

## **FOTOGRAMETRÍA Y NUBE DE PUNTOS APLICADO EN LA DOCUMENTACIÓN DEL PATRIMONIO CONSTRUIDO. EL CASO DE LA TORRE DE LA CALAHORRA EN ELCHE**

**MORA GARCÍA, Raúl Tomás<sup>(1)</sup>; CÉSPEDES LÓPEZ, M<sup>a</sup> Francisca<sup>(2)</sup>; LOUIS CERECEDA, Miguel<sup>(3)</sup>**

<sup>(1)</sup> Grupo de investigación en Restauración Arquitectónica, Universidad de Alicante  
Alicante, España  
e-mail: rtmg@ua.es

<sup>(2)</sup> e-mail: paqui.cespedes@ua.es

<sup>(3)</sup> e-mail: miguel.louis@ua.es

### **Resumen**

La sociedad actual ha incorporado a su vida diaria el mundo de la realidad virtual y multimedia. La incorporación de las técnicas de simulación por ordenador al campo de la documentación del Patrimonio Arquitectónico ha abierto nuevas actuaciones ante la posibilidad de simular la percepción y disfrute del patrimonio.

Los métodos para el levantamiento gráfico y la representación del estado actual del patrimonio edificado deben estar en constante evolución, además de adaptarse a las nuevas tecnologías.

Es por ello que se plantea buscar una técnica que permita, de una forma rápida, sencilla y con suficientes criterios de calidad, el poder documentar y difundir contenidos gráficos en 2D y virtuales en 3D del patrimonio arquitectónico, para enriquecer culturalmente a la sociedad.

Como ejemplo se propone el levantamiento gráfico realizado mediante técnicas fotogramétricas del edificio denominado Torre de la Calahorra en Elche (Alicante, España).

Se plantea la utilización de un software específico en fotogrametría, como pueda ser el caso del PhotoModeler Scanner, el cual incorpora en la versión 6 utilidades para crear nubes de puntos (Dense Surface Modeling o DSM), además de las ya tradicionales superficies malladas.

Estas nuevas posibilidades en la creación de nubes de puntos y posterior triangulación permiten mejorar significativamente los resultados de documentación y virtualización del patrimonio.

**Palabras clave:** Fotogrametría, Nube de puntos, Patrimonio.

### **Abstract**

***Photogrammetry and point cloud method applied to the built Heritage Documentation. The case study of "La Torre de la Calahorra" in Elche.***

Nowadays, the society has incorporated to the everyday life virtual reality and multimedia tools. The addition of the new computer simulation techniques to the Architectonic Heritage Documentation field has developed new ways of enjoying our heritage through the possibility of its virtual representation.

Graphic survey methods and the representation of the current state of the built heritage have to be constantly progressing and being updated with new technologies.

The purpose of this technique is to find the tools that, in an easy and fast way, allow us to document and afterwards to spread 2D graphic contents and 3D virtual models of our heritage. This method has also to follow certain quality criteria in order to contribute to enrich our society, culturally speaking.

The graphic survey of "La Torre de la Calahorra" has been achieved using photogrammetric methods is the study case here presented.

Usage of specific Photogrammetry software, such as Photomodeler Scanner, which in its last version (version 6) incorporates a number of tools to create cloud of points (Dense Surface Modelling or DSM) in addition to the meshes.

Documentation and virtual representation of the heritage buildings are significantly improved by the creation of cloud of points and subsequent triangulation.

**Keywords:** Photogrammetry, Point cloud, Heritage.

## 1. Introducción

Los trabajos necesarios para la puesta en valor del patrimonio arquitectónico requieren un conocimiento minucioso de la realidad construida, siendo necesario además analizar aspectos históricos, estilísticos y constructivos. Para ello es preciso conocer los sistemas de representación, métodos y herramientas necesarias para realizar un correcto levantamiento arquitectónico.

Se pretende realizar un estudio arquitectónico sobre uno de los edificios más emblemáticos del patrimonio construido en Elche, la Torre de la Calahorra. Para ello se ha realizado un levantamiento gráfico de sus fachadas e interiores, utilizando sistemas tradicionales.

La necesidad de representar la fisonomía de las fachadas para su posterior análisis en futuras intervenciones, requieren de otros sistemas más específicos y que aporten mayor información. Uno de los sistemas que cubren estas necesidades es la fotogrametría. La American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) define la Fotogrametría como, "... el arte, ciencia y tecnología de obtener información fidedigna de los objetos físicos y del medio ambiente mediante procesos de registro, medición e interpretación de imágenes fotográficas y de modelos de energía radiante electromagnética y otros fenómenos" (Pérez Álvarez, 2001, pág. 107) [1].

Dentro de la fotogrametría existen varios métodos [2]: el estereoscópico y por intersección directa. Se emplean actualmente en distintos ámbitos de aplicación, principalmente la topografía, siendo aplicables al campo de la rehabilitación y conservación arquitectónica, y en especial para el levantamiento de planos de edificios.

En este estudio se decide adoptar el método por intersección directa en la representación de las fachadas por el bajo coste económico del equipo necesario, rapidez y fiabilidad del sistema así como su facilidad de utilización. Además, se ha utilizado un sistema basado en el método estereoscópico, el cual mediante pares de fotos estereoscópicas de cámaras analógicas y mediante el software adecuado, se han generado nubes de puntos tridimensionales con el objetivo de conseguir superficies trianguladas.

Como objetivo se plantea buscar una técnica que permita, de una forma rápida, sencilla y con suficientes criterios de calidad, poder documentar y difundir contenidos gráficos en 2D y virtuales en 3D del patrimonio arquitectónico, para enriquecer culturalmente a la sociedad.

### 1.1. Antecedentes

La Casa Señorial y Torre de la Calahorra [3] en Elche es un edificio público declarado Bien de Interés Cultural. El "Plan Especial de Protección de Edificios y Conjuntos del Término Municipal de Elche" [4] lo clasifica con un nivel de protección Integral, debiéndose conservar el Torreón de defensa y la vivienda Señorial con su distribución y decoración singular.

Su importancia radica en su valor histórico, en su función urbanística, arquitectónica y constructiva. Históricamente destaca como torre defensiva, formando parte de la muralla, transformándose a lo largo de los años en edificio residencial, oficinas, hasta albergar en la actualidad la Subdelegación del Gobierno de la Generalitat Valenciana.

Urbanísticamente fue una pieza esencial ya que formaba parte de la villa amurallada y era el torreón que daba acceso a la ciudad por el camino de Alicante. Su interés arquitectónico radica en que es una de las pocas torres almohades de la provincia que aún se conservan. Por último, su importancia constructiva, al representar un tipo de fábrica de cal y piedra prácticamente desaparecida.

La Calahorra se sitúa dentro del antiguo recinto amurallado de la ciudad, al este del cauce del río. Se cree que las murallas las realizaron los musulmanes y que, tras la reconquista, fueron los cristianos quienes las conservaron. Se puede afirmar que la Calahorra fue una construcción puramente musulmana, perteneciente al recinto amurallado, que a lo largo del tiempo se le realizarían numerosas reformas, y sufriría distintas catástrofes que le harían perder parte de su concepción original.

En la siguiente figura (Fig. 1) se puede apreciar parte del centro histórico de la ciudad. Observando la imagen de izquierda a derecha, se localiza primero el río Vinalopó, seguido del Palacio de Altamira y la Basílica de Santa María. La torre de la Calahorra, a la derecha de Santa María, linda por el norte con la calle Uberna, por el este con la calle Trinquet y por el oeste con la plaza de Santa Isabel. A la derecha de la imagen se encuentra el Convento de la Merced.



Fig. 1. Vista aérea del centro histórico de la ciudad [5].

La Torre (ver Fig. 2) representa una construcción de la época almohade de finales del s. XII y primera mitad del s. XIII [6]. Fue la construcción primitiva, con carácter totalmente defensivo, y constituía uno de los torreones de defensa de la villa amurallada en la que se emplazó el acceso a la ciudad por el camino de Alicante. Está orientada en la dirección Norte-Sur, es de planta rectangular de base 10'50 x 22'40 m. y en su parte superior 9'15 x 20'25 m.

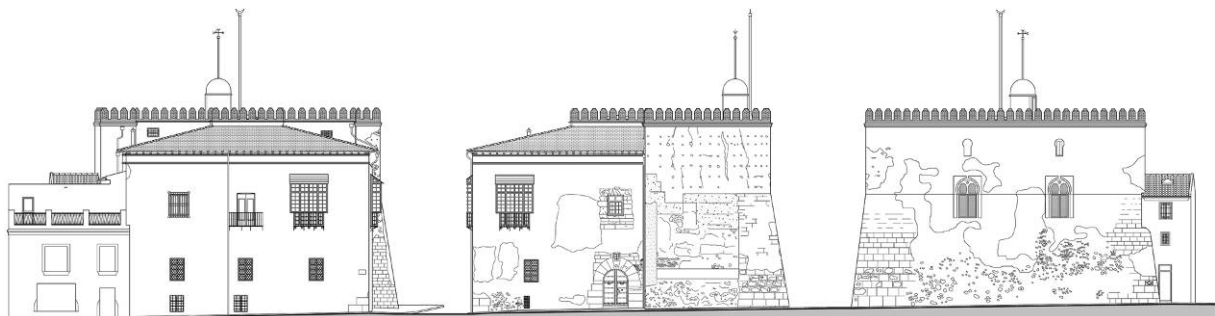
El Almudín o Casa Señorial (ver Fig. 3) fue construido en 1442, extramuros de la ciudad, para pesar y almacenar las cosechas. Es de base rectangular de 12'40 x 17'60 m. y se accede por la fachada Norte, a través de un arco de sillería de medio punto, con una puerta de la época medieval. Se organiza en semisótano y tres plantas sobre rasante, conectándose con la Torre por la planta Señorial.



Fig. 2. Fachadas Norte y Oeste, año 2010.



Fig. 3. Fachadas Norte y Este, año 2010.



Alzado Este, calle Trinquet.

Alzado Norte, calle Uberna.

Alzado Oeste, plaza Santa Isabel.

Fig. 4. Representación gráfica de los alzados del edificio [7].

La Caseta adosada es una construcción independiente que a lo largo de los años ha pasado a formar parte de la Calahorra. Tiene su acceso por la plaza de Santa Isabel, consta de tres plantas sobre rasante y se comunica con el Almudín por el comedor en la planta Señorial.

El Alcazaba tiene su acceso desde la calle Trinquet, por el Este, y debió pertenecer a la Calahorra pero en la actualidad es independiente. La terraza de la Casa Señorial corresponde con la cubierta del Alcazaba.

## 2. Método y Proceso de Investigación

Para poder llevar a cabo esta investigación se han empleado los siguientes materiales:

- Instrumental para el levantamiento gráfico:
  - Medidor láser marca Würth modelo WDM-200, para tomar medidas lineales.
  - Nivel láser rotativo automático marca Würth modelo WLA-Nº 07147301, para obtener diferencias de cotas tanto interiores como exteriores del edificio.
  - Estación total con medición directa sin prima, marca Topcon modelo GPT3005N, para definir alturas en fachadas, huecos y posibles desplomes de las mismas.
- Instrumental para documentación fotográfica:
  - Cámara digital Nikon D-50 de 6,3 Mpixels de resolución máxima 3008x2000 pixels, con objetivo Nikon 18-55 mm. f3.5-5.6, convenientemente calibrada en PhotoModeler.
  - Cámara digital Pentax Optio S7 de 7,38 Mpixel de resolución máxima 3072x2304 pixels, convenientemente calibrada en PhotoModeler.
- Software y hardware necesario en los trabajos de gabinete:
  - AutoCAD 2006 para dibujo vectorial asistido por ordenador, necesario para la confección de planos en 2D y modelo 3D.
  - PhotoModeler 6 para la reconstrucción de los alzados, obtención de ortofotos y modelo 3D.
  - Adobe PhotoShop CS para el tratamiento y retoque de las imágenes digitales.
  - Ordenador Pentium IV, a 3.0 GHz con 1GB de RAM, 200 GB de disco duro, tarjeta gráfica NVIDIA GeForce 6800XT y un monitor LG L1917S de 19".

Los trabajos desarrollados se han organizado en dos fases: trabajo de campo y de gabinete.

### 2.1. Trabajo de campo

En el trabajo de campo se han realizado croquis de las plantas y alzados con la correspondiente toma de medidas por triangulación para su correcta representación, seguida de la puesta a escala mediante sistemas CAD, actividades que no son objeto de esta comunicación.

Una fase importante y delicada del trabajo de campo radica en la correcta realización de fotografías, puesto que de ellas dependerá la calidad de los resultados de la restitución fotogramétrica. Los criterios a seguir para la toma de fotografías han consistido en:

- Todo punto que se quiera restituir deberá estar contenido en dos fotografías, siendo recomendable tres o más. Serán necesarios un mínimo de cinco puntos por fotografía, relacionadas con sus equivalentes en otras imágenes, para así establecer las relaciones necesarias en la restitución.
- Las fotografías han de ser consecutivas y han de coincidir aproximadamente en un 50% de superficie visualizada.
- El ángulo que deben formar dos fotografías debe aproximarse a 90º, permitiéndose valores hasta de 60º. Se pretende así buscar puntos de vista lo más abiertos posibles.
- Se han de evitar al máximo los obstáculos como coches, personas, árboles, farolas, etc., ya que interfieren en la futura superficie a restituir.
- Evitar realizar fotografías cuando las fachadas estén muy soleadas ya que se producen imágenes muy blancas por efecto de la sobreexposición o cuando parte de ella esté en sol y sombra ya que se producen imágenes muy contrastadas.

- Se deben tomar las fotografías con la máxima resolución en pixels que permita la cámara fotográfica, con objeto de obtener mayor nitidez y definición necesarias para la posterior asignación de puntos.

La información recopilada en el trabajo de campo se organiza y analiza en el gabinete, para posteriormente procesarla.

## **2.2. Trabajo de gabinete con PhotoModeler**

El proceso de restitución fotográfica realizado con PhotoModeler, se inicia con la selección de las fotografías más adecuadas para la definición del edificio, descartando aquellas que no sean lo suficientemente nítidas, tengan un alto contraste o falta de definición.

Se importan al programa las imágenes por grupos para poder trabajar en diferentes capas de forma independiente, con objeto de particularizar cada una de las fachadas o elementos singulares a dibujar, facilitando así el trabajo. Al tiempo que se importan las imágenes se adjunta la información de la cámara con la que se ha realizado cada fotografía, obtenida de la calibración previa de la cámara y de la información EXIF de cada imagen.

A continuación, se procede a marcar aquellos puntos significativos y de control en diferentes fotografías, permitiéndose generar puntos o líneas que definirán las superficies del objeto. Cada punto marcado (o serie de puntos) se han de corresponder con sus homónimos en las otras fotografías, para así asociarlos y que el programa interprete que es el mismo punto.

Una vez introducidos suficientes puntos, se procederá a una primera orientación, en la que el programa calcula la situación de las cámaras a partir de las intersecciones que se producen en todos los puntos homónimos y transforma los puntos bidimensionales a coordenadas en el espacio.

El siguiente paso consistirá en asignar un plano de referencia (por ejemplo, los ejes X e Y), con el propósito de situar el modelo 3D con respecto a los ejes cartesianos. Además, es necesario asignarle un punto de origen y una medida de referencia para escalar el modelo tridimensional obtenido, lo que permitirá tomar medidas directamente en el modelo.

Se pasa pues a una fase de verificación del error que se ha producido en los puntos marcados. El programa calcula, entre otros datos, el mayor valor residual que se produce en un punto (Largest Residual en pixels) y el Root Mean Square (RMS) Residuals del conjunto de puntos, que facilitarán la búsqueda de errores para su posterior corrección o por lo menos reducción. Es interesante realizar esta tarea después de procesar cada orientación de las cámaras, ya que servirá para verificar la bondad del trabajo realizado hasta ese momento.

Una vez realizado todo este proceso se puede introducir tanta información como sea necesaria para su total representación (nuevos puntos, líneas, curvas u otras entidades gráficas de interés), hasta obtener el modelo en 3D alámbrico.

Posteriormente se pueden asignar al modelo tridimensional superficies de color sólido o texturas [8] extraídas de las propias imágenes. Desde el propio programa se puede corregir el aspecto de las fotografías como el contraste y el brillo, para dar mayor continuidad a la tonalidad de las texturas. Otra forma que permite mayor versatilidad es la utilización de PhotoShop, ya que permite modificar las anteriores propiedades y otras como el tono, saturación y luminosidad entre otros.

Los modelos tridimensionales generados, podrán ser exportados a otros programas en varios formatos de archivo (dxf, 3ds, wrl, etc.), también existe la posibilidad de obtener ortofotos o perspectivas en formato imagen (jpg, tif, bmp, etc.) y la posibilidad de exportar animaciones a formato avi.

## **2.3. Nube de puntos con PhotoModeler**

Para generar la nube de puntos, que será interpretada para generar una superficie 3D, se ha de seguir todos los pasos anteriores. La única particularidad es que hay que añadir pares de fotos estereoscópicas, es decir, con la cámara fotográfica convencional se realizan fotografías lo más ortogonales posibles a la superficie, separadas entre ellas una determinada distancia (Fig.5).

Cuando se realizan restituciones mediante el método por intersección directa se recomienda que las visuales de las fotografías formen un ángulo cercano a 90°, para facilitar el cálculo de dichas intersecciones de aceces, cuando se trabaja con nube de puntos en PhotoModeler es necesario que estos aceces sean paralelos o formen un ángulo muy pequeño, simulando el método estereoscópico.



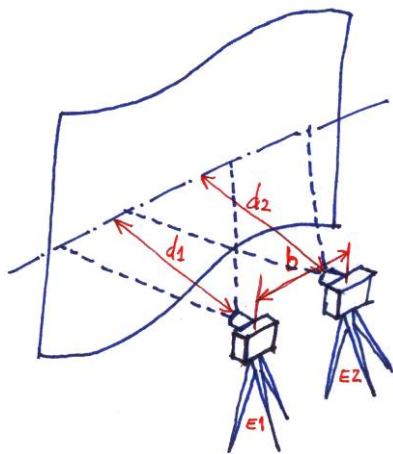


Fig. 5. Esquema de la nomenclatura.

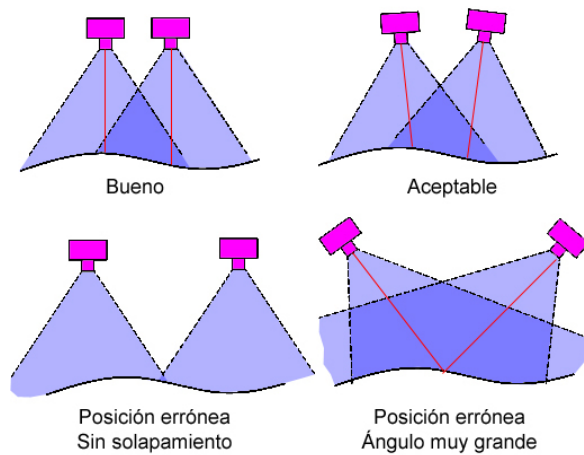


Fig. 6. Distintas posiciones de cámaras [9].

Las condiciones que se han de verificar en las fotografías (Fig. 5 y 6) que formarán parte de los pares estereoscópicos son:

- han de cumplir la relación Base/Altura (Base/Height ratio range) entre 0,1 y 0,5. El parámetro "Base" corresponde a la distancia entre las estaciones, y el valor "Height" corresponde a la distancia media de la estación de la cámara a la superficie,  $H=(d_1+d_2)/2$ .
- y el ángulo entre pares de fotografías ha de ser menor a  $30^\circ$ .

En cuanto al proyecto de PhotoModeler se ha de cumplir que:

- el Error total del proyecto (Total error) sea menor a 1 píxel.
- el punto con mayor residual (Largest Residual) en cualquier fotografías sea menor a 1 píxel.
- el Residual máximo RMS (Maximun RMS Residual) de cualquier punto sea menor de 0,5 píxel.
- la calibración de la cámara ha de ser muy buena, cumpliéndose que el error total sea menor a 1 píxel y el mayor residual sea menor a 0,5 píxel (similar exigencia que al proyecto).
- y es muy recomendable utilizar "subpixel targets" en las fotografías para ayudar en la orientación de la cámara y darle consistencia al proyecto.

Una vez que se han cargado al programa los pares de fotos, y se ha realizado el proceso normal de marcado de puntos y orientación de las cámaras (como un proyecto normal), se ha de "idealizar el proyecto". Este proceso consiste en eliminar las distorsiones de la imagen, quitando cualquier distorsión de la lente, punto principal no centrado, entre otros.

Una vez idealizado el proyecto, se vuelve a procesar y analizar los errores. A partir de aquí se puede trabajar con todo el área de las imágenes o más convenientemente con la selección de una zona de trabajo que ha de solaparse en los pares de fotografías.

El siguiente paso consiste en seleccionar los parámetros de configuración para establecer las bases con las que el programa interpretará los pares de fotos para aporta una aproximación de la superficie analizada consistente en una nube de puntos obtenidos por homología.

La ventaja que conlleva este sistema es que a partir de dicha nube de puntos (de mayor o menor densidad) es posible generar la superficie con la textura del elemento, permitiéndose simplificar (decimate triangles) o no la densidad del triangulado. Además, es posible unir varias nubes de puntos así como editarla para mejorar o completar la superficie de trabajo.

### 3. Resultados

Este estudio se ha realizado en dos partes: un modelo alámbrico de todo el conjunto del edificio y un modelo mediante nube de puntos de la puerta de entrada. Del primero se han extraído las ortofotos de las fachadas para representar los detalles de las mismas mediante sistemas CAD. Del segundo se ha obtenido una ortofoto con mayor detalle de la puerta de entrada al edificio y se ha generado una superficie 3D con mayor realismo.

### 3.1. Fachadas exteriores

Para modelar las fachadas exteriores del edificio mediante el PhotoModeler se han empleado 18 fotografías, 510 puntos, 188 líneas, 5 curvas y 580 3dcara. Se han obtenido las coordenadas relativas y la orientación de las cámaras, información relevante para realizar fotomontajes o animaciones.

En cuanto al análisis de los errores, se ha calculado que el error total del proyecto es de 0,46 pixels, el mayor residual 1,49 pixels y el residual máximo RMS 1,08 pixels. La distancia máxima esperada entre la posición real de un punto y la posición estimada del mismo obtenido en el cálculo como el promedio del error cuadrático medio es de 0,02 metros.

Como resultado se han obtenido las coordenadas de los puntos que forman el modelo 3D, posición de las cámaras y las texturas de las superficies de las fachadas materializadas en ortofotos (Fig. 7).



Fig. 7. Fotocomposición de los alzados de la torre, fachadas norte y oeste.

Además, mediante esta técnica se han recuperado ortofotos de las fachadas a partir de fotografías históricas, que aportan información vital para conocer el estado del edificio en épocas pasadas (Fig. 8 y 9). El principal problema radica en la baja calidad de las imágenes, en los obstáculos (cables aéreos, mobiliario, personas), diferencias de iluminación, zonas ocultas y efectos de profundidad.



Fig. 8. La Calahorra, fotografía histórica [10].

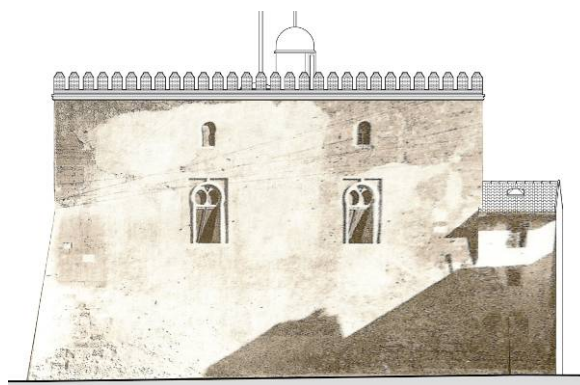


Fig. 9. Fotocomposición de la fachada oeste.

### 3.2. Detalle de la puerta de entrada

Para el modelado de la puerta de entrada mediante nube de puntos se han empleado 5 fotografías, 100 puntos y 20 entidades auxiliares (líneas y arcos). En cuanto al análisis de los errores realizado después de idealizar el proyecto, se ha calculado que el error total del proyecto es de 0,284 pixels, el mayor residual 0,826 pixels y el residual máximo RMS 0,480 pixels. Se han empleado “subpixel targets” en las fotografías para ayudar en la orientación de la cámara y darle consistencia al proyecto.

Se han seleccionado dos fotografías como pares fotogramétricos que tienen una relación Base/Altura de 0,345 y el ángulo que forman es de  $21,2^{\circ}$ . Las otras fotografías forman ángulos más abiertos con objeto de fortalecer el modelo en el cálculo de coordenadas por intersección.

Se ha confeccionado un modelo mediante una nube de puntos (Fig. 11) con una densidad de 20 milímetros de separación entre puntos, con objeto de dotarle de mayor detalle al modelo. Posteriormente se edita la nube de puntos (eliminar ruido) y se procesa el mallado. El resultado consiste en una interpretación de la fisonomía de la puerta de entrada (Fig. 12), en el que se pueden apreciar los detalles, rugosidades e imperfecciones de la superficie, así como el relieve del escudo.



Fig. 10. Ortofoto de la puerta de entrada.



Fig. 11. Nube de puntos de la puerta de entrada.



Fig. 12. Detalle de la zona superior del arco de entrada. Malla texturizada a partir de la nube de puntos.

#### 4. Conclusiones

La fotogrametría arquitectónica es una herramienta muy versátil que facilita la documentación gráfica del estado actual de los edificios. Con las ortofotos generadas con este sistema se facilita en gran medida la representación de los edificios que, junto con otras herramientas como las bases de datos



BIM (Building Information Modeling), permiten almacenar y relacionar grandes cantidades de información para su posterior utilización.

Mediante el perfeccionamiento del software fotogramétrico con cámaras no métricas se está avanzando en nuevas líneas de trabajo. Con el procedimiento desarrollado en esta investigación, se han obtenido diferentes productos gráficos que pueden ser fácilmente utilizados en entornos virtuales tridimensionales.

Con esta herramienta basada en el método estereoscópico, se está avanzando en la interpretación de modelos 3D, ya que no es un modelo exacto sino una estimación que depende sustancialmente de la calidad de las imágenes y de la precisión del operador.

La gran ventaja radica en la total integración en un mismo software del mallado y texturizado, sin la necesidad de realizar procesos intermedios con otras herramientas, además de la facilidad que existe en la simplificación del modelo para hacerlo más manejable en entornos virtuales.

## 5. Citas y Referencias bibliográficas

[1] PÉREZ ÁLVAREZ, Juan A. Apuntes de fotogrametría II. Universidad de Extremadura, Centro Universitario de Mérida, Ingeniería Técnica en Topografía, 2001.

[2] SANTANA CRUZ, Jaime. La fotogrametría digital en el levantamiento de planos de edificios. En: *Informes de la construcción*, vol. 55, nº 488, noviembre-diciembre 2003, p. 31-40.

[3] CÉSPEDES LÓPEZ, M<sup>a</sup> F.; MORA GARCÍA, Raúl T. La Calahorra. Construcción singular. En: *Boletín informativo del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Alicante*. Alicante: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Alicante. Febrero, 2008, núm. 65, p. 16-21.

[4] AYUNTAMIENTO DE ELCHE. Plan Especial de Protección de Edificios y Conjuntos del Término Municipal de Elche. Ayuntamiento de Elche, 1998.

[5] Imagen extraída de la página web "<http://maps.live.com/>" [en línea] [consulta: abril 2009].

[6] BORREGO COLOMER, Marga; SARANOVA ZOZAYA, Rosa. La ciudad islámica de Elche. Fortificación y espacios urbanos. En: *Pobladores de Elche*, nº18. Elche: Asociación histórico-artística Pobladores de Elche, 1996, p. 23-36.

[7] CÉSPEDES LÓPEZ, M<sup>a</sup> F.; MORA GARCÍA, Raúl T.; LOUIS CERECEDA, Miguel. Estudio diagnóstico de la Casa Señorial y Torre de la Calahorra en Elche (ref. 134). En: *V Convención Técnica y Tecnológica de la Arquitectura Técnica (conTART09)*, Albacete, 25-27 marzo 2009. Albacete: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Albacete, 2009, p. 1-11.

[8] Entiéndase el concepto de "textura" en éste ámbito como el aspecto externo que presentan las superficies de las fachadas, las cuales informan del material del que están hechas.

[9] Manual Photomodeler 6.

[10] FALCÓ, Patricio; ORS MONTENEGRO, Miguel. *Elx La ciutat*, tomo I de II, figura 32. San Vicente: Artelibro, 1994.

[11] ASSOCIATED ENGLISH HERITAGE. *Metric Survey Specifications for English Heritage*. Great Western Village: English Heritage, 2000.

[12] ALONSO RODRÍGUEZ, Miguel Ángel; CALVO LÓPEZ, José. Sobre el levantamiento arquitectónico mediante fotogrametría multimagen. En: *Actas XIII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, Valencia, 27-29 mayo 2010. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2010, p. 35-40.

[13] CÁMARA, Leandro. Fotogrametría arquitectónica: fundamentos y aplicaciones. En: *La intervención restauradora en la arquitectura asturiana románico, gótico, renacimiento y barroco*. Oviedo: Universidad de Oviedo, 1999, p. 85-95.