

Ejemplo de aplicación de escaneado VAC 3D: Virtual Analysis for Conservation

Santiago Mijangos Hidalgo-Saavedra* y Antonio Ortega Ortega**

El desarrollo de la aplicación *VAC 3D (Virtual Analysis for Conservation)*, que en SIT Transportes Internacionales S. A. venimos efectuando desde 2003, está suponiendo grandes avances en el control de estados de conservación de Bienes Culturales.

Mediante el uso de este tipo de tecnología de digitalización 3D sin contacto conseguimos obtener una información muy precisa de los bienes culturales a nivel de volumen y superficie. Esta información nos permite realizar un seguimiento de su estado de conservación de manera rápida y exacta.

En este artículo se muestra un ejemplo concreto de aplicación del sistema VAC 3D. El seguimiento de estados de conservación mediante la aplicación esta tecnología durante la limpieza de un óleo sobre lienzo ofrece un registro cualitativamente excepcional de la misma y pone de relieve la capacidad de precisión de los análisis que pueden realizarse.

Palabras clave: digitalización, registro, software, análisis virtual, conservación.

VAC 3D SCANNING APPLICATION: VIRTUAL ANALYSIS FOR CONSERVATION
Latest developments in the VAC 3D application (Virtual Analysis for Conservation), which we have been developing with SIT Transportes Internacionales S. A. since 2003, are proving to be very advantageous in the condition control of Cultural Heritage objects. By using this kind of 3D non-contact-digitizing technology we are able to obtain precise data about the surface and volume of these objects, allowing us to quickly and effectively monitor their conservation conditions. This article presents a practical example of the application of the VAC 3D system. Monitoring conservation conditions using this technology during the cleaning process of an oil-on-canvas artwork provides data of an exceptional quality and shows the precision of the analysis that can be achieved.

Key words: digitizing, registration, software, virtual analysis, conservation.

* Conservador-Restaurador;
Técnico digitalización 3D.

santiago.mijangos@sit-spain.com

** Director

antonio.ortega@sit-spain.com

Departamento Técnico
SIT Transportes Internacionales,
S. A.

Recibido: 23/06/05
Aceptado: 28/11/05

Introducción

El ejemplo de aplicación del sistema de escaneado y digitalización 3D sin contacto que a continuación presentamos pretende poner de relieve la capacidad de precisión de captura de datos del sistema y de los análisis posteriores que a nivel de *software* pueden realizarse. Es un intento de mostrar, mediante un ejemplo gráfico y claro, las ventajas que ofrece el empleo de este tipo de tecnología para el control del estado de conservación de los bienes de nuestro patrimonio cultural.



Proceso de trabajo de escaneado y digitalización 3D sin contacto de escultura en mármol, 180 cm. de alto. Como puede observarse, es el equipo el que se desplaza hasta la altura donde interesa en cada momento, sin necesidad de manipular la obra en ningún momento. Cortesía de la Fundación Lázaro Galdiano, Madrid.

A grandes rasgos, los escáneres 3D pueden clasificarse de acuerdo a varios parámetros: el primero de ellos es el del contacto. Lógicamente, en el campo del patrimonio cultural, todos los escáneres por contacto quedan descartados (CMM y "brazos", que funcionan de forma similar a los antiguos pantógrafos, donde la réplica final es un modelo digital 3D). Así, los escáneres sin contacto pueden clasificarse según la forma de medición del tipo de energía empleada para la adquisición de datos: reflexión o transmisión. De nuevo, por lógica, los basados en transmisión quedan descartados. De esta forma hemos acotado el espectro de variedades de tipos de escáneres a los que miden la reflexión de la energía empleada sobre el objeto a digitalizar.

Dentro de este último tipo de escáneres, podemos distinguir entre ópticos y no ópticos; éstos últimos emplean microondas, cuyo valor energético puede ser peligroso para las personas y para los objetos de arte. Así, los únicos que pueden interesarnos a nosotros son los ópticos. A su vez, podemos distinguir entre sistemas activos y pasivos; en el caso del empleado para este ejemplo, se trata de un sistema óptico activo, es decir, que emite luz para la captación de la imagen. Para una mayor información, remitimos al lector a la publicación de Brian Curless y Steven Seitz, del Siggraph 2000, recogida en la bibliografía, donde nos hemos basado para esta clasificación.

Los dos grandes tipos de escáneres ópticos activos sin contacto son los que emplean, bien un haz de luz monocromático, bien una malla de haces de luz simultáneos. Los primeros son los que se conocen como escáneres láser, actualmente la mayoría de ellos clasificados bajo distintas normativas como seguros para las personas. Los segundos, son los conocidos como de "luz estructurada", ya que emplean diferentes patrones de haces luminosos, a veces con-

Esta tecnología de captura 3D ha supuesto un gran avance en este sentido y viene a sumarse a otras técnicas de examen y análisis en superficie ya ampliamente extendidas en el campo de la conservación-restauración, como la fotografía, la fotomacro y fotomicrografía y el *software* de examen y control de imagen.

La gran ventaja de la digitalización 3D frente a la fotografía, como es lógico, es que podemos obtener un registro de la obra a nivel de volumen y superficie, es decir, no sólo en las dimensiones de "alto" por "largo", sino en las tres dimensiones, incluyendo el "fondo", con un alto grado de precisión y sin intervenir en ningún momento sobre la obra; el reflejo de un simple haz de luz, o de varios simultáneamente, sobre la superficie proporciona los datos.

Puesta en contexto

La aplicación de digitalizadores 3D para el control en el estado de conservación dimensional de las obras de arte está directamente relacionada con el desarrollo y la mejora de las capacidades de resolución de los escáneres sin contacto mediante haz de luz monocromática láser o mediante luz estructurada.



secutivamente para una misma digitalización, que se proyectan sobre la superficie a digitalizar. En ambos casos, la interpretación y cuantificación de la deformación que sufren esos haces luminosos al ser reflejados por las superficies a digitalizar constituyen los datos válidos para la reconstrucción 3D.

La facilidad de interpretación de deformación (o, lo que es lo mismo, su rapidez y fiabilidad) de un sólo haz monocromático, a nivel informático, es la ventaja de los escáneres láser.

Si bien la digitalización 3D cuenta con una relativamente larga historia, el gran avance de los sistemas ópticos sin contacto ha tenido lugar en los últimos 15 años, en progresión geométrica. Así, es frecuente ver cómo la resolución de captura se llega a multiplicar por diez entre un aparato y su sucesor, dentro de la misma marca comercial, en intervalos de tiempo de apenas uno o dos años. Para una más extensa revisión histórica, consúltense las publicaciones de F. Bernardini y H. E. Rushmeier y la de Brian Curless y Steve Seitz, recogidas en la bibliografía.

Lo mismo puede decirse de los distintos *softwares* de adquisición, inspección y edición 3D: las mejoras en los algoritmos empleados para el alineamiento, la precisión de los mismos para realizar mediciones de desviación, etc... mejoran día a día, a la vez que el número de versiones de los programas y de nuevas aplicaciones se suceden con gran velocidad. Desde luego, un papel importantísimo, tanto para el desarrollo en la calidad de resolución de los aparatos de captura como del *software*, lo juega el grande y rápido desarrollo que sufren los sistemas informáticos en general, permitiendo procesar cada vez mayor cantidad de datos, lo que redundará en mayor calidad de información.

Aplicación

El origen del desarrollo de esta aplicación por parte de SIT Transportes Internacionales S. A. surge ante la necesidad de establecer un registro de estado de conservación de carácter objetivo y preciso de los bienes culturales que se prestan para exposiciones temporales.

Trabajos de escaneado y digitalización de óleo sobre tabla enconchado –con incrustaciones de nácar–, San Francisco Javier, S. XVII. Cortesía del Museo de América, Madrid.



Trabajos de escaneado y digitalización de Batea en madera policromada. Cortesía del Museo de América, Madrid.

De acuerdo con la puesta en contexto de los tipos de escáneres 3D que existen, la posibilidad de llevar a cabo este proyecto estaba directamente relacionada con el desarrollo de la tecnología de captura 3D óptica, en concreto con la láser; tras evaluar sus prestaciones consideramos que era adecuada para nuestro propósito. De hecho, pretende suplir las carencias de precisión de los informes de condición que se hacen de las obras ante estos préstamos temporales, los cuales suelen basarse en apreciaciones de los restauradores que los emiten. A veces se complementan estos informes con fotografías, ahora casi siempre digitales, de mayor o menor resolución y nivel de detalle, pero que, en la mayoría de los casos, funcionan sólo como referencia visual para el restaurador. En muy pocos casos estas fotografías sirven de forma eficaz para establecer posibles deterioros de forma precisa y cuantificada y, de cualquier forma, siempre se supeditan a dos dimensiones (largo por alto), despreciando variaciones en la tercera dimensión o haciendo muy difícil la medición de aquéllas de forma precisa.

Este tipo de aplicación tiene su referente directo en lo que se llama “ingeniería inversa mecánica”, ampliamente usada en industrias del automóvil o aeronáutica. En estos casos, se trata de digitalizar partes mecánicas de un sistema, por ejemplo una puerta de un coche, y comparar los datos 3D obtenidos con los modelos CAD (*Computer Aided Design*) 3D diseñados previamente para esa parte mecánica concreta.

En nuestro caso, no disponemos, evidentemente, de un modelo CAD de partida, por lo que empleamos una digitalización inicial del objeto –obra de arte– como modelo original, que servirá para comparar futuras digitalizaciones del mismo y establecer posibles variaciones a nivel de volumen o superficie.

La aplicación de este sistema VAC 3D consta de dos componentes esenciales y muy importantes: por un lado, un escáner-digitalizador de tecnología 3D; por otro, un *software* que nos

permite almacenar y manipular los datos para realizar análisis y para exportar archivos finales. La calidad de cada uno de estos dos componentes es lo que determina, así mismo, la calidad de los datos obtenidos y de los análisis que pueden realizarse.

El escaneado y la digitalización 3D se ha realizado, en nuestro caso, mediante un escáner óptico sin contacto láser de alta resolución. Trabajamos con dos modelos: el primero con una exactitud máxima de $\pm 0,10$ mm sobre eje Z, en referencia a un patrón situado sobre el mismo eje. Su precisión máxima es de $\pm 0,008$ mm; el segundo, un aparato de mayor exactitud: $\pm 0,05$ max. sobre cualquiera de los tres ejes, en referencia a un patrón situado sobre el Z, que ofrece un sistema de calibración de usuario portátil.

Por supuesto, la variedad de aparatos que actualmente existen en el mercado es grande, pero debíamos realizar una criba de acuerdo no sólo a la resolución del mismo, sino también a su facilidad de transporte y manejo, a su rapidez de funcionamiento y a su fiabilidad. En la bibliografía de *Internet* que adjuntamos pueden encontrarse páginas en las que consultar la amplia variedad existente.

Por otro lado, debe elegirse un *software* con una capacidad de cálculo y precisión altos, ya que las mediciones que vamos a realizar requieren mucha precisión. Como hemos adelantado, la cantidad y variedad de *software* disponible es amplísima; nosotros hemos optado por uno de los referentes en captura e inspección de datos 3D. Este *software* es capaz de ofrecer análisis con una precisión de $0,0001$ mm. y ha recibido, en septiembre de 2.004, el reconocimiento y certificación de "Clase 1" por parte del instituto de metrología PTB alemán, además de otros reconocimientos posteriores. Ésta institución asegura que los cálculos realizados quedan garantizados sin pérdida de exactitud o calidad durante el proceso de exploración. El PTB es mundialmente reconocido como la máxima autoridad en cuestiones metrológicas de Alemania y una de las primeras a nivel mundial. A continuación, durante nuestro ejemplo de trabajo, exponemos algunos de los tipos de análisis que pueden realizarse.

Proceso

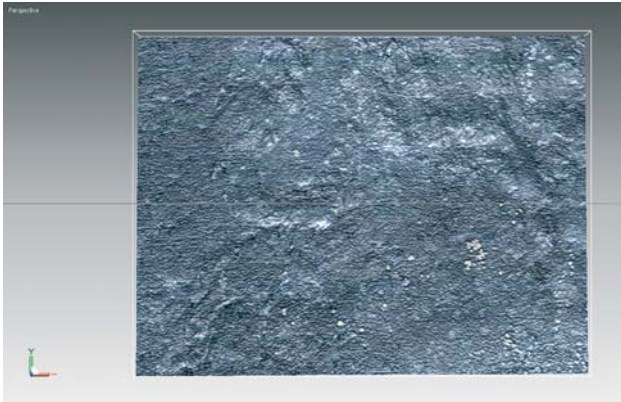
Una de las grandes ventajas de este sistema es que es totalmente portátil por lo que puede desplazarse al lugar donde se encuentre la obra. De esta forma, la intervención de manipulación sobre la misma es inexistente, puesto que podemos desplazar el equipo a la sala de exposición, almacén o a cualquier sitio en el que se encuentre la obra.

Dado el funcionamiento interno de los museos e instituciones museológicas, públicas o privadas, de ámbito estatal y dados los trámites burocráticos necesarios para poder desplazar un bien cultural dentro del museo y prepararlo para realizar cualquier acción sobre él, el hecho de que nuestro sistema sea tan móvil y fácil de instalar, sin necesidad de mover la obra, agiliza mucho estos trámites y hace mucho más fácil la realización de este tipo de análisis.

La digitalización se realiza sin ejercer ningún tipo de contacto con la obra, a través de un haz de láser (Eye safe, Class 2 –IEC 60825-1, Class 1 –FDA-, de 690 nm, completamente inocuo



Trabajos de escaneado y digitalización de plumería sobre tabla, a dos caras. Cortesía del Museo de América



Digitalización inicial de la obra; detalle, óleo sobre lienzo, s. XVII.

para personas y objetos) que realiza un barrido vertical sobre la superficie de ésta. Dado este método de captura por luz, el sistema permite trabajar en condiciones de iluminación desde 0 hasta 500 lux., condiciones que ofrecen un amplio margen de trabajo. Es decir, a diferencia de otros equipos, éste nos permite trabajar en condiciones de iluminación habituales de museo, sin tener que realizar adecuaciones del espacio en el que se encuentre el objeto para reducir la intensidad o la calidad de ella. Así mismo, trabajar a través de

cristales es posible, siempre que su transparencia sea óptima; es decir, podemos escanear a través de vitrinas de exposición o vitrinas climáticas (incluso a través de cristales laminados de seguridad y/o con filtros UV).

El escáner se monta sobre un trípode de extrema rigidez dotado con una rótula especial que le permite realizar desplazamientos y rotaciones con un amplio margen de movimiento, lo que permite escanear superficies relativamente complejas sin manipular la pieza. También permite escanear superficies amplias y situadas a cierta altura, ya que la robustez del trípode soporta sin problemas el peso del aparato, siendo ésta una de las grandes ventajas que encontramos en comparación con otros de similares resoluciones de captura, de mayor volumen y/o peso.

Otra de las ventajas del sistema es su rapidez de trabajo: los tiempos de captura se reducen a un segundo, trabajando en modo óptimo; una vez que el sistema está montado y preparado para trabajar, lo que supone un tiempo mínimo, la automatización de escaneados consecutivos para digitalizar completamente la obra reduce los tiempos de posicionamiento y registro manual, por lo que grandes superficies pueden escanearse en tiempos reducidos.

Captura de datos

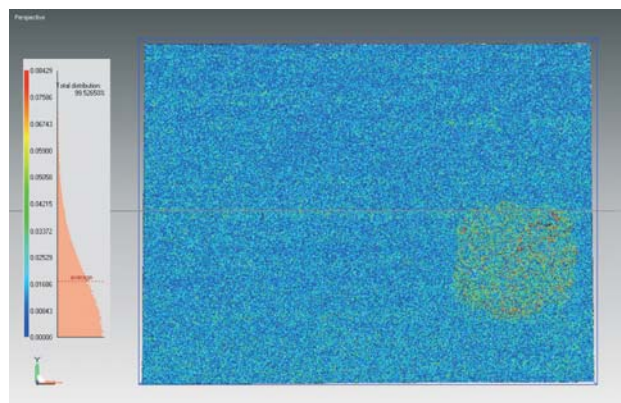
La precisión de la digitalización inicial va a determinar la calidad del registro que obtengamos de la obra; como decíamos, esta digitalización inicial va a constituir nuestro modelo original sobre el que comparar futuras digitalizaciones. Esta calidad depende, como venimos observando, del tipo de escáner que utilicemos, pero también de de la regulación que hagamos del que estamos empleando en ese momento: en nuestra aplicación siempre trabajamos a la máxima resolución de captura que ofrece el aparato; de este modo obtenemos una densidad de 4.388 puntos por cm².

La imagen de arriba representa un detalle de la obra digitalizada, en este caso un óleo sobre lienzo del siglo XVII.

El modo de captura de datos de los escáneres 3D ópticos que nos interesan es el siguiente: la reflexión de la luz emitida para la digitalización es capturada por un CCD, de dimensiones variables según los modelos, de manera que la superficie digitalizada en cada toma se descompone en una nube de puntos que coinciden con los píxeles del mismo. A partir de la nube de puntos obtenida se realiza una triangulación mediante la que se obtiene una superficie continua a base de polígonos. Esta operación convierte los datos a un formato que nos permite realizar los posteriores análisis entre las superficies de las siguientes digitalizaciones así tratadas.

Control de estado en superficie

Tomando como referencia este registro inicial de la obra, puede establecerse un control del estado de conservación de la misma a nivel de volumen y superficie a lo largo del tiempo. Esto se consigue mediante sucesivas digitalizaciones de la misma obra o de las zonas de interés que se esta-



bleciesen. En el caso que exponemos a continuación este control estaba encaminado a controlar y medir los cambios dimensionales que podían producirse al efectuar una limpieza superficial.

Izquierda. Digitalización de la misma zona (figura 01) una vez realizada la cata de limpieza.

Esta limpieza iba a consistir en la eliminación de un polvo antiincendios que se había depositado a nivel superficial sobre la capa pictórica de la obra. Se trataba de un ensayo para determinar la inocuidad de este polvo de extinción sobre la superficie de la obra, la cual se sometería, por un lado, a análisis químicos de la superficie y, por otro, a exámenes superficiales con esta técnica de digitalización 3D. La muestra que ofrecemos en la imagen corresponde a una de las catas de limpieza que se realizaron.

Derecha. Mapa de desviación en colores absolutos entre las dos tomas.

En todos los casos, para asegurar una digitalización coherente con la original deben reproducirse los mismos parámetros en los que se realizó esta primera captura. Estos parámetros son: distancia, iluminación, potencia del láser y paralelismo. Variaciones en estos parámetros pueden resultar en toma de datos diferentes, alterando posibles datos y conclusiones.

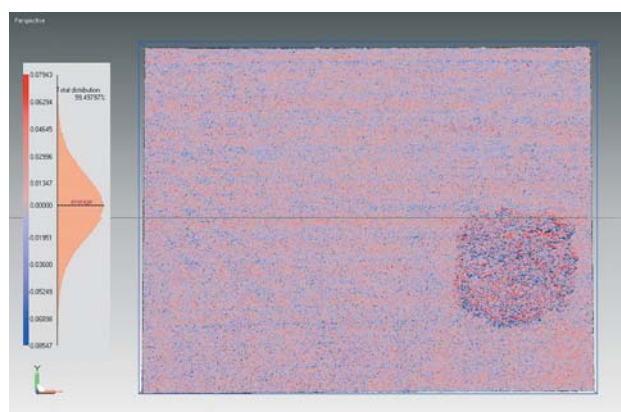
Los parámetros “distancia” y “potencia del láser” se controlan directamente desde el sistema de digitalización; respecto a la iluminación, se controla su calidad (temperatura de color) y su intensidad (medida en lux); el paralelismo se establece en base a diferentes sistemas de nivelación.

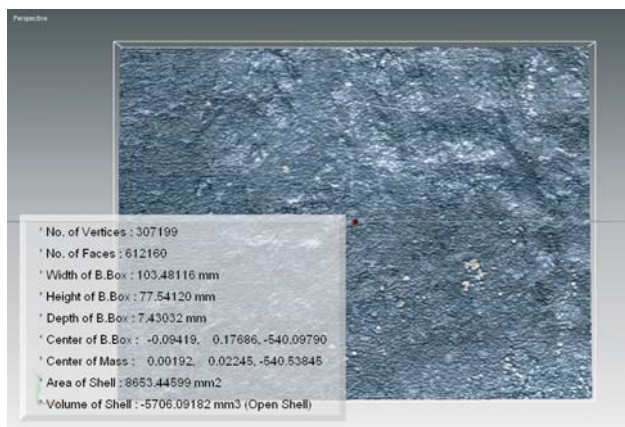
Los datos originales y los obtenidos con posterioridad bajo los mismos parámetros, arriba descritos, son susceptibles de ser comparados entre sí con una garantía de error mínimo. La calibración de los instrumentos de medición empleados es, pues, esencial; un error en la medida significa no respetar los parámetros originales de captura, repercutiendo, así mismo, en posibles errores durante los análisis posteriores.

Análisis comparativo

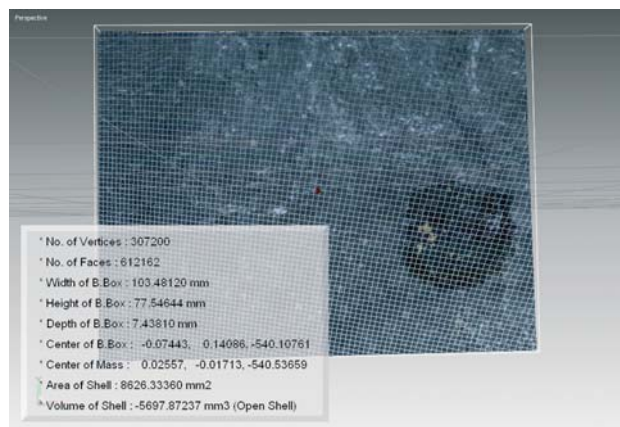
El primer análisis que realizamos consiste en alinear virtualmente las dos tomas para establecer una comparación entre ellas. Este análisis proporciona unos mapas de desviación por color que reflejan de forma visual las posibles variaciones entre las tomas: en este caso, antes y después de la cata de limpieza. Podemos obtener dos tipos de mapas de desviación: el primer tipo muestra una media de desviación sobre los tres ejes X, Y y Z en colores que van desde el azul –desviación = 0- al rojo –desviación = máxima-; este mapa se denomina de “color absoluto”; el segundo tipo refleja las desviaciones producidas sobre el eje Z, el perpendicular al plano de captura, mediante vectores de desplazamiento, en colores azules más o menos intensos, según valor de la desviación, para las de sentido negativo –puntos más alejados que su correspondiente en la toma original- y en colores rojos para las de sentido positivo –más cercanos.

Mapa de desviaciones de vectores de desplazamiento.





Izquierda. Información del área digitalizada antes de la limpieza.



Derecha. Información del área digitalizada después de la limpieza.

En la comparación establecida entre las dos tomas de este ejemplo, los valores de desviación obtenidos arrojan los siguientes resultados:

Análisis de desplazamiento absoluto: Distancia mínima = 0 mm; Distancia máxima = 0,08429 mm; Distancia media = 0,01773; Desviación media = 0,01522 mm.

Análisis de vectores de desplazamiento: Distancia mínima = -0,08547 mm; Distancia máxima = 0,07943 mm; Distancia media = 0,00029; Desviación media = 0,02337 mm.

Información de capturas

Otro tipo de información puede obtenerse de cada una de las digitalizaciones realizadas. En esta información siempre aparecen los siguientes datos: n° de vértices, n° de caras, dimensiones de la caja en la que se inscribe la digitalización, centro de la caja, centro de masas, área de la superficie digitalizada y volumen de la misma.

En las imágenes de arriba se ofrece esta información, correspondiente a las digitalizaciones realizadas.

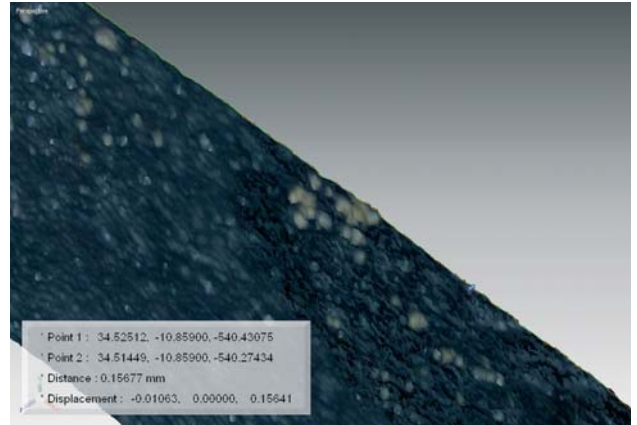
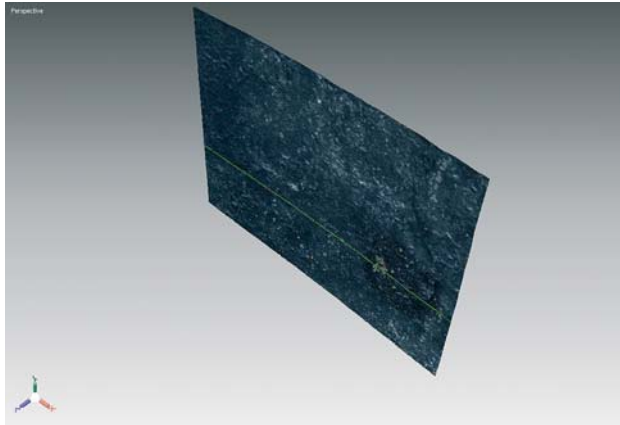
Secciones virtuales

Una vez hemos realizado el primer análisis de desviaciones, ya determinadas, localizadas y dimensionadas las áreas donde se ha producido una variación, podemos realizar secciones virtuales de las zonas digitalizadas en aquellos puntos donde hallamos detectado alguna variación considerable. En este caso la zona afectada se encuentra perfectamente identificada y delimitada.

Las herramientas de sección virtual permiten, así mismo, “esconder” una de las dos partes de la digitalización, resultado de la división por la línea de corte, para que los perfiles de dicha sección se aprecien mejor visualmente. Así mismo, puede esconderse la totalidad de la superficie digitalizada para mostrar sólo las líneas de sección. En las siguientes imágenes pueden verse estas opciones sobre la misma línea de corte (Figura 07: Vista isométrica de las líneas de sección sobre el área digitalizada en la zona afectada. Figura 08: Zoom sobre la zona afectada, escondiendo una de las partes para visualizar mejor las líneas de corte y realizando medición de punto a punto de una y otra digitalización. Figura 09: Vista de la misma sección y misma medición que la fig. 08 escondiendo toda la superficie para ver sólo las secciones).

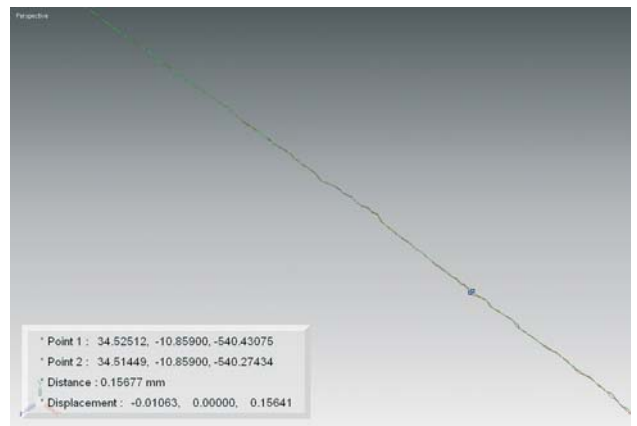
Publicación de resultados

Los resultados obtenidos de estos análisis pueden ser publicados con diferentes niveles de accesibilidad: por un lado, pueden incluirse de forma directa en los informes de conservación y/o fichas de registro de los propios museos o instituciones museológicas, bien en forma de hojas



de cálculo, bien de fotografías en formato jpg o, incluso, como documentos vinculados que permiten un examen virtual de la obra en 3D (en la página www.td-art.net se puede tener acceso a este tipo de publicaciones). Por otro lado, puede seleccionarse la información que se considere oportuna para publicarla en redes de accesibilidad más o menos abierta al público general o a investigadores a través de *Internet* o de cualquier otro tipo de base de datos de la institución.

El fácil y rápido manejo del *software* permite obtener este tipo de resultados en un tiempo relativamente corto. El restaurador, en base a sus conocimientos, puede emitir este tipo de informes de igual forma que emite los usuales informes de conservación, a través de la interpretación de los resultados obtenidos.



Conclusiones

La intención de la publicación de este ejemplo de aplicación de la tecnología 3D es mostrar al público, de forma gráfica y accesible, la capacidad de resolución del sistema utilizado para determinación y cuantificación objetiva de variaciones volumétricas y de superficie. En la bibliografía adjuntamos el ejemplo de Lukasz Bratasz y Roman Kozlowski, quienes han empleado una tecnología similar, para mediciones de desplazamiento espacial puntuales, junto con otras para controlar movimientos de piezas de madera tallada.

La facilidad de instalación y uso del mismo y la calidad de los datos que ofrece hacen que ésta se esté convirtiendo en una cada vez más útil herramienta en la conservación de bienes culturales. Este hecho es apreciado y requerido, no sólo por los profesionales de museos, sino también por profesionales de este tipo de tecnología, como Subodh Kumar, Mark Levoy, etc... de quienes se recogen algunos de sus trabajos en la bibliografía.

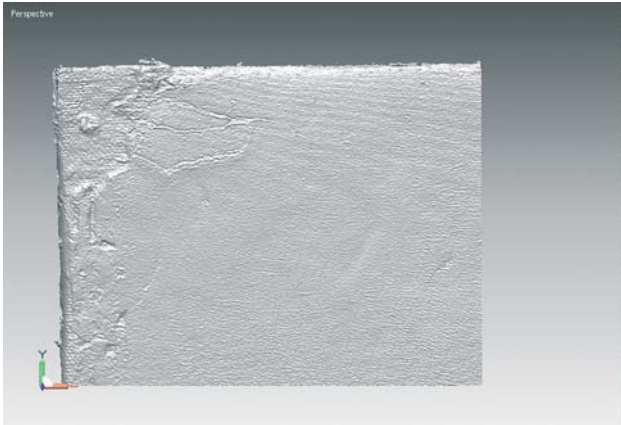
Agradecimientos

- Museo de América, por la cesión de los derechos de reproducción de las fotografías de trabajos realizados en el museo.
- Fundación Lázaro Galdiano, por el mismo motivo.

Arriba izquierda. Vista isométrica de las líneas de sección sobre el área digitalizada en la zona afectada.

Arriba derecha. Zoom sobre la zona afectada, escondiendo una de las partes para visualizar mejor las líneas de corte y realizando medición de punto a punto de una y otra digitalización.

Debajo. Vista de la misma sección y misma medición que la figura de arriba-derecha escondiendo toda la superficie para ver sólo las secciones.



Vistas en color y sombreado en textura de una esquina de un arranque de pintura mural adherida a lienzo, Francisco de Goya, "Descendimiento". Cortesía de la Fundación Lázaro Galdiano, Madrid.

Bibliografía

- Bernardini, F. y Rushmeier, H. E.: *3D Model Acquisition*. Eurographics 2000. State of the Art Reports Proceedings. Eurographics Association. 24-25 agosto de 2000, pp. 41-62.
- Bratasz, Lukasz and Kozłowski, Roman: *Laser Sensors for Continuous In-Situ Monitoring of the Dimensional Response of Wooden Objects*. Studies in Conservation; the journal of the international institute for conservation of historic and artistic works (iic). Volume 50, Issue 4.
- Curso "Exposiciones Temporales"; 6-8 de abril de 2005. Grupo Español del IIC/Universidad Complutense de Madrid (Publicación en CD).
- Guidi, Gabriele; Frischer, Bernard; Spinetti, Alessandro: *3D digitization of a large model of imperial Rome*. Fifth International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling, 2005, pp.565-572
- Jornada "Innovación Tecnológica en Conservación y Restauración de Bienes Culturales"; IV Semana de la Ciencia en Madrid, Noviembre de 2004. Universidad Autónoma de Madrid/Centro de Innovación Municipal, Ayuntamiento de Tres Cantos, Madrid.
- Jornadas "Últimas Tecnologías para la Conservación de Obras de Arte"; Noviembre 2003. SIT Transportes Internacionales S. A. (Publicación en CD).
- Kumar, Subodh; Snyder, Dean; Duncan, Donald; Cohen, Jonathan; Cooper, Jerry: *Digital Preservation of Ancient Cuneiform Tablets Using 3D-Scanning*. Fourth International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling, 2003, pp.326-333.
- Levoy, Marc; Ginsberg, Jeremy; Shade, Jonathan; Fulk, Duane; Pulli, Kari; Curless, Brian; Rusinkiewicz, Szymon; Koller, David; Pereira, Lucas; Ginzton, Matt; Anderson, Sean; Davis, James: *The Digital Michelangelo Project: 3D Scanning of Large Statues*. Proceedings of the 27th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, 2000, pp.131-144. Presentación en CSIC, Madrid, 2003. SIT Transportes Internacionales S. A.
- Curless, Brian and Seitz, Steven: *3D photography*. ACM Siggraph '00 Course Notes, Course n° 19. 24 de agosto de 2000.

Internet

- www.iath.virginia.edu/images/pdfs/Plastico.pdf
 . Para: *3D digitization of a large model of imperial Rome*.
- www.iesl.forth.gr
- www.simple3d.com
- www.siggraph.org
- www.sit-spain.com
- www.td-art.net
- www.3dlinks.com
- www.eg.org: Eurographics. European Association for Computer Graphics.