



LA RÉPLICA EN EL CONTEXTO DE LA GESTIÓN DEL PATRIMONIO INMUEBLE. TRES CAPILLAS SIXTINAS

THE REPLICA IN THE CONTEXT OF MANAGEMENT OF IMMOVABLE HERITAGE. THREE SISTINE CHAPELS

Jesús San José

La tecnología actual es el medio clave para conseguir la réplica física y la recreación virtual de edificios, lugares históricos, sitios arqueológicos y bienes de distinta naturaleza. Esta recreación se ha hecho necesaria para dar a conocer y difundir estos espacios que muchas veces están sujetos a condiciones de preservación que hacen incompatible la visita generalizada, y que no pueden disfrutarse, exponerse y explotarse de manera directa.

La utilización y comparación de resultados de escáneres láser 3D en la documentación del Panteón de los Reyes permite tanto elaborar documentaciones métricas de una extremada precisión y fiabilidad, como, sobre todo, la posibilidad de generar modelos virtuales 3D que consiguen simular el objeto real a la vez que valoran los costes económicos del proceso.

Palabras clave: documentación tridimensional, modelo virtual, recreación virtual, escáner láser 3D, nube de puntos

The current technology is the key resource to get physical replicas and virtual recreations of buildings, historical and archaeological sites, and different types of cultural assets. This recreation has now become necessary in order to release and to spread these sites that are often subject to preservation conditions, which make it difficult for widespread visiting, and which can't be enjoyed, exhibited or exploited as it would be likely to.

The use and comparison of the 3D laser scanner results in the documentation of the Panteón de los Reyes allows both to elaborate metric documentations of an extremely accuracy and liability, and the possibility of creating 3D virtual models that get to simulate the real object and, at the same time, asses the economic costs of the process.

Keywords: three-dimensional documentation, virtual model, virtual recreation, 3D laser scanner, cloud of points



Existen en el mundo numerosos ejemplos de obras de arte, edificios y lugares históricos, sitios arqueológicos y bienes de distinta naturaleza, cuya preservación requiere condiciones tan exigentes que son difícilmente compatibles con su disfrute, exposición y explotación. En algunos de estos casos la réplica física o la recreación virtual se presentan como la solución frente a dicha incompatibilidad, asumiendo con mayor o menor éxito la presión que atraen sobre sí los objetos a los que reemplazan. Hoy puede afirmarse que los avances científicos y tecnológicos han propiciado la posibilidad de producir réplicas exactas hasta más allá de lo perceptible por los sentidos; y más aún, puede constatarse que con éstas es posible eliminar barreras físicas y acercar la emoción que produce la contemplación del arte a los otros sentidos a los que más a menudo está vetado su disfrute.

La recreación virtual del Panteón de los Reyes de la colegiata de San Isidoro de León, conocido como “*la capilla sixtina del románico*”, digitalizada mediante fotogrametría láser, ofrece puntos de vista inusitados y hasta imposibles en el escenario real. Además, permite enriquecer el discurso narrativo de sus pinturas con explicaciones y recursos gráficos convirtiendo su visita en una experiencia única y con posibilidades aún por descubrir **1**.

Altamira: la capilla sixtina del paleolítico superior

Desde su descubrimiento en 1879 por Marcelino Sanz de Sautuola, las Cuevas de Altamira han constituido un “hito cultural de la historia de la humanidad”; más allá de cualquier otra consideración e incluso ignorando su edad fabulosa, sus pinturas tienen tal calidad artística que han motivado la acla-

mación del conjunto como la “*capilla sixtina del paleolítico*”, lo que ha provocado un especial interés de consecuencias contrapuestas. Por una parte nos referimos al interés por su visita, pues ya a partir de 1921, se toman medidas para su adecuación a la visita pública. La otra consecuencia, que se produce en paralelo, se refiere al inicio de las investigaciones sobre la Cueva y los hallazgos en ella encontrados, que culminarían en 1924 con la creación del primer museo de la Cueva de Altamira.

El interés por conocer la Cueva y la limitación de visitantes propició la construcción de una réplica, situada en el Museo Nacional y centro de Investigaciones de Altamira; una reproducción orientada a contribuir a la difusión y conocimiento del arte rupestre y un modelo que permite el acercamiento del público e incluso interactuar sobre él sin el riesgo de poner en peligro el bien original, resguardado así de alteraciones perjudiciales para su conservación.

La reproducción científica de la Cueva con la fidelidad adecuada, se hizo posible gracias al desarrollo tecnológico alcanzado en ese momento; la utilización de la fotogrametría terrestre, apoyada con medidas obtenidas mediante un teodolito motorizado y dotado con distanciómetro láser que permite la medición directa sobre las paredes de la Cueva, dieron como resultado un conjunto de los datos muy precisos cuya gestión y control se basó en un software específico desarrollado para el trabajo.

A partir de aquí, el procesado de los datos obtenidos **2** permitió generar un modelo digital del techo con un paso de malla de 5 mm y un total de 5.800.000 puntos, a partir de los cuales se pudo reproducir la forma del techo detallando de manera pormenorizada la topografía de la bóveda. El trabajo realizado por el IGN hizo posible de una ré-

There are many examples in the world of works of art, historical sites and buildings, archaeological sites and different types of cultural assets, which preservation requires strict conditions that are hardly compatible with its enjoyment, exhibition and exploitation. In some of these cases, physical replicas or virtual recreations are presented as the solution for that incompatibility, assuming with more or less success the pressure that the copies attract to themselves when compared against the original works. Nowadays, one can say that scientific and technological development has favoured the possibility of producing exact replicas even beyond what is perceptible to the senses. Furthermore, it is a fact that replicas make it possible to remove physical barriers and to bring the emotion of art contemplation closer to the rest of the senses which are usually out of enjoyment. The virtual recreation of the Royal Pantheon, in the collegiate church of San Isidoro de León, known as “the Romanesque sistine chapel”, digitized by laser photogrammetry, offers unusual points of view that sometimes are even impossible to get on the real scene. Furthermore, it serves to enhance the narrative speech of its paintings with graphic resources and explanations, which turns the visit into an extraordinary experience with more possibilities to be discovered **1**.

Altamira: the sistine chapel of upper paleolithic

From its discovery in 1879 by Marcelino Sanz de Sautuola, the Caves of Altamira have represented a “cultural landmark in the history of mankind”. Beyond any consideration or even if we have no idea of its fabulous antiquity, the great artistic quality of its paintings has prompted experts to designate Altamira as “the Sistine chapel of the Palaeolithic Art”. This has aroused a special interest of contrasting consequences. On the one hand, we make reference to the interest of the tour, as measures were taken in 1921 for its adaptation to the visitors. On the other hand, the beginning of the researches in the cave and the first finds that were inside would culminate in the creation of the first Altamira museum in 1924. The interest in visiting the Cave and visitors’ restriction led to the construction of a replica which is in the Altamira National Museum and Research Centre. It is a reproduction designed to contribute to the spreading and knowledge of the rock art and it is also a model that allows the pu-

1. Visita virtual al interior de la capilla Sixtina del Vaticano.

1. Virtual tour inside the Vatican Sistine Chapel.

106



blic getting closer and interacting with it without any risk for the original cave, which is protected from the damaging changes for its conservation. The scientific reproduction of the Cave regarding the suitable fidelity of it was possible thanks to the technological development achieved so far. The use of terrestrial photogrammetry, supported by measures obtained with a motorized theodolite, which has a laser measurer that allows a direct measuring over the walls of the Cave, gave as a result a very precise set of data, which management and control was based in a specific software developed for the work. With this as a starting point, the processing of the obtained data **2** enabled the creation of a digital ceiling model with a 5 mm net mesh and the total amount of 5,800,000 3-D scan points. From those scan points it was possible to reproduce the shape of the ceiling obtaining a detailed topography of the vault. The Spanish National Geographic Institute (IGN) achieved a very realist replica of the cave. After this, the cave paintings were reproduced by the emulation of drawing techniques used at that time for the same “artists” that painted Altamira. An important progress has been made in 3-D laser scanners since photogrammetric works were taking their first steps in 1998 for data collection. The 5,800,000 3-D scan points that

plica muy realista de la cueva, sobre la que se reprodujeron las pinturas rupestres, emulando las técnicas de dibujo utilizadas por los mismos “artistas” que realizaron las pinturas de Altamira.

Desde los trabajos fotogramétricos iniciados en 1998 para la toma de datos la tecnología ha sufrido un importante avance con el desarrollo de escáneres láser 3D. Los 5.800.000 puntos que formaron el modelo digital de la Cueva hoy resultan una cantidad insignificante; por ejemplo, algunos modelos actuales de *escáner laser* pueden capturar esa información en apenas 10 segundos. Paralelamente las mejoras habidas en el desarrollo de los ordenadores y el software, hoy permiten gestionar sin esfuerzo modelos de cientos de millones de puntos. Resulta muy significativo el hecho de que muchos de los juegos que hoy utilizan nuestros jóvenes en los ordenadores y consolas, recrean escenarios notablemente más complejos que la cueva cuya restitución fue tan compleja en su día.

La Capilla Sixtina del Vaticano

El riesgo evidente que suponen los miles de visitantes diarios para Capilla Sixtina **3**, y en particular para sus famosos frescos, ha llevado a los expertos y conservadores a la convicción de que la regulación y limitación del acceso se ha convertido en algo inevitable. Por esta razón cobra todo el sentido el proyecto de construir una réplica virtual con las tecnologías más avanzadas, que, a cambio de privar en alguna medida del disfrute de la obra real, aporte al visitante un punto de vista novedoso sobre las pinturas **4**.

Uno de los primeros pasos en la generación de contenidos multimedia sobre la Capilla Sixtina previos al proyecto de su réplica virtual tridimensional, ha sido la creación de una visita virtual de la capilla basada en una fotografía panorámica de alta resolución realizada por un equipo de investigadores de la universidad Villanova de Pensilvania. Este “tour virtual” se



2. Vista ortogonal de la nube de puntos de las bóvedas del panteón de los reyes de León en la colegiata de San Isidoro.

2. Orthogonal view of the point cloud of the Royal Pantheon in the collegiate church of San Isidoro.



limita por el momento a ofrecer la vista de la capilla desde un punto de vista central, permitiendo al visitante dirigir la mirada en cualquier dirección y disfrutar de la contemplación sin prisas, sin ruidos, sin empujones, sin flashes... incluso pudiendo entregarse a la contemplación de los mosaicos del suelo que raramente encontraría expedidos en una verdadera visita.

La nueva propuesta del CNR ofrecerá medios de visualización tridimensional capaces de brindar una experiencia sensorial mucho más potente que una simple fotografía de 360°, en la que el visitante toma protagonismo y elige hacia dónde se mueve o incluso vuela, y puede además recibir información “a la carta” superpuesta a la vista y ser guiado en su visita a través de la iconografía, la técnica pictórica, la historia, etc. Se propone que esta visita virtual tenga una duración suficiente para que sea satisfecha en buena parte la curiosidad del visitante; y así, con una idea mental clara de lo que va a encontrar, la visita a la auténtica capilla pueda ser canalizada y abreviada o incluso limitada.

El Panteón de los reyes de León en la Colegiata de San Isidoro de León, “Capilla Sixtina del Románico”

De origen románico, el Panteón se concibió como el lugar de reposo de los reyes de León. Situado a los pies de la Basílica de San Isidoro, presenta como rasgos característicos los capiteles con motivos iconográficos (los primeros que en el arte románico español reproducen escenas evangélicas) y la decoración pictórica, realizada en el siglo XII sobre las bóvedas, arcos y paramentos verticales, que le han valido el sobrenombre de “Capilla Sixtina del Ro-

mánico”. Los materiales de construcción presentes son fundamentalmente la piedra natural de cantería y mármoles, mientras que los frescos de las decoraciones pictóricas, conservados sin intervenciones externas, mantienen sobre la piedra, la composición de pigmentos coloreados diluidos en agua de cal sobre una capa de enlucido.

La digitalización del conjunto ha permitido poner a prueba la capacidad de la tecnología del escáner láser para la generación de un modelo virtual del singular espacio abovedado con sus magníficas pinturas.

Los trabajos de toma de datos se llevaron a cabo en el mes de mayo y en ello se emplearon dos instrumentos de digitalización diferentes: un **Photon 80** de marca **Faro 5**, y un **C-10** de **Leica 6**, realizándose el registro completo de las superficies interiores del panteón mediante la captura de nubes de puntos y fotografías digitales. Se trabajó en simultáneo con ambos instrumentos con el propósito de poder asegurar la igualdad constante de los parámetros atmosféricos de temperatura, humedad y presión para ambas capturas de datos. La razón de la duplicidad de los instrumentos ha

made the digital model of the cave have become nowadays an insignificant quantity. Some present models of laser scanner can capture, at the moment, that same information in only 10 seconds. In the same line, the improvements in the development of computers and software enable to manage models with hundreds of millions of 3-D scan points effortlessly. It is very significant that so many computer or console games that the youth use today recreate scenes outstandingly much more complex than the cave, which restitution was so complex at that time.

The Vatican Sistine Chapel

The Sistine Chapel welcomes thousands of visitors everyday which means an obvious risk ³, especially for its famous frescoes. For this reason, experts and curators are convinced that regulation and access restriction has become something inevitable. That is why the virtual replica project makes a lot of sense as the most advanced technologies, in exchange for being deprived to a certain extent of the real work of art enjoyment, enable the visitors to have a new point of view on the paintings ⁴.

One of the first steps in the creation of multimedia contents for the Sistine Chapel, prior to the three-dimensional virtual replica project, was the creation of a virtual tour around the chapel. It was based on a high resolution panoramic image made by a research team of Villanova University, Pennsylvania. At present, this “virtual tour” merely offers a view of the chapel from a central point of view, so that the visitor can look towards every direction and enjoy the contemplation without haste, noise, pushes, flashes... they could even take their time to examine the floor mosaics, what would hardly be enjoyed in a real tour. The new proposal of the Italian National Research Council (CNR) will offer three-dimensional display systems able to afford a sensory experience much more powerful than a simple 360° image, where the visitor becomes the leading role and choose where to go. He can even fly or receive information “à la carte” with precedence over the eyesight and be guided in his tour by iconography, pictorial technique, history, etc. The length of this virtual tour has been thought to largely satisfy the visitors’ curiosity. And just like that, with a clear mind map of what is he going to find, the tour to the real chapel could be channelled and shortened or even limited.



Royal Pantheon of the Collegiate church of San Isidoro de León, “the Romanesque Sistine Chapel”

The Pantheon, of Romanesque origin and located at the foot of the basilica of San Isidoro, was conceived as the rest place for the monarchs of León. Its characteristic features are the capitals with iconographic motifs (the first ones that reproduce Gospel scenes in the Spanish Romanesque Art) and the pictorial decoration, made on the vaults, arches and vertical facings in the 12th century. That is why it won the nickname of “Romanesque Sistine Chapel”. The building materials that were used are basically natural stone (from stonework) and marble, while the frescoes of the pictorial decoration, preserved without external intervention, keep on the stone their coloured pigments composition which is thinned down in lime water on a plaster layer. The digitization of the collegiate church has enabled to test the capacity of laser scanners’ technology with regard to the creation of a virtual model of the singular vaulted space with its wonderful paintings.

Data collection works were carried out in the month of May and two different resources of digitization were used: a **Faro Photon 80 5** and a **Leica C10 6**, so a detailed register of the interior surfaces of the pantheon was done by the capture of digital photographs and point cloud files. Both measurement devices were used simultaneously in order to guarantee the same atmospheric parameters of temperature, humidity and pressure for both data capture. The reason for using two different devices with the same characteristics was brought about by an incidental objective of the project: comparing, in the same scene, these two devices which are capable of giving comparable results despite being based on different measurement principles.

The captures or “scans” were conditional upon two factors; on the one hand, the visitors’ affluence during the development of the work, with the logic access restrictions to those areas where the devices were collecting data; on the other hand, the simultaneous operating of both scanners in order to reduce the working time to the utmost. From this approach, 9 data captures were taken with the Faro equipment and 6 of them were repeated with the Leica equipment.

3. Toma de datos en el Panteón de los Reyes de León con los dos equipos láser trabajando simultáneamente.

3. Data collection in the Royal Pantheon of León with both laser equipments working at the same time.



estado motivada en un objetivo accesorio del proyecto, que ha sido el de confrontar en un mismo escenario estos dos instrumentos capaces de producir resultados comparables a pesar de basarse en principios de medición diferentes.

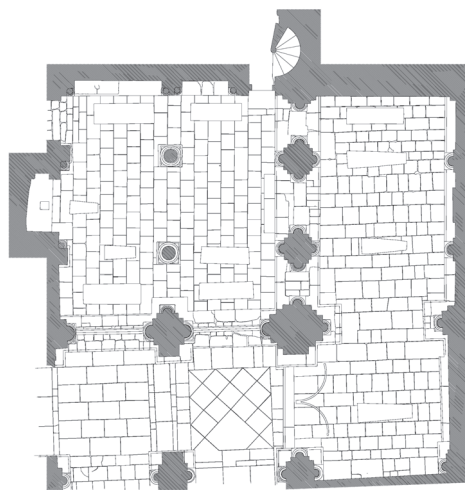
La realización de las capturas o “escaneos” se realizó condicionada, por una parte, al mantenimiento de las visitas durante el desarrollo del trabajo, con las lógicas limitaciones de restringir el acceso a aquellas áreas donde se emplazaban los aparatos; por otra, al funcionamiento simultáneo de ambos escáneres, con el fin de reducir al máximo los tiempos de trabajo. A partir de este planteamiento se realizaron 9 tomas con el equipo Faro de las cuales 6 fueron repetidas con el equipo Leica, emplazando los instrumentos bajo cada una de las bóvedas de los tramos en que se descompone la planta del Panteón, dispuestos lo más centrado que permitían las sepul-

turas existentes. Los trabajos de captura de puntos se desarrollaron en una jornada de trabajo y dieron como consecuencia la obtención de dos conjuntos de nubes de puntos del Panteón.

El producto bruto de todos los escáneres láseres es la nube de puntos, ésta modela la superficie del objeto documentada por la incidencia del haz láser y la determinación de las coordenadas espaciales de cada punto según los diferentes funcionamientos. La fidelidad de los datos de esta tecnología estará dada no solo por la resolución de los puntos discretos que se generan, sino también por la capacidad de interpretar correctamente la geometría de las superficies objetivas y de computar los resultados para su representación. Paralelamente, desde cada punto de vista de escaneo, se realizaron las capturas fotográficas panorámicas, con las que, en un proceso posterior, a cada



4. Planta del Panteón de los Reyes de León a cota +1,50.
4. Plan of the Royal Pantheon of León at a level of +1,5m.



5. Esquema de los seis elementos seleccionados para realizar la comparación de los datos obtenidos con ambos escáneres.
5. Diagram of the six selected elements to compare the obtained data with both scanners.

punto escaneado se le asocia un pixel, cuyo color “tiñe” el punto, generando la *nube de puntos coloreada*.

Tras las capturas de puntos, el trabajo de laboratorio supuso el tratamiento de las series de nubes de puntos para generar dos modelos virtuales, uno por escáner y, a partir de los que comparar los resultados obtenidos, en aras a determinar el escáner más idóneo por su precisión, limpieza, y rapidez en la captura de puntos.

A su vez, los modelos generados permiten ser explotados para la generación de representaciones convencionales, como las planimetrías que representan en planta o sección el monumento, permitiendo la creación de ilimitadas familias de cortes, con los que, dadas las precisiones de las capturas, estudiar deformaciones y alteraciones, pero también documentos que permiten la visualización virtual del bien documentado 7.

Para una comparación más efectiva y una mejor comprensión de las diferencias entre los datos obtenidos por

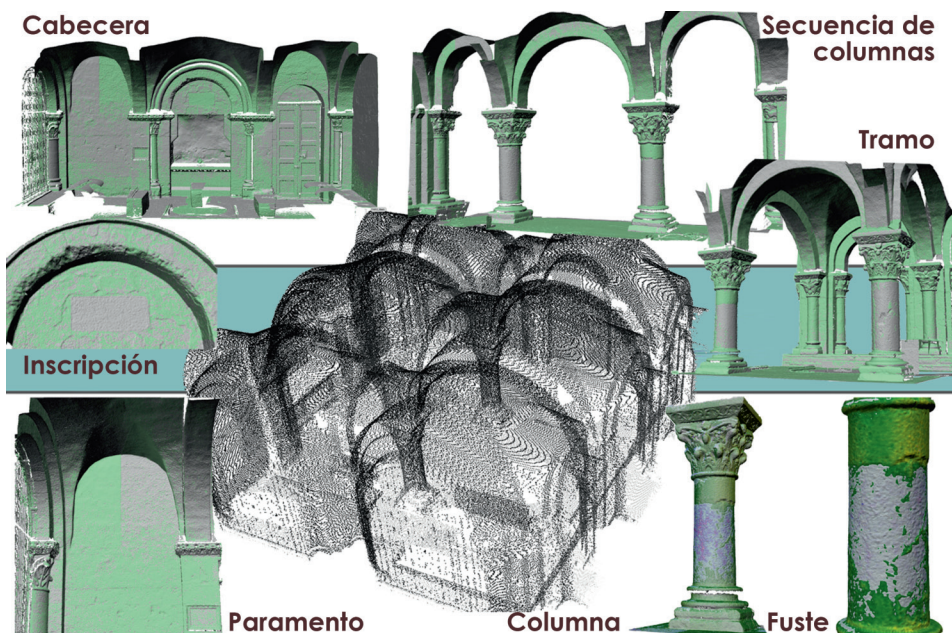
ambos escáneres se seleccionaron seis elementos de los tramos principales del Panteón: 1. Cabecera 2. Columna simple 3. Fuste 4. Secuencia de columnas 5. Inscripción 6. Paramento 7. Tramo.

A partir de aquí, para la comparación de los datos se utilizó el software PolyWorks v.10.1 32-bits, importando las nubes de puntos al módulo IMAlign, donde una vez obtenida la aproximación de la geometría de la escena, con el módulo IMMerge se crearon las mallas para cada uno de los datos. Posteriormente mediante el módulo IMInspect se realizó la alineación de ambas nubes y la comparación para cada uno de los subproyectos mencionados, tomando

The devices were placed under every vault of the sections in which the ground plan of the Pantheon is divided, setting them out as central as the burial plots enabled us. The works for capturing 3-D scan points took a working day and resulted in two point cloud files of the Pantheon.

The point cloud is the gross product of all the laser scanners. It models the surface of the object documented by the laser beam effect and the establishment of the spatial coordinates of all the 3-D scan points according to the different operations. Data fidelity of this technology will depend not only on the resolution of the discreet points that are generated, but also on the capacity of a right interpretation of the geometry of the objective surfaces and on calculating the results for its representation. In parallel with this, panoramic photography captures were taken from the same points of view as on the scanning. In a later process, each 3-D scan point is associated with a pixel, which colour “dyes” the scan point generating the *colored point cloud*. After the capture of 3-D points, laboratory work involved the processing of point cloud series in order to generate two virtual models, one of them with a scanner, and to compare the obtained results to determine the most suitable scanner in connection with its precision, cleanliness and speed for the 3-D points capture. The generated models enable their exploitation for generating conventional illustrations like the planimetries that represent the plan or the section of a monument. They enable the creation of unlimited groups of sections with which, thanks to the capture precision, both distortion and changes can be studied, but also documents that enable the virtual visualization of the documented cultural asset 7.

For a more effective comparison and a better understanding of the different data obtained from both scanners, six elements from the principal sections of the Pantheon were selected: 1. Chancel 2. Simple column 3. Shaft 4. Columns sequence 5. Inscription 6. Facing 7. Section Given these facts, the software PolyWorks 10.1 32-bit version was used to make the comparison of the data, importing the point cloud to the IMAlign module. Once the approximation of the geometry of the scene was obtained, the IMMerge module was used to create meshes for each piece of information. After that and using IMInspect, the alignment of both point cloud files and the comparison of all the abovementio-





6. Nube de puntos del primer tramo del Panteón de los Reyes de León en la colegiata de San Isidoro.

6. Point cloud of the first section of the Royal Pantheon of León in the collegiate church of San Isidoro.

ned subprojects was carried out, taking as a reference the mesh obtained from Leica C10 and the data from Faro Photon.

Even when these equipments have different operating principles, the precision indexes given by the manufacturer and the capture conditions for this example are very similar, so the comparisons of the obtained data geometries from both of them should produce minimal variation in the results that in this case has been of tenths of a millimetre.

The comparative study led us to determine that Faro Photon Laser Scanner presents a lower geometric accuracy regarding the scene documentation with similar characteristics than that of the Leica Scanstation C10. We understand thus that the phase difference scanners (Faro Photon) are beginning to take shape as the equipments that will present a greater potential in the future to obtain greater and better information, while time-of-flight scanners (Leica C10) have reached its performance limits. This way, we realize that at present, for typical cases of three-dimensional architectural documentation, greater geometric accuracy data can be obtained by the last ones. The use of both scanners enabled us not only to compare the obtained results to determine which the most suitable device was, but also to evaluate the data collection work times in reference to the processing and management of the obtained point cloud files, apart from evaluating the economic cost that the entire process of virtual model generation involves.

Documentation and diffusion

Since the first half of the last century when Manuel Gómez Moreno gathered Boito and Giovannoni's theories about the approach to the scientific method of knowledge in the documentation process of monumental assets, the objectives and technologies applied to documentation have suffered a deep variation.

Firstly, the new technological resources make possible the rapid capture of three-dimensional data with which to elaborate metric documentation of a precision and reliability that could have never before been imagined. Furthermore, these resources make it possible to create 3D virtual models that achieve a simulation of the real object.

This possibility is the one that has revolutionized the documentation area as a dissemination



como referencia la malla obtenida del Leica C10 y como dato el Faro Photon.

Aun cuando estos equipos presentan principios de funcionamiento diferentes, los índices de precisión dados por el fabricante y las condiciones de captura para el presente ejemplo son muy similares, por lo que las comparaciones de la geometrías de datos obtenidos con cada uno de ellos debería arrojar valores con variaciones mínimas, que en nuestro caso se han apreciado del orden de las décimas de milímetro.

El estudio comparativo nos lleva a determinar que el Escáner Láser Faro Photon presenta una menor exactitud geométrica en la documentación de escenas con características similares a la registrada por el Leica ScanStation C10. Entendiendo que los escáneres de diferencia de fase (Faro Photon) se perfilan como los equipamientos que presentan mayores potencialidades en el futuro para obtener mayor y mejor información, mientras que los de tiempo

de vuelo (Leica C10) han llegado a su límite de rendimiento. Comprobado que, en la actualidad, para casos típicos de documentación arquitectónica tridimensional se pueden obtener datos de mayor exactitud geométrica con estos últimos.

La utilización de los dos escáneres no sólo permitió comparar los resultados obtenidos, con los que determinar el aparato más adecuado, sino también evaluar los tiempos de trabajo de la toma de datos, como el que se refiere al procesado y gestión de las nubes de puntos obtenidas, sino también evaluar los costes económicos que conlleva la totalidad del proceso de generación del modelo virtual.

Documentación y difusión

Desde que en la primera mitad del siglo pasado Manuel Gómez Moreno recogiera las teorías de Boito y Giovannoni sobre el planteamiento del méto-



do científico del conocimiento en lo que respecta al proceso de documentación de los bienes monumentales, los objetivos y las tecnologías aplicadas a la documentación han sufrido una profunda variación.

En primer lugar, los nuevos medios tecnológicos posibilitan la captura rápida de datos tridimensionales con los que elaborar documentaciones métricas de una precisión y fiabilidad antes no imaginada, pero, sobre todo, hacen posible la generación de modelos virtuales 3D que consiguen simular el objeto real.

Es esta posibilidad la que ha revolucionado el campo de la documentación como medio de difusión del conocimiento de los bienes culturales. De forma que ya no se trata sólo de elaborar una documentación técnica (algo ya evidente), sino también de hacerla accesible al “gran público” de forma generalizada, facilitando la comprensión de aquellos valores y aspectos particulares que los trabajos de documentación han conseguido desvelar.

En este campo las nuevas tecnologías informáticas asociadas a los medios de captura tridimensional permiten elaborar modelos virtuales, verdaderas réplicas informáticas con las que generar “productos” de visualización estereoscópica y de realidad aumentada, que se constituyen en réplicas virtuales, haciendo posibles diferentes y profundas aproximaciones al bien representado **8**.

Evidentemente nunca será lo mismo la visita virtual frente a la visita real, pero en un mundo donde la virtualidad, ya en 3D, forma parte de nuestras vidas, hasta el punto de comercializarse incluso como juego de niños, y donde los costes de su generación no suponen un incremento significativo en los gastos de un proceso adecuado de documentación, pensar en la elaboración de modelos de simulación supone cada día más una necesidad, máxime si de lo que se trata es conservar el bien a la vez que potenciar su conocimiento generalizado; en ambos casos la aplicación de las nuevas tecnologías aplicadas a la toma de datos,

7. Fotografía panorámica inmersa de 360° del Panteón de los Reyes de León en la colegiata de San Isidoro.

7. 360° immersive panoramic photograph of the Royal Pantheon of León in the collegiate church of San Isidoro.

mean of the knowledge of cultural assets, so we try not only to elaborate technical documentation (something already obvious), but also to make it accessible to the general public, providing the understanding of those particular aspects and values that documentation works have been able to reveal.

New computer technologies associated with resources of three-dimensional capture enable to elaborate virtual models in this area; real computer replicas with which to generate stereoscopic visualization and augmented reality “products” that become virtual replicas enabling the creation of different and deep rapprochement to the represented object **8**.

It is obvious that the virtual tour will never be the same as the real one but in this world where virtuality, already in 3-D, is part of our lives to the point of becoming commercialized even as a children’s game and where its generating cost does not mean an important increase in the expenses of a documentation suitable process, thinking about the creation of simulation models resources, increasingly every day, an urgent need when dealing with the preservation of cultural assets and the implementation of their widespread knowledge. In both cases, the use of new technologies applied to data collection,





8. Toma de datos con escáneres láser tridimensionales de las bóvedas del Panteón de los Reyes de León en mayo de 2010.

8. Data collection of the vaults of the Royal Pantheon of León with three-dimensional laser scanners in May 2010.

processing and spreading constitute an indispensable toolkit.

Meanwhile, the digital replica means unlimited possibilities with regard to the virtual simulation of cultural properties, proposing equivalent solutions like the Neocave next to Santillana del Mar, which was built in a moment when digital technology did not reach the development that it shows nowadays, when talking about the spreading and approach to the knowledge of a cultural asset. ■

NOTES

1 / The work in the Royal Pantheon has been carried out by researchers of the Architectural Photogrammetry Laboratory from the E.T.S. Arquitectura, Universidad de Valladolid, in collaboration with the architects **Carlos Sexmillo** and **Ramón Cañas**, both from León. It has been financed by the **MICINN** (Spanish Ministry of Science and Innovation) within the **ADISPA** project **BIA2009-14254-C02-01/BIA2009-14254-C02-01**. With the participation of the teachers Javier Finat Codes, Juan José Fernández Martín and Jesús San José Alonso, the Laboratory technician José Martínez Rubio, the research fellow Jorge García Fernández and the research staff: Luis García García, David Marcos González and Francisco Morillo Rodríguez. Translated by Luna Lamalfa Díaz in collaboration with María San José Sánchez.

2 / A total of 52 zenithal stills were taken in four different times with difficult shot conditions because a wide part of the polychromes room has around one metre height so they had to work completely lain and resting the camera directly on the floor. 70 scan points were taken from different stations of the polychromes ceiling for the photogrammetric support. Vide **BOLETÍN INFORMATIVO DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL** (News bulletin of the Spanish National Geographic Institute) January-March 2000 • Number

3 / Every day a crowd of some thousands people meet under the Sistine Chapel vault, reaching the 25,000 visitors in special dates. This causes a lot of dust, organic waste, biological gases, water vapour and other volatile substances found in cosmetics, deodorants, perfumes, etc. The huge daily accumulation of these constituents is inevitable.

4 / The idea, promoted by the CNR (Italian National Research Council) is intended to build a room equipped with multimedia systems that enable the visitors to live a virtual tour experience around the chapel enriched with all the visual resources that are possible nowadays. In the CNR experts' words, "the objective is to regulate the flow of visitors, not to close the Sistine Chapel to the public, simply to offer visitors a tool to guide them better and go to see the work of art familiarize with its content".

5 / Faro Photon 80 Laser Scanner uses phase difference between the emitted wave and the reflected one to estimate the time-of-flight and, like that, the distance to the object.

6 / Leica ScanStation C10 Laser Scanner is a device that uses the calculation of the time-of-flight of the laser beam to estimate the distance to the object.

7 / On this matter the link

<http://www.youtube.com/watch?v=KyOeJjgSZfY&hd=1> enable the approach to the work carried out in the Royal Pantheon. In the same way, the link <http://gigapan.org/gigapans/65541/> enables a detailed virtual tour to the façade of the church of San Pablo in Valladolid through a high resolution panoramic image.

8 / A good example of these virtual experiences is the work carried out by Audiovisual Services and Engineering BGL about Santimamiñe caves.

Translated by Luna Lamalfa Díaz in collaboration with María San José Sánchez.



el procesado y la difusión constituyen unas herramientas de uso inexcusable.

Mientras tanto, la réplica digital anuncia unas posibilidades ilimitadas en la simulación virtual de los bienes culturales, proponiendo soluciones equivalentes a la Neocueva construida junto a Santillana del Mar, realizada en un momento donde la tecnología digital no alcanzaba el desarrollo que muestra hoy en día, si de lo que hablamos es del acercamiento y difusión del conocimiento de un bien. ■

NOTAS

1 / El trabajo en el Panteón de los Reyes ha sido realizado por los investigadores del Laboratorio de Fotogrametría Arquitectónica de la E. T. S. de Arquitectura de la Universidad de Valladolid en colaboración con los arquitectos leoneses **Carlos Sexmillo** y **Ramón Cañas**, financiado por el **MICINN**, dentro del proyecto **ADISPA**, **BIA2009?14254?C02?01/BIA2009?14254?C02?01**. En él han participado los profesores Javier Finat Codes, Juan José Fernández Martín y Jesús San José Alonso, el técnico de Laboratorio José Martínez Rubio, así como el becario de investigación Jorge García Fernández y el personal de investigación: Luis García García, David Marcos González, y Francisco Morillo Rodríguez.

2 / Se realizaron un total de 52 fotografías cenitales en cuatro pasadas, con unas condiciones de toma difíciles, dado que una gran parte de la sala de policromos tiene una altura del orden de un metro, teniendo que trabajar totalmente tumbados con la cámara apoyada directamente sobre el suelo. Para el apoyo fotogramétrico se tomaron 70 puntos del techo de policromos desde varias estaciones. Vid **BOLETÍN INFORMATIVO DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL** Enero-Marzo 2000 • Número

3 / Cada día se apretujan bajo la bóveda de la Capilla Sixtina

varios miles de personas, alcanzándose cifras de hasta 25.000 visitantes en fechas señaladas; esto comporta la entrada en su espacio de una gran cantidad de polvo y restos orgánicos, gases biológicos, vapor de agua, y otras sustancias volátiles presentes en cosméticos, desodorantes, perfumes, etc. cuya acumulación diaria en cantidades significativas resulta inevitable.

4 / La idea, promovida por el CNR (Consejo Nacional de Investigación) tiene por objeto la construcción de una sala equipada con sistemas multimedia que permitan a los visitantes vivir una experiencia de recorrido virtual en la capilla enriquecida con todos los recursos visuales que hoy son posibles. En palabras de los expertos del CNR, "El objetivo es regular el flujo de visitas, no cerrar la Capilla Sixtina al público, simplemente ofrecer al visitante una herramienta para que se oriente mejor y entre a ver la obra familiarizado con su contenido".

5 / El Escáner Láser Faro Photon 80 utiliza la diferencia de fase entre la onda emitida y la reflejada para estimar el tiempo de vuelo y de esta forma la distancia al objeto.

6 / El Escáner Láser Leica ScanStation C10 es un dispositivo que utiliza el cálculo del tiempo de vuelo del haz láser para estimar la distancia al objeto.

7 / A este respecto el enlace

<http://www.youtube.com/watch?v=KyOeJjgSZfY&hd=1> permite el acercamiento al trabajo realizado en el Panteón de los Reyes. De igual manera el enlace <http://gigapan.org/gigapans/65541/> permite la visita virtual y detallada a la fachada de la iglesia de San Pablo en Valladolid a través de una fotografía panorámica de alta resolución.

8 / Un buen ejemplo de estas experiencias virtuales es el trabajo realizado por BGL Ingeniería y Servicios Audiovisuales sobre las cuevas de Santimamiñe.



IOHANNES

APVLA

GO LIX

MARCVS

LEO

LUCAS

VI

TVLO