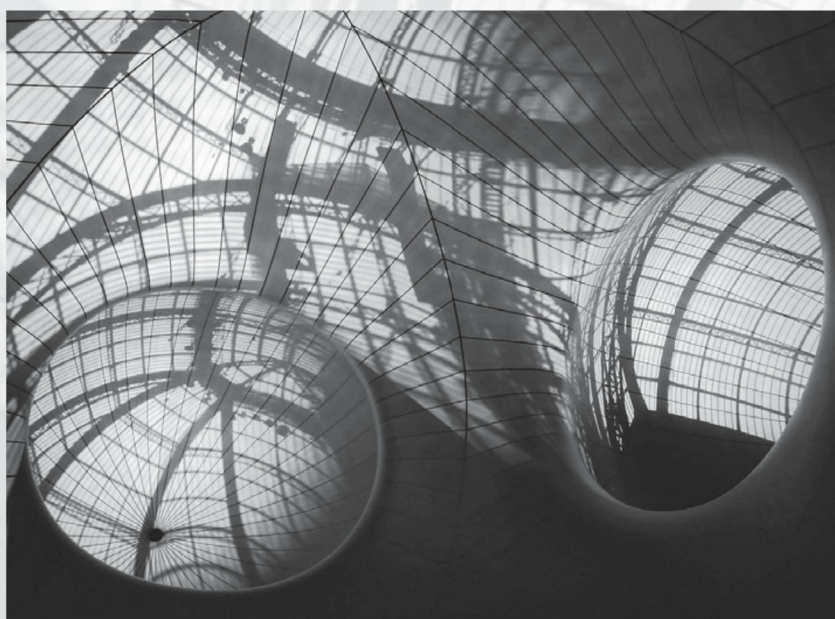


Unione Italiana per il **D**isegno

UID
NAPOLI **2017**
14-15-16 SETTEMBRE

**TERRITORI E FRONTIERE
DELLA RAPPRESENTAZIONE**
**TERRITORIES AND FRONTIERS
OF REPRESENTATION**



39° CONVEGNO
INTERNAZIONALE
DEI DOCENTI DELLE DISCIPLINE
DELLA RAPPRESENTAZIONE


GANGEMI EDITORE®
INTERNATIONAL

39° CONVEGNO INTERNAZIONALE
DEI DOCENTI DELLE DISCIPLINE DELLA RAPPRESENTAZIONE
QUATTORDICESIMO CONGRESSO UID – NAPOLI 14 • 15 • 16 SETTEMBRE 2017

Comitato Scientifico internazionale / International Scientific Committee

Caroline Astrid Bruzelius, *Duke University - USA*
Glauca Augusto Fonseca, *Universidade Federal do Rio de Janeiro - Brasile*
Pedro-Manuel Cabezas Bernal, *Universitat Politècnica de València - Spagna*
Fabiana Carbonari, *Universidad Nacional de La Plata - Argentina*
Gabriel H. Defranco, *Universidad Nacional de La Plata - Argentina*
Livio De Luca, *CNRS Map-Gamsau - Francia*
Yibing Fang, *Chinese Academy of Science - Repubblica Popolare Cinese*
Roberto Ferraris, *Universidad Nacional de Córdoba - Argentina*
José Antonio Franco Taboada, *Universidade da Coruña - Spagna*
Ángela García Codofier, *Universitat Politècnica de València - Spagna*
Pedro Antonio Janeiro, *Universidade de Lisboa - Portogallo*
Michael John Kirk Walsh, *Nanyang Technological University - Singapore*
Jacques Laubscher, *Tshwane University of Technology - Sudafrica*
Cornelie Leopold, *Technische Universität Kaiserslautern - Germania*
Carlos Montes Serrano, *Universidad de Valladolid - Spagna*
Javier Mosteiro, *Universidad Politécnica de Madrid - Spagna*
Pilar Chías Navarro, *Universidad de Alcalá - Spagna*
Pablo José Navarro Esteve, *Universitat Politècnica de València - Spagna*
Guillermo Peris Fajarnes, *Universitat Politècnica de València - Spagna*
José Ignacio Rojas Sola, *Universidad de Jaén - Spagna*
Carlos de San Antonio Gómez, *Universidad Politécnica de Madrid - Spagna*

Comitato Scientifico nazionale / National Scientific Committee

Piero Albisinni, *"Sapienza" Università di Roma*
Fabrizio Apollonio, *Università di Bologna*
Salvatore Barba, *Università di Salerno*
Paolo Belardi, *Università di Perugia*
Stefano Bertocci, *Università di Firenze*
Carlo Bianchini, *"Sapienza" Università di Roma*
Massimiliano Campi, *Università di Napoli "Federico II"*
Vito Cardone, *Università di Salerno*
Mario Centofanti, *Università dell'Aquila*
Emanuela Chivoni, *"Sapienza" Università di Roma*
Michela Gigola, *Università di Cassino e del Lazio Meridionale*
Alessandra Cirafici, *Università della Campania "Luigi Vanvitelli"*

©

Proprietà letteraria riservata
Gangemi Editore spa
Via Giulia 142, Roma
www.gangemieditore.it

Nessuna parte di questa
pubblicazione può essere
memorizzata, fotocopiata o
comunque riprodotta senza
le dovute autorizzazioni.

Le nostre edizioni sono disponibili in Italia e all'estero
anche in versione ebook.
Our publications, both as books and ebooks, are available
in Italy and abroad.

GANGEMI EDITORE^{spa}
INTERNATIONAL

FINITO DI STAMPARE NEL MESE DI SETTEMBRE 2017
www.gangemieditore.it

ISBN 978-88-492-3507-4

In copertina: Anish Kapoor, Leviathan, opera realizzata in occasione di Monumenta 2011, Parigi Grand Palais (11 maggio - 23 giugno 2011)

Antonio Conte, *Università della Basilicata*
Antonella Di Luggo, *Università di Napoli "Federico II"*
Mario Docci, *"Sapienza" Università di Roma*
Francesca Fatta, *Università Mediterranea della Calabria*
Riccardo Florio, *Università di Napoli "Federico II"*
Paolo Giandebiaggi, *Università di Parma*
Andrea Giordano, *Università di Padova*
Paolo Giordano, *Università della Campania "Luigi Vanvitelli"*
Elena Ippoliti, *"Sapienza" Università di Roma*
Francesco Maggio, *Università di Palermo*
Anna Marotta, *Politecnico di Torino*
Lia M. Papa, *Università di Napoli "Federico II"*
Adriana Rossi, *Università della Campania "Luigi Vanvitelli"*
Livio Sacchi, *Università "G. d'Annunzio" Chieti-Pescara*
Rossella Salerno, *Politecnico di Milano*
Alberto Sdegno, *Università di Trieste*
Ornella Zerlenga, *Università della Campania "Luigi Vanvitelli"*

Peer reviewer internazionali / International peer reviewer

Luis Agustín Hernández, *Universidad de Zaragoza - Spagna*
Antonio Alvaro Tordesillas, *Universidad de Valladolid - Spagna*
Wilson Barbosa Alves, *Universidade Paulista, Brasile*
Tamara Blanes Martín, *ICOMOS - Cuba*
Eduardo Carazo Lefort, *Universidad de Valladolid - Spagna*
Juan José Fernández Martín, *Universidad de Valladolid - Spagna*
Horacio José Gnemmi Bohogu, *Universidad Nacional de Córdoba - Argentina*
Jean-Pierre Goulette, *École Nationale d'Architecture de Toulouse - Francia*
Arivaldo Leão De Amorim, *Universidade Federal da Bahia - Brasile*
Jorge Llopis Verdú, *Universitat Politècnica de València - Spagna*
Hector Lomonaco, *Universidad Nacional de Rosario - Argentina*
Ramón Maestre López-Salazar, *Universidad de Alicante - Spagna*
Carlos L. Marcos, *Universidad de Alicante - Spagna*
Elena Merino Gómez, *Universidad Nebrija de Madrid - Spagna*
Andrey Razin, *Peoples' Friendship University of Russia - Russia*
Karen Sanabria Ortega, *Universidad Tecnológica de La Habana - Cuba*
José Juan De San José Blasco, *Universidad de Extremadura - Spagna*
Aurelio Vallespín Muniesa, *Universidad de Zaragoza - Spagna*
Lluís Villanueva Bartrina, *Universitat Politècnica de Catalunya - Spagna*

Peer reviewer nazionali / National peer reviewer

Fabrizio Agnello, *Università di Palermo*
Giuseppe Amoruso, *Politecnico di Milano*
Marinella Arena, *Università Mediterranea di Reggio Calabria*
Barbara Aterini, *Università di Firenze*
Laura Baratin, *Università di Urbino "Carlo Bo"*
Piero Barlozzini, *Università del Molise*
Cristiana Bedoni, *Università di Roma Tre*
Marco Giorgio Bevilacqua, *Università di Pisa*
Fabio Bianconi, *Università di Perugia*
Enrica Bistagnino, *Università di Genova*
Antonio Bixio, *Università della Basilicata*
Maura Boffito, *Università di Genova*
Maria Malvina Borgherini, *Università Iuav di Venezia*
Stefano Brusaporci, *Università dell'Aquila*
Adele Carla Buratti, *IULM di Milano*
Mara Capone, *Università di Napoli "Federico II"*
Laura Carlevaris, *"Sapienza" Università di Roma*
Massimiliano Ciammaichella, *Università Iuav di Venezia*
Luca Cipriani, *Università di Bologna*

Luigi Cocchiarella, *Politecnico di Milano*
Daniele Colistra, *Università Mediterranea di Reggio Calabria*
Romolo Continenza, *Università dell'Aquila*
Dino Coppo, *Politecnico di Torino*
Giuseppe D'Acunto, *Università Iuav di Venezia*
Laura De Carlo, *"Sapienza" Università di Roma*
Roberto De Rubertis, *"Sapienza" Università di Roma*
Aldo De Sanctis, *Università della Calabria*
Edoardo Dotto, *Università di Catania*
Maria Linda Falcidieno, *Università di Genova*
Federico Fallavollita, *Università di Bologna*
Patrizia Falzone, *Università di Genova*
Giorgio Garzino, *Politecnico di Torino*
Fabrizio Gay, *Università Iuav di Venezia*
Gaetano Ginex, *Università Mediterranea di Reggio Calabria*
Manuela Incerti, *Università di Ferrara*
Laura Inzerillo, *Università di Palermo*
Mariangela Liuzzo, *Università di Enna "Kore"*
Massimiliano Lo Turco, *Politecnico di Torino*
Giovanna Massari, *Università di Trento*
Giampiero Mele, *Università eCampus*
Barbara Messina, *Università di Salerno*
Riccardo Migliari, *"Sapienza" Università di Roma*
Roberto Mingucci, *Università di Bologna*
Giuseppa Novello, *Politecnico di Torino*
Alessandra Pagliano, *Università di Napoli "Federico II"*
Caterina Palestini, *Università "G. d'Annunzio" Chieti-Pescara*
Sandro Parrinello, *Università di Pavia*
Giulia Pellegri, *Università di Genova*
Paola Puma, *Università di Firenze*
Fabio Quici, *"Sapienza" Università di Roma*
Michela Rossi, *Politecnico di Milano*
Salvatore Santuccio, *Università di Camerino*
Giovanna Spadafora, *Università di Roma Tre*
Roberta Spallone, *Politecnico di Torino*
Giacinto Taibi, *Università di Catania*
Camillo Trevisan, *Università Iuav di Venezia*
Maurizio Unali, *Università "G. d'Annunzio" Chieti-Pescara*
Graziano Mario Valenti, *"Sapienza" Università di Roma*
Rita Maria Francesca Valenti, *Università di Catania*
Cesare Verdoscia, *Politecnico di Bari*
Chiara Vernizzi, *Università di Parma*
Andrea Zerbi, *Università di Parma*

Comitato Organizzatore / Organizing Committee

Salvatore Barba, Massimiliano Campi, Mara Capone,
Paolo Cerotto, Alessandra Cirafici, Pierpaolo D'Agostino,
Teresa Della Corte, Antonella di Luggo, Riccardo Florio,
Paolo Giordano, Barbara Messina, Alessandra Pagliano,
Daniela Palomba, Lia Maria Papa, Maria Ines Pascariello,
Manuela Piscitelli, Adriana Rossi, Ornella Zerlenga

Gruppo Operativo / Staff Operative

Barbara Ansaldi, Giuseppe Antuono, Davide Barbato, Raffaele
Catuogno, Valeria Cera, Vincenzo Cirillo, Luigi Corniello,
Emanuela De Feo, Fausta Fiorillo, Domenico Iovane, Emanuela
Lanzara, Fatima Melis, Roberta Montella, Margherita Pulcrano,
Simona Scandurra, Angelo Triggianese, Vito Maria Benito Vozza

Coordinamento Scientifico / Scientific Coordination

Antonella di Luggo, Ornella Zerlenga

*I testi e le relative traduzioni oltre che tutte le immagini pubblicate sono state fornite dai singoli autori per la pubblicazione
con copyright e responsabilità scientifica e verso terzi. La revisione e redazione dei testi è stata dei curatori del volume.*

TERRITORI E FRONTIERE DELLA RAPPRESENTAZIONE TERRITORIES AND FRONTIERS OF REPRESENTATION

A CURA DI

ANTONELLA DI LUGGO, PAOLO GIORDANO,
RICCARDO FLORIO, LIA MARIA PAPA, ADRIANA ROSSI,
ORNELLA ZERLENGA, SALVATORE BARBA,
MASSIMILIANO CAMPI, ALESSANDRA CIRAFICI

GANGEMI EDITORE[®]
INTERNATIONAL

collana

UID *per il disegno*

volumi già pubblicati:

Territori e frontiere della rappresentazione. 2017 ISBN 9788849235074

Le ragioni del Disegno. 2016 ISBN 9788849232950

Disegno & Città. 2015 ISBN 9788849231243

Italian survey & international experience. 2014 ISBN 9788849229158

Patrimoni e Siti UNESCO. Memoria, Misura e Armonia. 2013 ISBN 9788849227284

Elogio della teoria. Identità delle discipline del disegno e del rilievo. 2012 ISBN 9788849225198

DEL LEVANTAMIENTO DIGITALIZADO A LA REALIDAD VIRTUAL. EL CASO DE FONTILLES.

FROM DIGITAL SURVEY TO VIRTUAL REALITY. THE CASE OF FONTILLES.

Autores:

Jorge Francisco Martínez Piqueras (Investigador ingeniero en IRP-UPV) jormarpi@gmail.com

Eduardo María Baviera Llópez (Investigador arquitecto en IRP-UPV) edballo@arq.upv.es

Jorge Llopis Verdú (Profesor en EGA-UPV) jllolis@ega.upv.es

Francisco Hidalgo Delgado (Profesor en EGA-UPV) fhidalgo@ega.upv.es

RESUMEN

La realidad virtual es una disciplina que hasta hace unos años quedaba reservada casi exclusivamente al campo de los videojuegos. En los últimos años, su integración en dispositivos ordinarios, como los móviles y tabletas, ha popularizado su aplicación a campos tan diversos como la educación, la medicina o la difusión del patrimonio.

El objetivo principal que se propone es el desarrollo de un flujo de trabajo necesario para la generación de modelos arquitectónicos virtuales, partiendo de un detallado levantamiento métrico digitalizado. Se muestra el caso del pabellón Virgen de los Desamparados del Sanatorio de San Francisco de Borja de Fontilles, Alicante, que ha sido objeto de estudio en el proyecto de investigación HAR2013-42060-R.

Palabras clave: motor de juego, levantamiento arquitectónico, escáner láser, fotogrametría, Fontilles.

ABSTRACT

Virtual reality is a discipline that, until few years ago, was reserved almost exclusively for video games. In recent years, it has been integrated into ordinary devices such as smartphones and tablets, so it has been extended to so diverse fields as education, medicine or heritage dissemination.

Our main pursued goal is to develop and define the necessary workflow to create virtual architectural models that are based on a comprehensive digitalised survey. This piece of work shows the study case of the Virgin of the Forsaken Pavilion, which belongs to the architectural complex of the San Francisco de Borja Sanatorium in Fontilles (Alicante, Spain) that has been the object of the research project HAR2013-42060-R.

Keywords: game engine, architectural survey, laser scanner, photogrammetry, Fontilles

I. INTRODUCCIÓN

El programa europeo Horizon 2020 incluye la investigación en patrimonio como uno de sus puntos estratégicos, focalizando su atención en la promoción de las herramientas digitales para la protección, puesta en valor y difusión del rico legado patrimonial de nuestro continente (Llopis Verdú 2017). En plena era digital, una de las tareas pendientes es el empleo de las nuevas tecnologías para dar a conocer el patrimonio entre la población trascendiendo la mera reconstrucción gráfica dibujada y estática, para incorporar elementos interactivos que permitan al usuario comprender de una manera más profunda – novedosa y, por qué no, divertida- los valores patrimoniales de un determinado bien cultural.

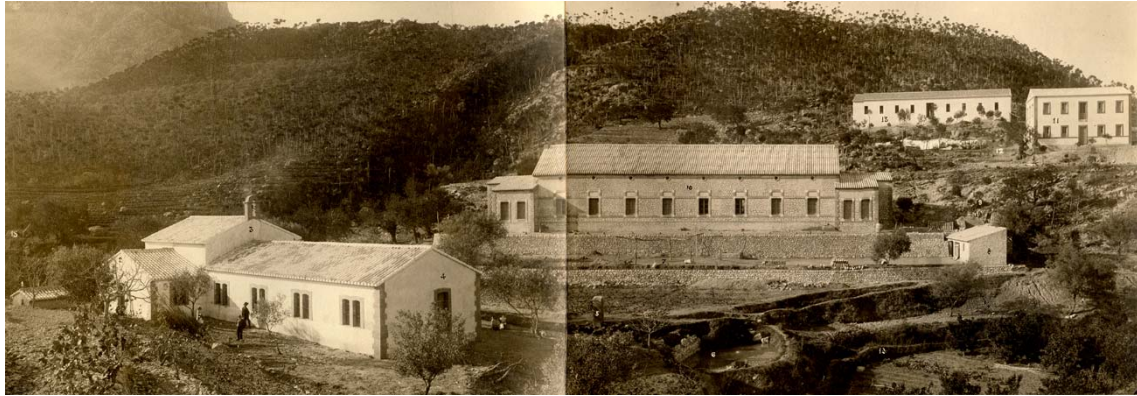
Esta comunicación desarrolla el flujo de trabajo a seguir hasta obtener modelos virtuales de apariencia fotorrealista capaces de ser explorados por el usuario de realidad virtual. Para ello hemos de realizar un levantamiento métrico exhaustivo, empleando técnicas digitales avanzadas como son el escáner láser terrestre y la fotogrametría digital. Con el primero obtenemos la geometría del edificio con gran precisión y con la segunda, las texturas reales en alta definición. El modelo completo (geometría y materiales) debe ser remodelado y optimizado geométricamente para su inserción en los motores de juego. Ya solo restaría ambientar convenientemente la escena con una iluminación adecuada, vegetación, sonido... Se trata, en definitiva, de realizar una reproducción virtual de

I. INTRODUCTION

The Horizon 2020 European Program includes heritage research as one of its strategic points, and it focuses on the promotion of digital tools to protect, value and disseminate the heritage legacy of our country (Llopis Verdú 2017). In the height of the digital era, one of the pending tasks is the usage of new technologies to give to know the cultural heritage among people beyond the mere static and drawn graphic reconstruction, in order to include interactive elements for the user to understand more in a deeper –newer and, why not, funnier- way the patrimonial values of a particular cultural asset.

This contribution develops the necessary workflow to obtain virtual models with a photorealistic appearance that are susceptible to be explored by the virtual reality user. To achieve this, an exhaustive metric survey has been done using advanced digital techniques such as terrestrial laser scanner and digital photogrammetry. The former give us the highly accurate geometry of the building whereas the later provides us with high definition real textures. The complete model (geometry and materials) must be reshaped and optimized geometrically in order to be inserted into the game engine. Then, the only pending task would be to properly set the scene with an appropriate lighting, vegetation, sounds... In conclusion, the idea is to reproduce virtually a real architecture or cultural asset to be disseminated through the net.

una arquitectura real, de una pieza patrimonial que pueda ser difundida por medio de dispositivos móviles a través de internet.



*Fig. 1. Imagen histórica de Fontilles en 1908.
Fuente: Archivo Histórico de Fontilles.*

*Fig. 1. Historical picture of Fontilles in 1908.
Source: Fontilles Historical Archive.*

II. EL CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio es el pabellón Virgen de los Desamparados, uno de los edificios más representativos del conjunto arquitectónico del sanatorio de San Francisco de Borja de Fontilles, en Alicante. Construido en 1906, fue una de las edificaciones pioneras del complejo. Su función era la de albergar a las mujeres afectadas de lepra.

Se trata de un pabellón longitudinal de 40 metros de largo por 7 de ancho, construido con ladrillo macizo visto para los elementos arquitectónicos fundamentales y ornamentales, mampostería para los cerramientos y teja árabe para la cubierta a dos aguas. (fig.1)

II. THE CASE STUDY

The studied case is the pavilion of Our Lady of the Forsaken, one of the most representative buildings of the architectural ensemble of the San Francisco de Borja sanatorium in Fontilles, in Alicante (Spain). It was built in 1906, being one of the first edifices of the complex. Its function was to house leprosy affected women.

It is a longitudinal pavilion of 40 meters long by 7 meters wide, built with solid face brick for the fundamental and ornamental architectural elements, stonework for the closures and Arabic tile for the gable roof. (fig.1)

III. MÉTODOLOGÍA

A. Levantamiento métrico digitalizado

La manera de proceder con el levantamiento métrico digitalizado ha consistido en capturar la geometría mediante TLS (*Terrestrial Laser Scanner*) para obtener un modelo digital que pueda ser texturizado mediante técnicas SfM (*Structure from Motion*).

Escaneado láser

La captura de la geometría exterior del pabellón se llevó a cabo con escáner Leica HDS6200, de la compañía Leica Geosystems, cuyo funcionamiento se basa en la “tecnología de rastreo láser ultra-rápida de diferencia de fase”, según describe la propia compañía. Este escáner mide la diferencia de fase entre luz emitida y recibida, y de este modo calcula la distancia al objeto.

Durante el trabajo de campo, las estaciones se fueron realizando según lo planificado en un croquis realizado previamente: se planificaron estaciones en las esquinas y frente a las fachadas, con una separación entre estación y estación de unos 5 metros. El objetivo es levantar con el máximo detalle posible la geometría con la precaución de tener superficie de solape con suficiente definición para que el empalme de nubes de puntos contiguas se realice de forma satisfactoria.

III. METHODOLOGY

A. Digital Metric Survey

The procedure to carry out the digital metric survey of the pavilion has consisted of capturing the geometry using a TLS (*Terrestrial Laser Scanner*) to obtain a digital model that could be textured by means of SfM techniques (*Structure from Motion*).

Laser Scanning

The pavilion’s exterior geometry capture was undertaken using the Leica HDS6200 scanner developed by Leica Geosystems, uses “the ultra-high speed, phase-based laser scanning technology”, according to the company description itself. This scanner measures the phase-shift between emitted and received beam, which is continuous and power-modulated.

During the field work, the scans were performed as they were before planed in a previous sketch: they were positioned in angles and along the façades every 5 meters. Our aim was to have overlapping surface enough to successfully match the point clouds.

The registration of every scan was conducted in Cyclone 6.0, a specific software to manage point cloud files. After the registration a complete model of points of the Pavilion of the Virgin of the Forsaken (fig.2) which was exported in PTX¹ format to Geomagic where this points were

El registro de las tomas se realizó en Cyclone 6.0, un programa específico para manejo de nubes de puntos. Tras el registro se obtuvo un modelo de puntos completo del Pabellón Virgen de los Desamparados (fig.2) que se exportó en formato PTX¹ a Geomagic donde se transformó en un objeto de malla triangulada (*mesh*). Además, se repararon algunos errores geométricos ocurridos durante el proceso de triangulación.

transformed into a triangulated mesh object. Furthermore, several geometrical errors occurred during the triangulation process were repaired.

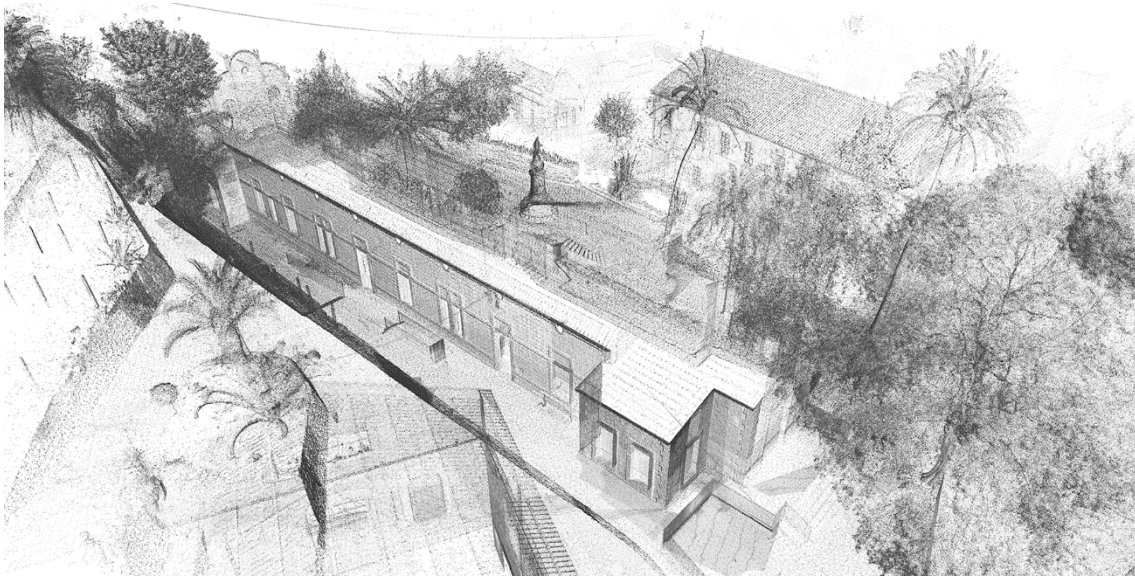


Fig. 2. Resultado de la alineación de las nubes de puntos del escáner

Fig. 2. Result of the Point Clouds Alignment

Fotogrametría digital

Se realizó el levantamiento fotogramétrico del exterior con una cámara compacta Sony RX-100, de 20MP, y un trípode extensible de aluminio. Para controlar los cambios de color producidos por la variación de la luz solar, se utilizó un *color-checker* de escala de grises de X-Rite.

Para la toma fotográfica del exterior del edificio se procedió por pasadas horizontales, con un solape entre fotografías contiguas de al menos un 50%, tanto en horizontal como en vertical.

Las fotografías fueron procesadas siguiendo un flujo de trabajo normal en Photoscan. El primer paso es alinearlas, es decir, determinar la orientación de las fotografías en el espacio. Esto nos provee con un modelo de pocos puntos. Lo siguiente fue introducir una serie de GCPs (*Ground Control Points*) para, primero, escalar y orientar el modelo tridimensional y, segundo, evaluar su precisión. Se buscaron puntos fácilmente reconocibles cuyas coordenadas se obtuvieron del modelo realizado previamente con el escáner laser. De este modo conseguimos tener ambos modelos en un mismo sistema de coordenadas. (fig.3)

Digital Photogrammetry

The building's exterior was also surveyed with digital photogrammetry using a Sony RX-100 compact camera featuring 20MP and an extensible aluminium tripod. In order to have colour changes due the solar light variation controlled, an X-Rite grayscale colour checker was used.

The exterior photographs were taken along horizontal passes. Every picture need to have 50% overlap with its successive ones (horizontally and vertically).

The photographs were processed in Photoscan following a normal workflow. The first step is the cameras' alignment, namely, to determine the spatial orientation of the pictures. This provide us with a sparse point cloud model. Next a series of GCPs (Ground Control Points) were introduced in order to both have the three-dimensional model scaled and oriented and assess the accuracy of it. There were chosen easily recognizable points whose coordinates were obtained from the TLS model. In this way it was possible to have both models aligned in a unique coordinate system. (fig.3)

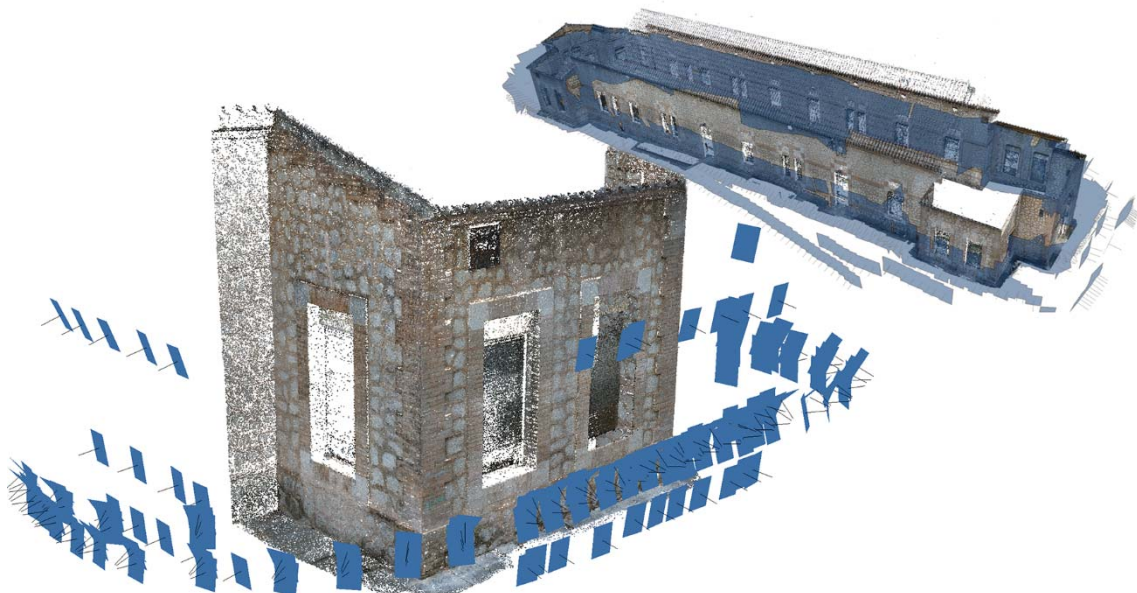


Fig. 3. Nube dispersa, resultado de la alineación de las fotografías dentro de Photoscan.

Normalmente el flujo de trabajo en Photoscan continuaría con el cálculo de la nube densa, la malla triangulada y finalmente la textura (Baviera Llópez et al. 2016). Sin embargo, nosotros solo vamos a necesitar la alineación de las fotografías para texturizar el modelo digital del escaneado láser.

B. Edición del modelo digital del edificio

Hasta ahora hemos conseguido un modelo digital completo del Pabellón Virgen de los Desamparados, con bastantes millones de puntos. El siguiente paso es calcular la malla triangulada correspondiente, de manera que pasemos de tener un modelo de puntos a uno con millones de triángulos (*high-poly*), es decir, una superficie en la que se puedan proyectar texturas. (fig.4)

En aras de conservar un alto nivel de detalle, el edificio es troceado en varios fragmentos que se triangulan por separado y así se crean varios modelos que se editan de manera independiente. Es muy importante que se mantengan en el mismo sistema de coordenadas para facilitar su posterior fusión.

A pesar de esta fragmentación, estos modelos siguen siendo muy “pesados” y difícilmente manejables si no es con software específico para el tratamiento de mallas. Por tanto, no servirían para la difusión, pues los medios de los que dispone un usuario medio serían incapaces de manejarlos. Se hace, pues, necesaria una metodología que permita aligerar el “peso” de los modelos 3D de alto detalle geométrico (Fantini 2012), pero sin perder la calidad de visualización que requiere la documentación del patrimonio arquitectónico.

En concreto, son tres las operaciones necesarias, que han de realizarse para cada uno de los fragmentos en un programa de modelado 3D, y que en el argot de la informática gráfica se conocen como *retopology*, *mapping* y *baking*.

Fig. 3 Sparse Cloud. Result of the photographs alignment in Photoscan

Usually, the workflow in Photoscan would continue with the calculation of the dense point cloud, the triangulated mesh and eventually the texture (Baviera Llópez et al. 2016). However, just the camera alignment is what is going to be used to texturize the digital model coming from the laser scan procedure.

B. Processing the Building Digital Model

Until now it has been achieved a complete digital model of the Pavilion of the Virgin of the Forsaken, featuring several millions of points. The next step is to calculate the corresponding triangulated mesh, so to convert our points model into another made of millions of triangles (*high-poly*), namely, a surface where textures might be projected. (fig.4)

In order to preserve a high level of detail, our building is split into several parts which are triangulated separately and so several 3D models are created and processed independently. It is extremely important for them to keep the same coordinate system so to merge them afterwards.

Despite this fragmentation, these models are certainly very “heavy” and hardly manageable unless we use specific software to process 3D mesh files. Therefore, these would difficultly be useful for dissemination, for available devices for an average user are not capable to manage it fluently. Then, it is necessary to develop a method to lighten the “weight” of the high geometrically detailed 3D models (Fantini 2012), preventing the loss of the display quality which is required in architectural heritage documentation.

Specially, there are three necessary operations to be performed in a 3D modelling program which are known as *retopology*, *mapping* and *baking* in the computer graphics argot.

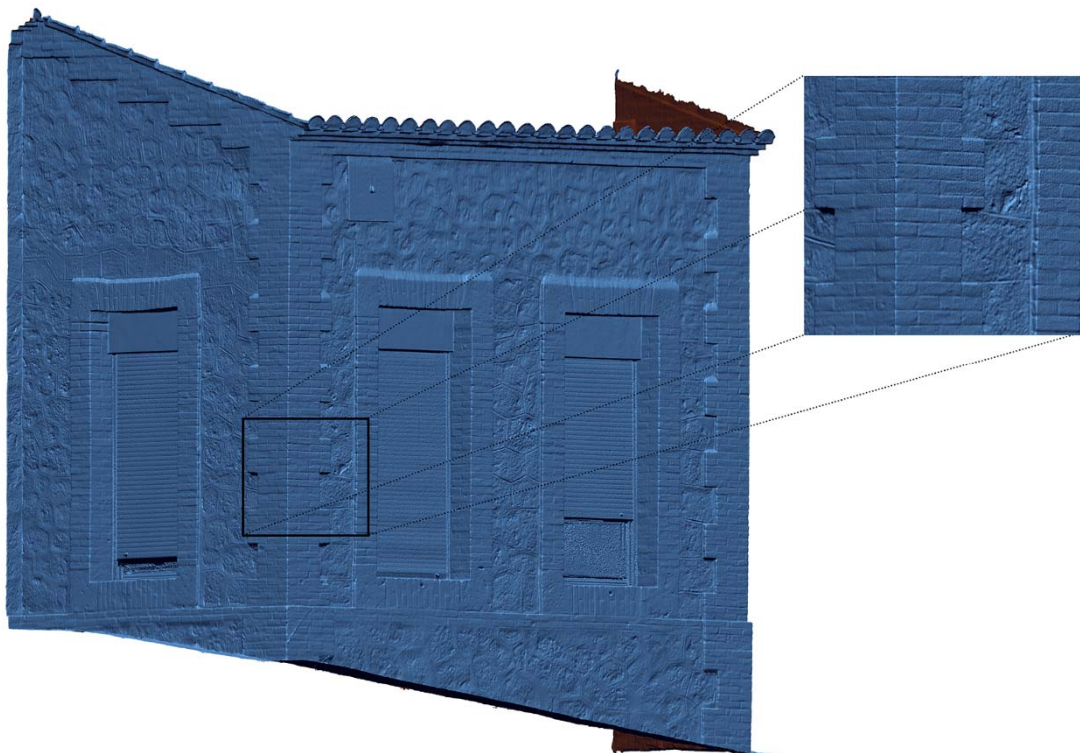


Fig. 4. Fragmento del modelo High-poly de 25 millones polígonos

Fig. 4 Fragment of the High-poly model featuring 25 million polygons

Retopology

Se trata de simplificar de manera racional de la geometría del modelo digital denso. Durante el proceso de levantamiento se captura la realidad de manera indiscriminada y se registran una infinidad de mediciones innecesarias desde la lógica de la documentación arquitectónica. (fig.5)

El *retopology* integra una serie de pasos de modelación 3D que permiten la reconstrucción manual de un modelo de alto detalle a base de polígonos cuadrangulares. Estos *quads* se disponen formando bandas que se ciñen al modelo de referencia (*high-poly*) y sus direcciones y tamaños requieren de una cierta planificación basada en un análisis previo de la arquitectura, cuyo modelo digital debería ser previamente dividido en partes según una jerarquización semántica de los elementos (Gaiani, Benedetti y Apollonio 2011). Procediendo de esta manera conseguiremos tener un modelo más racional con muchos menos polígonos (*low-poly*).

Retopology

It is about simplifying the dense model's geometry in a rational way. During the surveying process reality is captured indiscriminately and it is registered an enormous number of measurements that are unnecessary according to architectural documentation needs. (fig.5)

Retopology consists of a series of 3D modelling steps that lead to the manual reconstruction of a highly detailed model into a more simplified one made of quadrangular polygons. These quads are arranged in fringes that are adhered to the reference model (*high-poly*) and whose sizes and directions require a planning that is coherent with a previous architectural analysis. What this means is that the digital model should be previously divided into parts according to a semantic classification of the architectural elements (Gaiani, Benedetti y Apollonio 2011). This procedure will end in a more rational model featuring far fewer polygons (*low-poly*).

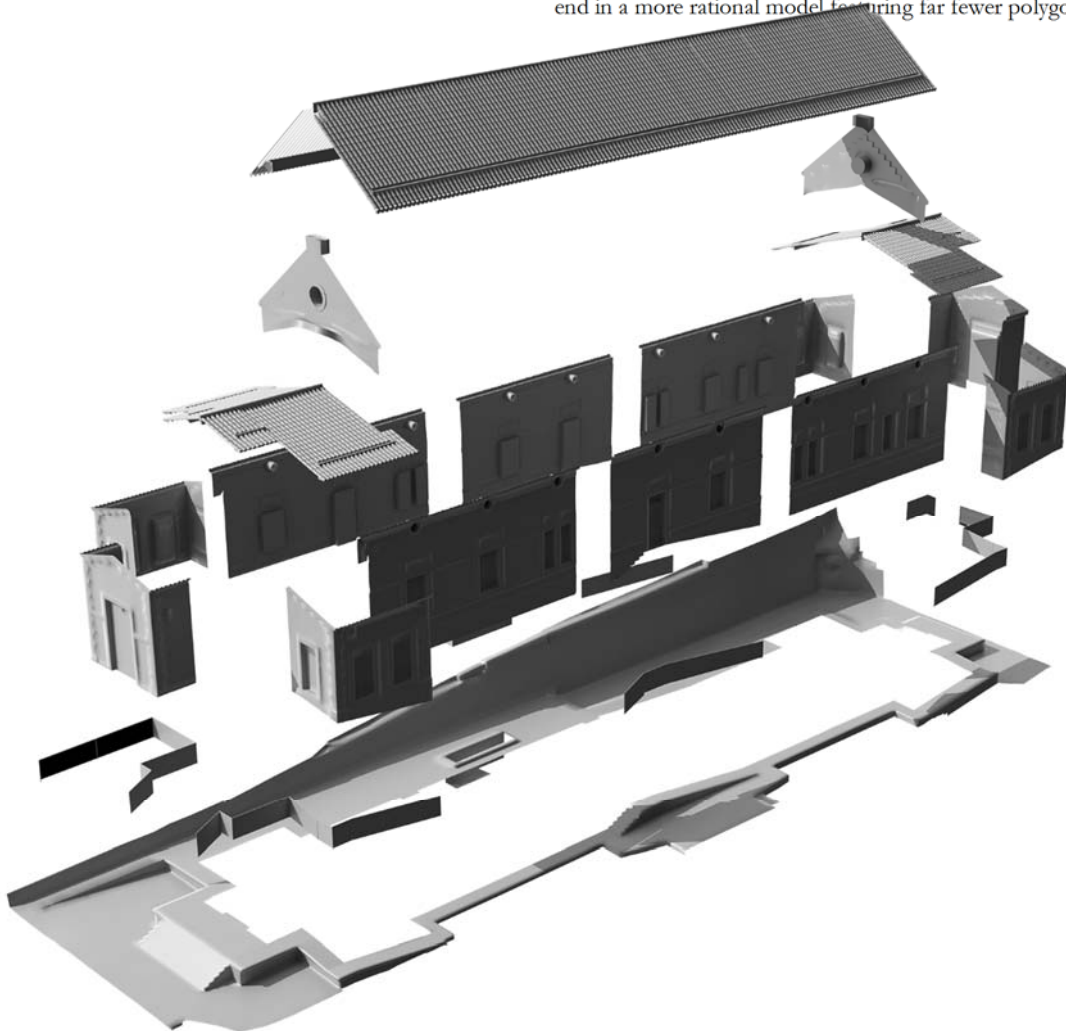


Fig. 5. Desglose del modelo Low-poly

Fig. 5 Breakdown of the Low-poly model

Mapping

Una vez terminado nuestro modelo con una geometría a base de *quads*, mucho más simplificada que la del modelo original, necesitamos añadirle la textura real del objeto. Este procedimiento se conoce como *mapping* y tiene el objetivo de poner en relación la superficie del modelo en 3D con una especie de “desarrollo bidimensional” del mismo, que se utilizará

Mapping

Once having finished our model that formed by rational *quads*, much more simplified than the original model, the real texture of the object needs to be added. This operation, known as mapping, aims to put in

como sistema de referencia para la creación del campo escalar y luego para aplicarlo como textura a la superficie, invirtiendo el desarrollo. (fig.6)

Para ello, sobre el modelo *low-poly*, marcaremos una serie de costuras (*seams*) que no son sino concatenaciones de lados de los polígonos por las que cortar la superficie tridimensional para realizar desarrollo 2D del mapa UV. Esta partición conviene realizarla según la jerarquización semántica de manera que el modelo quede segmentado por elementos constructivos reconocibles que serán mapeados en el sistema UV como islas autónomas (Cipriani, Fantini y Bertacchi 2015).

Terminado el mapeado UV de la superficie, queda asociado al modelo 3D del edificio, de manera que puede salvarse y ser exportado a otros programas de edición 3D en multitud de formatos (OBJ, PLY, DAE...). Así, importamos la nueva malla simplificada de vuelta a Photoscan sobre el archivo en el que teníamos alineadas las cámaras. La malla anterior *high-poly* queda perfectamente sustituida por la nueva, ya que se encuentran en la misma posición en el mismo sistema de coordenadas. Si ahora calculamos la textura a partir de las cámaras alineadas, obtenemos un mapa de bits con los colores del objeto distribuido según el mapa UV que, al importarlo de vuelta a nuestro programa de modelado 3D, podremos usarlo como mapa de color aparente (*diffuse map*) de nuestro modelo *low-poly*.

Baking

Una vez que el mapa UV ha sido desarrollado hay que realizar el *Baking* del mapa de normales. Esta operación codifica las direcciones de las normales de los polígonos que constituyen la superficie del modelo *high-poly* dentro del espacio UV, en el que cada píxel tiene un color RGB que identifica inequívocamente la dirección de la normal en el espacio 3D (Merlo y Aliperta 2015).

La imagen que se crea, aplicada al modelo como textura, afecta al cálculo del sombreado de la superficie lisa con respecto a la posición de la fuente de luz presente en la escena virtual, otorgándole la apariencia de la rugosidad real del objeto original.

relation the 3D model surface with a kind of “bi-dimensional development” of it, which will be used as a reference system to create a scalar field to be applied eventually as texture to the 3D model surface, reverting the operation. (fig.6)

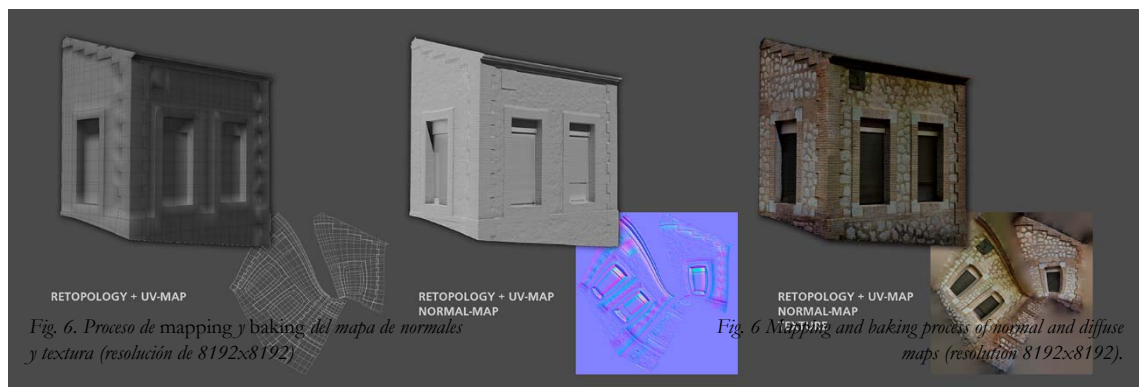
For that, a series of seams have to be marked on the low-poly model. These seams are polygon’s sides’ concatenations which form polylines to cut the three-dimensional surface to develop the UV map. It is advisable to perform this partition according to the semantic classification in order to have the model segmented in recognizable constructive elements which will be mapped as islands in the UV system (Cipriani, Fantini y Bertacchi 2015).

Having finished the surface UV mapping, it remain associated to the 3D model of the building, so it is possible to be saved and be exported to other 3D processing programs using several formats (OBJ, PLY, DAE...). This way, the new simplified mesh can be imported back to Photoscan, to the same file where cameras had been aligned. The previous dense mesh is perfectly substituted by the new one, for they are in the same position in the same coordinate system. Now, it is possible to calculate the texture from the aligned cameras to obtain a bitmap which is distributed like the UV map and contains the colours of the object. After importing this bitmap back to the 3D modelling program, it will be able to be applied on the low-poly model as its diffuse map.

Baking

Once the UV map has been created, there have to be made the baking of the normal map. This operation encodes the normal directions of the polygons that constitute the high-poly model surface into the UV space, where every pixel has a RGB colour identifying unequivocally the normal direction in the 3D space (Merlo y Aliperta 2015).

The image that is created can be applied to the model as a texture and it affects to the calculation of the flat surface shading in relation with the light source of the virtual scene. This bestows the real object’s roughness appearance to the low-poly model.



C.Desarrollo del entorno virtual

Una vez ya hemos editado y optimizado cada uno de los modelos en los que habíamos dividido el pabellón, es el momento de iniciar el desarrollo propiamente de la aplicación de realidad virtual. Para ello es necesario contar con un motor de videojuegos, un software que integra una serie de rutinas de programación para el desarrollo y reproducción de un videojuego. En nuestro caso hemos escogido Unreal Engine 4, uno de los más usados en el sector.

Lo primero es importar los modelos junto con los archivos de texturas (*bitmap*) de manera que se recomponga nuevamente la geometría completa del modelo del edificio² (figg. 7, 8). Creamos los materiales usando

C.Developing the Virtual Environment

After having processed and optimized each model part of the pavilion, it is time to begin with the development of the virtual reality application itself. It is important to have a game engine, namely, a kind of software combining a series of programming routines for a videogame’s development and reproduction. We have chosen Unreal Engine 4, one of the most used in this sector.

First of all, all the models and texture files (bitmap) have to be imported so the complete geometry of the building can be reconstructed² (figg. 7,

los mapas importados previamente (*diffuse map*, *normal map*) y configuramos los parámetros para que adquieran las características del material que representan (fig.9).

Es importante indicar que objetos son sólidos y, por ende, no han de poder ser traspasados, como las paredes y suelos. Para ello hay que crear “colisiones”, esto es, nuevas mallas invisibles, coherentes a los objetos, que impedirán que el usuario pase a través de ellos. Al no ser visibles, es recomendable simplificar su geometría tanto como sea posible para economizar memoria.

A continuación añadimos las luces a la escena. Unreal permite que se especifiquen las zonas en las que aparecen reflexiones, que requieren un mayor tiempo de cálculo, de manera que se optimice el renderizado.

Los motores de juego, en general, facilitan el desarrollo de cierta interactividad mediante la creación de eventos. Esto nos puede servir para mostrar información extra del edificio mediante menús interactivos, puntos de interés, planos que indiquen la posición del usuario mientras se desplaza... En Unreal, todo ello se gestiona a través de Blueprints Visual Scripting, un sistema gráfico de programación con nodos que no requiere código.

Por último, antes de exportar el resultado y generar el archivo ejecutable de la aplicación, conviene configurar la resolución para el medio al que va destinada la aplicación, pues no tienen la misma capacidad de computación gráfica un móvil o tableta que un ordenador.

8). Then, materials are created by using the previously imported maps (diffuse map, normal map) and parameters are configured to get similar to the material that is being simulated (fig.9).

It is important to point out which objects are solids and, therefore, it should be prevented to cross them through. To do it, some “colliders”, which are new invisible meshes, have to be created to prevent the user to pass through the objects. As they are not visible, it is recommendable to simplify their geometry as much as possible to economise memory. Next, lighting has to be added to the virtual scene. Unreal allows for specifying in which areas there are reflections, which require greater calculation time, so the rendering time can be optimized.

Generally, game engines facilitate interactivity development through the creation of events. This may be useful to show extra information about the building by means of interactive menus, interesting points, real time positioning plans... Unreal manages this events with the Blueprints Visual Scripting, a graphic programming system based on nodes so typing code is not necessary.

Lastly, before exporting the result and generate the application executable file, it is convenient to configure the resolution depending on which is the device that is going to run the app, for smartphones and tablets have lower graphic capacity than a computer.

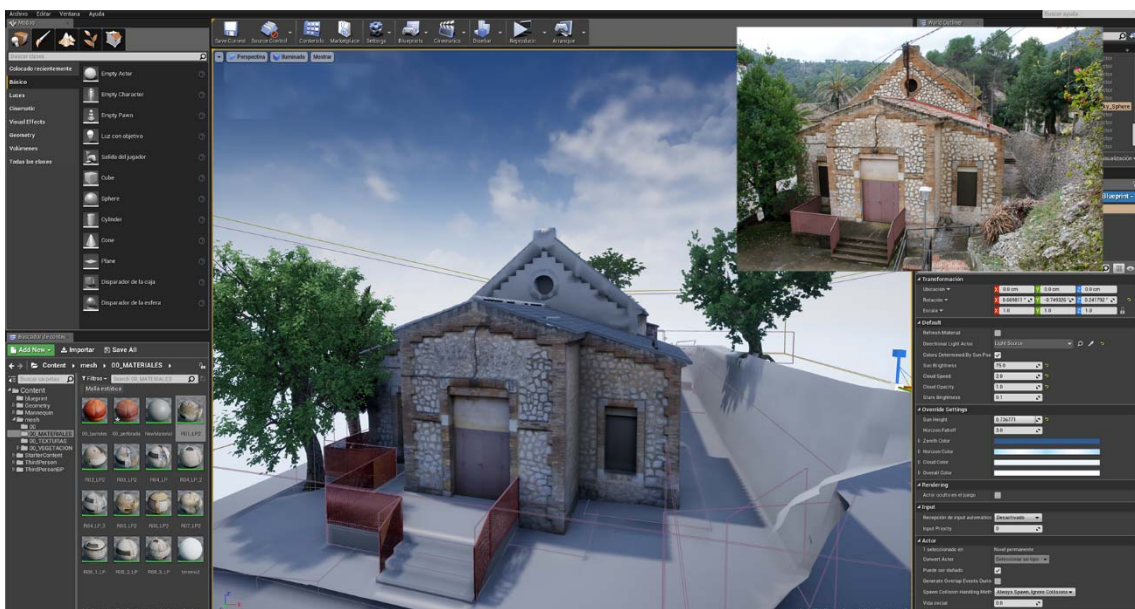
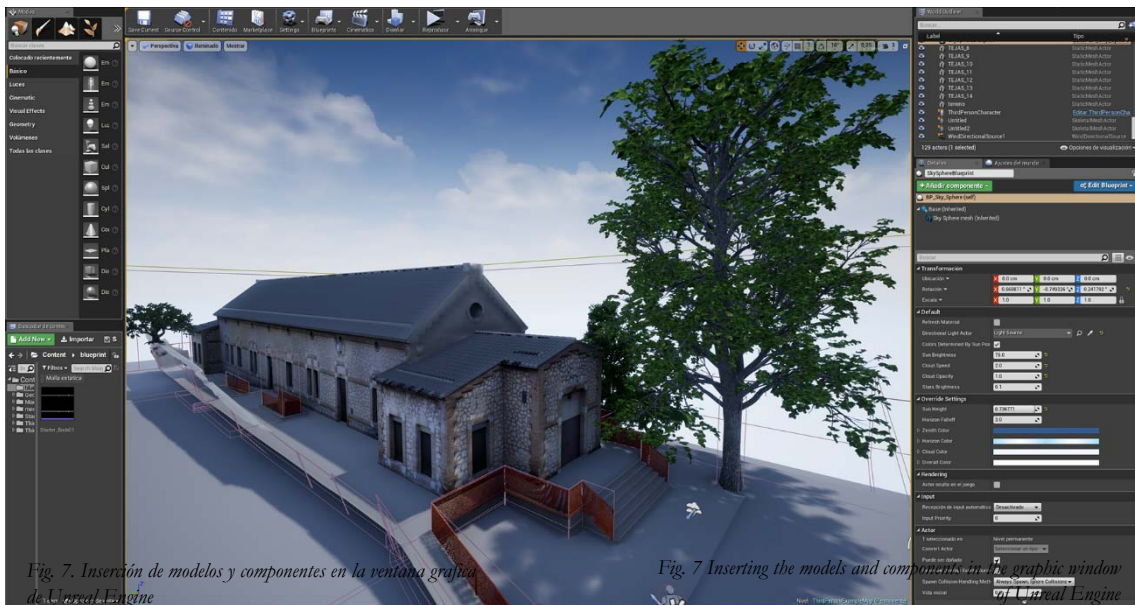


Fig. 8. Inserción de vegetación realista conforme a la realidad

Fig. 8. Inserting realistic vegetation according to reality

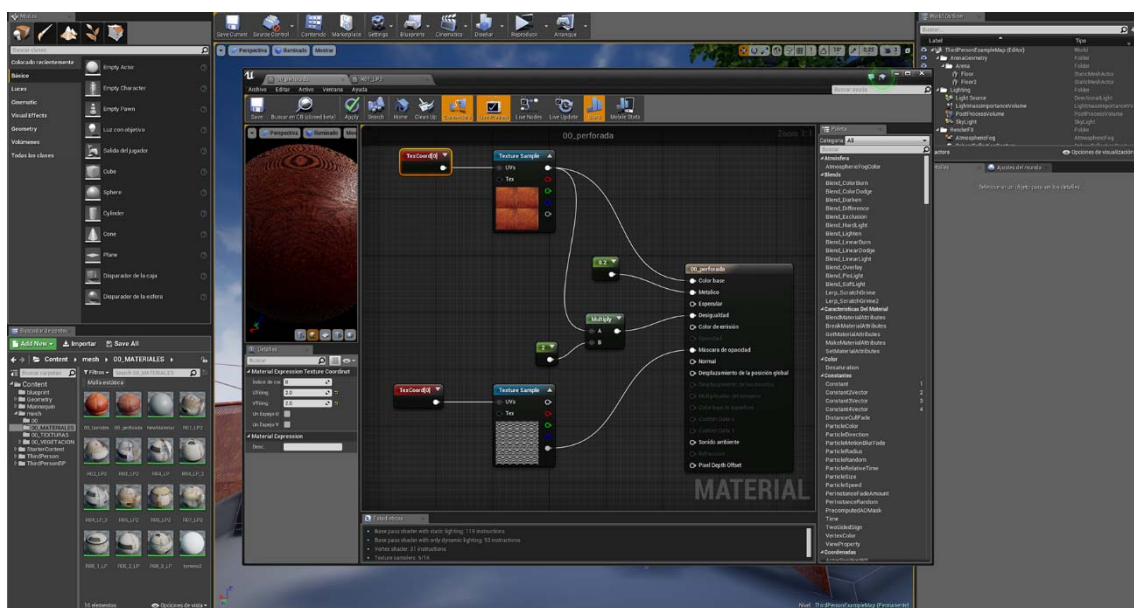


Fig. 9. Creación de materiales fotorrealísticos en Unreal Engine

Fig. 9. Photorealistic materials creation in Unreal Engine

IV. RESULTADOS

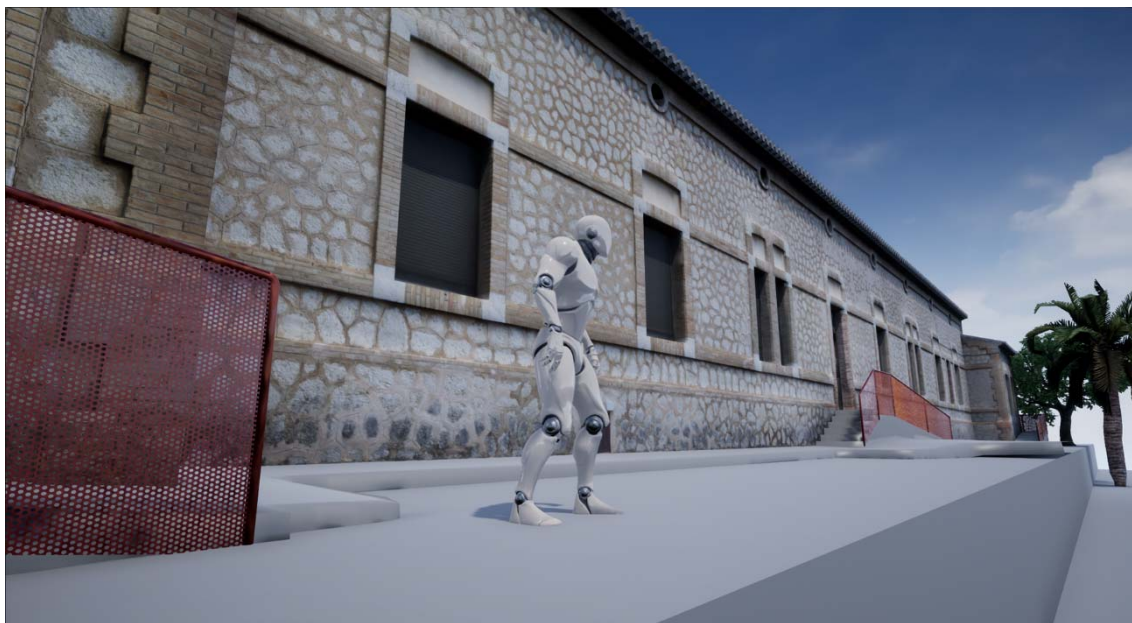
El producto final del trabajo que se ha descrito consiste en la propia app de realidad virtual (fig.10). Es el resultado de un proceso que se inició con el levantamiento digitalizado del Pabellón Virgen de los Desamparados, mediante dos técnicas distintas como son el escaneado láser (TLS) y la fotogrametría digitalizada (SfM) con el que se obtuvo un modelo digital que fue optimizado para su difusión.

Esta aplicación, en el punto de desarrollo en el que se encuentra, constituye un estadio previo de un proyecto de divulgación que pretende la reconstrucción virtual completa del Sanatorio de Fontilles para la difusión de sus valores patrimoniales. De momento, solo es posible recorrer virtualmente los alrededores del Pabellón Virgen de los Desamparados, al que es posible acercarse y observar su materialidad con un alto nivel de detalle. Además, el entorno paisajístico que se ha diseñado emulando el de Fontilles, que contribuye positivamente al realismo de la escena.

IV. RESULTS

The final product of the above described work consists in the Virtual Reality App itself (fig.10). It is the result of a process which was undertaken with the digital survey of the Pavilion Virgin of the Forsaken using two different techniques, namely, Terrestrial Laser Scanning (TLS) and the digitalized photogrammetry (SfM). These resulted into a digital model which was optimized to be disseminated.

This application, up to the point that it has been developed, constitutes a previous stage of a dissemination project which aims to reconstruct virtually the thorough complex of Fontilles to boost the cultural outreach of its values. For the time being, it is only possible to walk around the pavilion Virgin of the Forsaken, to whom it is possible to move closer and gaze at its highly detailed materiality. In addition, the surrounding landscape has been designed in emulation of the existing in Fontilles, which enhances the realism of the virtual scene.



V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha pretendido mostrar un flujo de trabajo que parte del levantamiento arquitectónico de un edificio concreto, el Pabellón Virgen de los Desamparados de Fontilles, para conseguir, tras un proceso concreto de edición digital, un modelo óptimo para ser introducido en el desarrollo de una aplicación de Realidad Virtual.

Dicha aplicación forma parte de los resultados de la investigación llevada a cabo en el proyecto sobre el Sanatorio de Fontilles (HAR2013-42060-R), cuya estrategia de difusión se ha centrado en transmitir los valores patrimoniales que posee, tanto de índole material como inmaterial, para permitir una comprensión integral del conjunto. Por tanto, la idea trasciende la mera comunicación de los resultados de la investigación, mostrados de manera sesgada por temáticas. En realidad lo que se pretende es buscar estrategias de difusión interactivas que permitan al usuario conocer de manera profunda los modos de vida de Fontilles, su razón de ser relacionada con un entorno y una arquitectura determinados.

En este contexto las modernas herramientas digitales, como la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada, permiten ir más allá de la mera información cultural estática almacenada en bases de datos y consultable a través de una página web estándar. Y en esta línea debe avanzar nuestra investigación para la difusión de los valores patrimoniales de Fontilles: que no solo sea posible visualizar cómo era y es el Sanatorio de Fontilles a través de una reconstrucción virtual del complejo, sino también asociar a dicha reconstrucción toda aquella información que refleje la vida de los enfermos y del personal sanitario (Llopis Verdú 2017).

VI. AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España, por haber financiado el proyecto de investigación titulado: *El Sanatorio de San Francisco de Borja de Fontilles. Modelo de análisis para la recuperación integral de complejos sanitarios de valor patrimonial* HAR2013-42060-R. Y por financiar el contrato FPI predoctoral del investigador J. Martínez Piqueras.

Al Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de España, por financiar el contrato FPU predoctoral del investigador E. Baviera Llópez.

Al equipo multidisciplinar del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV, por su colaboración y consejo.

Por último, pero no por ello menos importante, a la Fundación Fontilles y todos sus trabajadores, por su entusiasmo y su paciente colaboración.

Notas:

1. El formato PTX, además de las coordenadas de cada punto, conserva su vector normal.
2. Esto es posible porque se ha conservado el mismo sistema de coordenadas.

V. CONCLUSIONS

Within the present work it has been show a workflow that starts with the architectural survey of a particular building, the Virgin of the Forsaken Pavilion of Fontilles, to achieve, after a specific digital process, an optimal model to be attached to the development of a Virtual Reality App.

This application belongs to the results of the Sanatorium of Fontilles' research project (HAR2013-42060-R) whose dissemination strategy has been focused on transmitting the cultural values of both material and immaterial nature which Fontilles possesses undoubtedly to favour the integral comprehension of the ensemble. Therefore, the idea goes beyond the mere communication of the research results, showing them in a biased manner by themes. In reality, what is sought is to find interactive dissemination strategies that allow the user for going in depth with the life in Fontilles, its *raison d'être* related with a particular landscape and architecture.

For the time being, modern digital tools such as Virtual Reality and Augmented Reality enable to go beyond the mere static cultural information that is stored in databases and consultable through a standard web page. This is the line that our research has to follow in order to disseminate the cultural values of Fontilles: let it be possible not only to visualise how the Sanatorium of Fontilles is and was by means of a virtual reconstruction, but also to link to the aforesaid reconstruction all the information regarding patients' and medical staff's lives (Llopis Verdú 2017).

VI. ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank to the Ministry of Economy and Competitiveness of the Government of Spain for having funded, firstly, the research project entitled: *El Sanatorio de San Francisco de Borja de Fontilles. Modelo de análisis para la recuperación integral de complejos sanitarios de valor patrimonial* HAR2013-42060-R; and secondly for funding the FPI contract of J. Martínez Piqueras, PhD.

To the Ministry of Education, Culture and Sport of the Government of Spain, for funding the FPU contract of E. Baviera Llópez, PhD.

To the multidisciplinary work team of the Heritage Restoration Institute (IRP-UPV) for their collaboration and advise.

Last but not least, to the Fontilles Foundation and all the employees, for their enthusiasm and patient collaboration.

Notas:

1. The PTX format, apart from storing each point coordinates, keep its normal vector.
2. This is possible because the coordinate system has been conserved.