles y los tiradores de las hojas, utilizando unos diseños actuales o de estilos

preestablecidos en el mercado de la construcción contemporánea. Pero cuando se actúa en el campo patrimonial es frecuente que se trabaje con piezas originales de varios siglos atrás o que las tipologías estudiadas sean de un diseño artesanal exclusivo. Y si lo trasladamos a la sección de carpinterías, se demandará un tipo de componente distinto y que no estará disponible en la biblioteca básica de objetos, aunque la flexibilidad en incorporar cambios en los parámetros de puertas y ventanas nos permita una infinidad de variantes. No se persigue aproximaciones o falsas representaciones sino un modelo con las geometrías reales.

Con las aplicaciones BIM tenemos la posibilidad de dibujar el elemento, guardarlo como ítem de biblioteca y definirlo como un componente personalizado para después utilizarlo en las carpinterías paramétricas que se coloquen en el modelo. El objeto GDL resultante se guarda como un componente de la carpintería para ser posteriormente utilizado en las variables de configuración de la Puerta/Ventana a insertar en el proyecto. De este modo cuando accedamos a una de las familias de carpinterías para elegir un objeto GDL podremos optar por incorporarle alguno de los componentes personalizados recién creados: *Faja de Ventana, Hoja de Puerta, Marco Muro Cortina, Panel Muro Cortina, Panel Persiana, Puerta Armario, Tirador, etc.*

Teniendo en consideración las premisas expuestas procedimos a la toma de las geometrías de las ventanas y puerta del Cenador con medios tradicionales – flexómetro y calibrador-, aunque nos encontramos en las hojas con cuarterones que incluían tallas artesanales en la madera que serían muy complicado adquirirlas por los mismos utensilios como el posterior modelado con las herramientas de diseño del software BIM. Como percibimos que los resaltes eran dos cañas de madera que funcionaban de marcos a los motivos tallados y con perfiles fácilmente conmensurables para asociarlos a la herramienta viga, modelamos cada hoja con las herramientas básicas de diseño de ArchiCAD y dejamos el resto de las geometrías artesanales para el escáner. Paralelamente se llevó a cabo una manipulación de las imágenes tomadas sobre las ventanas y puerta para crear fotografías ortogonales, lo cual fue muy útil tanto para adquirir los mapas de texturas y asociarlos a los materiales de las superficies del objeto GDL, como también para obtener las medidas directas de todos los componentes de las carpinterías desde el mismo software BIM.

En cuanto al escaneado de las carpinterías, finalmente nos decantamos por los motivos rodeados de los marcos y colocados en el exterior de las hojas, procediendo a un barrido con el escáner portátil 3D de Artec de los tres cuarterones por hoja de ventana (Fig.6).

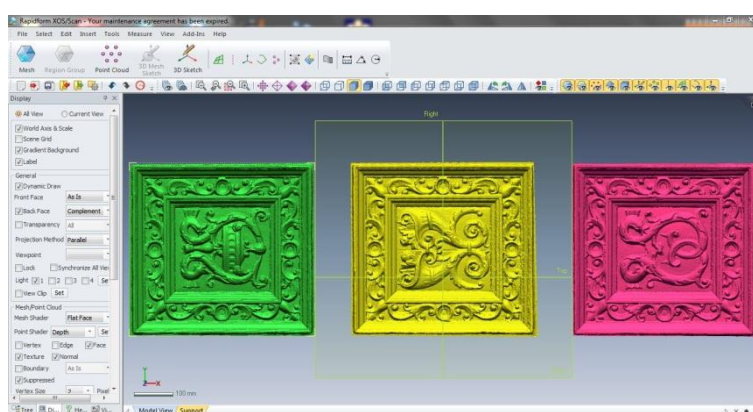


Fig. 6. Alineamiento en Rapidform XOS/Scan de los tres cuarterones escaneados de la hoja izquierda de la ventana con orientación norte. 2013. Enrique Nieto

El gran volumen de cada documento escaneado nos hizo decantarnos por obtener un objeto paramétrico GDL para cada cuarterón. El archivo tuvo un tratamiento idéntico al llevado para los capiteles que coronaban las dieciséis columnas del Cenador de Carlos V. El escaneado una vez posprocesado se guardó como tipo *obj*, y después importado desde la aplicación *Rapidform XOS/Scan* para la correcta orientación del sistema XYZ y la manipulación de la malla que define cada una de sus caras. El objeto simplificado se guardó finalmente con extensión *3ds* para su inserción como archivo especial en ArchiCAD. Una vez en el modelo de información el objeto insertado sufre la transformación a objetos paramétricos *gsm*.

Para evitar que los objetos fuesen difíciles de manipular en el modelo BIM bajo un ordenador con un hardware de prestaciones que se suponen aceptables, se procedió a no incorporar las tres mallas que contenían los cuarterones tallados en un objeto GDL único, gestionándolos en una capa independiente para una visualización controlada. Los tres cuarterones por cada hoja de la ventana se sustituyeron por la fotografía manipulada-ortofoto- para después asociarla a un nuevo material en el exterior de la ventana, lo que enriquecería la visualización y exploración virtual de la maqueta completa con las texturas reales de los elementos integrantes de las carpinterías del Cenador (Fig.7).

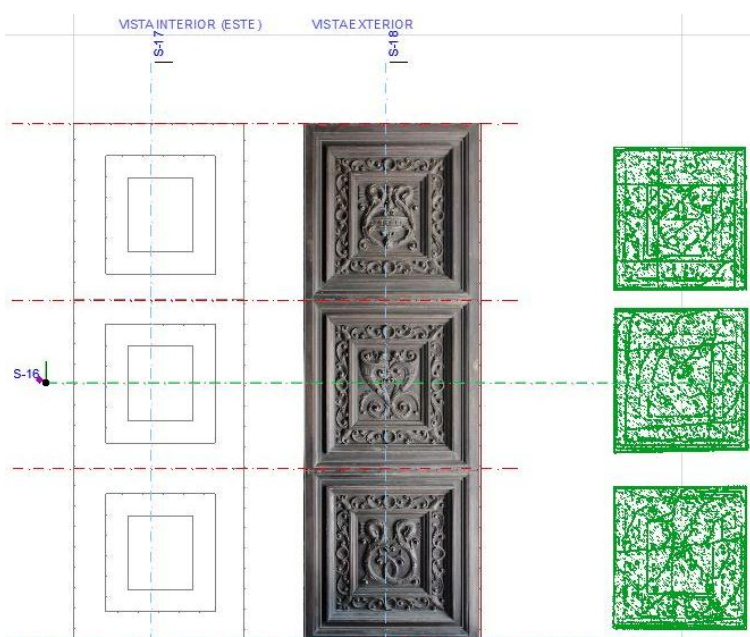


Fig. 7. a) Alzado de la cara trasera de la hoja de ventana, realizado con las herramientas de forjado y vigas de ArchiCAD; b) alzado de la ortofoto rectificada y acoplada con sus medidas; c) inserción de los tres cuarterones de ventana como objetos paramétricos tipo *gsm*.2013. Enrique Nieto Julián

Posteriormente se insertó un objeto ventana en el muro de la maqueta BIM al que se le designó las geometrías del hueco y los parámetros definidores del marco, faja y abertura entre otros. Para la faja u hoja se le asignó un *Panel a medida*, que no era otro que el objeto GDL creado anteriormente como *Faja de Ventana: Hoja Izda Ventana CCV.gsm*, *Hoja Dcha Ventana CCV.gsm*.

Finalmente la ventana quedaba insertada en la maqueta BIM como un objeto paramétrico GDL flexible y como base documental de toda la información real tomada de la fase de análisis y auscultación del edificio patrimonial (Fig. 8).

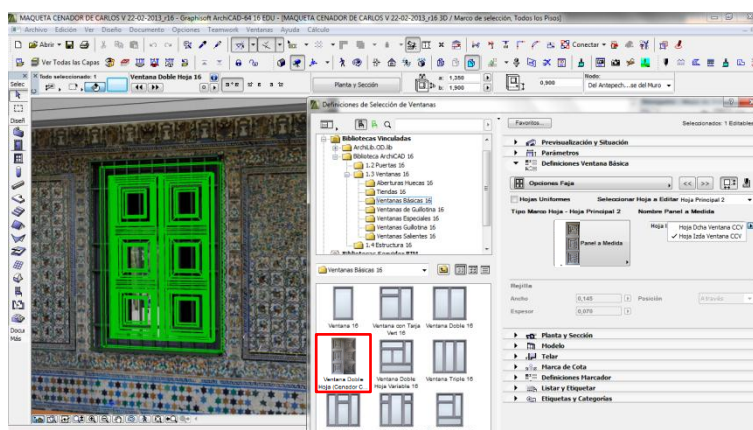


Fig. 8. Edición de los parámetros del objeto Ventana, con dos Hojas o Paneles a medida. Software ArchiCAD. 2013. Enrique Nieto

5. CONCLUSIONES

El uso de objetos GDL en los nuevos software de diseño ha supuesto un antes y un después en la obtención y gestión de la documentación gráfica, siendo muchas las ventajas de trabajar en el patrimonio con objetos paramétricos. La información incluida en sus parámetros definidores no sólo estará disponible en el modelo de información para que el profesional interviniente haga uso de ella, sino también para otros investigadores que necesiten tener acceso a ella durante el ciclo de vida del edificio⁹.

El levantamiento y la reconstrucción del patrimonio arquitectónico utilizando el sistema BIM nos permitirá obtener un modelo virtual que constituirá el núcleo esencial sobre el que se volcará todo tipo de datos provenientes de la investigación, proporcionando un conocimiento científico de sus sistemas constructivos, las características físicas de sus elementos, la evolución histórica y las patologías detectadas, a la vez que dispondremos de una representación gráfica de la forma real del patrimonio arquitectónico.

El modelo "virtual" obtenido podría calificarse como científico y quedaría lejos de los habituales modelos promocionales del patrimonio arquitectónico de nuestra ciudad, que tienen como principal finalidad la difusión del patrimonio entre la ciudadanía. Y como es compromiso de todos los agentes intervinientes que se actué con miras al buen quehacer, hay que emplear desde el inicio los mejores métodos para un levantamiento gráfico sostenible desde la vertiente técnica y científica, que nos facilitará un análisis más efectivo, pero además nos conducirá a una transferencia irrefutable del patrimonio real basado en el anterior modelo.

6. REFERENCIAS

¹Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Consejería de Cultura. J.A. (2011). *Recomendaciones técnicas para la documentación geométrica de entidades patrimoniales*. Versión 1.0.



-
- ² Barrera, J.A. (2006: 20). *Aplicación de tecnologías innovadoras en la documentación geométrica del Patrimonio Arquitectónico y Arqueológico*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- ³ Cesare Brandi (1972). *Carta de Restauo*. Anexo B. Instrucciones para la ejecución de restauraciones arquitectónicas. Traducción de María José Martínez Justicia. <http://ipce.mcu.es/pdfs/1972_Carta_Restauo_Roma.pdf>. [Consulta: 21/06/2012].
- ⁴ Almagro Gorbea, A. (2000). *Planimetría del Alcázar de Sevilla*. Patronato del Real Alcázar. Escuela de Estudios Árabes del CSIC. Granada.
- ⁵ Graphisoft (2013). *Diseño. Morph* <<http://www.graphisoft.es/producto/ac/design.html>>. [Consulta: 16/04/2013].
- ⁶ Artec 3D Scanners (2010). *Guía de usuario del escáner Artec 3D V.0.6*.
- ⁷ Agisoft (2012). *Agisoft PhotoScan User Manual: Professional Edition, Version 0.9.0*
- ⁸ Graphisoft. *Objetos paramétricos*. <<http://www.graphisoft.es/producto/ac/objetos/>>. [Consulta: 01/04/2013].
- ⁹ Nieto Julián, E., (2010: 74). *Generación de modelos de información para la gestión de una intervención de rehabilitación: La cárcel de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla*. Máster en Arquitectura y Patrimonio Histórico. Universidad de Sevilla.