



ETSI GEODÉSICA, CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA

**MODELIZADO TRIDIMENSIONAL DE LA ERMITA DE
NUESTRA SEÑORA DEL LLUCH EN ALZIRA (VALENCIA)**



Autor:

M^a Angeles Francisco DiazHellin

Tutor:

Ramón Pons Crespo

DICIEMBRE 2014

1	OBJETO DEL TRABAJO FINAL DE GRADO.	1
2	INTRODUCCIÓN.	2
3	LOCALIZACIÓN.	3
4	USOS Y PROTECCIONES DEL EDIFICIO.	4
5	HISTORIA Y ARQUITECTURA DEL EDIFICIO.	5
6	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL TFG.	8
6.1	INTRODUCCIÓN.	8
6.2	TOMA DE DATOS.	10
6.2.1	<i>Documentación previa.</i>	10
6.2.2	<i>Material fotográfico utilizado.</i>	10
6.2.3	<i>Calibración de la cámara.</i>	13
6.2.4	<i>Toma de fotografías.</i>	18
6.3	GENERACIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL.	22
6.3.1	<i>Creación del proyecto.</i>	23
6.3.2	<i>Orientación de las fotografías.</i>	25
6.3.3	<i>Introducción de puntos homólogos.</i>	27
6.3.4	<i>Precisión del modelo.</i>	28
6.3.5	<i>Escalado, orientación y traslación del modelo.</i>	30
6.3.6	<i>Generación de geometrías.</i>	34
6.3.7	<i>Aplicación de texturas.</i>	36
6.4	GENERACIÓN DE ORTOFOTOS.	40
6.5	GENERACIÓN DE PLANOS.	42
6.6	ANIMACIÓN 3D.	43
7	CONCLUSIONES.	45
8	FUENTES DE INFORMACIÓN.	47

1 OBJETO DEL TRABAJO FINAL DE GRADO.

La defensa y presentación del presente Trabajo Final de Grado (en adelante TFG), que consiste en el Modelizado Tridimensional de la Ermita de Nuestra Señora del Lluch en Alzira (Valencia), tiene como fin la obtención de la titulación de Grado en Ingeniería Geomática y Topografía.

2 INTRODUCCIÓN.

El TFG ha consistido en la realización del modelado tridimensional de La Ermita Nuestra Señora del Lluch en Alzira a partir de la toma de fotografías utilizando una cámara digital convencional y el software de restitución fotográfica Photomodeler. Una vez generado el modelo, se han obtenido tanto la planimetría y altimetría del edificio como las ortoimágenes de los alzados verticales del mismo y finalmente una animación 3D del modelado.

3 LOCALIZACIÓN.

La ermita se encuentra ubicada al este del casco urbano del municipio de Alzira en la provincia de Valencia concretamente sobre la cima de la Muntanyeta de San Salvador (ver Ilustración 1).

Ilustración 1.- Localización en Google Maps.



4 USOS Y PROTECCIONES DEL EDIFICIO.

Según el Catálogo de Bienes y Espacios protegidos del vigente Plan General de Ordenación Urbana del municipio de Alzira, el edificio de la Ermita de Nuestra Señora del Lluch se encuentra catalogado en el Inventario de Bienes e Inmuebles con un grado de interés alto y una protección integral, siendo su uso religioso y turístico (ver Ilustración 2).

Ilustración 2.- Ficha del Catálogo de Bienes Inmuebles.

CATÁLOGO DE BIENES Y ESPACIOS PROTEGIDOS		
AYUNTAMIENTO DE ALZIRA - OFICINA DEL PLAN		
DENOMINACIÓN: Santuario de la Virgen del Lluch LOCALIZACIÓN: Montanyeta de San Salvador. Nº CATASTRAL: 30710/01	INVENTARIO DE BIENES INMUEBLES	FICHA Nº I-80/A
		ZONA DE ORDENANZAS: Suelo Urbano (zona verde)
		GRADO DE INTERÉS: Alto
		INTERÉS INTERIOR: Alto
		PROTECCIÓN: Integral
		DIRECTRICES PART.: Bien Relevancia Local ver en ficha /B
FECHA Y AUTOR: [1 926-1950] 1994-1965. DESCRIPCIÓN: Edificio construido sobre una antigua ermita, se configura en planta de cruz latina, con bóveda de crucería. Consta de tres naves con arco de medio punto. OBSERVACIONES: Cruz de torja exfoliar. Referencia A-26 Inventario Arqueológico. ELEMENTOS IMPROPIOS: La planta baja semicircular. ELEMENTOS DE INTERÉS: Toda. Valor etnológico por su carácter religioso.		

CATÁLOGO DE BIENES Y ESPACIOS PROTEGIDOS																																															
AYUNTAMIENTO DE ALZIRA - OFICINA DEL PLAN																																															
DATOS DE LA PARCELA Nº CATASTRAL: 30710/01 LONGITUD DE FACHADA: m FONDO: m SUPERFICIE: m ²	EDIFICACIÓN Y USOS Nº DE PLANTAS: ALTURA: USO DE LA PLANTA BAJA: USO DEL RESTO DE PLANTAS:	FICHA Nº I-80/B																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ELEMENTO</th> <th>TIPO o MATERIAL</th> <th>ESTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ESTRUCTURA</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MUROS</td> <td>Mampostería y Ladrillo</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>FORJADOS</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CUBIERTA</td> <td>Inclinada de teja</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>REMATE</td> <td></td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>DINTELES</td> <td>Ladrillo</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>ELEMENTOS VOLADOS</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CARPINTERIA</td> <td>Madera</td> <td>LE</td> </tr> <tr> <td>REJERIA</td> <td></td> <td>LE</td> </tr> <tr> <td>BAJANTES</td> <td></td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>HUMEDADES</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>REVESTIMIENTOS</td> <td>Enfoscado y Ladrillo</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>PINTURAS</td> <td>Sin pintar</td> <td>LP</td> </tr> <tr> <td>ELEM. ORNAMENTALES</td> <td>Ladrillo</td> <td>B</td> </tr> </tbody> </table>	ELEMENTO	TIPO o MATERIAL	ESTADO	ESTRUCTURA			MUROS	Mampostería y Ladrillo	B	FORJADOS			CUBIERTA	Inclinada de teja	B	REMATE		B	DINTELES	Ladrillo	B	ELEMENTOS VOLADOS			CARPINTERIA	Madera	LE	REJERIA		LE	BAJANTES		B	HUMEDADES			REVESTIMIENTOS	Enfoscado y Ladrillo	B	PINTURAS	Sin pintar	LP	ELEM. ORNAMENTALES	Ladrillo	B	ASPECTO GLOBAL: B	B : buen estado LP: d. leves puntuales LE: d. leves extendidos GP: d. graves puntuales GE: d. graves extendidos
ELEMENTO	TIPO o MATERIAL	ESTADO																																													
ESTRUCTURA																																															
MUROS	Mampostería y Ladrillo	B																																													
FORJADOS																																															
CUBIERTA	Inclinada de teja	B																																													
REMATE		B																																													
DINTELES	Ladrillo	B																																													
ELEMENTOS VOLADOS																																															
CARPINTERIA	Madera	LE																																													
REJERIA		LE																																													
BAJANTES		B																																													
HUMEDADES																																															
REVESTIMIENTOS	Enfoscado y Ladrillo	B																																													
PINTURAS	Sin pintar	LP																																													
ELEM. ORNAMENTALES	Ladrillo	B																																													
FECHA DE LA TOMA DE DATOS: diciembre de 1994 PROPIEDAD: Municipal DIRECTRICES PARTICULARES DE INTERVENCIÓN: Se permitirán obras de restauración. Será de aplicación el artículo 46 de la Ley 4/98, de 11 de Junio del Patrimonio Cultural Valenciano FUENTES Y REFERENCIAS: La ermita del Salvador Sta. Maria del Lluch, tradición e historia. Eduardo Part Dalmau. 1986. Folla pintor Teodoro Andreu Alzira, toponimia, imágenes y documentos. Aureliano Lairón Pla. 1985. Folla Carní Nou. Alzira, estudios artísticos. Bernardo Montañana Pizaro. 1989. Folla Plaza Mayor. VV.AA. Catálogo de Monumentos de la Comunidad Valenciana. Conselleria de Cultura, Educació y Ciència. 1983																																															

5 HISTORIA Y ARQUITECTURA DEL EDIFICIO.

El origen del actual santuario radica en el antiguo ermitorio dedicado a San Salvador, que fue construido entre finales del siglo XIII y principios del XIV.

Históricamente el primer dato que hace referencia al culto a Nuestra Señora del Lluch, es del 5 de Agosto de 1699, fecha en la que es trasladada en procesión la imagen de la Virgen desde la antigua Villa hasta el ermitorio. Desde este momento, comienza a ser denominado por las autoridades locales y por el pueblo, indistintamente, por una de las dos devociones: del Salvador o Nuestra Señora del Lluch, hasta que poco después, al decaer el culto al Salvador, pasa a ser conocida principalmente como ermita de Nuestra Señora del Lluch.

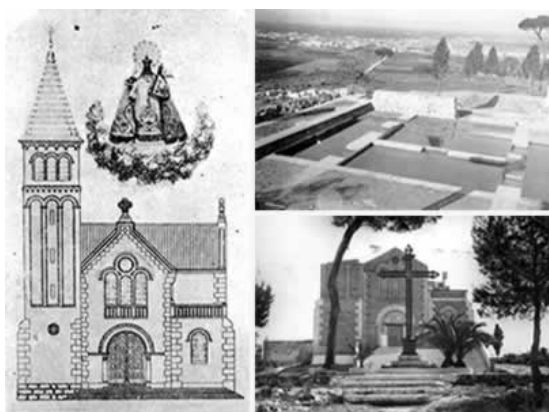
El deterioro del antiguo ermitorio (ver Ilustración 3) dio lugar a la decisión de construir un nuevo templo para albergar la imagen de la patrona de la ciudad, de manera que este deja de prestar el servicio religioso y queda únicamente como vivienda de los ermitaños.

Ilustración 3.- Fotografía del antiguo Santuario tomada en 1923.



Las obras de la nueva ermita comienzan en 1927, aunque por causas políticas durante los años treinta las obras se ralentizan (ver Ilustración 4).

Ilustración 4.- Alzado principal del Santuario y fotografías de las obras.



En 1935 la imagen de la virgen se traslada al nuevo templo todavía sin terminar y en 1936 es destruida debido a la persecución religiosa durante la Guerra Civil, periodo en el cual el nuevo templo es confiscado y utilizado como polvorín.

En 1939 se recupera de nuevo el uso religioso, siendo necesario realizar algunas obras para entronizar la nueva imagen de la Virgen del Lluch. Las obras finales vuelven a paralizarse durante la postguerra debido a las circunstancias económicas del momento, ya que se da preferencia a la restauración del resto de parroquias alzireñas dañadas durante la guerra.

Durante la postguerra tan solo se realizan pequeñas intervenciones y es a partir de 1956 cuando la Cofradía de la Virgen asume la responsabilidad de finalizar las obras en el menor tiempo posible.

La construcción culmina en 1966 con la coronación del campanario.

El histórico ermitorio de San Salvador, que albergó la casa de los ermitaños hasta un año antes, es derribado en 1985 por las autoridades municipales, desapareciendo así una de las edificaciones más antiguas del municipio.

En 1990 se declaró un incendio que obligó a la restauración del interior por parte del pintor alzireño Francesc Goig del Poyo. En dicho año también se remató el campanario con su característico chapitel de bronce.

En cuanto a la arquitectura del edificio, el templo se inspira en el estilo románico cluniacense. Su fábrica es de ladrillo, con estucados en algunos puntos imitando sillares de piedra. La cubierta es a dos aguas, tanto en la nave central como en el crucero.

En la fachada principal podemos apreciar que el arco de la puerta principal es de medio punto, con columnas y arquivolta. Sobre ella se abre un ventanal triple, también de medio punto y más arriba, un óculo con rosetón. La fachada queda rematada en frontón triangular coronada por una cruz de piedra.

La torre campanario se alza en el lado izquierdo, está formada por tres cuerpos, en el último de los cuales se abren los cuatro huecos para las campanas y rematada en un agudo chapitel de bronce.

Tanto en el lado derecho como en el izquierdo tiene una falsa nave y aprovechando los contrafuertes una terraza que circunda la práctica totalidad del edificio (ver lustración 5).

lustración 5.- Estado actual de la ermita.



El interior de la ermita es de planta basilical donde se aprecia la nave principal y las dos hiladas laterales de falsas naves que se extienden entre los contrafuertes. Sobre las capillas laterales y el coro se abren 18 vistosas vidrieras con motivos alusivos al culto mariano y a la historia de Alzira, realizadas en 1975 por el taller de López i Aparisi. En el centro del presbiterio se halla un baldaquín barroco de mármol y madera policromada, obra de Elies Cuñat, en cuyo interior se venera la imagen de la Virgen del Lluch, tallada por Antoni Ballester tras ser destruida la Virgen original en 1936.

6 MEMORIA DESCRIPTIVA DEL TFG.

6.1 INTRODUCCIÓN.

La técnica que se ha empleado para obtener el modelo 3D de la ermita a partir de fotografías 2D se denomina Fotogrametría.

Según la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS), la Fotogrametría es la ciencia de realizar mediciones e interpretaciones confiables por medio de las fotografías, para de esa manera obtener características métricas y geométricas de dimensión, forma y posición del objeto fotografiado.

El objetivo de la fotogrametría es obtener información métrica tridimensional en proyección ortogonal partiendo de la información bidimensional en proyección cónica en la que han sido obtenidas las fotografías. Para ello es imprescindible hallar la relación matemática de transformación que relaciona el objeto fotografiado con su homólogo real, para lo cual será necesario conocer los parámetros internos y externos de la cámara.

En este caso la técnica utilizada la podríamos catalogar como Fotogrametría Arquitectónica de Objeto Cercano, siendo la cámara utilizada una cámara no métrica. Arquitectónica por ser el objeto restituido un edificio, de Objeto Cercano por ser la distancia entre la cámara y el objeto de pequeño orden de magnitud y cámara no métrica por utilizarse una cámara convencional de la cual sus parámetros internos no se conocen a priori.

El trabajo de modelado de la ermita se ha obtenido utilizando el programa de restitución fotogramétrica Photomodeler , siendo el mismo completado gracias al programa de diseño gráfico Autocad.

Las diferentes fases para obtener el modelo fotorrealístico tridimensional han sido las que se detallan a continuación:

1. Documentación previa.
2. Calibración interna de la cámara.

3. Toma de fotografías.
4. Orientación de las fotografías.
5. Generación de geometrías del edificio.
6. Aplicación de texturas fotorrealísticas al modelo.

Los productos finales obtenidos a partir del modelo han sido los diferentes planos de planta y alzados de la ermita, las ortofotos de los alzados y una animación 3D.

6.2 TOMA DE DATOS.

6.2.1 Documentación previa.

En los trabajos previos a la toma de fotografías para el proyecto en Photomodeler se visitó la ermita para hacer un croquis acotado de la misma, realizar fotografías generales, efectuar pruebas fotográficas y estudiar el entorno para la posterior adquisición de fotos.

Además de medir las longitudes necesarias para el posterior escalado y orientación del modelo se realizaron medidas adicionales para poder comprobar a posteriori la buena marcha del modelo resultante, es decir, que este se ajustaba fielmente a la realidad.

El material utilizado para la toma de medidas fue un flexómetro de 5m de longitud (ver Ilustración 6) y una cinta métrica de 30m de longitud (ver Ilustración 7).

Ilustración 6.- Flexómetro



Ilustración 7.- Cinta métrica



6.2.2 Material fotográfico utilizado.

La selección del material y configuración del mismo se llevó a cabo tomando como base las reglas fotográficas que se exponen a continuación:

1. Usar trípode para evitar la crepitación y que las imágenes sean lo más nítidas posibles.
2. Mantener constante la geometría interna de la cámara, con lo cual se tiene que mantener invariable la focal (lo cual es posible manteniendo el zoom estático) y la distancia de enfoque (se consigue conservando el enfoque fijo).

3. Realizar la toma intentando que la iluminación sea lo más homogénea posible, evitando reflejos, sombras o luz difusa, es recomendable evitar utilizar flash debido a que cambia la apariencia de las fotografías. Los mejores días suelen ser los nublados y luminosos, pero como no siempre es posible que se den podemos escoger también los primeros y últimos momentos del día porque es cuando se genera una iluminación uniforme.
4. Emplear el formato de la imagen con resolución máxima.
5. Seleccionar bajas sensibilidades de película ISO que nos indica el grado de detalle, a menor ISO mayor grado de detalle en la fotografía.
6. Utilizar una cámara calibrada.

Los materiales utilizados para la toma de fotografías fueron:

- **Trípode fotográfico** con burbuja nivelante y regulación de altura entre 65 y 165mm (ver Ilustración 8). Este se utilizó para evitar el movimiento involuntario durante la toma de fotografías de manera que las imágenes fueran lo más estables posible puesto que esto influye directamente en los errores finales del modelo. Adicionalmente se recurrió al uso del temporizador para minimizar al máximo los posibles movimientos durante las tomas.

Ilustración 8.- Trípode



- **Cámara compacta digital** de la marca Sony y modelo DSC-H20 (ver Ilustración 9).

Especificaciones técnicas:		<p><i>Ilustración 9.- Cámara digital Sony DSC-H20</i></p> 
Resolución:	12.4 Mp (10.1 Mp efectivos)	
Sensor:	CCD de 7.79 mm con filtro de color primario	
Objetivo:	Carl Zeiss Vario-Tessar Zoom: 10x Focal (f): 6.3mm-63mm Apertura (F): 3.5-4.4	

Los parámetros escogidos, el rango de actuación de los mismos y la justificación de dicha selección se detallan a continuación:

Parámetro	Rango	Selección	Justificación
Tamaño de la imagen:	10Mp - 2Mp	10Mp	Es la resolución máxima permitida
Focal:	6.3mm-63mm	6.3mm	Es la focal más pequeña y por tanto la que más cobertura del objeto nos proporciona
EV :	-2EV a +2EV	0EV	Es el ajuste de brillo normal
ISO:	ISO100-ISO3200	ISO100	Para obtener mayor grado de detalle
Enfoque :	1m-3m-7m-∞	7m	Es aproximadamente la distancia media al objeto a la que se van a tomar las fotografías

El resto de parámetros configurables por la cámara se mantuvieron en valores estándar puesto que su influencia en el producto final es mínimo o nulo.

6.2.3 Calibración de la cámara.

El proceso de calibración de la cámara es necesario para conocer los parámetros internos de la misma que determinarán la transformación matemática entre el modelo real y el modelo restituído. Hay que tener en cuenta que la calidad de la cámara tiene un gran peso en este apartado, a mayor calidad de esta mejores serán los resultados.

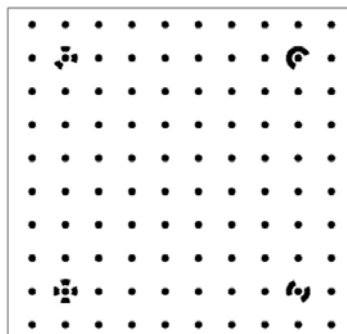
Este proceso se realiza con el programa Photomodeler y lo que trata de corregir son los errores de distorsión producidos por la cámara, por una parte la distorsión radial causada por la lente y por la otra la distorsión por descentrado del centro de curvatura de la lente y el eje óptico del objetivo.

Los parámetros de la cámara obtenidos mediante el proceso son la longitud focal, el tamaño del formato del CCD, el punto principal o centro de las fotografías y los parámetros de distorsión de la lente.

La calibración de la cámara consta de varios pasos que se detallan a continuación:

1. Imprimir la plantilla de calibración que nos proporciona el programa: (ver Ilustración 10): La plantilla es simplemente un patrón de puntos de los cuales cuatro son puntos de control y están diseñados específicamente para ser reconocidos inequívocamente por el programa PhotoModeler durante la calibración. Idealmente el tamaño de impresión de la plantilla debería ser similar a los objetos que queremos restituir, pero como claramente es imposible imprimir una plantilla del tamaño de la ermita, el tamaño elegido para este caso fue el A1.

Ilustración 10.- Plantilla de calibración de Photomodeler



2. Tomar las fotos de la plantilla de calibración: En primer lugar hay que tener en cuenta que las fotos se han de tomar con los parámetros de la cámara mencionados en el apartado 6.2.2, que a su vez son inamovibles para la posterior toma de fotografías de la ermita, puesto que el programa realiza la calibración de la cámara para esos determinados parámetros.

A la hora de realizar las fotografías es muy importante que la plantilla permanezca fija, que carezca de arrugas o deformaciones además de que el sitio elegido esté bien iluminado de manera que el contraste entre los puntos y el fondo sea el adecuado.

Hay que hacer un total de doce fotografías, tres desde cada uno de los lados de la plantilla y manteniendo la cámara en posición horizontal, vertical y vertical inversa (ver Ilustración 11). Es muy importante que el patrón llene el mayor espacio posible de la foto y que en todas ellas aparezcan los cuatro puntos de control.

Ilustración 11.- Posiciones de la cámara al fotografiar la plantilla



Las fotografías que se tomaron se muestran en Ilustración 12.

Ilustración 12.- Fotografías de la plantilla de calibración.



Las posiciones de la cámara fueron las que podemos ver en la Ilustración 13 y la Ilustración 14.

Ilustración 13.- Posición en planta

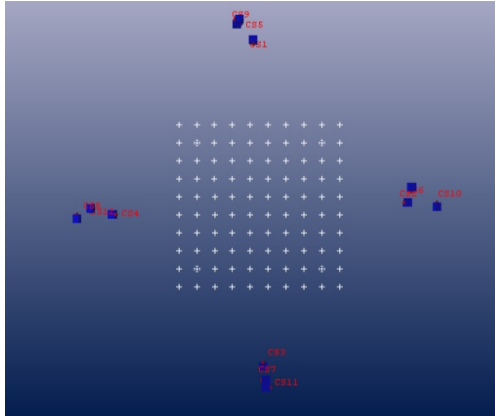
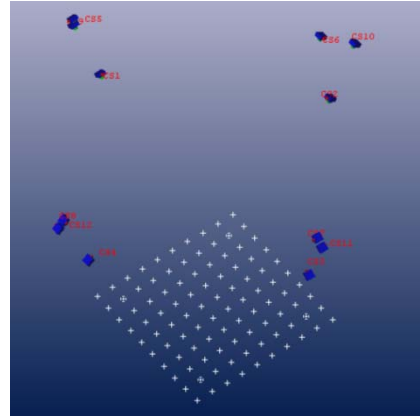


Ilustración 14.- Posición tridimensional



3. Calibración en Photomodeler: Al abrir el programa lo primero que nos aparece es una ventana flotante estructurada en cuatro partes, de las cuales nos interesa la de crear un nuevo proyecto y en este caso la tipología será un proyecto de calibración.

Los pasos se siguieron de la misma manera que se exponen a continuación las ilustraciones.

Ilustración 15.- Selección de "Camera Calibration project"

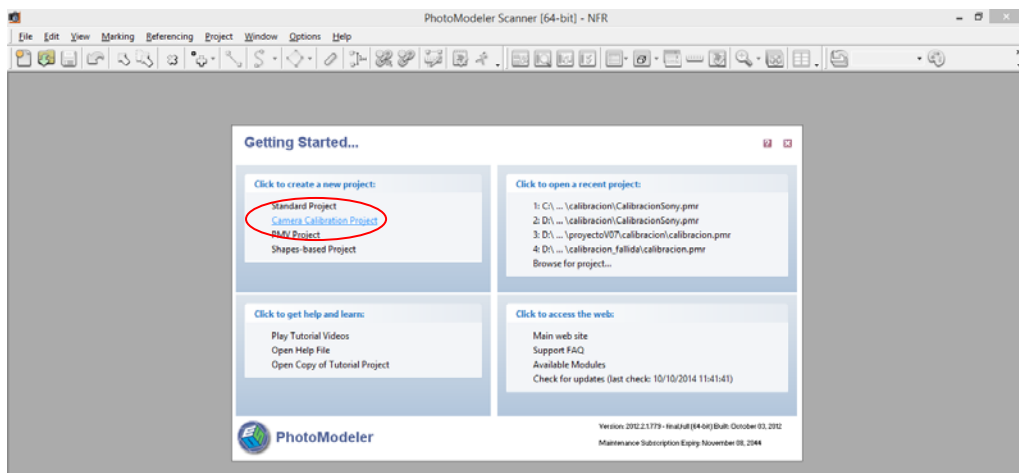


Ilustración 16.- Añadir fotos para la calibración

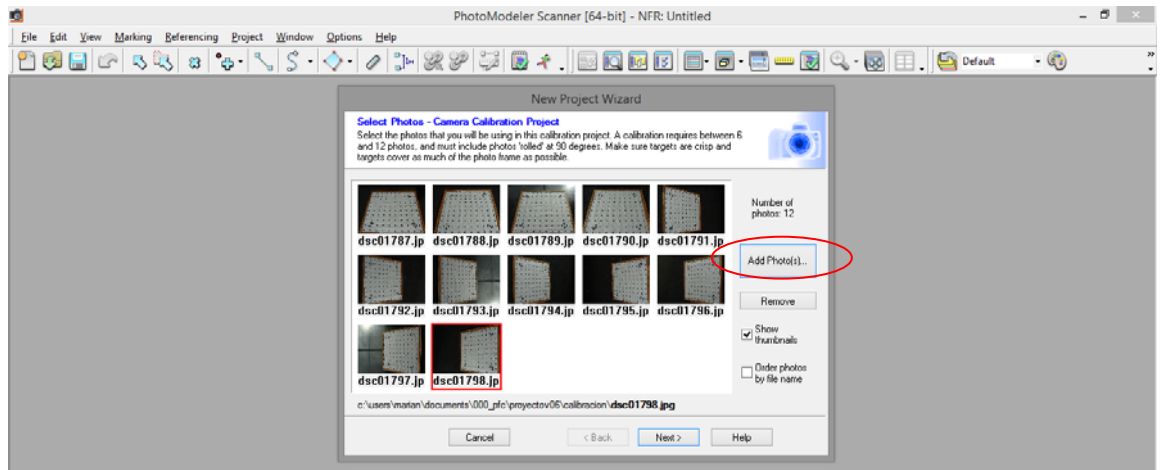
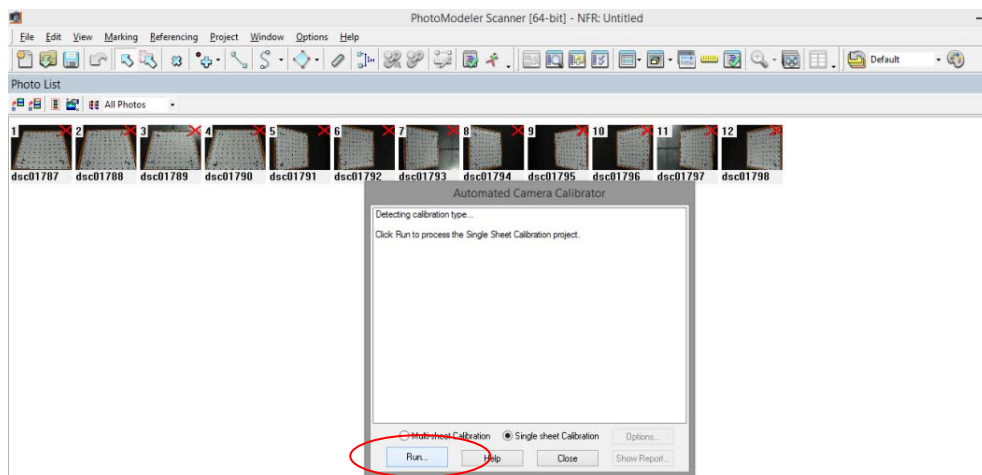


Ilustración 17.- Ejecutar la calibración "run"



Una vez que realizada la calibración , el programa nos muestra un informe en el que los aspectos más destacables de la misma son si la calibración ha sido satisfactoria, las precisiones con las que se ha obtenido y la calidad de las fotografías escogidas.

El informe de la calibración realizada se adjunta a continuación. y nos indica además de los parámetros obtenidos, que la calibración ha sido satisfactoria, que la calidad de las 12 fotos que se han utilizado es buena y que la media del error (RMS) de los puntos de la plantilla detectados es de 0.383 píxeles.

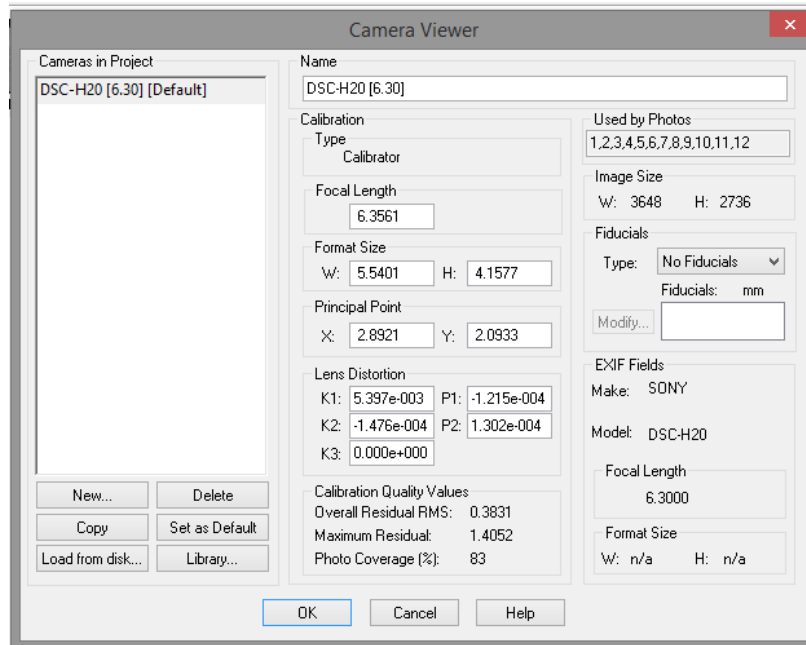
```

Status Report Tree
Project Name: CalibracionSony.pmr
Problems and Suggestions (0)
Project Problems (0)
Problems related to most recent processing (0)
Information from most recent processing
Last Processing Attempt: Wed Oct 09 07:14:35 2013
PhotoModeler Version: 6.3.3.794 - final,full
Status: successful
Processing Options
Orientation: off
Global Optimization: on
Calibration: on (full calibration)
Constraints: off
Total Error
Number of Processing Iterations: 3
Number of Processing Stages: 2
First Error: 3.054
Last Error: 3.052
Precisions / Standard Deviations
Camera Calibration Standard Deviations
Camera1: DSC-H20 [6.30]
Focal Length
Value: 6.356078 mm
Deviation: Focal: 0.001 mm
Xp - principal point x
Value: 2.892092 mm
Deviation: Xp: 0.001 mm
Yp - principal point y
Value: 2.093303 mm
Deviation: Yp: 0.002 mm
Fw - format width
Value: 5.540149 mm
Deviation: Fw: 4.4e-004 mm
Fh - format height
Value: 4.157726 mm
K1 - radial distortion 1
Value: 5.397e-003
Deviation: K1: 3.2e-005
K2 - radial distortion 2
Value: -1.476e-004
Deviation: K2: 3.2e-006
K3 - radial distortion 3
Value: 0.000e+000
P1 - decentering distortion 1
Value: -1.215e-004
Deviation: P1: 7.7e-006
P2 - decentering distortion 2
Value: 1.302e-004
Deviation: P2: 8.2e-006

Quality
Photographs
Total Number: 12
Bad Photos: 0
Weak Photos: 0
OK Photos: 12
Number Oriented: 12
Number with inverse camera flags set: 0
Cameras
Camera1: DSC-H20 [6.30]
Calibration: yes
Number of photos using camera: 12
Average Photo Point Coverage: 83%
Photo Coverage
Referenced points outside of the camera's calibrated coverage region:
Point Marking Residuals
Overall RMS: 0.383 pixels
Maximum: 1.405 pixels
Point 94 on Photo 8
Minimum: 0.326 pixels
Point 33 on Photo 7
Maximum RMS: 0.928 pixels
Point 99
Minimum RMS: 0.202 pixels
Point 73
Point Tightness
Maximum: 0.0012 m
Point 88
Minimum: 0.00031 m
Point 32
Point Precisions
Overall RMS Vector Length: 0.000117 m
Maximum Vector Length: 0.000214 m
Point 99
Minimum Vector Length: 0.000113 m
Point 97
Maximum X: 8.32e-005 m
Maximum Y: 7.45e-005 m
Maximum Z: 0.000182 m
Minimum X: 5.13e-005 m
Minimum Y: 5.22e-005 m
Minimum Z: 8.49e-005 m
Point Angles
Maximum: 77.28 degrees
Point 55
Minimum: 68.09 degrees
Point 99
Average: 73.54 degrees
    
```

Finalmente nos pide un nombre para la cámara y la guarda para que se la podamos asignar al posteriormente a nuestro proyecto de restitución. En este caso la denominamos DSC-H20[6.30] y los parámetros asignados fueron los que podemos ver en la Ilustración 18.

Ilustración 18.- Parámetros internos obtenidos con la calibración de la cámara



6.2.4 Toma de fotografías.

Se realizó siguiendo las reglas geométricas que se detallan a continuación:

1. Toma de fotos cubriendo todo el alrededor del objeto a restituir con buen solapamiento entre ellas (aprox. 50%), es conveniente realizar fotos en exceso para finalmente seleccionar las más adecuadas para el proyecto.
2. Intentar que todos los puntos importantes a restituir estén en al menos tres fotografías, la toma del objeto a restituir sería desde distintos ángulos, uno frontal y dos laterales cuyo ángulo se aproxime lo máximo posible a 90° (ver Ilustración 19). El proceso de medición nunca es perfecto y esta sería el posicionamiento óptimo de las cámaras para que Photomodeler minimice errores a la hora de localizar un punto en 3D

(ver Ilustración 20 e Ilustración 21). Además las fotos fronto-paralelas de las fachadas nos servirán para la aplicación de texturas.

Ilustración 19.- Posición ideal de la cámara para la toma de fotografías

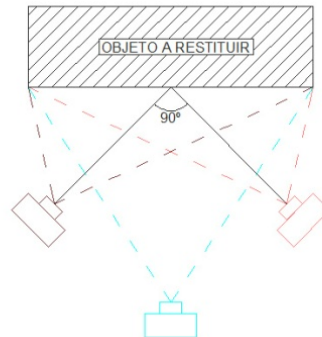


Ilustración 20.- Error de posición con buena posición de cámaras.

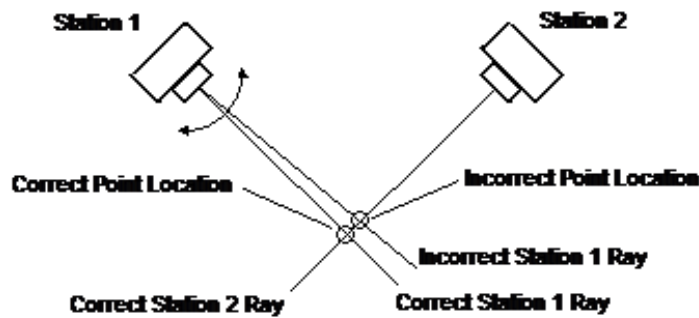
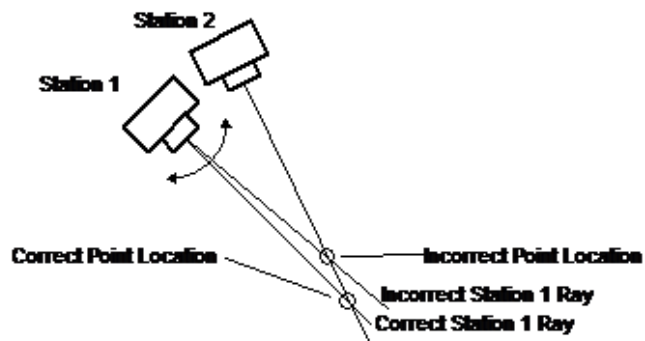


Ilustración 21.- Error de posición con mala posición de cámaras.



3. Un buen método para que las fotos cubran en su totalidad el objeto a restituir es utilizar el método del Anillo, siendo el objeto en cuestión el centro del mismo (ver Ilustración 22). Para tener tomas de detalle más

cercanas al objeto se configurarían anillos más pequeños, siendo el centro de estos anillos las zonas de detalle en cuestión (ver Ilustración 23).

Ilustración 22.- Método del anillo.

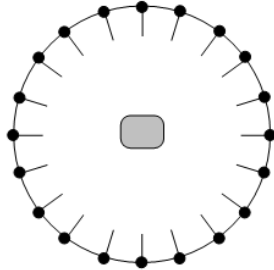
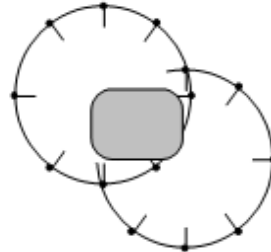


Ilustración 23.- Tomas de detalle utilizando el método del anillo.



Finalmente se realizaron en torno a 200 fotografías de las que definitivamente se utilizaron 48 para el proyecto en Photomodeler (ver Ilustración 24). En el caso que nos aborda se tenían varias limitaciones, en primer lugar la distancia máxima a la que se podían realizar las tomas al objeto (ver Ilustración 25), en segundo lugar los árboles que entorpecían la visibilidad y por último las zonas ocultas de los paramentos verticales situados en la primera planta. Las dos primeras limitaciones se resolvieron densificando las fotografías en las zonas conflictivas y la última debido a la falta de medios no se pudo resolver.

Ilustración 24.- Planta de la ermita en la que se muestra la posición de las cámaras de las fotografías utilizadas en Photomodeler.

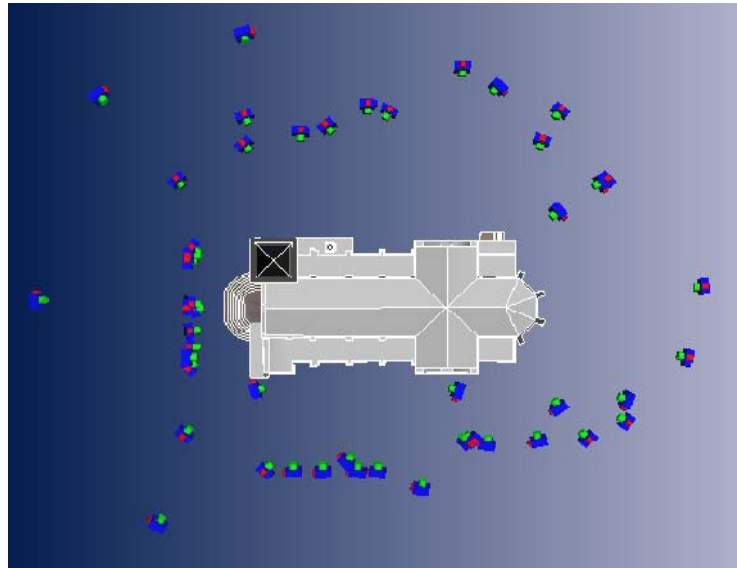
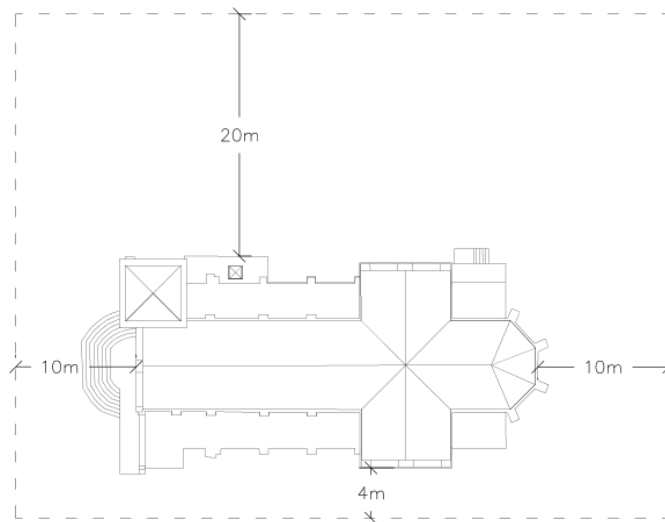


Ilustración 25.- Distancias máximas posible para la toma de fotografías

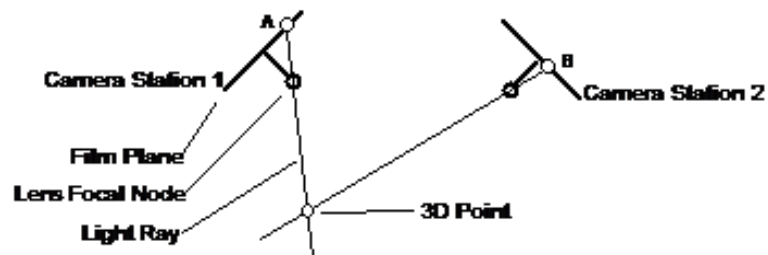


6.3 GENERACIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL.

El modelo tridimensional se generó con PhotoModeler, que es un programa de restitución y rectificación fotográfica cuya técnica se basa en relacionar puntos homólogos en diferentes fotografías, de manera que utilizando la correspondencia entre puntos, el programa parametriza el comportamiento de la cámara para finalmente obtener un modelo a escala del objeto fotografiado.

PhotoModeler genera las posiciones 3D de los puntos intersectando las líneas rectas generadas de la unión de cada uno de los puntos en el plano de la fotografía con el punto principal o centro de la fotografía (ver Ilustración 26).

Ilustración 26.- Método de generación de las posiciones 3D de los puntos en Photomodeler



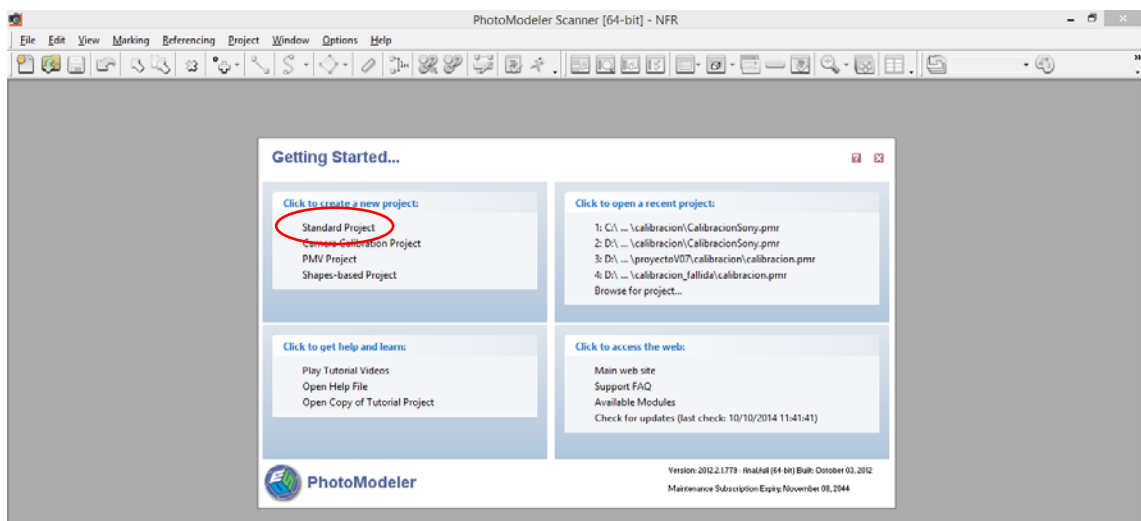
Los pasos para crear el modelo tridimensional de la ermita fueron los siguientes:

1. Creación del proyecto
2. Orientación de las fotografías
3. Introducción de puntos homólogos
4. Escala y orientación del modelo
5. Generación de geometrías
6. Aplicación de texturas

6.3.1 Creación del proyecto.

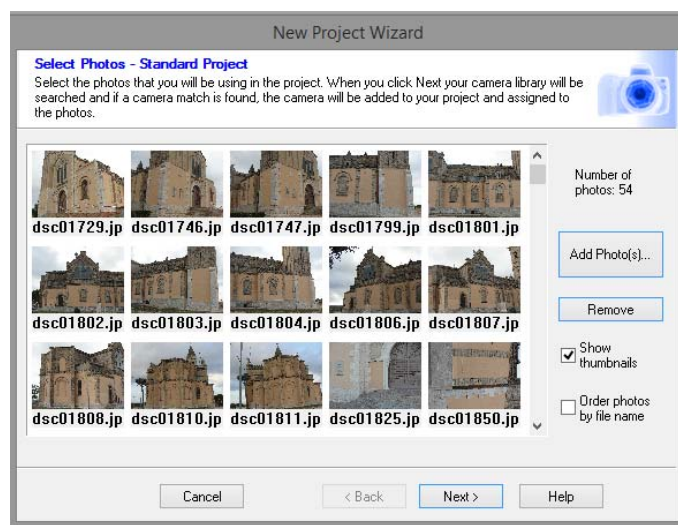
Al abrir el programa lo primero que nos aparece es una ventana flotante estructurada en cuatro partes, de las cuales elegimos crear un proyecto estándar (ver Ilustración 27), que es el adecuado para restituir cualquier tipo de elemento basándose en la introducción y correlación de puntos homólogos entre las diferentes fotografías utilizadas.

Ilustración 27.- Creación de un proyecto estándar nuevo



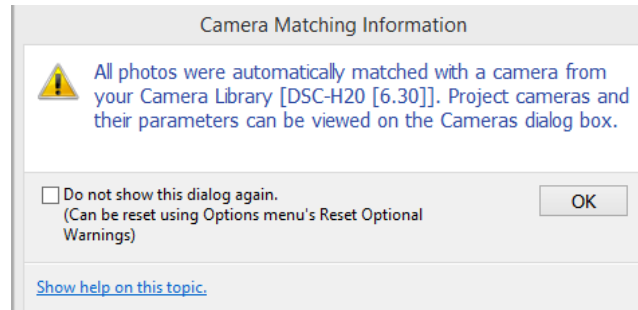
El siguiente paso es añadir las fotos necesarias para poder definir la geometría del elemento a restituir (ver Ilustración 28). En este TFG fueron necesarias 54 fotografías.

Ilustración 28.- Añadir fotografías al proyecto.



El programa detecta automáticamente la cámara previamente calibrada con la que se realizaron las fotos y se la asigna directamente (ver Ilustración 29).

Ilustración 29.- Asignación automática de la cámara



No obstante también es posible asignar a posteriori otra cámara en el caso de que la cámara asignada por defecto no fuera la que nos interesara. Para ello habría que seleccionar la opción "Cameras" del menú desplegable "Project" (ver Ilustración 30) y elegir la cámara que nos interesara en el cuadro de diálogo que nos aparece (ver Ilustración 31).

Ilustración 30.- Menú "Project"

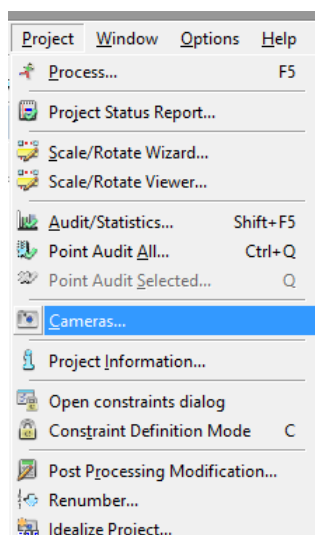
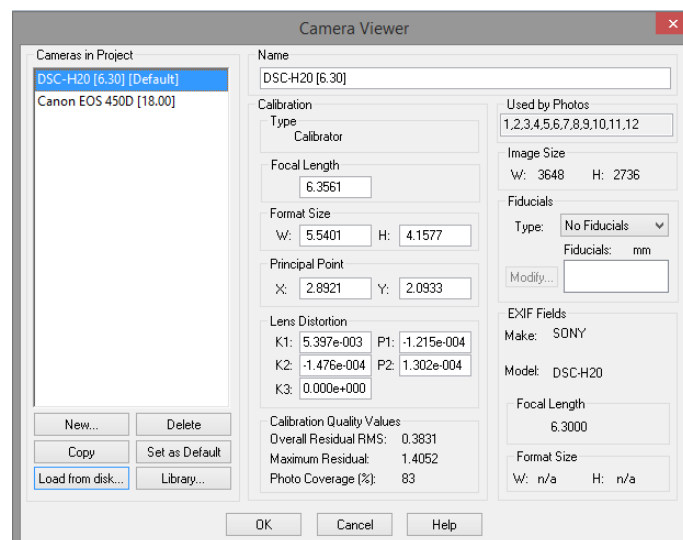


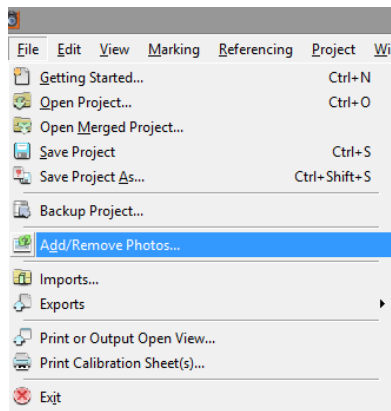
Ilustración 31.- Selección de cámaras



En el caso de que necesitáramos añadir o eliminar fotografías al proyecto a posteriori también existe la posibilidad de hacerlo. Para ello habría que

seleccionar la opción *"Add/Remove Photos"* del menú desplegable *"File"* (ver Ilustración 32).

Ilustración 32.- Menú "File"



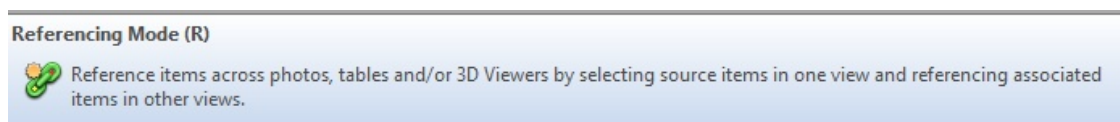
En este caso, lógicamente, al iniciar el proyecto no se tenía conciencia de todas las fotografías que finalmente iban a ser necesarias para poder definir geoméricamente la ermita, con lo cual durante el proceso se eliminaron y añadieron fotos en función de las necesidades.

6.3.2 Orientación de las fotografías.

La orientación es el proceso en el que se definen los parámetros externos de una fotografía, es decir, la posición y orientación de la cámara en el momento de la exposición de la imagen.

Este paso consiste en introducir al menos 6 puntos homólogos entre las diferentes fotos de manera que el conjunto de fotografías quede totalmente relacionado. Para ello hay que presionar el botón *"referencing mode"* (ver Ilustración 33) y referenciar los puntos homólogos en cada una de las fotos.

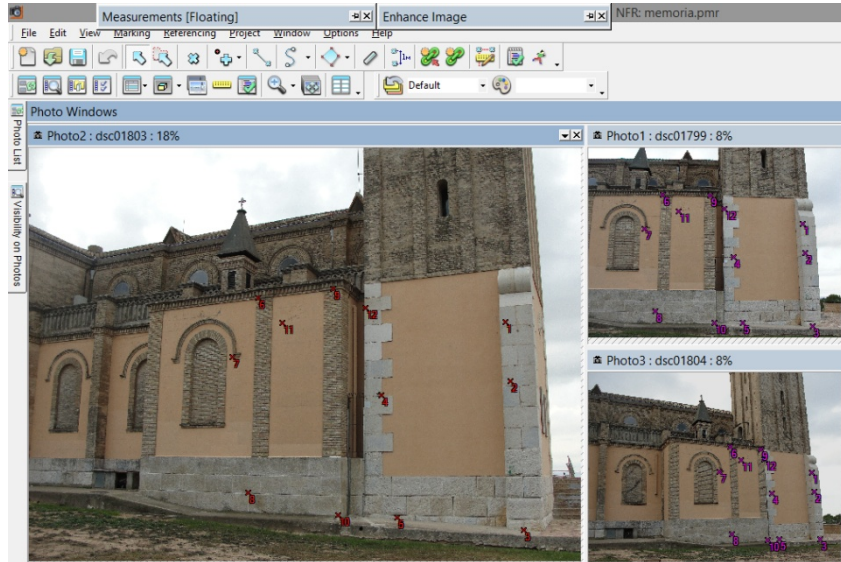
Ilustración 33.- "Referencing mode"



En el presente TFG como la cantidad de fotos iba a ser muy elevada se empezó referenciando puntos homólogos en un primer grupo de 3 fotografías de la misma escena y a continuación se fueron introduciendo paulatinamente el resto de fotos. Para que la orientación fuera más precisa se seleccionó una

mallla equidistribuida de 12 puntos claramente visibles en el trio de fotos en lugar de los mínimos aconsejados (ver Ilustración 34).

Ilustración 34.- Selección de la mallla equidistribuida de 12 puntos utilizados para la orientación



Una vez introducidos los puntos se ha de procesar el proyecto pulsando el botón de "Process" (ver Ilustración 35), tras lo cual nos aparece una ventana emergente con el error total obtenido en el proceso (ver Ilustración 36).

Ilustración 35.- "Process"

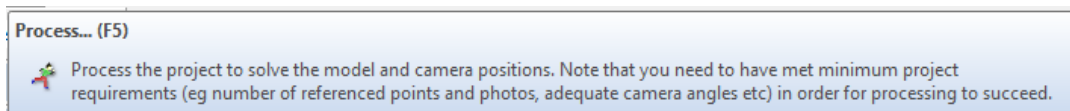
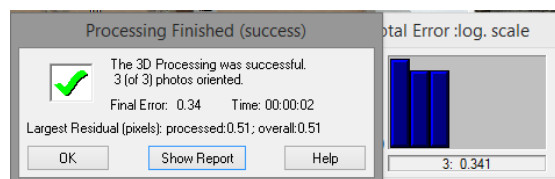


Ilustración 36.- Error total del proceso de orientación.



En PhotoModeler el Error total es una medida estadística que se calcula durante el procesamiento cuya escala se establece en 1. Esto quiere decir que cuando se cumplan todos los supuestos del ajuste, el valor del error total en la última iteración debe ser igual a 1. Cuando el error total final es igual o menor que 1, significa que tenemos un buen proyecto y que el marcado de los puntos y la calibración de la cámara es de calidad. Cuando por el contrario el error final

es superior a 1 probablemente se debe a un incorrecto marcado de los puntos homólogos y/o una cámara mal calibrada.

Como podemos apreciar en la Ilustración 36, el error total tras la orientación del primer trío de fotografías estaba muy por debajo de 1, con lo cual podemos concluir que la orientación fue bastante buena.

6.3.3 Introducción de puntos homólogos.

Tras orientar las fotos es necesario densificar la malla de puntos inicial para de esa manera parametrizar por completo el comportamiento de cada una de las fotografías.

En este proyecto se introdujeron al menos 60 puntos equidistribuidos por fotografía, llegando incluso a superar los 100 puntos en determinadas fotos. Los puntos referenciados escogidos fueron tanto puntos que definían la geometría del modelo como otros que no la definían pero cuya visibilidad era muy buena.

A medida que se iban introduciendo puntos se iba procesando el proyecto para comprobar que el error total se encontraba dentro de los límites aceptables. Además era importante ir examinando la calidad de los puntos introducidos y corregir la posición de aquellos que mayor error tenían, para ello, tras cada procesado se consultaba la tabla de calidad (ver Ilustración 38) de los puntos situada en el menú despegable "View" (ver Ilustración 37).

Ilustración 37.- Menú "View"

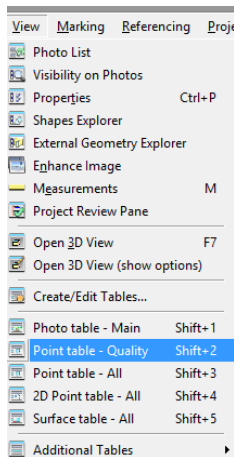


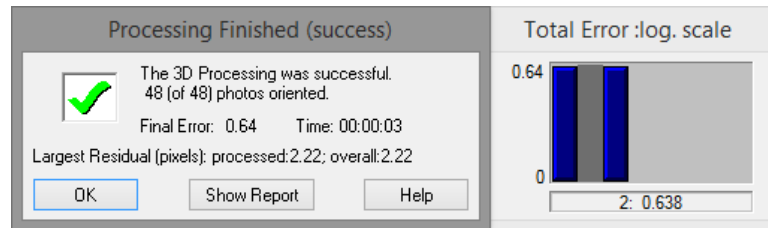
Ilustración 38.- Tabla de calidad de los puntos

Table Windows [Floating]												
Point table - Quality												
Id	RMS Residual (pixels)	Largest Residual (pixels)	Photo Largest Residual	Photos (used)	X Precision	Y Precision	Z Precision	Tightness (project units)	Angle (deg.)	Use In Processing	Frozen	Photos (mark...
12	0.389	0.512	2	1,2,3	1.076E-004	8.510E-005	1.978E-004	3.956E-004	52.633 degs	yes	no	1,2,3
5	0.366	0.494	3	1,2,3	9.511E-005	8.071E-005	1.712E-004	3.519E-004	53.411 degs	yes	no	1,2,3
7	0.364	0.418	2	1,2,3	1.163E-004	7.733E-005	1.578E-004	1.288E-004	56.318 degs	yes	no	1,2,3
4	0.352	0.418	3	1,2,3	1.046E-004	7.162E-005	2.003E-004	2.915E-004	53.523 degs	yes	no	1,2,3
3	0.314	0.485	3	1,2,3	8.702E-005	7.821E-005	1.692E-004	2.998E-004	50.035 degs	yes	no	1,2,3
9	0.310	0.408	2	1,2,3	1.059E-004	7.778E-005	1.838E-004	2.470E-004	54.427 degs	yes	no	1,2,3
2	0.296	0.369	3	1,2,3	7.781E-005	7.496E-005	1.820E-004	2.297E-004	50.201 degs	yes	no	1,2,3
1	0.181	0.190	1	1,2,3	8.402E-005	8.082E-005	1.786E-004	9.548E-005	49.726 degs	yes	no	1,2,3
6	0.165	0.186	2	1,2,3	1.127E-004	8.298E-005	1.644E-004	5.519E-005	55.266 degs	yes	no	1,2,3
10	0.149	0.213	2	1,2,3	1.097E-004	7.835E-005	1.654E-004	1.135E-004	56.406 degs	yes	no	1,2,3
11	0.121	0.167	3	1,2,3	1.143E-004	7.481E-005	1.734E-004	1.182E-004	55.653 degs	yes	no	1,2,3
8	0.110	0.151	2	1,2,3	1.104E-004	8.340E-005	1.433E-004	8.451E-005	57.573 degs	yes	no	1,2,3

6.3.4 Precisión del modelo.

Una vez insertados todos los puntos homólogos, el proyecto se procesó por última vez para obtener el error total final del mismo, cifrándose este en 0.638 (ver Ilustración 39), que indica como ya se explicó anteriormente que el resultado es bueno.

Ilustración 39.- Error final del proyecto



Adicionalmente tras el procesado se nos muestra un informe de errores del proyecto (ver Ilustración 40).

Por otra parte, se compararon una serie de longitudes obtenidas del modelo con las medidas tomadas en campo durante la fase de documentación previa, comprobándose que la diferencia era del orden del cm.

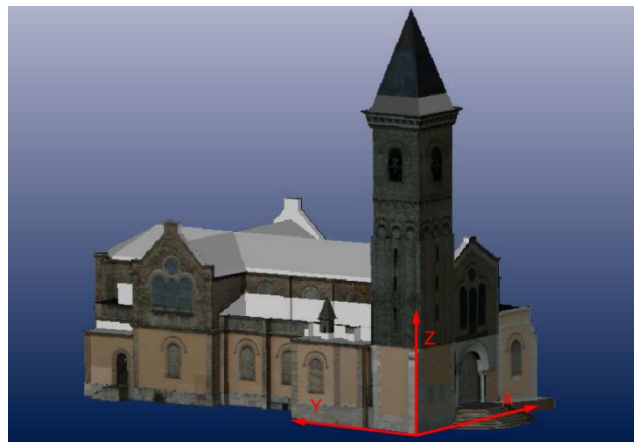
Ilustración 40.- Informe de errores del proyecto

- [-] Status Report Tree
 - Project Name: ermita.pmr
 - [-] Problems and Suggestions (0)
 - Project Problems (0)
 - Problems related to most recent processing (0)
 - [-] Information from most recent processing
 - Last Processing Attempt: Fri Nov 21 20:20:04 2014
 - PhotoModeler Version: 2012.2.1.779 - final,full (64-bit)
 - Status: successful
 - [-] Processing Options
 - Orientation: off
 - Global Optimization: on
 - Calibration: off
 - Constraints: on
 - [-] Total Error
 - Number of Processing Iterations: 2
 - Number of Processing Stages: 2
 - First Error: 0.638
 - Last Error: 0.638
 - [-] Precisions / Standard Deviations
 - + Photograph Standard Deviations
 - [-] Quality
 - + Photographs
 - [-] Cameras
 - + Camera1: DSC-H20 [6.30]
 - + Photo Coverage
 - [-] Point Marking Residuals
 - Overall RMS: 0.696 pixels
 - + Maximum: 2.221 pixels
 - + Minimum: 0.053 pixels
 - + Maximum RMS: 1.404 pixels
 - + Minimum RMS: 0.046 pixels
 - [-] Point Tightness
 - + Maximum: 0.029 m
 - + Minimum: 0.0002 m
 - [-] Point Precisions
 - Overall RMS Vector Length: 0.00493 m
 - + Maximum Vector Length: 0.0163 m
 - + Minimum Vector Length: 0.00198 m
 - Maximum X: 0.0138 m
 - Maximum Y: 0.0098 m
 - Maximum Z: 0.00727 m
 - Minimum X: 0.000943 m
 - Minimum Y: 0.00146 m
 - Minimum Z: 0.000745 m
 - [-] Point Angles
 - + Maximum: 90 degrees
 - + Minimum: 19.12 degrees
 - Average: 68.16 degrees
 - + Check measurements

6.3.5 Escalado, orientación y traslación del modelo.

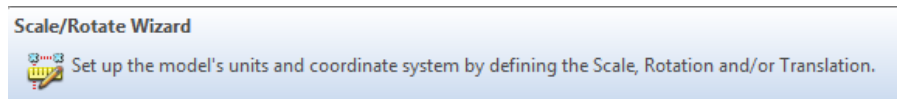
Cuando se crea el modelo, el mismo está en un sistema de coordenadas que el programa le ha dado por defecto, como es obvio este fue transformado a otro más conveniente. El sistema de coordenadas elegido fue un sistema relativo local con origen en la esquina inferior izquierda de la fachada delantera de la ermita, eje Z siguiendo la plomada del edificio, eje Y siguiendo la fachada del lateral izquierdo y eje X perpendicular a los dos anteriores y por tanto paralelo a la fachada delantera de la construcción (ver Ilustración 41).

Ilustración 41.- Sistema de referencia



El proceso de transformación del sistema de referencia consta del escalado, rotación y traslación del modelo. El escalado y la rotación se realizan con el comando *"Scale/Rotate Wizard"* (ver Ilustración 42).

Ilustración 42.- Comando de escalado y rotación del modelo



El proceso de escalado consta de 3 pasos, en los que se seleccionó la unidad de escala: metros, la medida de referencia: 6.65m y los puntos del modelo que definían esta medida: Pt 63 y Pt 265, (ver Ilustración 43).

Ilustración 43.- Pasos seguidos en el escalado

<p>1. Choose units for the project:</p> <p>meters</p>	<p>2. Enter the length of a known dimension.</p> <p>Ideally this length spans a large part of the object or scene.</p> <p>Distance: 6.65 meters</p>	<p>3. Select two end points to define the scale. If using points, shape vertices, or camera station centers select an item at one end, and using shift, select an item at the other end. If using a line or an edge, just select the one item.</p> <p>Items selected: Pt-63, Pt-265</p>
-------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Para rotar el modelo hay que definir dos de los ejes del sistema de referencia y los puntos que los definen. En el presente TFG se eligieron el eje Y definido por los puntos 63 y 265 (ver Ilustración 44) y el eje Z definido por los puntos 158 y 3976 (ver Ilustración 45).

Ilustración 44.- Definición del eje Y

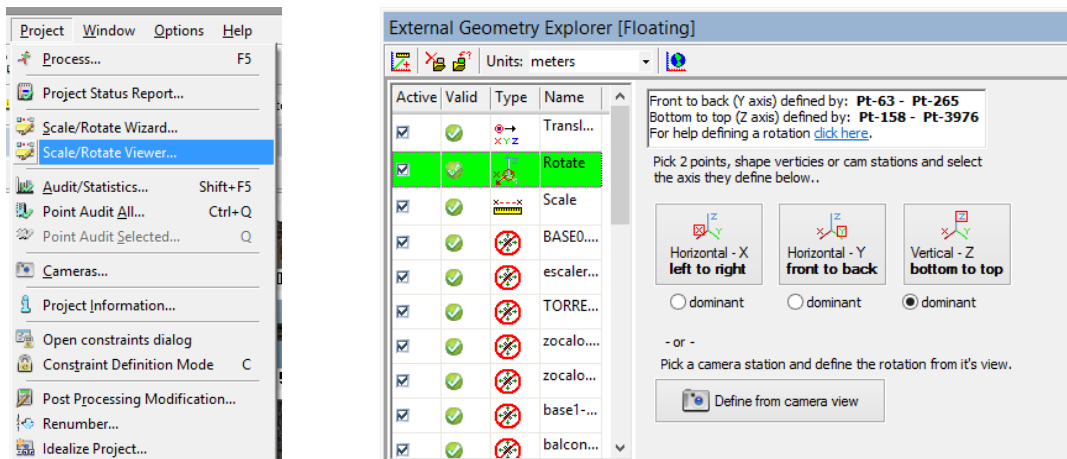
<p>4. Choose one of two axes to define:</p> <p><input type="radio"/> Horizontal X - left to right</p> <p><input checked="" type="radio"/> Horizontal Y - front to back</p> <p><input type="radio"/> Vertical Z - bottom to top</p>	<p>5. Select a point on the front of the axis; hold down shift; and then select a point on the back of the axis.</p> <p>Items selected: Pt-63- Pt-265</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Ilustración 45.- Definición del eje Z

<p>4. Choose one of two axes to define:</p> <p><input type="radio"/> Horizontal X - left to right</p> <p><input type="radio"/> Horizontal Y - front to back</p> <p><input checked="" type="radio"/> Vertical Z - bottom to top</p>	<p>5. Select a point on the bottom of the axis; hold down shift; and then select a point on the top of the axis.</p> <p>Items selected: Pt-158- Pt-3976</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Por el hecho de que los ejes escogidos nunca son exactamente perpendiculares sino que hay un mínimo error, hay que especificar cuál de ellos es el dominante y en este caso se escogió el eje Z que es el que define la plomada del edificio. Para ello se elige el comando "Scale/Rotate Viewer" del menú desplegable "Project" y se selecciona "Rotate" donde se escoge el eje dominante que nos interese (ver Ilustración 46).

Ilustración 46.- Proceso de selección del eje dominante



Por último se realizó el proceso de traslación que consiste en ubicar el origen de los ejes del sistema de referencia adoptado en el punto que nos interesa, que en este caso fue el punto 57, situado en la esquina inferior izquierda de la fachada principal de la ermita. Para ello se eligió de nuevo el comando "Scale/Rotate Viewer" donde se añadió una geometría externa que definía la traslación del sistema de referencia, asignándole a la misma el punto 57 previamente seleccionado en el modelo. Los pasos seguidos se muestran en la Ilustración 47, Ilustración 48 e Ilustración 49.

Ilustración 47.- Proceso de añadir una geometría externa

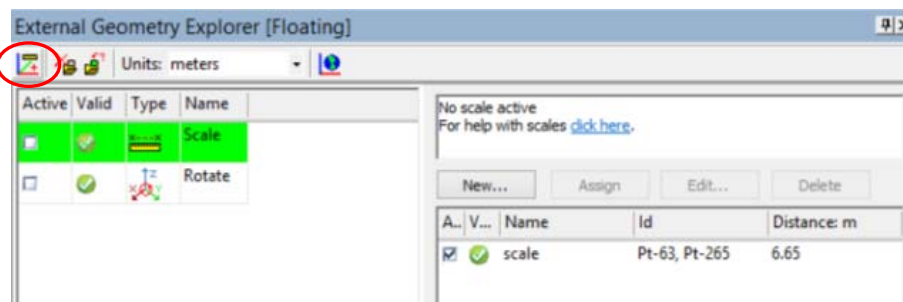


Ilustración 48.- Proceso para definir la traslación del sistema de coordenadas

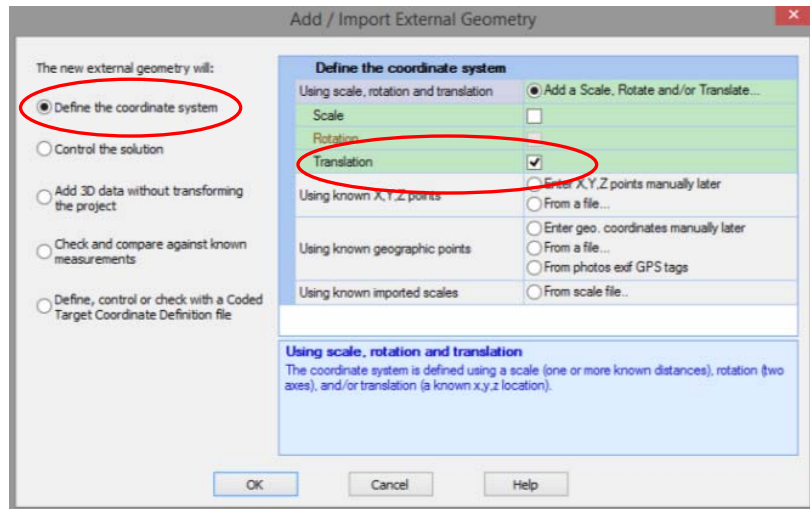
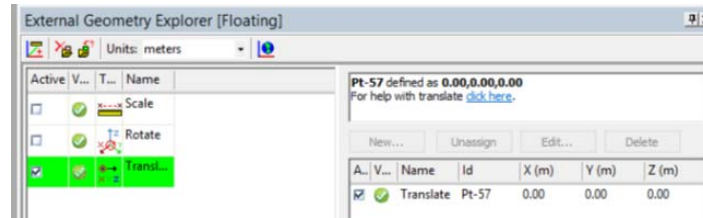
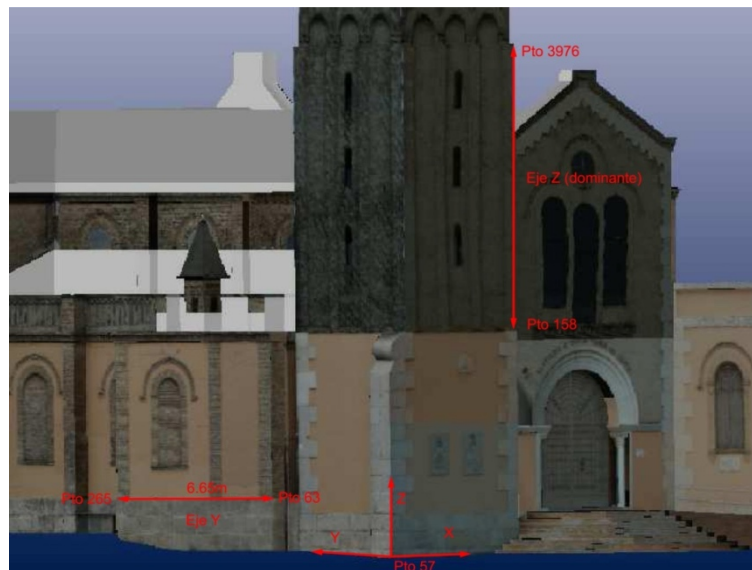


Ilustración 49.- Proceso de asignación del punto de traslación del sistema



La ubicación de todos los puntos utilizados para el escalado, traslación y orientación del modelo se pueden ver en la Ilustración 50.

Ilustración 50.- Imagen de los parámetros y ubicación de los puntos que definen el escalado, orientación y traslación del modelo.



6.3.6 Generación de geometrías.

La ermita se definió geoméricamente casi en su totalidad utilizando el programa PhotoModeler pero las zonas ocultas o con referenciación insuficiente en las fotografías se tuvo que completar con Autocad.

La geometría generada en photomodeler se creó con los comandos especificados en las ilustraciones que se muestran a continuación:

Ilustración 51.- Creación de líneas a partir de puntos referenciados

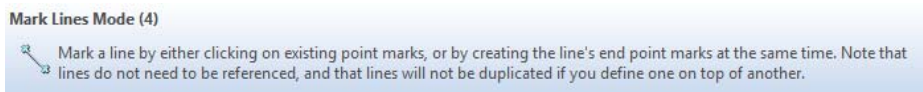


Ilustración 52.- Creación de curvas a partir de puntos referenciados

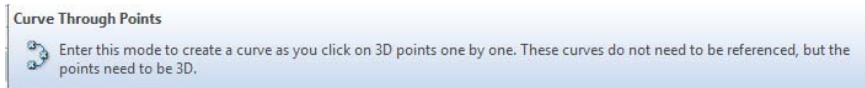


Ilustración 53.- Creación de curvas referenciadas en varias fotos

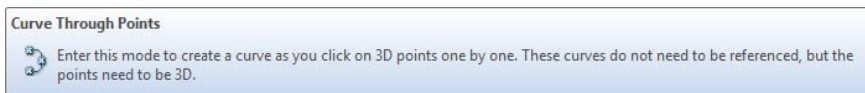


Ilustración 54.- Creación de líneas sobre un plano previamente definido

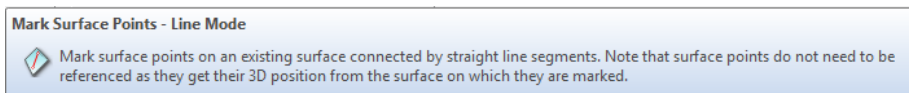


Ilustración 55.- Creación de curvas sobre un plano previamente definido

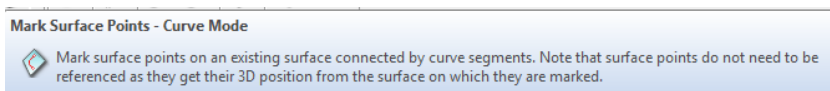


Ilustración 56.- Generación de cilindros a partir de las generatrices referenciadas en varias fotos

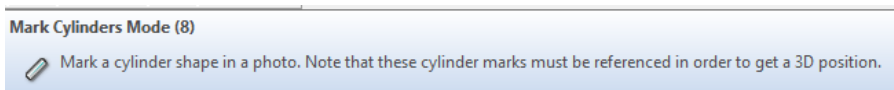
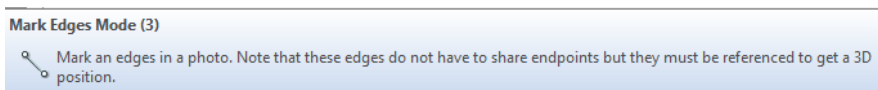


Ilustración 57.- Generación de aristas referenciadas en varias fotos



El modelo resultante del Photomodeler se exportó a formato DXF mediante el comando "Export Model" situado en el menú desplegable "Menu" (ver Ilustración 58), que nos da la opción de seleccionar las capas y los objetos que

queremos exportar. En este caso los objetos que exportamos fueron los que se muestran en la Ilustración 59.

Ilustración 58.- Comando de exportación del modelo

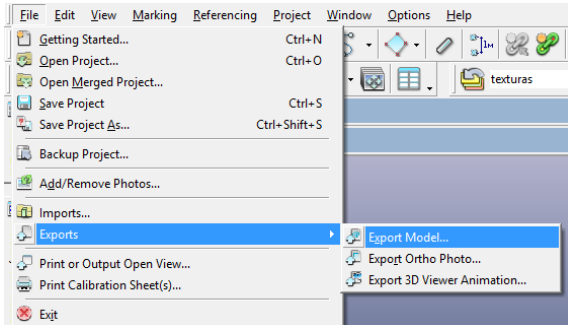
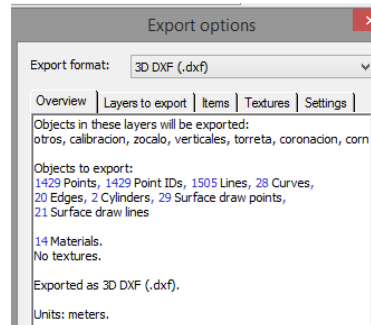


Ilustración 59.- Opciones de exportación



Como ya se ha comentado anteriormente, la geometría exportada de Photomodeler se completó en Autocad, siendo los nuevos puntos y líneas creadas de nuevo importados a Photomodeler para la posterior aplicación de texturas. Para ello a través del comando "Imports" del menú desplegable "File" (ver Ilustración 60) se seleccionó el archivo DXF (ver Ilustración 61).

Ilustración 60.- Comando de importación

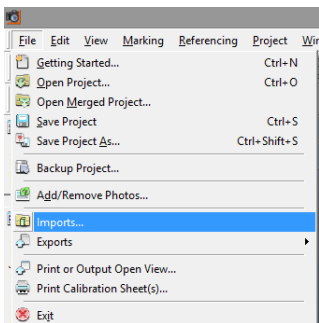
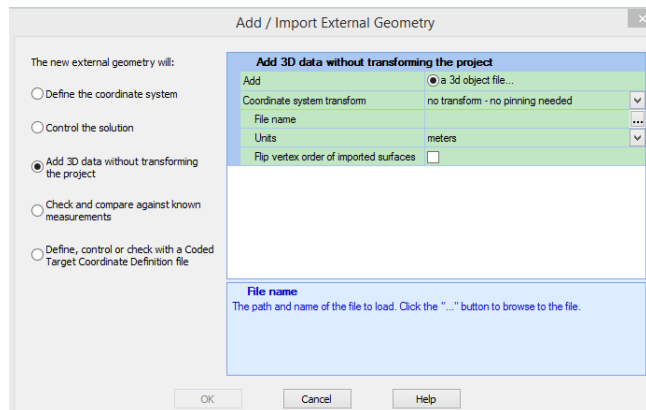
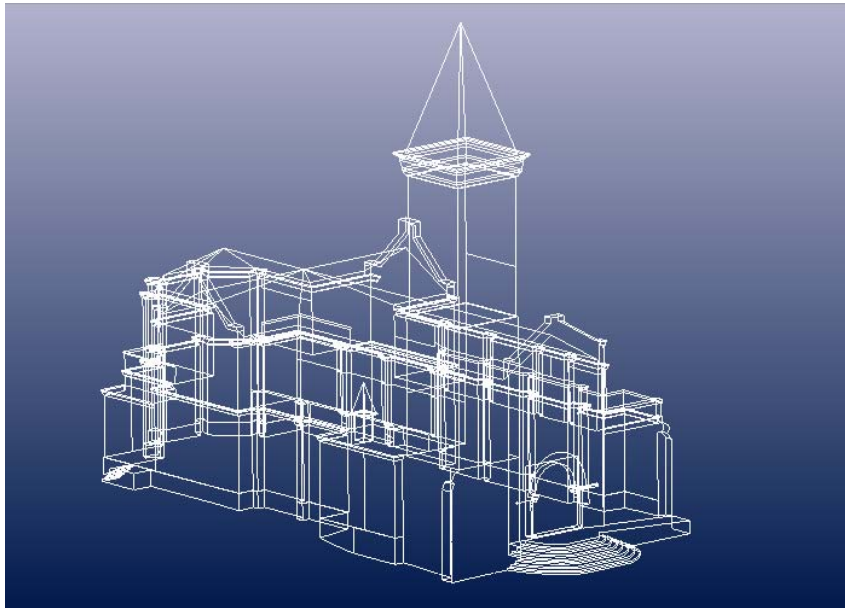


Ilustración 61.- Selección del archivo DXF a importar



La estructura alámbrica resultante es la que se muestra en la Ilustración 62.

Ilustración 62.- Geometría resultante del modelo



6.3.7 Aplicación de texturas.

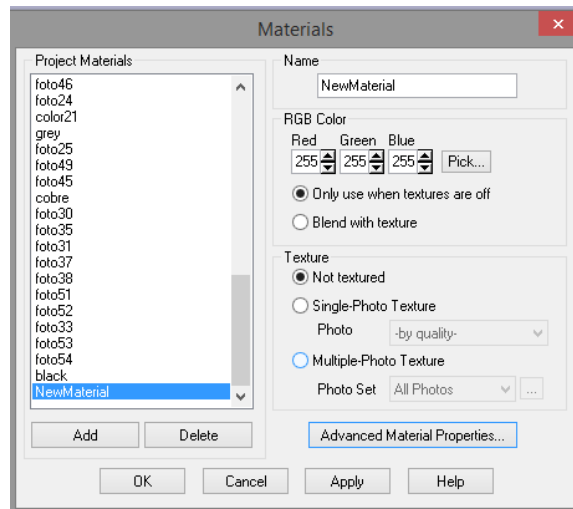
Una vez se generó geoméricamente el modelo se le aplicaron las texturas fotográficas para obtener finalmente un modelado fotorrealístico de la ermita.

Para crear una textura hay que generar una superficie y aplicarle un material. En primer lugar hay que crear los materiales que queremos aplicar a las superficies generadas mediante el comando "*Materials*" (ver Ilustración 63). Para ello hay que añadir el material, nombrarlo y elegir el tipo de textura que queremos crear. Los tipos de texturas pueden ser tres: sin textura (un color RGB uniforme), textura creada a partir de una fotografía o textura creada a partir de varias fotografías (ver Ilustración 64).

Ilustración 63.- Comando para crear materiales



Ilustración 64.- Opciones para la creación de materiales



En nuestro caso los materiales creados fueron texturas a partir de las fotografías fronto-paralelas tomadas a la ermita. Adicionalmente se creó un material sin textura en color gris para aplicar a las superficies generadas de las que carecíamos de fotografías fronto-paralelas.

Una vez creados los materiales, se elige de la lista desplegable el material a aplicar a una superficie (ver Ilustración 65) y después se genera la superficie.

Ilustración 65.- Lista desplegable de materiales



Los comandos utilizados para la generación de superficies fueron los mostrados en la Ilustración 66 y la Ilustración 67.

Ilustración 66.- Generación de superficies a partir de la selección de puntos referenciados o líneas que delimitan un contorno

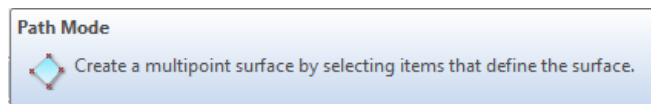
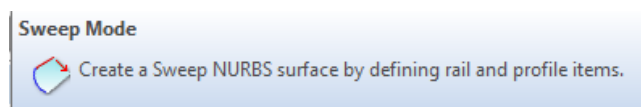


Ilustración 67.- Generación de superficies de extrusión a partir de líneas y/o curvas existentes



El resultado final obtenido se puede ver en las siguientes ilustraciones:

Ilustración 68.- Vista frontal del modelado tridimensional



Ilustración 69.- Vista lateral derecha del modelado tridimensional



Ilustración 70.- Vista trasera del modelado tridimensional



Ilustración 71.- Vista lateral izquierda del modelado tridimensional



6.4 GENERACIÓN DE ORTOFOTOS.

Cuando se han aplicado todas las texturas al modelo se pueden crear las ortofotos de las diferentes vistas. El modo de generarlas es mediante el comando "Export Ortho Photo" situado en el menú desplegable "File" (ver Ilustración 72) en el que se nos da entre otras, la opción de elegir el plano de proyección y la escala de la imagen (ver Ilustración 73).

Ilustración 72.- Comando para la creación de ortofotos

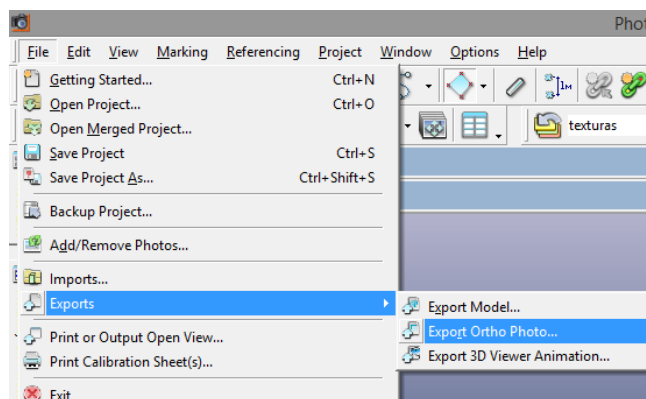
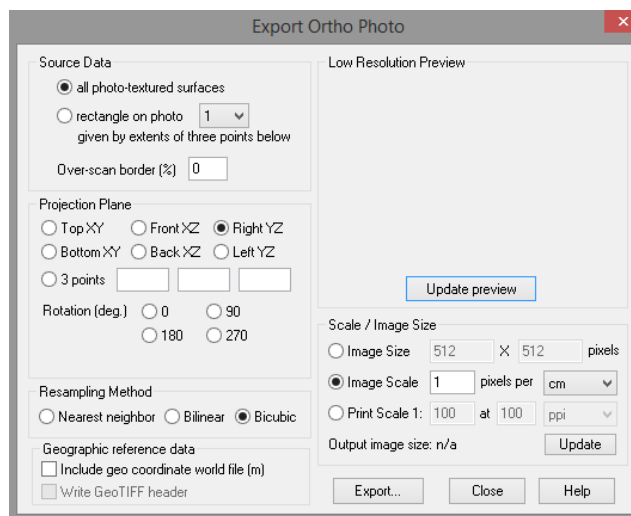


Ilustración 73.- Opciones para la creación de ortofotos



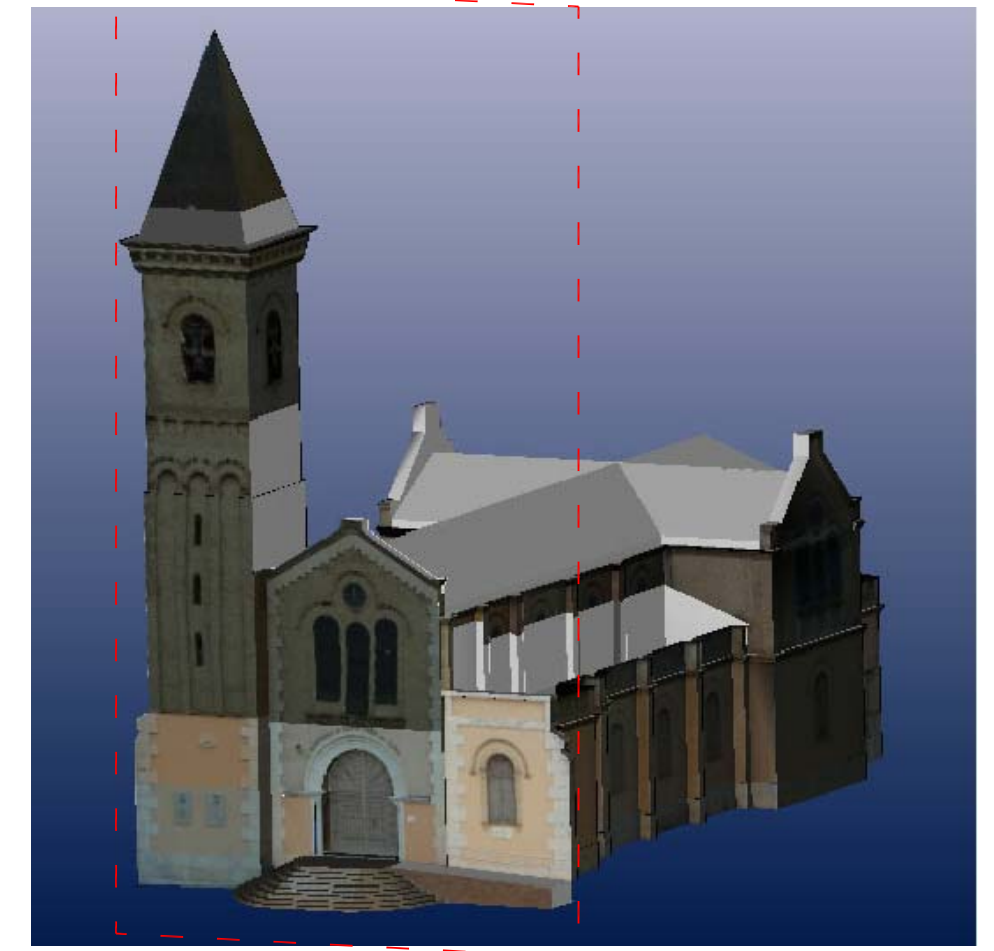
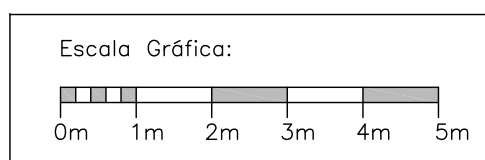
En este caso la escala de la imagen elegida fue de 1 pixel por cm y se realizaron un total de 4 ortofotos, tomando como planos de proyección el frontal, el trasero y los laterales izquierdo y derecho.

Como en las zonas ocultas se carecía de imagen, las estructuras existentes en esas zonas se representaron en tonos grises.


El listado de ortofotos es el siguiente:

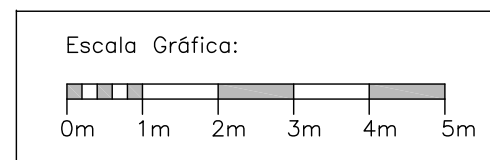
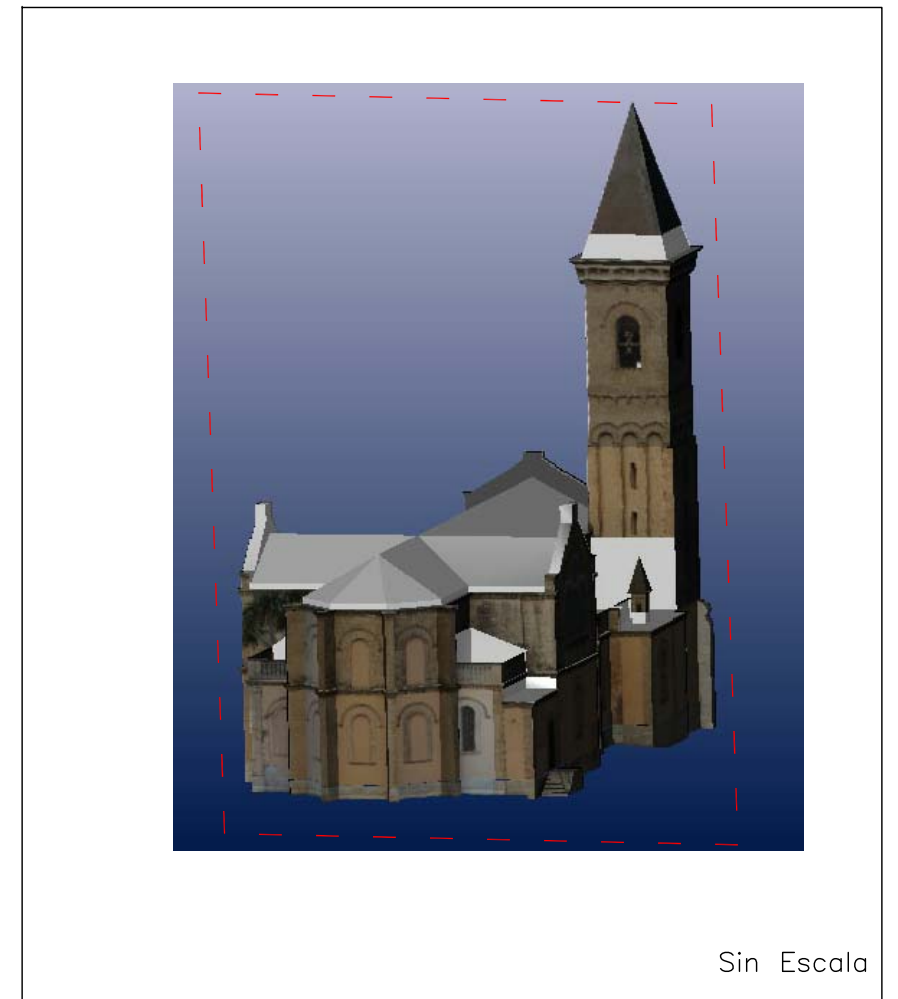
- 1.- Ortofoto Alzado Frontal
- 2.- Ortofoto Alzado Trasero
- 3.- Ortofoto Alzado Lateral Izquierdo
- 4.- Ortofoto Alzado Lateral Derecho

Las ortofotos se adjuntan a continuación.

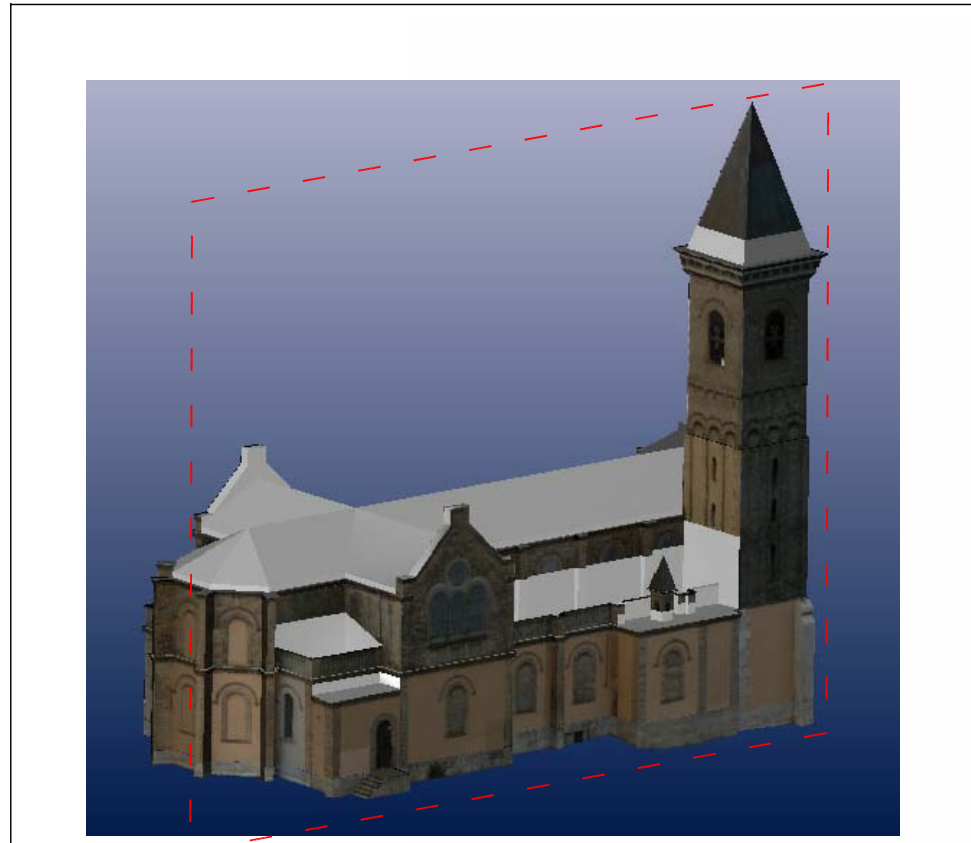


Sin Escala

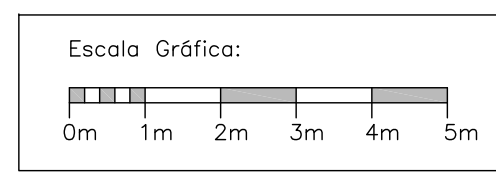
 ETSI GEODÉSICA, CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA			
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA			
Título: "Modelizado tridimensional de la Ermita de Nuestra Señora del Lluch en Alzira (Valencia)"		Autor: M ^a Angeles Francisco DiazHellin Tutor: Ramón Pons Crespo	
Ortofoto: 1.- Ortofoto Alzado Frontal		Escala: 1/100	Fecha: Diciembre 2014




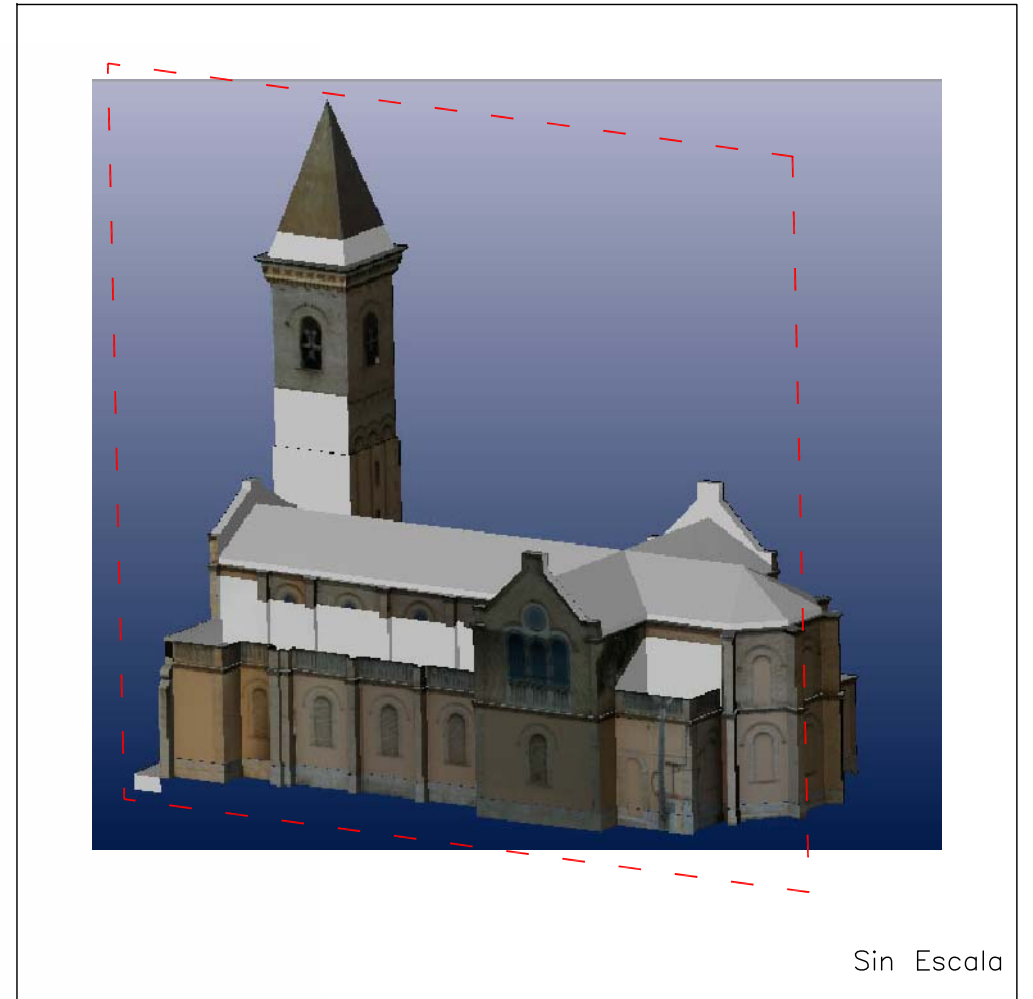
 ETSI GEODÉSICA, CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA			
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA			
Título: "Modelizado tridimensional de la Ermita de Nuestra Señora del Lluch en Alzira (Valencia)"		Autor: M ^a Angeles Francisco DiazHellin Tutor: Ramón Pons Crespo	
Ortofoto: 2.- Ortofoto Alzado Trasero		Escala: 1/100	Fecha: Diciembre 2014



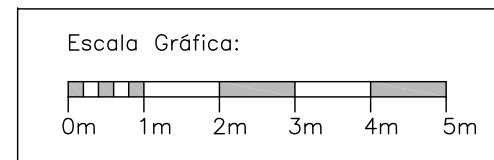
Sin Escala



 ETSI GEODÉSICA, CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA		
Título: "Modelizado tridimensional de la Ermita de Nuestra Señora del Lluch en Alzira (Valencia)"		Autor: M ^a Angeles Francisco DiazHellin Tutor: Ramón Pons Crespo
Ortofoto: 3.- Ortofoto Alzado Lateral Izquierdo	Escala: 1/100	Fecha: Diciembre 2014



Sin Escala



 ETSI GEODÉSICA, CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA		
Título: "Modelizado tridimensional de la Ermita de Nuestra Señora del Lluch en Alzira (Valencia)"		Autor: M ^a Angeles Francisco DiazHellin Tutor: Ramón Pons Crespo
Ortofoto: 4- Ortofoto Alzado Lateral Derecho	Escala: 1/100	Fecha: Diciembre 2014

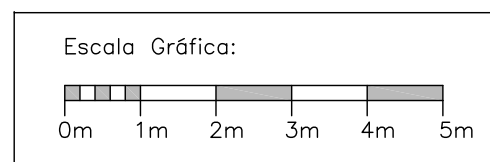
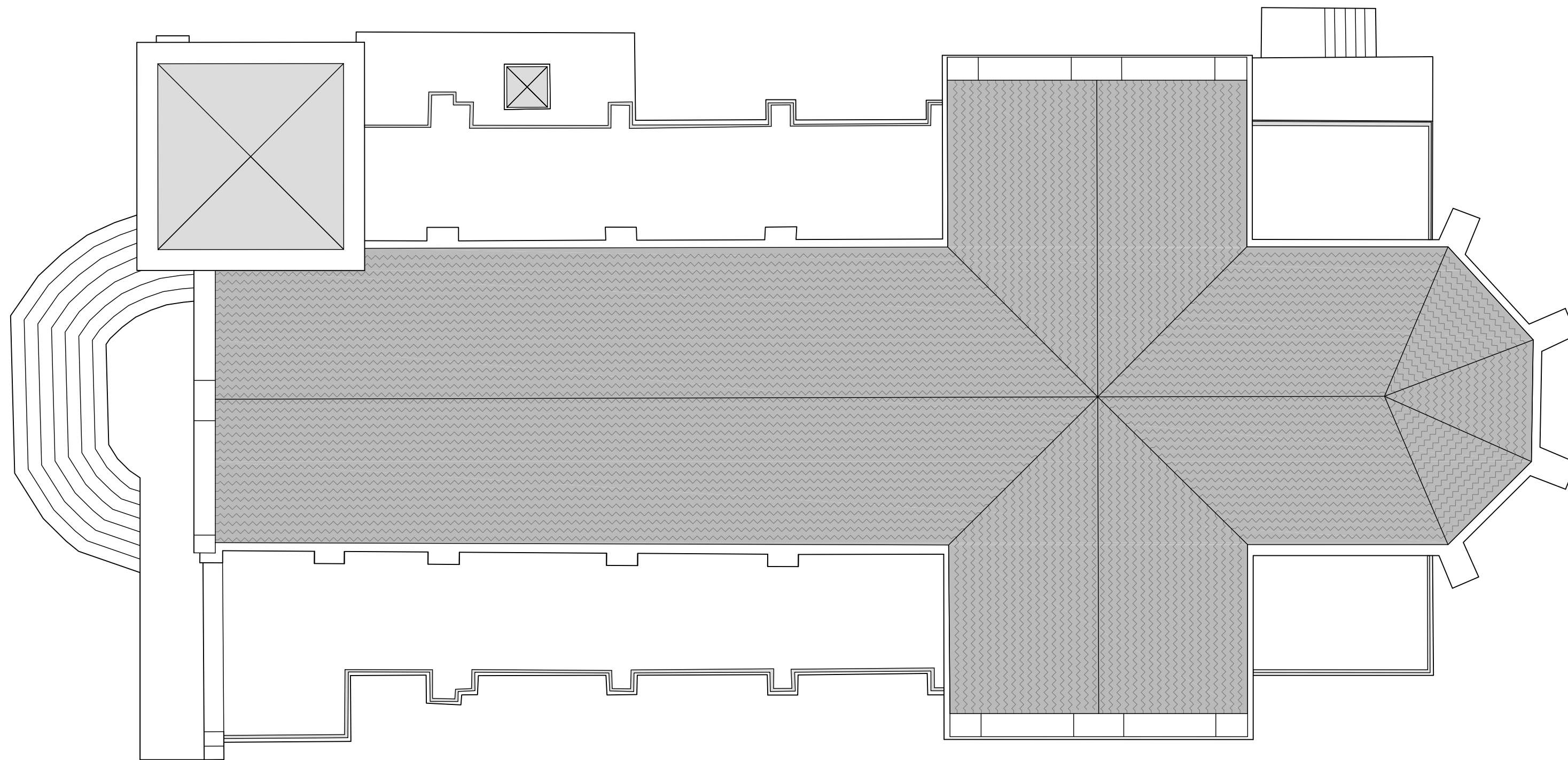
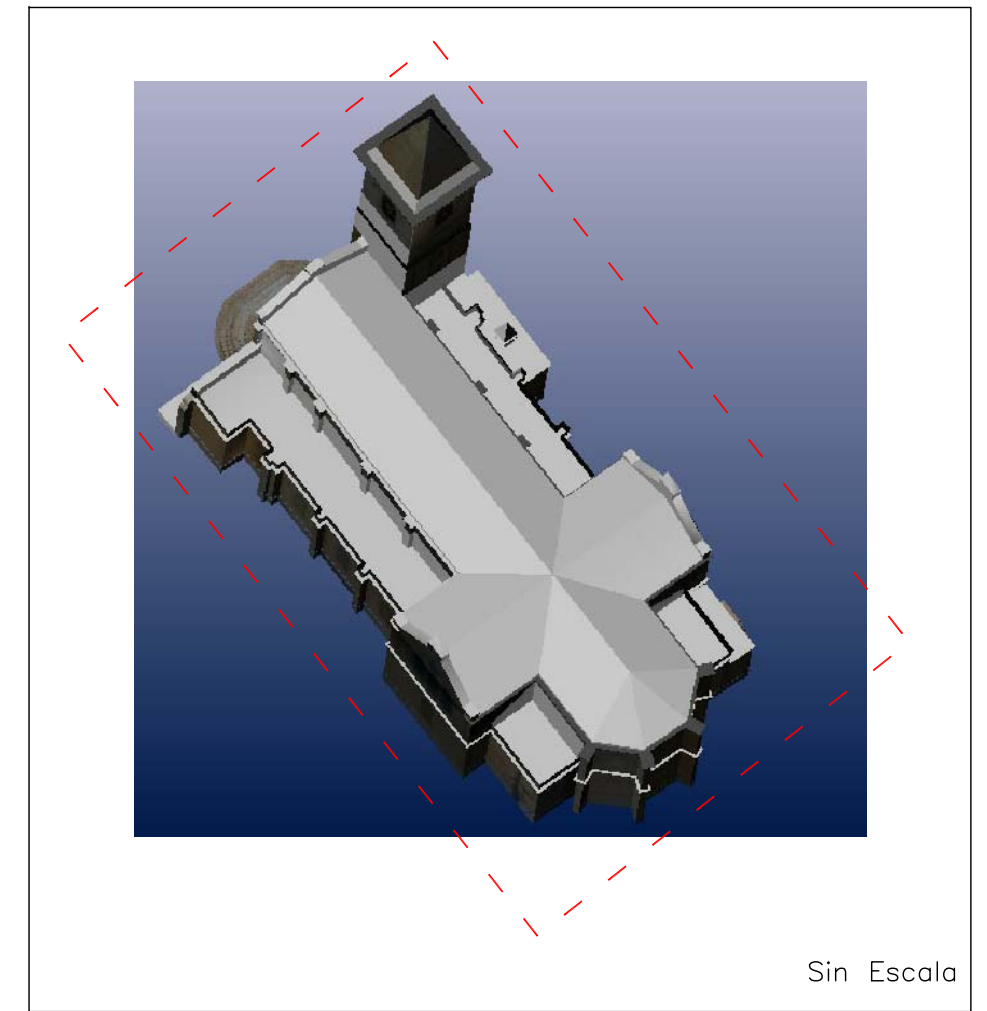
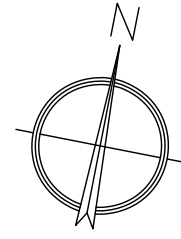
6.5 GENERACIÓN DE PLANOS.

Los planos se dibujaron en el programa Autocad a partir del fichero en DXF que contenía la geometría final de la ermita y las ortofotos creadas. Se realizó un plano a escala 1/100 por cada una de las vistas de la construcción.

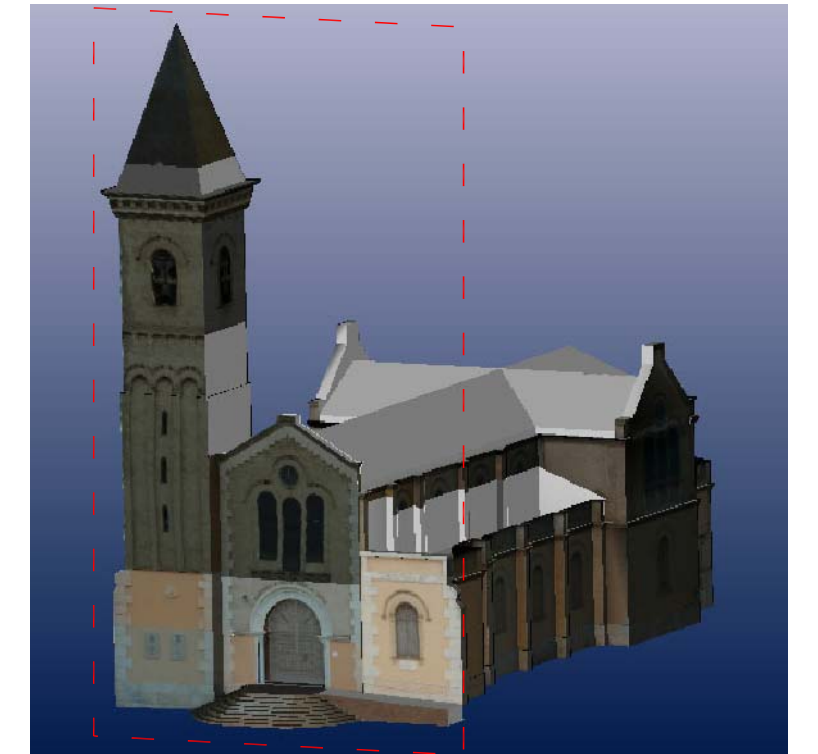
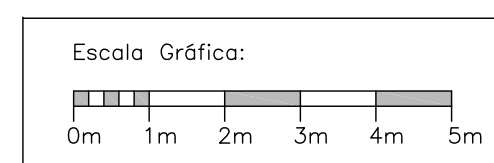
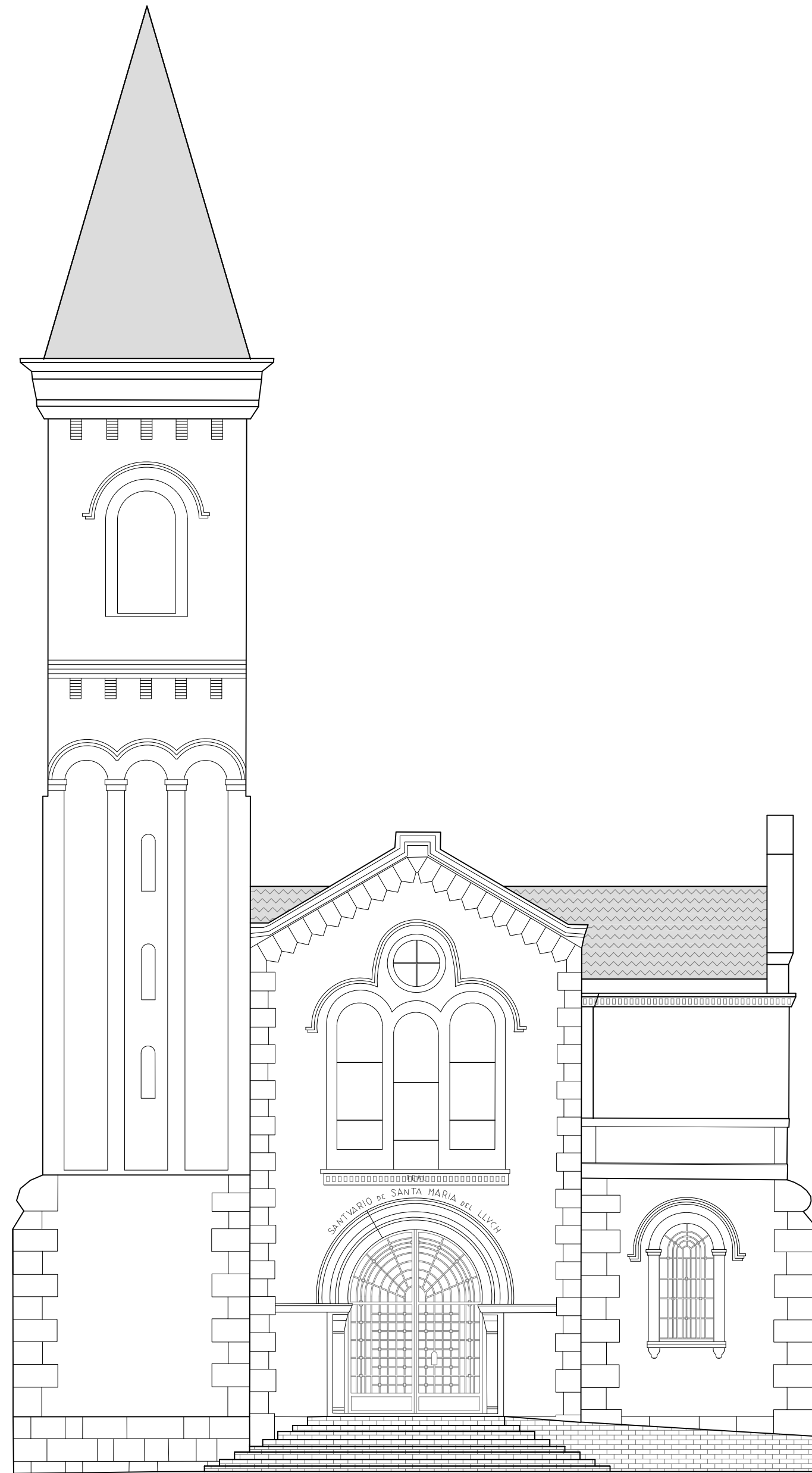
El listado de planos es el siguiente:

- 1.- Planta
- 2.- Alzado Frontal
- 3.- Alzado Trasero
- 4.- Alzado Lateral Izquierdo
- 5.- Alzado Lateral Derecho

Los planos se adjuntan a continuación.

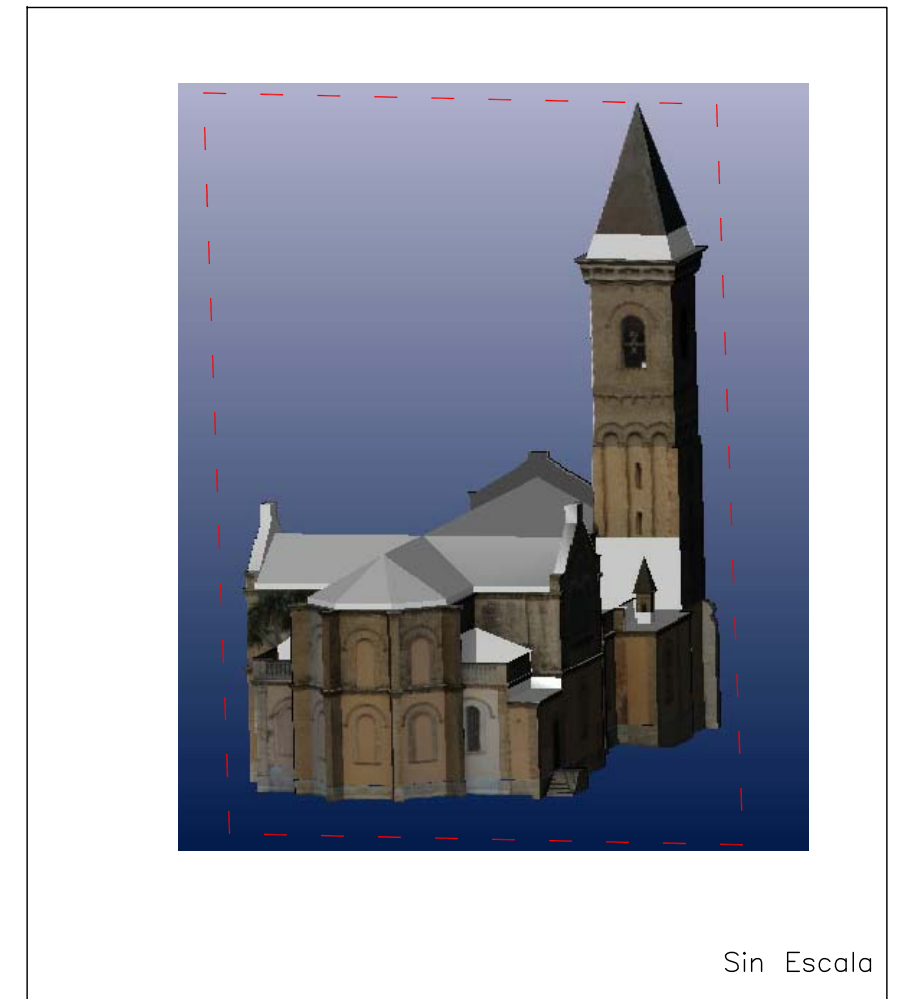
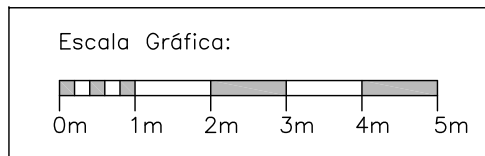
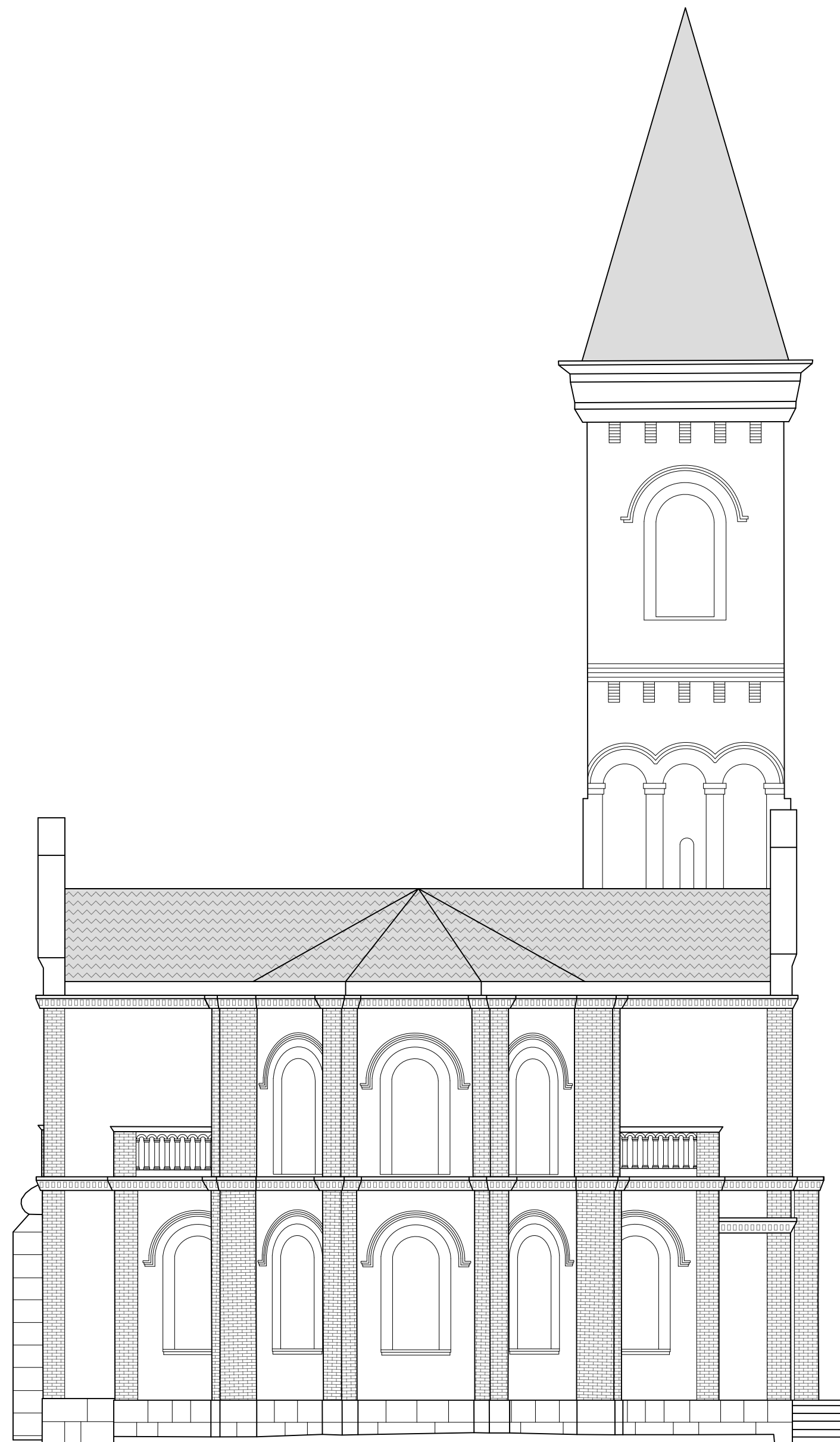



		ETSI GEODÉSICA, CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA				
Título: "Modelizado tridimensional de la Ermita de Nuestra Señora del Lluch en Alzira (Valencia)"		Autor: M ^a Angeles Francisco DiazHellin Tutor: Ramón Pons Crespo		
Plano: 1.- Planta		Escala: 1/100	Fecha: Diciembre 2014	

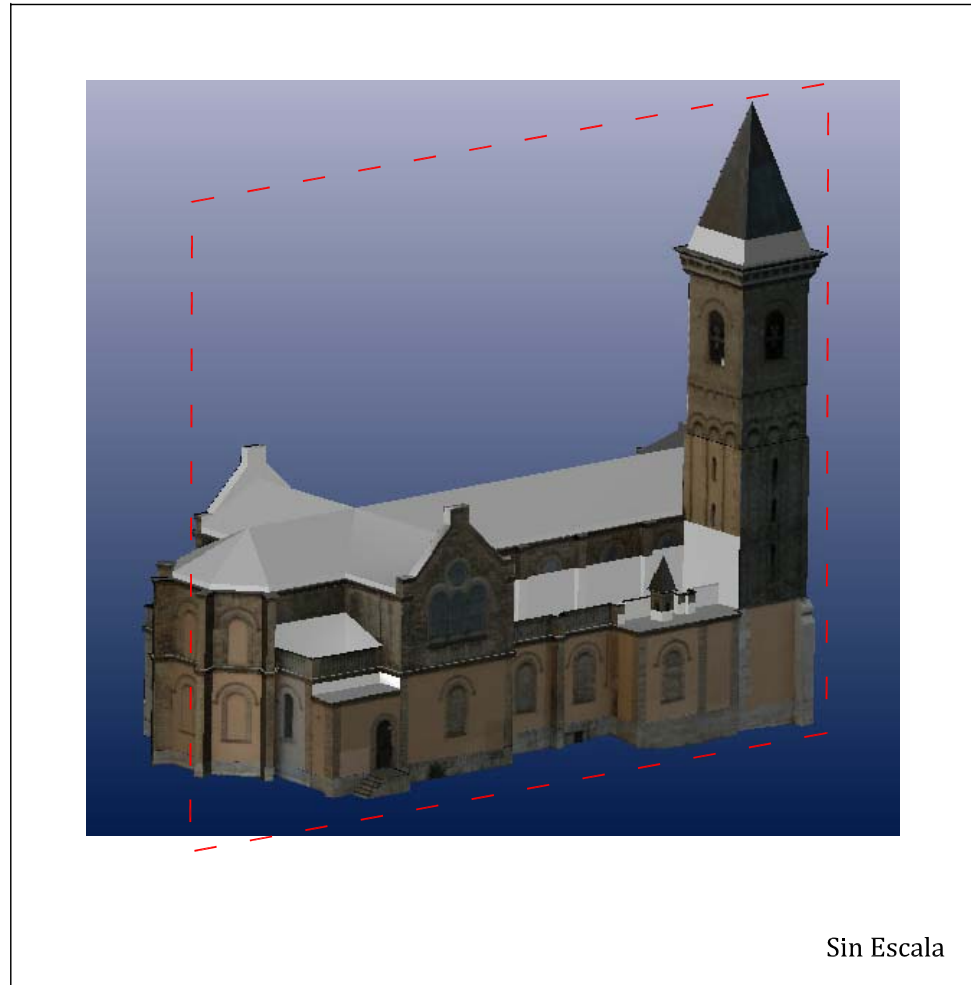


Sin Escala

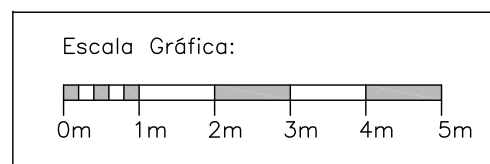
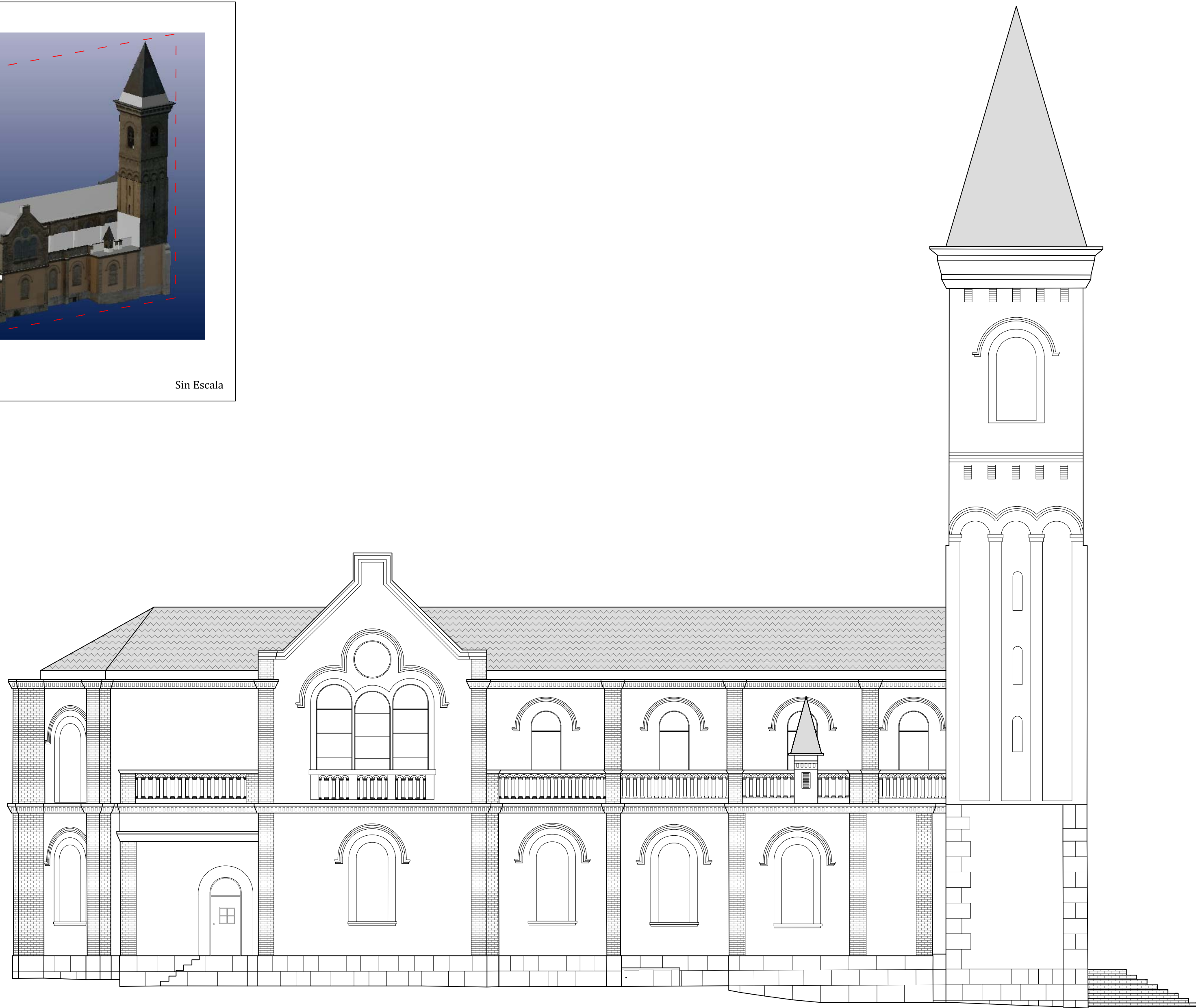
 ETSI GEODÉSICA, CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA			
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA			
Título: "Modelizado tridimensional de la Ermita de Nuestra Señora del Lluch en Alzira (Valencia)"		Autor: M ^a Angeles Francisco DiazHellin Tutor: Ramón Pons Crespo	
Plano: 2.- Alzado Frontal		Escala: 1/100	Fecha: Diciembre 2014



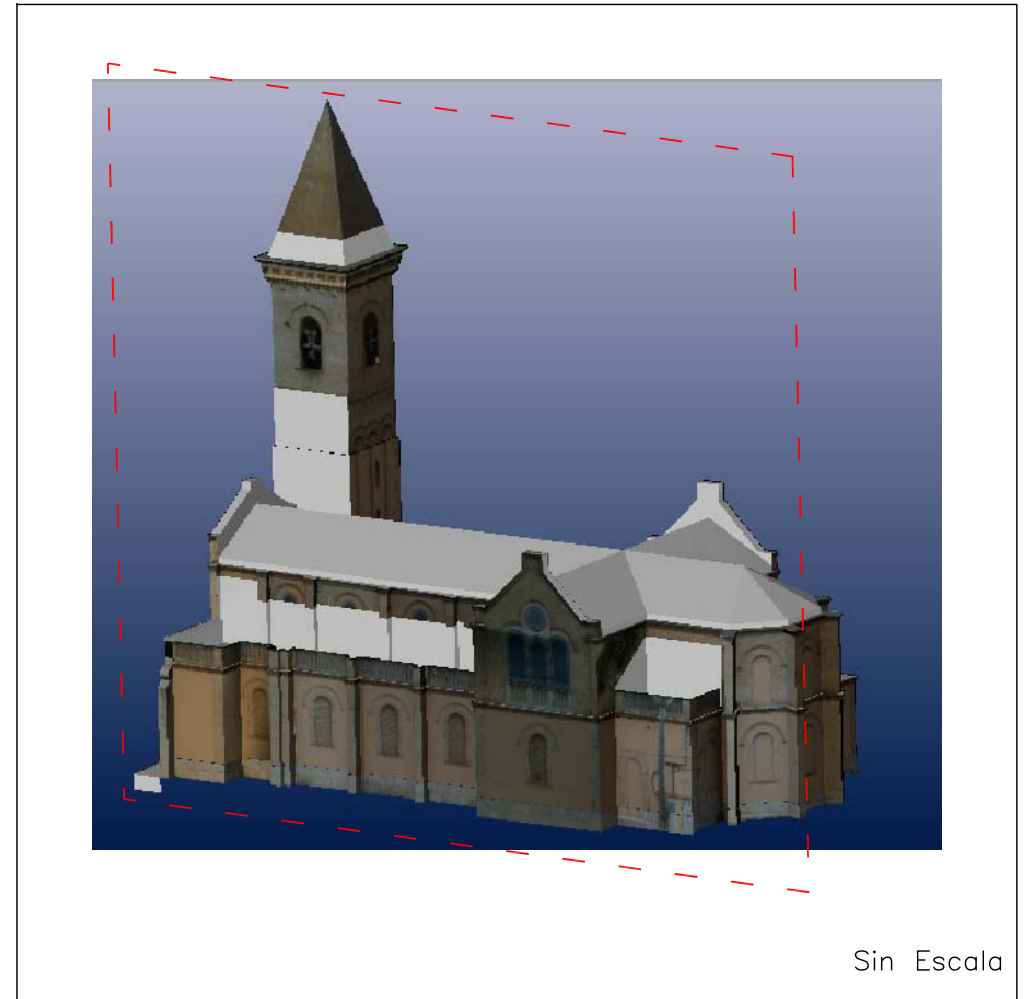
 ETSI GEODÉSICA, CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA			
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA			
Título: "Modelizado tridimensional de la Ermita de Nuestra Señora del Lluch en Alzira (Valencia)"		Autor: M ^a Angeles Francisco DiazHellin Tutor: Ramón Pons Crespo	
Plano: 3.- Alzado Trasero		Escala: 1/100	Fecha: Diciembre 2014



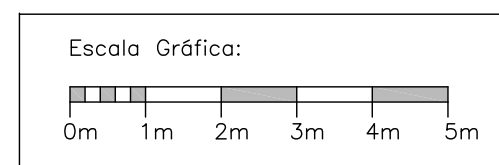
Sin Escala





 ETSI GEODÉSICA, CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA		
Título: "Modelizado tridimensional de la Ermita de Nuestra Señora del Lluch en Alzira (Valencia)"		Autor: M ^a Angeles Francisco DiazHellin Tutor: Ramón Pons Crespo
Plano: 4.- Alzado Lateral Izquierdo	Escala: 1/100	Fecha: Diciembre 2014



Sin Escala

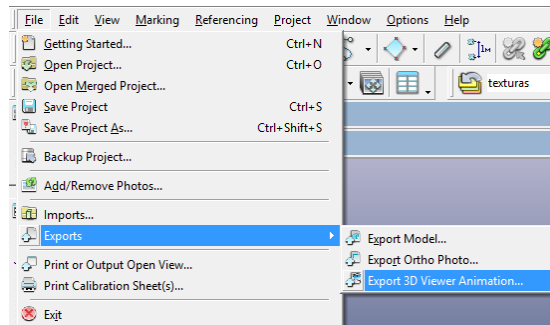


 ETSI GEODÉSICA, CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA		
Título: "Modelizado tridimensional de la Ermita de Nuestra Señora del Lluch en Alzira (Valencia)"		Autor: M ^a Angeles Francisco DiazHellin Tutor: Ramón Pons Crespo
Plano: 5.- Alzado Lateral Derecho	Escala: 1/100	Fecha: Diciembre 2014

6.6 ANIMACIÓN 3D.

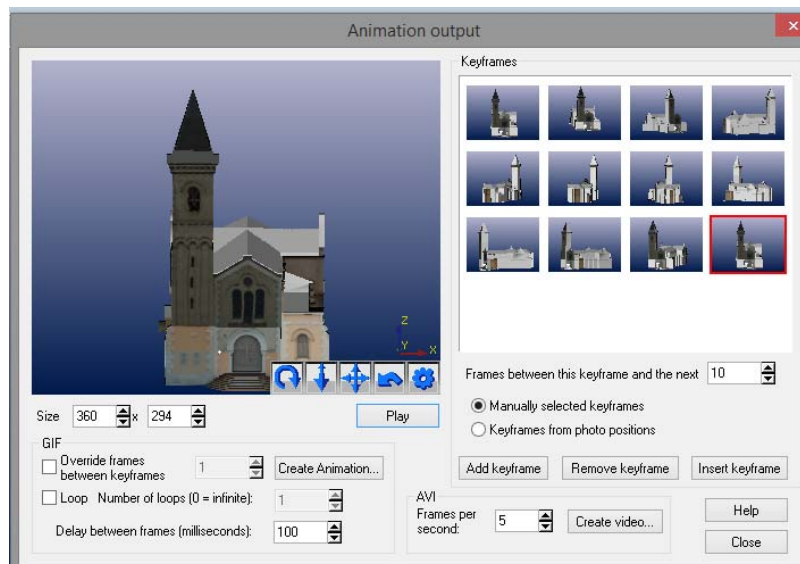
Para crear una animación 3D hay que seleccionar el comando "Export 3D Viewer Animation" del menú desplegable "File" (ver Ilustración 74).

Ilustración 74.- Comando de creación de una animación 3D



Este comando nos da la posibilidad de crear una animación 3D a partir de fotografías insertadas manualmente desde el visor 3D que nos proporciona. El proceso básico es situar el modelo en el visor 3D en las distintas posiciones que queremos que aparezcan en la animación y en cada una de estas posiciones añadir un "Keyframe". PhotoModeler completará la animación insertando los fotogramas entre los citados "Keyframe" (ver Ilustración 75).

Ilustración 75.- Cuadro de diálogo del comando de creación de una animación 3D



La animación resultante puede ser revisada haciendo clic en el botón "Play". Si el resultado no es el esperado se pueden añadir o borrar "Keyframe" hasta que el resultado sea el esperado (ver Ilustración 75).

Las opciones que nos da el programa para el formato de salida de la animación son AVI y GIF.

La animación que se creó para este TFG consta de 12 "Keyframe" (ver Ilustración 75) y el formato de salida fue tanto AVI como GIF.

7 CONCLUSIONES.

Analizando las diferentes fases del TFG y estudiando los resultados obtenidos se puede afirmar que para obtener un modelizado óptimo, los puntos del proceso en los que hay que tener especial cuidado son:

1. **La calibración de la cámara**, puesto que en este proceso lo que se hace es obtener los parámetros de comportamiento de la cámara que rigen el modo en que la cámara deforma la realidad al plasmarla en una fotografía. Es imprescindible para una buena calibración seguir rigurosamente las reglas fotográficas expuestas en el apartado 6.2.2 del presente TFG.
2. **La toma de fotografías**, para cubrir por completo todo el edificio lo mejor es empezar a fotografiar a partir de un punto y rodear todo el edificio en un sentido, haciendo especial hincapié en las zonas de cambio como esquinas y huecos. Para evitar tener que volver a campo por no obtener los resultados esperados, es muy importante seguir las reglas fotográficas expuestas en el apartado 6.2.2 y las reglas geométricas expuestas en el apartado 6.2.4 del presente TFG.
3. **Orientación de las fotos**, en esta fase se comprobó que la forma más sencilla para orientar las fotos era ir introduciendo y referenciando las imágenes en pequeños bloques de máximo seis fotografías. Para la referenciación de las imágenes es significativo escoger puntos homólogos con la mayor visibilidad posible.
4. **Error del modelo**, a medida que se van orientando fotos e introduciendo puntos homólogos en estas hay que vigilar el error obtenido e ir corrigiendo los puntos cuyo error supera el esperado.

Como observación se puede añadir que si se hubiera contado con medios materiales suficientes, como por ejemplo una pértiga fotográfica con disparo automático a distancia o una grúa, el modelizado fotográfico de la ermita hubiera sido completo, es decir, carecería de zonas ocultas.

Como conclusión final, agregar que los resultados obtenidos para el presente TFG han sido satisfactorios tanto a nivel de precisión como de infografía.

8 FUENTES DE INFORMACIÓN.

Ayuda del programa PhotoModeler.

Documentación aportada por el curso de verano Fotografía Digital de Objetos Cercanos organizado por la Universidad de Zaragoza.

Fotogrametría práctica: Tutorial photomodeler. Libro Publicado por Punto Arquitectura S.L.P.

<http://www.santuariovirgendellluch.org/PagHTML/EISantuario.html>

<http://www.ermistascomunidadvalenciana.com/vraalz1.htm>

<http://www.jdiezarnal.com/spainvalencia.html>

<http://www.worldphotogrammetry.com/index.php>

<http://www.panoramio.com/photo/32935447>