

## APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA EN EL LEVANTAMIENTO GRÁFICO DE LA IGLESIA DE SAN JOSÉ EN ELCHE

### PHOTOGRAMMETRY USED IN THE GRAPHIC SURVEYING OF THE SAN JOSÉ CHURCH IN ELCHE

**Raúl Tomás Mora García**

Profesor asociado

[rtmg@ua.es](mailto:rtmg@ua.es)

**M<sup>a</sup> Francisca Céspedes López**

Profesora asociada

[paqui.cespedes@ua.es](mailto:paqui.cespedes@ua.es)

**Miguel Louis Cereceda**

Catedrático

[miguel.louis@ua.es](mailto:miguel.louis@ua.es)

Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Alicante  
Carretera San Vicente del Raspeig s/n, 03080 San Vicente del Raspeig. Alicante. España  
Teléfono. +34 965903677  
Fax. +34 965903702

**Palabras clave:** Arquitectura, Fotogrametría, Patrimonio, Iglesia

**Key words:** Architecture, Photogrammetry, Heritage, Church

#### Resumen

La Iglesia de San José en Elche, situada en la provincia de Alicante (España), está declarada Bien de Interés Cultural. Es una construcción de estilo barroco que se comenzó a ejecutar en el año 1561. San José formaba parte del convento franciscano de la población, donde actualmente se sitúa la Biblioteca Municipal. Aún siendo una construcción tan singular, no existe información gráfica de la misma, por lo que se considera necesario documentarla. Para ello, se van a utilizar sistemas tradicionales de levantamientos gráficos junto con otros sistemas más actuales y económicos como es la fotogrametría por intersección directa.

Se pretende comprobar la fiabilidad de la fotogrametría frente a los sistemas tradicionales empleados en la documentación gráfica del Patrimonio edificado. Además, se busca generar ortofotos de las fachadas para representar texturas en verdadera magnitud. Otra finalidad del estudio es dar a conocer el patrimonio arquitectónico de nuestras ciudades mediante el empleo de las nuevas tecnologías.

La metodología empleada para la resolución de esta investigación se ha basado en métodos analíticos, fundamentados principalmente en la observación científica y en la medición cuantitativa. Los materiales empleados han sido: cámaras digitales, medidor láser, nivel láser, estación total con medición directa sin prima, software AutoCAD 2006 y PhotoModeler 6.

Con esta investigación se ha generado documentación gráfica del edificio que describe su estado actual. Se cree necesaria la utilización de la fotogrametría en todo levantamiento del patrimonio edificado, por ser un sistema del que se extrae mucha información y al mismo tiempo es accesible económicamente, fácil y rápido de utilizar.

Se concluye con el estudio que los resultados de la fotogrametría dependen de la escala a la que se va a grafiar el dibujo, puesto que las zonas más alejadas y de peor visibilidad pueden suponer errores no aceptables. Por ello se recomienda complementar la toma de datos mediante sistemas tradicionales topográficos.

## Abstract

The church of San José in Elche, in the province of Alicante (Spain), has been declared a Site of Special Cultural Significance. Begun in 1561, the baroque church formed part of the town's Franciscan convent and now houses the Elche Municipal Library.

Despite the uniqueness of this building, no graphic information existed and it was thus deemed necessary for it to be documented. Traditional graphic surveying systems were used, together with more up-to-date and cheaper systems, including direct-intersection photogrammetry.

The aim was to determine the reliability of photogrammetry compared with traditional systems used in graphically documenting heritage buildings. A second objective was to produce orthophotos of the church's exterior to present its textures in true dimensions. The study also aimed to raise awareness of the architectural heritage of our towns through the use of new technologies.

The research for this project used analytical methods involving mainly scientific observation and quantitative measurement. The following materials were used: digital cameras, laser meter, laser level, prismless total station, and AutoCAD 2006 and PhotoModeler 6 software.

The research produced graphic documentation of the building in its current condition. Photogrammetry was deemed necessary for all surveying of the building, as it is an affordable system that is both fast and easy to use, and extracts detailed information.

This study can conclude that results from photogrammetry depend on the scale at which the image is to be shown, as unacceptable errors may result from more distant and less visible areas. It is therefore recommended for all data gathered to be complemented with traditional systems of topography.

## 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 religioso en Elche, la iglesia de San José. Para ello se procede a confeccionar un levantamiento gráfico de sus fachadas e interiores, utilizando sistemas tradicionales.

La necesidad de graficar la fisonomía de las fachadas para su posterior análisis en intervenciones, requieren de otros sistemas más específicos y que aporten mayor información.

Uno de los sistemas que cubren estas necesidades es la fotogrametría. La ASPRS<sup>1</sup> 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).

Dentro de la fotogrametría existen varios métodos:<sup>2</sup> 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.

<sup>1</sup> Asociación Americana de Fotogrametría y Teledetección. Definición realizada en la 4ª edición del Manual of Photogrammetry.

<sup>2</sup> Santana Cruz, Jaime. La fotogrametría digital en el levantamiento de planos de edificios, p. 31.

En este estudio se decide adoptar el método por intersección directa por el bajo coste económico del equipo necesario, rapidez y fiabilidad del sistema así como su facilidad de utilización.

El objetivo principal que se propone es el generar una documentación gráfica actual y fidedigna (plantas, alzados, perspectivas y ortofotos), así como la realización de un modelo tridimensional que ayude a la comprensión constructiva y arquitectónica del edificio.

Además, se pretende comprobar la fiabilidad del método por intersección directa basado en fotogrametría digital comparándolo con las técnicas tradicionales de levantamientos gráficos.

### 1.1 Antecedentes

La iglesia de San José está emplazada en la ciudad de Elche, provincia de Alicante (España), al oeste del río Vinalopó, y tiene su acceso desde la plaza de los Reyes Católicos.

Es un edificio público declarado Bien de Interés Cultural y está clasificado en el Plan Especial de Protección<sup>3</sup> con un grado de protección Integral, debiéndose conservar la totalidad del conjunto: convento, iglesia y capilla.

En la actualidad forma parte de un conjunto constituido por la capilla de la Orden Tercera, la Biblioteca y el Archivo Municipal.

San José comenzó a ejecutarse en el año 1561, por lo que estuvo influenciado por el final de la arquitectura renacentista y principios del barroco, siendo por tanto un edificio de transición.

**Figura 1. Entorno de la Iglesia de San José**



Fuente: Disponible en Internet maps.live.com [en línea] [consulta: abril 2009].

### 1.2 Descripción del edificio<sup>4</sup>

La fachada principal, está formada por una portada sencilla rematada con un arco recto de sillería. Sobre la portada, para iluminar el coro, se disponen de tres ventanas de iguales dimensiones con doble derrame, con dintel recto por el exterior y abocinado en el interior. El alzado está coronado por un frontón rectangular en el que queda embebida la espadaña, que a su vez se remata con una pequeña cornisa con tres pequeños pináculos.

<sup>3</sup> Ayuntamiento de Elche. Plan Especial de Protección de Edificios y Conjuntos del Término Municipal de Elche. Ficha nº 17.

<sup>4</sup> Céspedes, M<sup>a</sup> Francisca; et al. Estudio diagnóstico de la Iglesia de San José en Elche. Grietas y fisuras, p. 789 y 790.

El muro de esta fachada se ha resuelto con un zócalo de sillería sobre el que se dispone una fábrica de tapia valenciana, en la que se puede observar la disposición de los ladrillos a soga (fig. 2). El resto de fachadas quedan ocultas por otras construcciones, a excepción de parte de la fachada sur y oeste. En la actualidad se está ampliando la capilla de la Orden Tercera como sala de exposiciones, lo que ha conllevado ocultar totalmente la parte posterior del edificio, quedando sólo visible la fachada principal. La iglesia está resuelta por una planta con forma de cruz latina, con una única nave central cubierta con bóvedas vaídas separadas por arcos fajones.

Los contrafuertes de estos arcos quedan ocultos por capillas laterales de planta cuadrada cubiertas con bóvedas bizantinas rematadas con linternas. La nave central se une a estas capillas mediante arcos formeros y las capillas quedan unidas entre sí y al transepto mediante arcos de medio punto. Las columnas de la nave central están decoradas por impostas en su base y cornisas a distinta altura. (fig. 3) Situado próximo al altar y adosado al segundo pilar entrando a mano izquierda existe un púlpito, al cual se accede mediante una grada lateral (fig. 4). La nave está pavimentada con baldosa hidráulica en color blanco y negro formando un lienzo ajedrezado.

**Figura 1. Fachada principal de la Iglesia**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2. Nave central y crucero**



Fuente: Elaboración propia.

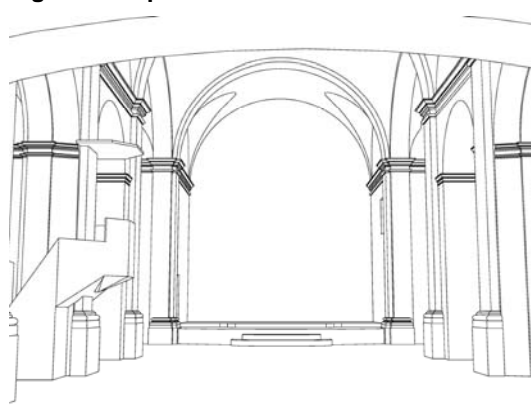
El transepto está formado por una única nave central cubierta con bóvedas vaídas, decoradas con lunetos esféricos en los laterales y en el centro con pinturas al temple. El crucero está cubierto por una bóveda vaída de mayor altura que el resto de la nave, rodeado de arcos formeros que delimitan su espacio (figura 3). El centro de la bóveda vaída y las enjutas están decoradas con pinturas. El presbiterio queda elevado del resto de la nave con tres peldaños, cubierto por una bóveda de cañón decorada con lunetos esféricos. El coro se sitúa en alto, a la entrada del templo y está cubierto con una bóveda de cañón con lunetos esféricos (figura 3).

**Figura 3. Vista interior de la nave central**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 4. Representación tridimensional.**



Fuente: Elaboración propia.

## 2. Materiales y métodos

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

- Instrumental para el levantamiento gráfico:
  - o Medidor láser marca Würth modelo WDM-200, para tomar medidas.
  - o Nivel láser automático marca Würth modelo WLA-N° 07147301, para obtener diferencias de cotas tanto interiores como exteriores de la nave.
  - o 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:
  - o Cámara digital Pentax Optio S7 de 7.38 Mpixel de resolución máxima 3072x2304 pixels, convenientemente calibrada en PhotoModeler.
  - o Cámara digital Minolta Dimage 7i de 5 Mpixels de resolución máxima 2560x1920 pixels, con objetivo Raynox High Quality Wide Angle Lens 0.66X, convenientemente calibrada en PhotoModeler.
- Software necesario en los trabajos de gabinete:
  - o AutoCAD 2006 para dibujo vectorial asistido por ordenador, necesario para la confección de planos en 2D y modelos 3D.
  - o PhotoModeler 6 para la reconstrucción de los alzados, obtención de ortofotos y modelo 3D.
  - o Adobe PhotoShop 7 para el tratamiento y retoque de las imágenes digitales.
  - o Microsoft Excel para el tratamiento de los resultados con métodos estadísticos.

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 para su correcta representación, además de la toma de información fotográfica necesaria para su posterior restitución.

Para documentar las coordenadas relativas de puntos de las fachadas se utilizó una estación total con medición directa sin prisma, utilizando la metodología de la topografía clásica, midiendo los correspondientes puntos que definen el contorno, huecos y otros elementos de interés propios de las fachadas.

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. Serán necesarios un mínimo de tres 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 90°, permitiéndose valores hasta de 60°. 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.
- 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.
- 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.

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

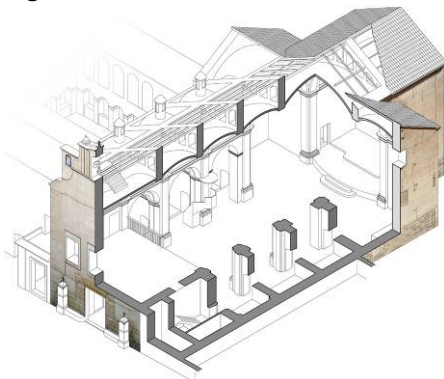
## 2.2 Trabajo de gabinete con AutoCAD

Mediante el programa informático AutoCAD 2006 de Autodesk junto con los croquis y cotas obtenidos se procede a la puesta a escala. Se inician los trabajos mediante la realización de los planos de plantas y de forma ascendente hasta el de cubiertas. Seguidamente se representan los alzados y las secciones verticales necesarias para definir alturas.

Cuando se ha materializado esta información se puede iniciar la elaboración del modelo tridimensional mediante CAD, con el empleo de las herramientas de sólidos (extrusión, revolución, corte,...) y las herramientas de edición de sólidos (unión, diferencia, intersección,...). Para modificar objetos en 3D se tienen herramientas específicas como alinear, girar 3D o simetría 3D, así como herramientas de visualización como punto de vista, orbita 3D, sombra o vistadin.

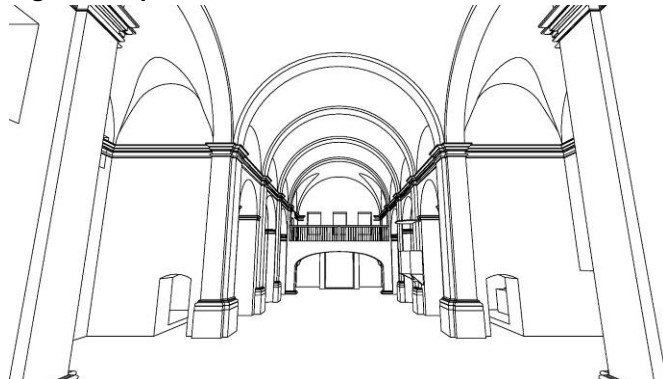
Generar edificios mediante este sistema, a partir de los planos arquitectónicos, permite confeccionar planos de secciones y perspectivas en axonometría o cónico desde cualquier punto de vista. (figs. 6 y 7)

**Figura 5 Sección en axonométrico**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 6 Representación tridimensional interior**



Fuente: Elaboración propia

## 2.3 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. 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.

Una vez introducidos suficientes puntos, el programa procesa la información con la finalidad de orientar las imágenes y transformar los puntos bidimensionales a coordenadas en el espacio. En este estudio se han empleado 14 fotografías y 226 puntos para la definición del volumen.

El siguiente paso consistirá en asignar un plano de referencia (por ejemplo, los ejes X e Y), con el propósito de orientar el modelo 3D con respecto a los ejes cartesianos. Además, es necesario asignarle una medida de referencia para escalar el modelo tridimensional obtenido.

Una vez realizado todo este proceso se puede introducir tanta información como sea necesaria para su representación (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 extraídas de las propias imágenes.

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

### 3. Resultados y discusión

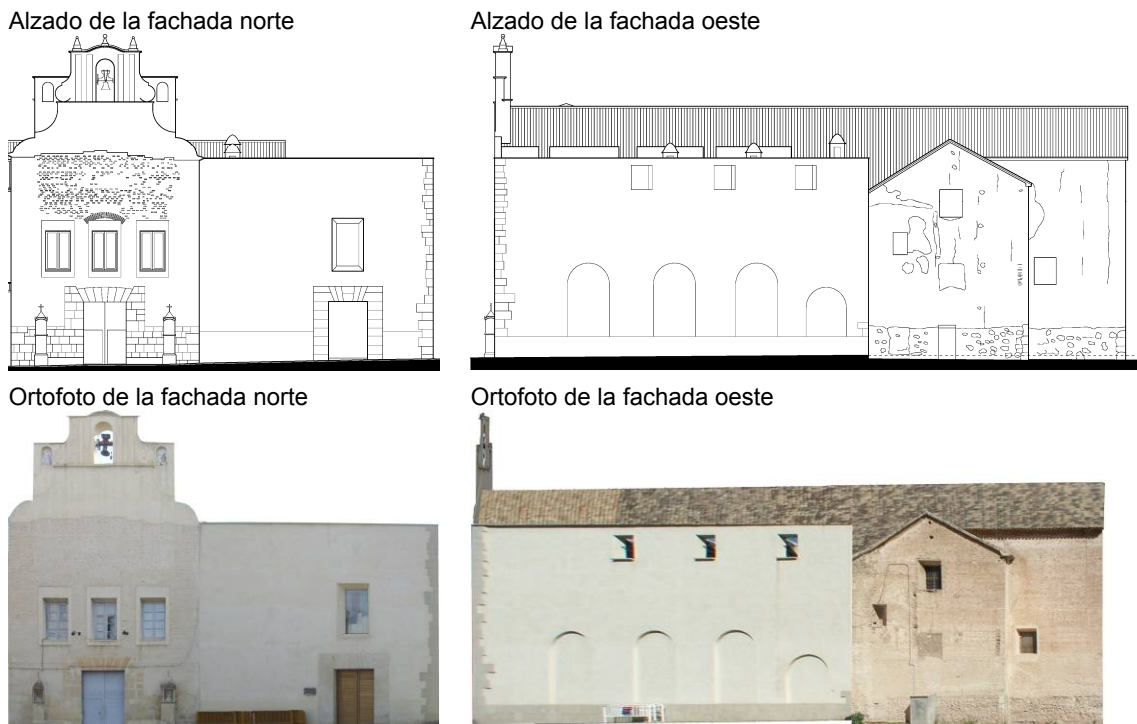
#### 3.1 Documentación gráfica

Los resultados obtenidos han sido, en primer lugar, las plantas del edificio, los alzados y las secciones de los planos arquitectónicos (fila superior de la figura 8), que documentan la situación actual del edificio.

Como resultado de la restitución fotogramétrica con Photomodeler se obtienen las fachadas como ortofotos (fila inferior de la figura 8), siendo una proyección ortogonal que permite la medición directa sobre la misma. Además, aporta información del relieve (despieces de mampostería, lesiones, instalaciones, elementos decorativos, etc.) sin necesidad de recurrir a la definición pormenorizada de los detalles en la toma de datos de campo.

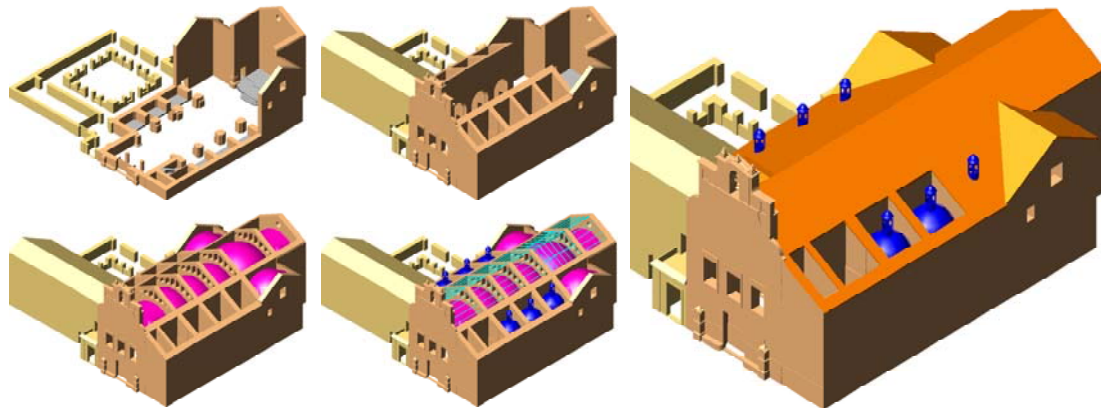
Con el archivo tridimensional generado en AutoCAD mediante sólidos, se han recreado perspectivas axonométricas y cónicas, tanto de exteriores como de interiores (figura 9). Además, se ha confeccionado un esquema en tres dimensiones en el que se representan los diferentes elementos constructivos que lo componen (muros de carga, arcos formeros y fajones, cúpulas bizantinas, bóvedas de cañón, vaídas y el sistema estructural de la cubierta), dando una visión espacial del conjunto.

**Figura 7. Alzados y ortofotos de las fachadas norte y oeste**



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Esquema en tres dimensiones de los elementos constructivos



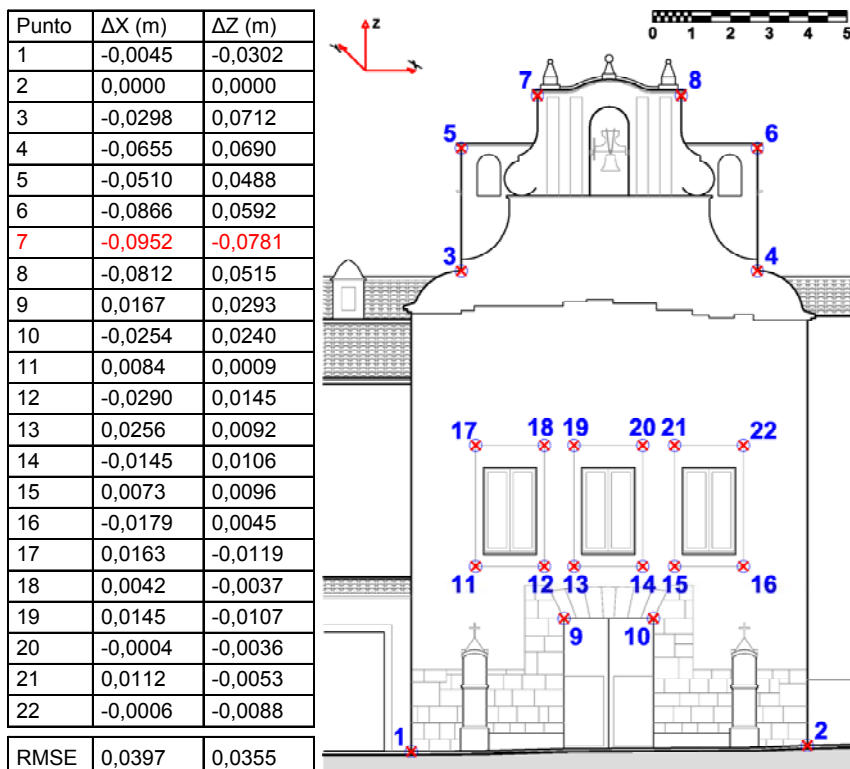
Fuente: Elaboración propia

3.2 Comparativa entre levantamiento tradicional y PhotoModeler

Para el análisis comparativo entre las dos técnicas de levantamiento gráfico ha sido necesario extraer una parte del conjunto, la fachada principal, la cual será objeto de un estudio pormenorizado. Se trata de verificar la correlación existente entre las coordenadas XYZ de varios puntos determinados de la fachada principal, que sirvan para el control y análisis de la misma.

Se han señalado 22 puntos de control (figura 10), de los que se han extraído sus coordenadas cartesianas relativas, desde los resultados obtenidos por medio de la estación total y por la fotogrametría. Para ello se han superpuesto ambos alzados en el programa AutoCAD, desde el cual se determinan las coordenadas de los puntos obtenidos desde cada sistema y se expresan en metros.

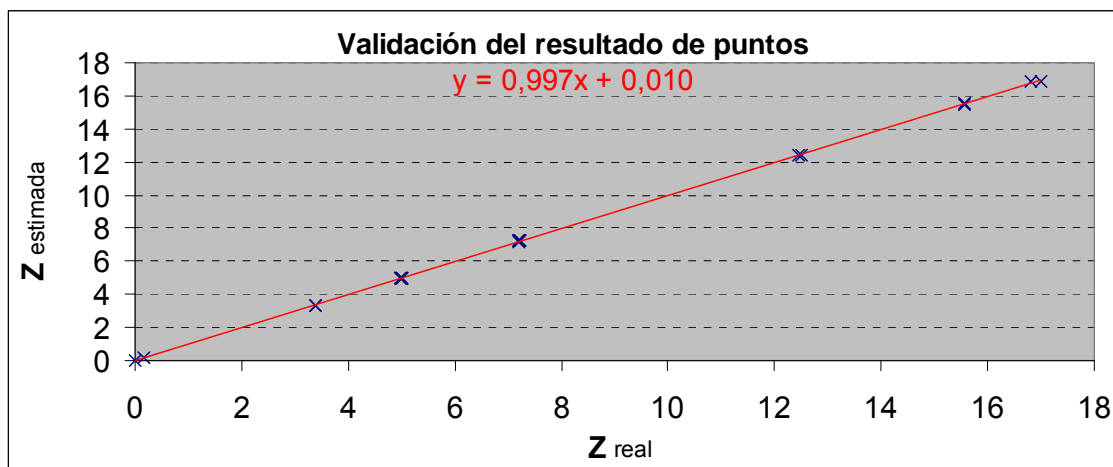
Figura 9. Localización de puntos, cálculo del RMSE



Fuente: Elaboración propia.



Figura 11. Función de regresión para el eje Z



Fuente: Elaboración propia.

Se adopta como datos de referencia los obtenidos por el levantamiento con la estación total (*coordenada real*), y los datos de la fotogrametría como información a verificar (*coordenada estimada*).

Una vez recopiladas todas las coordenadas se ordenan en una hoja de Excel, y se evalúa estadísticamente la eficacia de la fotogrametría utilizando el RMSE<sup>5</sup>, según la fórmula indicada abajo. Para ello se realiza la raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de los errores verdaderos. Los errores verdaderos son las diferencias existentes entre cada coordenada de ambos sistemas, obteniendo una tabla de resultados de ΔX e ΔZ (tabla a la izquierda en la figura 10).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i^{estim} - x_i^{real})^2}{n}}$$

El error cuadrático medio obtenidos para cada eje, X=0,0397 m y Z=0,0355 m, se considera aceptable, detectándose el mayor diferencial en el punto 7, y concentrándose la mayor proporción de errores entre los puntos del 3 al 8, correspondiendo a los puntos de mayor altura y peor visibilidad. Si en el análisis del RMSE se eliminan los puntos del 3 al 8 se obtienen valores de error un 60% menores, X=0,0152 m y Z=0,0143 m.

En la parte inferior de la figura 10 se representa la función de regresión de las coordenadas en el eje Z, tomándose en el eje de abscisas los valores obtenidos por la estación total (Z<sub>real</sub>) y en el eje de ordenadas los valores de la fotogrametría (Z<sub>estimada</sub>).

#### 4. Conclusiones

Se considera que se cumple el objetivo principal propuesto, ya que se ha realizado la documentación gráfica necesaria y precisa para poder reflejar el estado actual de la iglesia de San José. El modelo tridimensional realizado como sólido en AutoCAD presenta grandes ventajas puesto que permite generar vistas de cualquier parte del edificio, aportando claridad a la información suministrada.

La información aportada por las ortofotos es de gran interés y utilidad, ya que reducen el tiempo de toma de datos en campo y permiten precisar con más exactitud las particularidades de cada fachada o elemento a estudiar.

<sup>5</sup> Root Mean Square Error o Error cuadrático medio.

Se observa que los resultados obtenidos en este caso de estudio, a través de la fotogrametría por el método de intersección directa, son fiables.

Se ha de tener precaución con aquellos puntos más alejados y de peor visibilidad, ya que dan errores que pueden llegar a no ser válidos en función de la escala de trabajo. Por ello, se debe complementar la toma de datos en campo con sistemas tradicionales topográficos, siempre que se dé esta posibilidad.

Se cree necesaria la utilización de la fotogrametría en todo levantamiento del patrimonio edificado, por ser un sistema del que se extrae mucha información y al mismo tiempo es accesible económicamente, fácil y rápido de utilizar.

## Bibliografía

- Arias, Pedro; Caamaño, Carlos; et al. Fotogrametría digital de objeto cercano: una técnica alternativa para el conocimiento y conservación del patrimonio rural. En: VII Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación. Lanzarote: CICOP, 2004.  
<[http://webs.uvigo.es/grupotf1/research/Arias\\_Caamano\\_Lorenzo\\_Badaoui.pdf](http://webs.uvigo.es/grupotf1/research/Arias_Caamano_Lorenzo_Badaoui.pdf)> [consulta: abril 2009].
- ASPRS. Manual of Photogrammetry. Bethesda: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1980.
- Associated English Heritage. Metric Survey Specifications for English Heritage. Great Western Village: English Heritage, 2000.
- Ayuntamiento de Elche. Plan Especial de Protección de Edificios y Conjuntos del Término Municipal de Elche. Ayuntamiento de Elche, aprobado provisionalmente por el Excmo. Ayuntamiento en sesión del 8 de mayo de 1998.
- Céspedes, M<sup>a</sup> Francisca; Mora, Raúl T.; et al. Estudio diagnóstico de la Iglesia de San José en Elche. Grietas y fisuras. En: Actas del 3er Congreso de Patología y Rehabilitación de Edificios. Oporto: Comisión Organizadora de Patorreb2009, 2009. Vol. II, p. 787-792.
- Erwes, Herbert J. B.; da Silva Prado, Walter; et al. Valuation of orthorectification by use of photomodeler software. En: CIPA XIXth International Symposium in Antalya. Turkey: CIPA Heritage Documentation, 2003.  
<<http://cipa.icomos.org/fileadmin/papers/antalya/75.pdf>> [consulta: abril 2009].
- García León, Josefina; Felicísimo, Angel M.; et al. A methodological proposal for improvement of digital surface models generated by automatic stereo matching of convergent image networks. En: Geo-Imagery Bridging Continents, XX ISPRS Congress. Istanbul: IAPRS, 2004, Vol. XXXV, p. 59-63.  
<<http://www.isprs.org/congresses/istanbul2004/comm5/papers/522.pdf>> [consulta: abril 2009].
- Martins Gomes, Camillo J.; da Silva Prado, Walter ; et al. A Photogrammetric Project in Brazil: the Use of the PhotoModeler Software. En: CIPA's XVIIth International Symposium in Olinda. Brazil: CIPA Heritage Documentation, 1999. <<http://cipa.icomos.org/fileadmin/papers/olinda/99c313.pdf>> [consulta: abril 2009].
- Pereira, Zulmira; Morgadob, Ana; et al. Comparison of different approaches to create architectural archives. En: Geo-Imagery Bridging Continents, XX ISPRS Congress. Istanbul: IAPRS, 2004, Vol. XXXV, p. 552-557. <<http://www.isprs.org/congresses/istanbul2004/comm5/papers/615.pdf>> [consulta: abril 2009].
- Pérez Álvarez, Juan A. Apuntes de fotogrametría II. Universidad de Extremadura, Centro Universitario de Mérida, Ingeniería Técnica en Topografía, 2001.
- Santana Cruz, Jaime. La fotogrametría digital en el levantamiento de planos de edificios. En: Informes de la construcción, vol. 55, n° 488, noviembre-diciembre 2003, p. 31-40.