



ARCHIVO DEL LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO

LABORATORY FOR THE GEOMETRIC DOCUMENTATION OF
HERITAGE'S ARCHIVE

Sección de proyectos fin de carrera / Undergraduate master
projects section

12

Información general / General information		
AUTOR:	Raquel MÉNDIZ MATEO	:AUTHOR
TUTOR:	José Manuel VALLE MELÓN Álvaro RODRIGUEZ MIRANDA	:TUTOR
TITULACION:	Ingeniería Técnica en Topografía. Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz (UPV-EHU)	:DEGREE
TITULO:	Documentación geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Laturce (Clavijo, La Rioja)	:TITLE
FECHA:	septiembre 2011 / September 2011	:DATE
NUMERO:	LDGP_pfc_012	:NUMBER
IDIOMA:	español / Spanish	:LANGUAGE

Resumen	
TITULO:	Documentación geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Laturce (Clavijo, La Rioja)
RESUMEN:	La fotogrametría ha experimentado un cambio importante por la irrupción de nuevo software de fácil manejo y coste reducido que puede favorecer su aplicación para el estudio de múltiples problemas. El presente proyecto analiza la aplicación de las técnicas de fotogrametría convergente y los programas informáticos actualmente disponibles para el estudio de muros en peligro de colapso. Se comparan diferentes opciones para la obtención de modelos de nubes de puntos, mallados con textura fotográfica y ortofotografías.
DESCRIPTORES NATURALES:	patrimonio, análisis de deformaciones, técnicas de bajo coste, auscultación
DESCRIPTORES CONTROLADOS:	(Procedentes del Tesoro UNESCO [http://databases.unesco.org/thessp/]) Patrimonio Cultural, Ingeniería de la Construcción, Fotogrametría

Abstract	
TITLE:	Geometric documentation of areas at risks of crumbling. Case study in the San Prudencio's Monastery (Clavijo, La Rioja, Spain)
ABSTRACT:	Photogrammetry is undergoing an important change due to the arrival of new software easier to use and lower in price. This thesis analyzes the application of these improvements to a the study and monitoring of unstable walls in a ruined monastery. Different software packages are compared in order to obtain point clouds, meshed three-dimensional models with photographic textures and orthophotographs.
NATURAL KEYWORDS:	heritage, deformation analysis, low-cost, monitoring
CONTROLLED KEYWORDS:	(From the UNESCO's thesaurus [http://databases.unesco.org/thesaurus/]) Cultural Heritage, Construction engineering, Photogrammetry

Localización / Placement		
ELEMENTO PATRIMONIAL:	Monasterio de San Prudencio de Monte Laturce	:HERITAGE ELEMENT
MUNICIPIO:	Clavijo, La Rioja, España/Spain (Getty TGN: 4002706 / 7337230)	:MUNICIPALITY
COORDENADAS:	EPSG:4326 WGS84/LatLong 42.347283,-2.413575	:COORDINATES

Derechos / Rights		
DERECHOS:	<p>Está permitido citar y extraer el texto, siempre que la fuente sea claramente identificada (respecto a la consideración de “no comercial” ver el apartado “otros derechos”). / Permission is granted to quote and take excerpts from this text, provided that the source of such material is fully acknowledged (for the “non commercial” label see below in “others rights”).</p> 	:RIGHTS
OTROS:	<p>Algunas imágenes y planos corresponden a proyectos de documentación realizados por encargo y, en consecuencia, su uso comercial puede infringir derechos de explotación de los promotores. / Some pictures and plans come for the documentation of commissioned projects, therefore, their use for commercial purposes may be an infringement of the promoters rights.</p>	:OTHERS

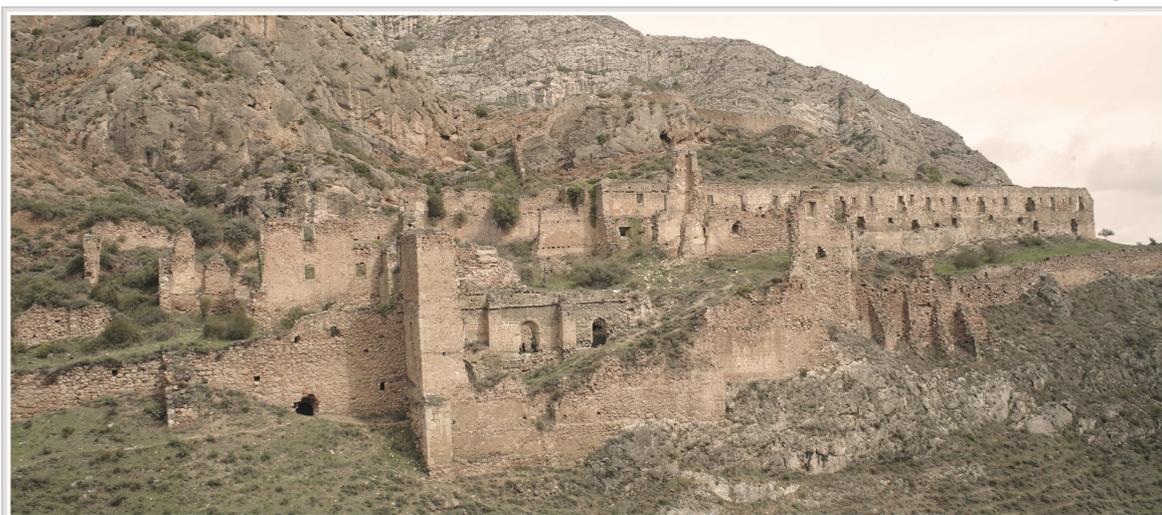
Renuncia de responsabilidad / Disclaimer		
DESCARGO:	<p>El uso de la información contenida en este documento se hará bajo la completa responsabilidad del usuario. / The use of the information contained in this document will be under the exclusive responsibility of the user.</p>	:DISCLAIMER

Reutilización / Re-use

REUTILIZACION:	<p>Los siguientes términos corresponden al Real Decreto 1495/2011, de 24 de octubre por el que se desarrolla la Ley 37/2007, de 16 de noviembre, sobre reutilización de la información del sector público, para el ámbito del sector público estatal.</p> <p>"Son de aplicación las siguientes condiciones generales para la reutilización de los documentos sometidos a ellas:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Está prohibido desnaturalizar el sentido de la información.2. Debe citarse la fuente de los documentos objeto de la reutilización. Esta cita podrá realizarse de la siguiente manera: "Origen de los datos: [órgano administrativo, organismo o entidad del sector público estatal de que se trate]".3. Debe mencionarse la fecha de la última actualización de los documentos objeto de la reutilización, siempre cuando estuviera incluida en el documento original.4. No se podrá indicar, insinuar o sugerir que la [órgano administrativo, organismo o entidad del sector público estatal de que se trate] titular de la información reutilizada participa, patrocina o apoya la reutilización que se lleve a cabo con ella.5. Deben conservarse, no alterarse ni suprimirse los metadatos sobre la fecha de actualización y las condiciones de reutilización aplicables incluidos, en su caso, en el documento puesto a disposición para su reutilización." <p style="text-align: center;">/</p> <p>The following terms come from the Royal Decree 1495/2011, of 24th October 2011, whereby the Law 37/2007, of November 16, on the re-use of public sector information, is developed for the public state sector.</p> <p>"The following general terms shall apply to all re-usable document availability methods:</p> <ol style="list-style-type: none">1. The information must not be distorted.2. The original source of re-usable documents must be cited.3. The date of the latest update of re-usable documents must be indicated when it appears in the original document.4. It must not be mentioned or suggested that the public sector agencies, bodies or entities are involved in, sponsor or support the re-use of information being made.5. Metadata indicating the latest update and the applicable terms of re-use included in re-usable documents made available by public agencies or bodies must not be deleted or altered."	:RE-USE
----------------	--	---------

Estructura / Framework		
ID PERMANENTE:	http://hdl.handle.net/10810/9912	:PERMANENT ID
ESTRUCTURA:	<ul style="list-style-type: none"> • ldgp_pfc012_RaquelM.pdf: este documento / this document. • ldgp_pfc012_fmet(??)(?).jpg: 37 fotografías métricas agrupadas en función del muro al que hacen referencia (J o P) y del punto de vista de la toma (N-S-E-W), también se indica el objetivo (fmet15 = 35 mm y fmet16 = 21 mm) en formato JPEG / 37 metric photographs gathered by the wall (J or P) and the point of view (N-S-E-W) the lens is also indicated (fmet15 = 35mm and fmet16 = 21 mm) in JPEG format. 	:FRAMEWORK

Cita completa recomendada / Recommended full citation		
CITA:	MÉNDIZ MATEO, Raquel. <i>Documentación geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Laturce (Clavijo, La Rioja)</i> . Proyecto fin de carrera de Ingeniería Técnica en Topografía. Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz (Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea). 2011.	:CITATION



Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe.
Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de
Monte Laturce (Clavijo, La Rioja)

ALUMNA: *Raquel Méndiz Mateo*

TUTORES: *José Manuel Valle Melón - Álvaro Rodríguez Miranda*



1. INTRODUCCIÓN.....	Pág. 2
1.1 Ubicación del Monasterio.....	Pág. 4
1.2 Historia y arquitectura del Monasterio	Pág. 6
2. ANTECEDENTES.....	Pág. 8
2.1 Descripción del proyecto IP Erasmus.....	Pág. 9
2.2 Descripción de las zonas de riesgo	Pág. 10
2.3 Idea general sobre el proyecto	Pág. 17
3. OBJETIVOS.....	Pág. 19
3.1 Resultados que se van a obtener	Pág. 21
4. MATERIAL Y MÉTODOS	Pág. 23
4.1 Instrumentación utilizada.....	Pág. 24
4.1.1 Topografía.....	Pág. 24
4.1.2 Fotogrametría	Pág. 25
4.1.3 Material auxiliar	Pág. 26
4.1.4 Software utilizado	Pág. 27
4.2 Metodología	Pág. 28
4.2.1 Fotogrametría estereoscópica y convergente.....	Pág. 28
4.2.2 Método General de la Fotogrametría.....	Pág. 30
4.2.3 Nubes de puntos.....	Pág. 33
4.2.4 Mallado	Pág. 34
4.2.5 Ortofotografías	Pág. 34
4.2.6 Edición.....	Pág. 34
4.2.7 Importación y exportación.....	Pág. 35
5. EXPLICACIÓN DE ALGUNOS PROCESOS FOTOGAMÉTRICOS A TENER EN CUENTA	
.....	Pág. 37
5.1 Calibración	Pág. 38
5.2 Corrección de la distorsión	Pág. 42
5.3 Rectificación	Pág. 45
5.3.1 Transformación proyectiva bidimensional o rectificación analítica	
.....	Pág. 45
5.3.2 Rectificación de imágenes digitales	Pág. 49
5.4 Ortoproyección.....	Pág. 50
6. EJECUCIÓN	Pág. 53
6.1 Ejecución del trabajo realizado.....	Pág. 54
6.2 Toma de datos	Pág. 55
6.2.1 Trabajos previos.....	Pág. 55
6.2.2 Salidas a campo.....	Pág. 55
6.2.3 Toma de fotografías.....	Pág. 57

6.2.3.1	Ejecución de la toma de fotografías	Pág. 60
6.2.4	Medición del apoyo fotogramétrico	Pág. 62
6.2.4.1	Ejecución de la medida del apoyo	Pág. 63
6.2.5	Adquisición y almacenamiento de datos	Pág. 64
6.3	Flujo de trabajo	Pág. 66
6.2.1	Flujo de trabajo con Photomodeler Scanner	Pág. 66
6.2.2	Flujo de trabajo con Image Master	Pág. 83
6.2.3	Flujo de trabajo con Rapidform	Pág. 97
7.	RESULTADOS Y PROBLEMAS	Pág. 99
7.1	Resultados obtenidos	Pág. 100
7.1.1	Modelos tridimensionales	Pág. 100
7.1.1.1	Modelos tridimensionales del muro “P” obtenidos en Photomodeler Scanner	Pág. 100
7.1.1.2	Modelos tridimensionales del muro “P” obtenidos en Image Master	Pág. 104
7.1.1.3	Modelos tridimensionales del muro “J” obtenidos en Image Master	Pág. 112
7.1.2	Ortofotografías	Pág. 116
7.1.2.1	Ortofotos del muro “P” obtenidos en Photomodeler Scanner	Pág. 117
7.1.2.2	Ortofotos del muro “P” obtenidos en Image Master	Pág. 119
7.1.2.3	Ortofotos del muro “J” obtenidos en Image Master	Pág. 121
7.2	Precisión obtenida en los modelos 3D	Pág. 122
7.2.1	Determinación de la precisión en Photomodeler Scanner	Pág. 123
7.2.2	Determinación de la precisión en Image Master	Pág. 124
7.2.3	Análisis de la precisión de los modelos del muro “P” obtenidos en Photomodeler Scanner	Pág. 125
7.2.4	Análisis de la precisión de los modelos del muro “P” obtenidos en Image Master	Pág. 128
7.2.5	Análisis de la precisión de los modelos del muro “J” obtenidos en Image Master	Pág. 131
7.3	Precisión obtenida en las ortofotos	Pág. 134
7.3.1	Determinación de la precisión AutoCAD	Pág. 134
7.3.2	Análisis de la precisión de las ortofotos del muro “P” obtenidos en Photomodeler Scanner	Pág. 136
7.3.3	Análisis de la precisión de las ortofotos del muro “P” obtenidos en Image Master	Pág. 139
7.3.4	Análisis de la precisión de las ortofotos del muro “J” obtenidos en Image Master	Pág. 143
7.4	Optimización en el proceso de limpieza de las nubes de puntos y mallas de triángulos	Pág. 146
7.4.1	Modo de trabajo y soluciones en Photomodeler Scanner	Pág. 146

7.4.2 Modo de trabajo y soluciones en Image Master	Pág. 147
8. TRABAJOS CON IMÁGENES IDEALIZADAS.....	Pág. 149
8.1 Fotografías idealizadas en Image Master Calib	Pág. 150
8.1.1 Ejemplo paño Norte muro “P”	Pág. 152
8.1.2 Ejemplo paño Oeste muro “P”	Pág. 154
8.2 Fotografías idealizadas en Photomodeler Scanner	Pág. 157
8.2.1 Ejemplo paño Norte muro “P”	Pág. 157
8.2.2 Ejemplo paño Oeste muro “P”	Pág.160
9. CONCLUSIONES.....	Pág. 164
10. BIBLIOGRAFÍA	Pág.167

ANEXOS:

- Anexo 1: Noticias relacionadas con el IP Erasmus 2010
- Anexo 2: Especificaciones técnicas y características de la instrumentación utilizada
- Anexo 3: Certificados
- Anexo 4: Descripción del Software utilizado
- Anexo 5: Reseñas de las estaciones
- Anexo 6: Reseñas del apoyo fotogramétrico
- Anexo 7: Tablas de errores de los modelos tridimensionales
- Anexo 8: Tablas de errores de las ortofotos
- Anexo 9: Valoración económica
- Anexo 10: Planos

AGRADECIMENTOS

Antes de introducirnos en profundidad en el proyecto fin de carrera que queda recogido en este documento, me gustaría aprovechar este momento para agradecer a aquellas personas que sabiéndolo o no también han contribuido en él de muy diferentes formas.

Para empezar quisiera agradecer su ayuda, comprensión y dedicación a los tutores de este proyecto, José Manuel Valle Melón y Álvaro Rodríguez Miranda. Gracias por darme la oportunidad de formar parte en un principio del Programa Intensivo ERASMUS que tuvo lugar en verano de 2010 y seguidamente en el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio, gracias también por todas las experiencias personales y profesionales que he adquirido en ambos, que sin duda conservaré y aplicaré a lo largo de toda mi vida. Quisiera también agradecer el haberme propuesto realizar este proyecto a pesar de los problemas que de él se han derivado, por hacerme ver la importancia de un buen razonamiento y por haberme orientado en aquellos momentos que lo necesitaba.

Agradecerles también a ambos el haberme devuelto la curiosidad por nuestra historia, por todo aquello que no podemos olvidar y que debemos conservar, y por hacerme comprender la importancia del trabajo con otros profesionales.

Agradecer a M^a Soledad Pinedo Zuaza el haber aceptado formar parte del tribunal que valorará este proyecto fin de carrera.

Como no, me gustaría dar las gracias a todos mis compañeros del laboratorio en estos últimos meses; Miguel Moreno González, Pablo Ibáñez de Elejalde Landa, Chiara Maria D'Anna y Christina Gkintzou. Por los momentos en el laboratorio y fuera de él y por su ayuda incondicional. Muy en especial a mi amiga griega por su cariño y ánimos en los buenos y malos momentos.

Quisiera mencionar a mi compañera de "fatigas", trabajos, tardes de estudio... a lo largo de estos cuatro años, Izaskun Fernández de Romarategui, porque esto verdaderamente sólo ha sido el principio de una gran amistad.

Indirectamente me gustaría agradecer desde lo más profundo de mi corazón a mi familia, tanto a los que siguen aquí como a aquellos que ya no están porque todo esto les hubiera hecho sentirse orgullosos de mí. Gracias a mis padres, Justa y César, y a mi hermana Aradón por no fallarme nunca, por sus charlas (unas más filosóficas que otras), por los consejos bien dados, por su apoyo de principio a fin...y por saber lo que necesitaba en todo momento. Gracias a mi abuelo Agustín por hacerme entender desde pequeña la oportunidad que significa el poder estudiar.

Una mención especial a todos mis amigos por comprender que estudiar Topografía no es una auténtica locura.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Un proyecto o trabajo fin de carrera (PFC) representa la culminación del aprendizaje universitario por lo que en él he querido aplicar gran parte de los conocimientos adquiridos a lo largo del mismo.

El proyecto fin de carrera que aquí se expone ha sido desarrollado por una alumna de Ingeniería Técnica en Topografía de la Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea de Vitoria-Gasteiz y se ha llevado a cabo en el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio¹, integrado en el Grupo de Investigación en Patrimonio Construido, en el cual se trabaja para el desarrollo de metodologías para la medida, representación y difusión del Patrimonio.

Dicho proyecto se ubica dentro del segundo *Intensive Program Erasmus: "Geometric Documentation of Heritage: European integration of technologies"*, que tuvo lugar en el Monasterio de San Prudencio de Monte Laturce, situado en el municipio de Clavijo (La Rioja) durante el mes de julio de 2010.

La idea originaria de este proyecto surge por parte de José Manuel Valle, como un trabajo para dos alumnos que habíamos participado en este programa, debido a nuestro interés por la conservación y representación del patrimonio y en especial por el Monasterio sobre el que habíamos trabajado en julio. Finalmente ambos proyectos se terminaron realizando de manera individual a pesar de que las fases de planificación, toma de datos en campo y parte del aprendizaje de los diferentes software se habían realizado conjuntamente.

Ambos proyectos se complementan, puesto que parten de uno único, pero no todos los objetivos y puntos tratados son los mismos.

El proyecto se centra en la Documentación Geométrica de las principales zonas de riesgo del Monasterio de San Prudencio de Monte Laturce situado en el municipio de Clavijo (La Rioja). Con esto lo que se quiere conseguir es una documentación basada en ortofotos y modelos tridimensionales. Para ello hemos empleado diferentes programas fotogramétricos; Image Master y Photomodeler, así como una herramienta básica en la profesión del Ingeniero Topógrafo como es AutoCAD. Y el programa RapidForm para el tratamiento de los modelos.

Con todo esto podemos observar que se trata de realizar una documentación por métodos fotogramétricos de algunas de las zonas del Monasterio, que junto con las que se encuentran documentadas en el proyecto realizado por Pablo Ibáñez de Elejalde Landa son las que presentan un mayor peligro de colapso y un mayor grado de degradación.

¹ Al que en ocasiones nos referiremos con el acrónimo de LDGP. Cuya página Web es: www.ldgp.es.

1.1 UBICACIÓN DEL MONASTERIO

La localidad de Clavijo se encuentra en la Comunidad Autónoma de La Rioja, más concretamente en la subcomarca del Valle Del Río Leza, a unos 16 kilómetros de la capital de dicha comunidad, Logroño. Al Norte linda con Alberite, al Este con Ribafrecha, al Sur con Trevijano, Leza del Río Leza y Nalda, y al Oeste con Albelda de Iregua.



Imagen 1.2. Localización de Clavijo en la Comunidad Autónoma de La Rioja

Las ruinas del Monasterio de San Prudencio de Monte Laturce se ubican en el barranco de *Fuentezuela*², entre las localidades de Clavijo y Ribafrecha. El Monte Laturce, también llamado Collado de Clavijo, es la cumbre de las Peñas de Clavijo, situadas en el municipio homónimo. Bajo la cumbre, en la vertiente sur se haya la ermita de Santiago y en la cima de dicho monte se encuentra una gran cruz de cemento erigida en conmemoración de la batalla de Clavijo.

² Afluente del río Leza.

El Monte Laturce es un enclave privilegiado debido a la belleza de su paisaje. Se ubica entre tres valles, inundados de historia y siempre vinculados a la cultura y crianza de grandes vinos. Estos tres valles son el Valle del Ebro, el del Iregua y el del Leza.



Imagen1.2. Localización del Monasterio de San Prudencio de Monte Laturce respecto a Clavijo

El río Iregua nace en la Sierra de Cebollera. Sus principales afluentes son el río Mayor, que entra por la izquierda y el río Lumbreras por la derecha, pero tiene muchos arroyos a ambos lados, para finalmente desembocar en el río Ebro a su paso por Logroño. Por su parte el río Leza nace en la Sierra de Cameros y es poseedor de numerosos afluentes, de los que cabe destacar el río Jubera. Desemboca en el margen derecho del río Ebro a su paso por el municipio riojano de Agoncillo.

Desde la cima del Monte Laturce mirando en la dirección Norte, se puede contemplar un maravilloso paisaje. Al fondo se puede observar Logroño, en el centro de la llanura formada por los ríos Ebro e Iregua. A mano izquierda destacan Navarrete, parte del municipio de Ribafrecha y un poco más arriba Leza de Río Leza y la muralla rocosa de Zenzano. Más al fondo infinidad de poblaciones a las orillas del Ebro y entre la niebla se observa el León dormido y la sierra de Codés, y más lejos aún y si el día está despejado se pueden observar los Picos de Europa.

El acceso al Monasterio puede efectuarse indistintamente por el Valle de Leza o por Clavijo. El primer acceso es relativamente fácil y comienza en la carretera de Ribafrecha a Soto de Cameros, y tiene una longitud aproximada de 3 kilómetros en pendiente ascendente que nos conducen al pie del monasterio. El segundo es quizás más complicado y al mismo tiempo más ameno. La salida en este caso es desde el mismo municipio de Clavijo, llegando casi al final de la localidad y sin comenzar a subir a la Ermita de Santiago hay un camino recién arreglado a mano derecha y descendiendo por él durante aproximadamente media hora nos encontramos en la muralla norte del Monasterio de San Prudencio.

1.2 HISTORIA Y ARQUITECTURA DEL MONASTERIO³

No existe un acta fundacional del Monasterio de San Prudencio, por lo que no se puede conocer la fecha exacta de su instauración.

El primer documento conservado hasta el momento data del año 950, fecha en la que el abad Adica y sus monjes se entregaron a Dulquito, abad del monasterio de San Martín de Albelda, con todas sus pertenencias. Posiblemente el monasterio surgió con la misión de repoblar y aculturar el valle del Leza.

De este primer documento se desprende que el monasterio ya existía con anterioridad al año 950. En el contexto del proceso reconquistador que emprendieron los monarcas, Sancho Garcés y Ordoño II de León, en los primeros años del siglo X, debió de surgir el monasterio como un centro religioso organizado y posiblemente a partir de las comunidades eremíticas⁴ previas instaladas en los alrededores.

Tradicionalmente el origen del monasterio ha estado vinculado a la existencia en el mismo de San Prudencio de Armentia que había muerto en Osma y se decidió colocar su cuerpo en una caballería para que fuera enterrado en el lugar donde se detuviera el animal. Según esta hagiografía el lugar sería Monte Laturce, donde los monjes que le acompañaban levantaron la iglesia denominada en un principio, San Vicente.

El monasterio se desligó de Albelda, pasando a depender del dominio señorial desde mediados del siglo XI hasta el año 1181, en el que acató las reglas cistercienses.

Durante los años posteriores el monasterio recibe una serie de donaciones y aportaciones por parte de diferentes familias de nobles que harían posible la terminación de parte de las obras monásticas, especialmente la construcción de una capilla para el enterramiento de Íñigo Jiménez y su esposa, quienes legaron la mayor parte de sus bienes a favor del monasterio de San Prudencio.

A partir de 1162, y por espacio de varios años, se abre una laguna en las fuentes documentales, por lo que posiblemente este sufriera un retroceso al ser restaurada la abadía de Santa María de Rute, en las proximidades de Ventas Blancas (también en la comunidad autónoma de La Rioja).

El protagonismo de San Prudencio vuelve a resurgir a partir de 1176 coincidiendo con el restablecimiento de las fronteras entre Navarra y Castilla. El 20 de agosto de 1181 Diego Jiménez y su mujer donan a la orden del Cister y al monasterio de Rute el de San Prudencio con la condición de que los monjes de Rute pasaran a ocupar la abadía de Monte Laturce, iniciándose una etapa en la que el cambio de observancia y la estabilidad política favorecieron la paulatina independencia monástica con respecto a sus protectores. En 1203 el señor de Cameros, Rodrigo Díaz, confirmó el monasterio a la orden del Cister y lo colocó bajo la

³ GARCÍA GUINEA, M.A., PÉREZ GONZÁLEZ J.M. y otros (2008). Enciclopedia del Románico en La Rioja (I). La Rioja. Fundación Santa María la Real. Centro de Estudios del Románico. Aguilar de Campoo (Palencia)

⁴ Perteneciente o relativo al ermitaño (persona que vive en soledad, como el monje y que profesa vida solitaria). Diccionario de la Real Academia Española (www.rae.es).

protección real. Asimismo el papa Inocencio III le confirmó todas sus posesiones en el año 1208. En este estado de autonomía de la posesión de sus bienes permaneció el monasterio hasta su desaparición en el siglo XIX.

Actualmente perduran las ruinas de los edificios monásticos, que dejan entrever los periodos constructivos que transformaron sucesivamente el carácter de las edificaciones. Persisten los restos de dos iglesias medievales, una de la época románica, levantada o restaurada en la parte más occidental en el siglo XII, denominada iglesia Baja o de Yuso, y la iglesia gótica colindante por el Este con la anterior, y que se sitúa en un nivel superior, llamada por ello iglesia Alta.

En el siglo XVII se levantó o reconstruyó la arquitectura del conjunto de las habitaciones monasteriales del que queda en pie una pared orientada al Sur, así como restos de otra iglesia levantada en esa época.

La primera iglesia de la que tenemos constancia, por sus restos actuales, se trata de una nave dividida en tres tramos cubierta por una bóveda de cañón ligeramente apuntado construida en sillarejo. Esta bóveda apeaba en cuatro arcos que bajaban hasta el suelo. Actualmente para observar este conjunto en ruinas hay que entrar entre escombros de piedras y matorrales desde el nivel superior, donde se ubica la iglesia gótica, quedando la primera a modo de cripta. La puerta de acceso a la iglesia Baja correspondería a un arco ciego doblado y apuntado que se encuentra al oeste de la construcción.

Posiblemente los monjes cistercienses levantaron o reedificaron, después de 1181, la iglesia Baja, al restablecerse San Prudencio.

A partir de esa iglesia románica se construyó otra por el Este, como una prolongación construida a un nivel superior. Esta nueva iglesia, de mayor entidad que la primera, se encontraba en construcción en el año 1381. La iglesia Alta estuvo dividida en tres tramos, separados por arcos, semejantes a los que se conservan en los muros Este y Oeste. Los tramos estuvieron cubiertos por bóvedas de crucería. Cada tramo estuvo iluminado por una ventana, la más oriental a base de tres arquivoltas de medio punto, lisas las dos exteriores y adornada con grueso baquetón la interior. La ventana central, de acuerdo al gusto gótico avanzado, tiene una imposta de hojas de vid. La ventana del tramo más occidental es de menor altura por encontrarse sobre la puerta y está formada por un sencillo arco de medio punto. La portada se abre en el muro Sur del tramo más occidental, y a pesar de estar medio soterrada por un aluvión de piedras, pueden verse sus arquivoltas decoradas. Es un vano abocinado, con arco apuntado de tres arquivoltas molduradas, y decoración románica. La interior se forma con finos baquetones, la central destaca por el motivo a base de grandes dientes de sierra, que se extiende en todo el románico y en La Rioja se puede observar en diversos edificios, y la exterior por su guarnición de puntas de diamante, de menor tamaño que el motivo central.

En el siglo XIX, afectado por la supresión general de las órdenes monásticas, se produjo el abandono de San Prudencio. Sus efectos se vendieron en subasta verificada el 12 de febrero de 1837 en la casa llamada del Priorato, en la localidad de Lagunilla.

2. ANTECEDENTES

2. ANTECEDENTES

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO IP ERASMUS

Este proyecto surge a raíz de mi participación en el Programa Intensivo ERASMUS sobre Documentación Geométrica del Patrimonio desarrollado en el Monasterio de San Prudencio de Monte Laturce (Clavijo, La Rioja) durante parte del mes de Julio de 2010, y del interés mostrado por la realización de mi proyecto fin de carrera sobre el citado Monasterio.

Un Programa Intensivo (IP) es un proyecto de estudios de corta duración en el que participan estudiantes y personal docente de distintos países. Los objetivos generales de un IP son el fomento de la enseñanza eficaz y multinacional sobre temas especializados. Asimismo permiten que estudiantes y personal docente trabajen conjuntamente y en grupos multinacionales, y por lo tanto adoptar e intercambiar de esta forma nuevas perspectivas sobre el tema objeto de estudio en condiciones especiales de aprendizaje.

En concreto este IP ERASMUS perseguía el intercambio de metodologías para la medida y representación del patrimonio entre profesores y fundamentalmente alumnos de diversos países. En él participaron alumnos y profesores de diferentes países de Europa; Alemania, Italia, Grecia, Lituania y España y dos profesores de la Universidad del Sur de Florida (Estados Unidos). Las realizadas se centraron en el desarrollo de proyectos de documentación de elementos patrimoniales, para ello se emplearon técnicas digitales de registro de información geométrica tales como; receptores GPS, estaciones totales, escáneres láser y sistemas fotogramétricos.

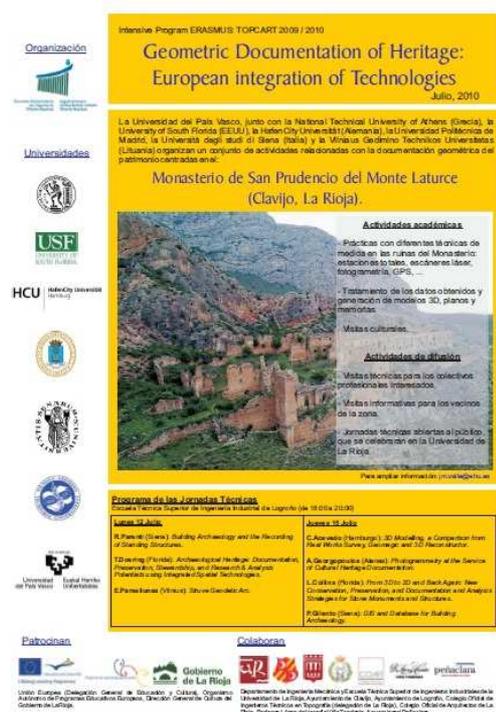


Imagen 2.1. Cartel del programa IP Erasmus⁵

Los datos obtenidos en el trabajo de campo serían tratados de la siguiente manera: primeramente serían documentados, mediante la adición de toda la información necesaria para garantizar su utilidad a lo largo del tiempo, a continuación serían procesados con el fin de obtener las representaciones cartográficas y modelos virtuales de representación para una posible difusión.

⁵ Imagen tomada de: <http://moodlelic.ehu.es>

Pero debido a que se trataba de un programa de corta duración los datos obtenidos no se trataron en su totalidad y se dejó un camino abierto para continuar el procesamiento de dicha información y de la documentación del Monasterio, lo cual ha servido para realizar diversos proyectos fin de carrera.

También cabe destacar que debido a las grandes dimensiones del Monasterio, un complejo arquitectónico en ruinas de aproximadamente 160 metros de Este a Oeste y unos 63 metros de Norte a Sur con numerosos y diversos elementos en toda su extensión, no se pudo obtener toda la información en este primer IP Erasmus por lo que este último mes de julio de 2011 tuvo lugar el segundo IP Erasmus en el mismo Monasterio para con ello poder documentarlo prácticamente en su totalidad.⁶

2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE RIESGO

Asimismo el Monasterio de San Prudencio se encuentra en un estado lamentable de abandono, con un eminente riesgo de derrumbe, hundimiento y expolio. Lo que promovió y justificó en gran parte la necesidad primeramente del *Intensive Program Erasmus: "Geometric Documentation of Heritage: European integration of technologies"* y posteriormente de este proyecto fin de carrera.

El deterioro y la desaparición de parte de nuestro patrimonio y en concreto del Monasterio es lo que hace más atractiva y necesaria la realización de este proyecto. Entendiéndose como patrimonio "... todo aquello que se considera valioso y es transmitido de unas generaciones a otras, cuyo valor es asignado socialmente por diversos motivos y circunstancias, pudiendo cambiar esta valoración en función de la coyuntura.⁷", es decir, todo aquello que queramos transmitir como sociedad a nuestras generaciones futuras. En lo que a un técnico en la medida (Ingeniero Topógrafo ó Geodesta) se refiere, la documentación pasa por un registro de las medidas del objeto en concreto, las cuales evidencian su forma, dimensiones y disposición espacial, con el objeto de realizar una documentación orientada al estudio e investigación, y en los casos en los que sea factible una conservación y difusión de los elementos documentados.

Existen muros que se encuentran en riesgo de un inminente desplome, de hecho, de una visita a otra de las que realizamos a lo largo de la pasada campaña (primavera de 2011), pudimos comprobar que parte de los muros, en especial las cornisas y las piedras más aisladas, se habían desprendido de los muros correspondientes y se encontraban en el suelo. Lo cual evidencio más aún si cabe la importancia de realizar una documentación de los mismos.

Tras debatir entre Pablo Ibáñez de Elejalde y yo y consultar con los tutores de este proyecto y con arqueólogos implicados en el programa Erasmus cuántas y cuáles serían las zonas de

⁶ Para más información se puede acceder como invitado a la página del proyecto IP Erasmus: <http://moodle.ehu.es/moodle/course/view.php?id=1664>

⁷ José Manuel Valle Melón. *Tesis Doctoral. Documentación Geométrica del Patrimonio: Propuesta conceptual y metodológica*. Logroño, junio de 2007. Página 19.

riesgo de mayor interés para la elaboración de este proyecto y para futuras actuaciones, la decisión final es la siguiente:

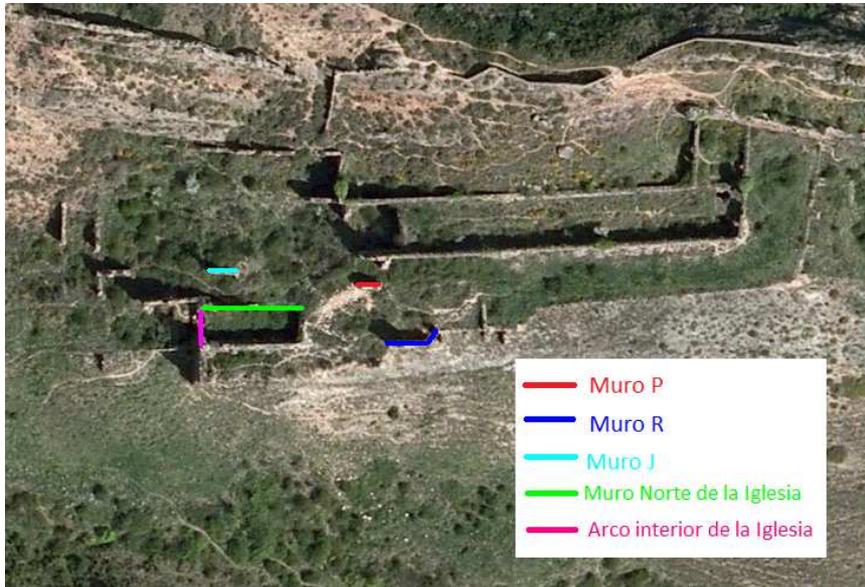


Imagen 2.2. Imagen aérea del monasterio con las zonas de riesgo

La nomenclatura adoptada para cada muro es la misma que ha utilizado mi compañero Pablo Ibáñez de Elejalde en su proyecto puesto que se había decidido entre todos los miembros del laboratorio y es la que se mantuvo en el segundo IP Erasmus y la que perdura en la actualidad a pesar de que la información que se tiene de ellos es mayor y más clara.

A continuación se describirán con más detalle estas zonas de riesgo, pero para ello primero debemos señalar y describir las áreas funcionales de las que se compone el Monasterio de San Prudencio, las cuales son las siguientes:

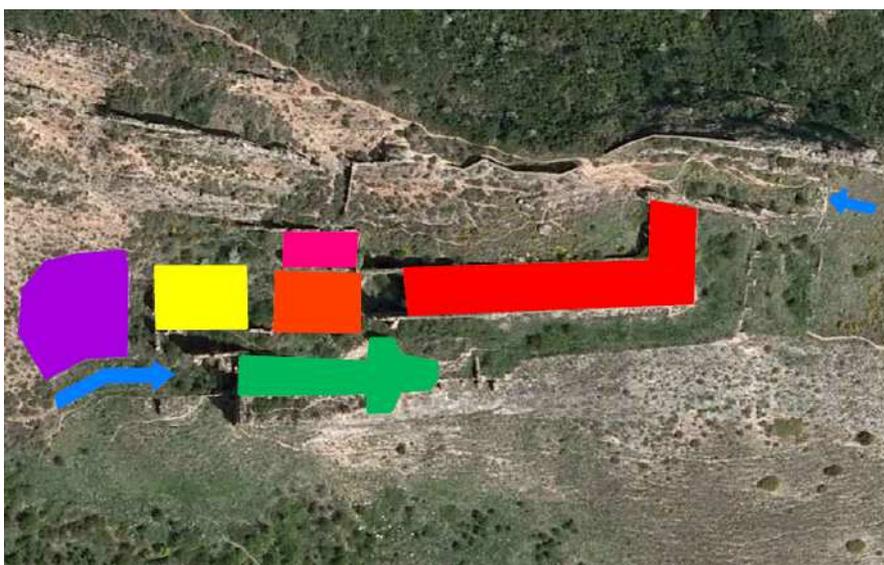


Imagen 2.3. Imagen aérea del monasterio con las áreas funcionales⁸

⁸ Imagen cedida por Chiara Maria D’Anna (Estudiante de Arqueología de la Universidad de Siena).

- **Morada:** En la zona más occidental del complejo monástico estuvo destinada a los llamados edificios funcionales, necesarios para la vida cotidiana de todos aquellos que habitaban el Monasterio, como pudieron ser pequeños hornos o zonas destinadas a la cuida de animales.
- **Amarilla y naranja:** Son dos claustros situados a diferentes niveles entre los que se encuentra el “Muro J”.
- **Rosa:** Es una posible Sala capitular, en este lugar se reunía la comunidad de monjes con el abad para hacer el capítulo, es decir, recordar las escrituras de la regla adoptada y conversar sobre asuntos concernientes al monasterio y sus habitantes.
- **Verde:** Se trata del área ocupada por todas las Iglesias que antiguamente existían en el complejo.
- **Rojo:** Es el área ocupada por las habitaciones de los monjes que habitaban en el Monasterio.
- **Flechas azules:** Indican las entradas al Monasterio de San Prudencio. En la actualidad se está estudiando la posibilidad de que haya otra entrada en la zona Norte del mismo.

Una vez que ya conocemos de forma general las zonas del Monasterio podemos describir más concretamente cuáles son las zonas de riesgo que se quieren documentar debido a su inminente riesgo de derrumbe, para ello también nos apoyaremos en imágenes en las que aparezcan los paños laterales de los muros para que no haya ningún problema a la hora de identificarlos.



Imagen 2.4. Muros a documentar

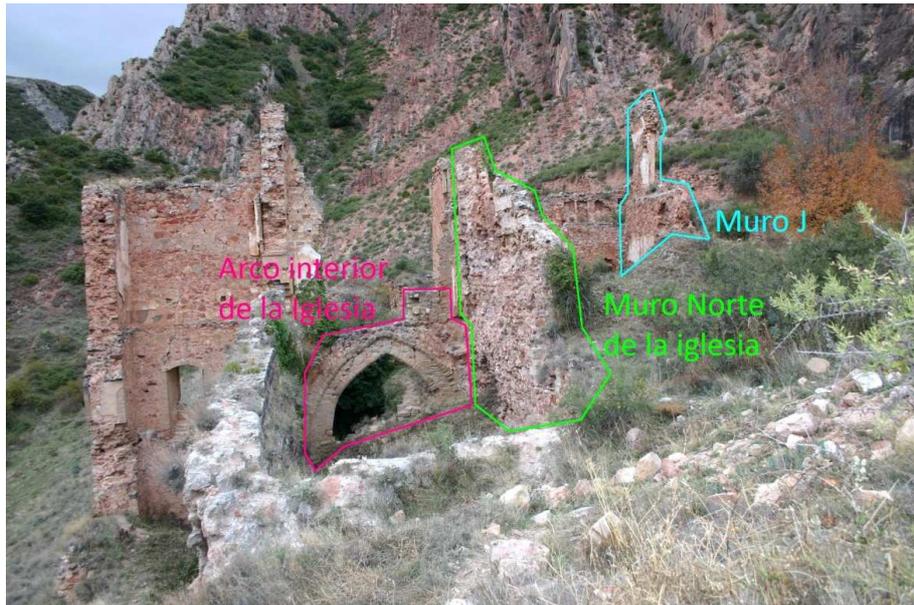


Imagen 2.5. Muros a documentar

- **Muro P (Rojo):** Se encuentra en la zona exterior de la Iglesia, junto a lo que denominamos edificio central, que representa lo que eran las habitaciones de los monjes que ocuparon el Monasterio en el pasado.

Es un muro que tiene una dilatada gruta en el centro, que lo divide prácticamente en dos muros con una inclinación diferente. Tiene un espesor de aproximadamente 1,20 metros.

Recientemente los arqueólogos que han participado en el segundo IP Erasmus en el Monasterio han llegado a la conclusión de que se trata de parte del lado meridional de la torre del campanario de la Iglesia perteneciente a la cuarta y quinta fase de la construcción del edificio religioso del complejo monástico. Los principales motivos por los que se ha llegado a esta conclusión es que tiene un gran espesor y que es perpendicular a un muro del mismo ancho el cual se que se apoya sobre la pared que delimita la parte de las habitaciones en la cara Norte y de la que se sabe que tiene una mayor antigüedad.

Este muro "P", tiene unas dimensiones aproximadas de 5 metros de ancho y 7,6 metros de alto.



Imagen 2.6. Fotografía del muro "P" (tomada de Sur a Norte)

- **Muro R (Azul):** Este muro forma parte de la muralla que rodea el monasterio en su cara Sur, por no haber espacio suficiente para la toma de fotografías de este paño, ya que se encuentra sobre una pronunciada ladera de vertiente Sur, no se realizará la documentación de precisión de la cara más al Sur del mismo. A simple vista se pueden diferenciar dos alturas, en la más elevada existe una ventana y en la parte más baja un orificio de grandes dimensiones. Tras los estudios realizados durante el último IP Erasmus se sabe que formó parte de la tercera Iglesia y se encuentra entre lo que en su día fue el altar y el coro. Las dimensiones del muro R son aproximadamente de 7,7 metros de largo y 8 de alto, en su parte más alta.



Imagen 2.7. Fotografía del muro "R" (tomada de Norte a Sur)

- **Muro J (Azul cian):** Forma parte de los restos de la zona Oeste del Monasterio, justo frente al exterior del paño Norte de la Iglesia.

El origen de dicho muro es un poco incierto porque no se sabe exactamente a qué pertenece. Se encuentra entre dos claustros de diferentes niveles (amarillo y naranja) entre los que había una escalera según indican las evidencias arqueológicas. No es un muro de grandes dimensiones pero en él se diferencian dos alturas con una notable inclinación hacia el Norte. La parte más elevada (Oeste) tiene un gran riesgo de derrumbe, la zona más baja tiene un gran orificio (Este).

Las dimensiones del muro J son aproximadamente de 80 centímetros de ancho, 6 metros de largo y 9 de alto, en su parte más alta.

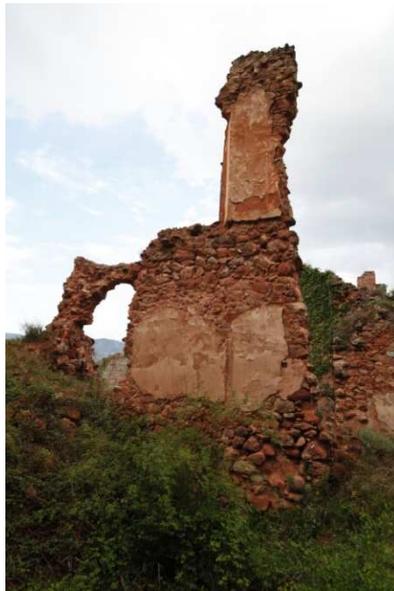


Imagen 2.8. Fotografía del muro "J" (tomada de Norte a Sur)

- **Muro Norte de la Iglesia (Interior y exterior de color verde):** Es uno de los muros más destacados que se van a documentar en este proyecto puesto que forma parte de la Iglesia y es el que tiene una mayor dimensión, que es una de las zonas más importantes desde el punto de vista arquitectónico dentro de lo que es el Monasterio. Según los estudios arqueológicos realizados hasta el momento, este muro puede pertenecer a una segunda o una tercera iglesia existente en el Monasterio.

Es un muro con una notable sinuosidad, asimismo las piedras que lo conforman tienen un gran riesgo de desplome. La parte exterior está cubierta parcialmente con una enredadera que posiblemente actúe de sujeción del mismo, por lo que se decidió no tocar a la hora de la toma de las fotografías. El derrumbe interior oculta gran parte del templo por lo que se documentará sólo la parte visible, que es la más alta.



Imagen 2.9. Fotografía del muro norte de la Iglesia (interior)

Las dimensiones de este muro en el interior de la Iglesia son de aproximadamente 21 metros de largo y 13,5 metros de alto.



Imagen 2.10. Fotografía del muro norte de la Iglesia (exterior)

Mientras que las dimensiones de este muro en el exterior de la Iglesia son de aproximadamente 10 metros de largo y 7 metros de alto.

- **Arco interior de la Iglesia (Magenta):** De la misma forma que el muro Norte de la Iglesia el arco es uno de los elementos de más interés en el Monasterio tanto por su antigüedad como por su valor patrimonial y artístico. Es uno de los elementos destacados del Monasterio. Se sitúa al Oeste de la Iglesia y desde él se puede observar lo que en un principio se denominó cripta, pero de lo que actualmente podemos decir que se trata de parte de la segunda Iglesia que hubo en el Monasterio. Como una gran parte de los arcos que se construyen, tiene la labor de sostener las paredes sobre las que se apoya por lo que en un supuesto de que se

derrumbase las paredes Norte y Sur de la Iglesia tendrían un mayor riesgo de desplome. En un principio hizo las funciones de entrada a la Iglesia, y cabe destacar la hipótesis de que tuvo que ser reforzado para sujetar el peso de un piso que se encontraba encima.

Este muro presenta unas dimensiones de unos 7 metros de largo por 5,2 de alto.



Imagen 2.11. Fotografía del arco interior de la Iglesia

Como ya se ha mencionado el este proyecto original tuvo que “dividirse” en dos proyectos complementarios por lo que a lo largo de este se realizará únicamente la documentación del **muro “P” y del muro “J”** de los cuales se obtendrá el modelo tridimensional y las ortofotografías características de cada paño.

Con este par de muros se cree suficiente la información para llevar a cabo este proyecto fin de carrera puesto que de ambos tenemos sus cuatro paños y con ellos podremos analizar los software con los que se va a trabajar a lo largo del mismo.

Queda sin documentar el muro Norte de la Iglesia, debido a las imposiciones temporales bajo las que se trabajaron en ambos proyectos, pero no se descarta su estudio en un futuro debida su importancia en lo que es el conjunto arquitectónico del Monasterio.

2.3 IDEA GENERAL SOBRE EL PROYECTO

A partir de todo lo expuesto anteriormente nació la idea de este proyecto fin de carrera. La gran mayoría de los datos necesario fueron obtenidos después del segundo IP Erasmus centrándonos en las necesidades concretas del mismo. También me he ayudado de parte de los estudios arqueológicos obtenidos en el tercer IP Erasmus realizados el pasado mes de julio de 2011.

Como idea general cabría decir que el presente proyecto persigue la documentación por métodos fotogramétricos de parte de las zonas de riesgo del Monasterio de San Prudencio de Monte Laturce.

El software seleccionado para obtener los resultados es el siguiente:

- Photomodeler Scanner 6 de la casa Eos Systems
- Image Master de la marca Topcon
- RapidrForm XOS3 de la marca Inus Technology

Se hará una comparación de los programas centrada en el proceso de limpieza de las mallas y las nubes de puntos obtenidas en los dos primeros.

Otro de los apartados se basa en la comparativa de la orientación realizada en un programa con fotografías idealizadas en otro. Los programas utilizados para ello son Image Master y Photomodeler Scanner.

Como producto final se obtendrán los modelos en tres dimensiones de dos de los muros con un mayor riesgo de desplome, y las ortofotografías correspondientes.

3. OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

A continuación se van a definir los objetivos finales que se pretenden conseguir en este proyecto. Podemos distinguir entre objetivos principales y secundarios.

El objetivo principal del presente proyecto es llevar a cabo la documentación geométrica, por métodos fotogramétricos, de las zonas del Monasterio de San Prudencio de Monte Laturce que presentan un estado de deterioro más avanzado. Con ello se entiende que son aquellas para las que más urge la documentación, puesto que el riesgo de un posible y próximo desplome es mayor que en el resto de estructuras, bien sea parcialmente o en la totalidad del elemento. En definitiva, lo que se pretende es tener una buena documentación que nos indique las dimensiones, forma y disposición espacial actual de dichas estructuras.

Este estado de deterioro se puede contemplar a simple vista dada la inclinación que presentan la mayoría de estas estructuras y por restos de desplomes que se han podido observar a los pies de las mismas.

Las condiciones en las que se encuentran estos muros objeto de la documentación, hacen que la toma de datos de los mismos sea en ocasiones peligrosa y que en la medida de lo posible hay que evitar todo contacto con los muros o hacer que éste sea el menor posible. Cabe destacar que una vez obtenidos todos los datos necesarios para la documentación del interior de la Iglesia se ha encintado el acceso a esta zona para evitar daños personales debidos a posibles desprendimientos. En nuestro caso a la hora de tomar los datos necesarios tuvimos que extremar la prudencia, tanto al caminar como al colocar las dianas, el paño que más peligro presentaba era el de la pared interior Norte y de haber conocido de antemano su estado no hubiera estado de más llevar unos cascos de protección, aunque en ningún momento se tomaron datos en zonas que suponían peligro.

Se realizará la restitución en Photomodeler con las imágenes idealizadas en Image Master y el caso contrario, es decir, con las fotografías idealizadas en Photomodeler orientarlas en Image Master. El objetivo es comparar los resultados con los obtenidos en los procesos anteriores a la hora de realizar los modelos 3D.

Otro de los objetivos de este proyecto tiene como origen los problemas surgidos a la hora de la limpieza de la nube de puntos en Photomodeler y de la malla de triángulos en Image Master. Con ello se buscarán alternativas para que sean procesos más llevaderos y no tan laboriosos.

Para lograr los objetivos principales debemos alcanzar otros previos como son la adquisición de los conocimientos relativos al proceso a seguir y de la técnica para realizarlo en varios programas de restitución fotogramétrica.

Como proceso a seguir entendemos todos aquellos pasos que hay que dar para llevar a cabo la elaboración de un modelo geométrico por métodos fotogramétricos, comenzando con una planificación tanto de campo como de oficina, siguiendo por la toma de fotografías, lo cual conlleva unas salidas a campo bajo unas condiciones climáticas óptimas en la medida de lo posible.

Respecto a la adquisición de la técnica de los programas informáticos cabe destacar que empecé desde cero, con la ayuda de manuales y videos tutoriales. Este es uno de los puntos en los que más tiempo se ha invertido, ya que los inicios con los tres programas fueron duros: Photomodeler, Image Master y Orthoware.

Con todo ello pareció interesante complementar el objetivo primero de este proyecto con un estudio de las características de cada uno de los programas anteriormente citados y realizar una comparativa de las cualidades y un análisis de los resultados (numéricos y gráficos), para a partir de ello desarrollar un hipotético programa ideal de restitución que recoja las características óptimas que debiera tener un soporte informático de este tipo de acuerdo a unas necesidades y prioridades. Lo que se va a hacer en este proyecto es complementar este apartado realizado por Pablo Ibáñez de Elejalde.

Como objetivos complementarios podemos destacar varios aspectos:

- Este proyecto puede complementar los trabajos realizados por otros estudiantes o profesionales, tanto dentro del ámbito de la Universidad del País Vasco (UPV-EHU), como en el resto de universidades nacionales e internacionales que han participado en el Programa Intensivo Erasmus.
- Servir como base o apoyo para futuros trabajos que se lleven a cabo sobre el Monasterio de San Prudencio o sobre cualquier tema relacionado en el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio.
- Contribuir en la medida de lo posible al conocimiento del patrimonio y su conservación.
- Comprender la importancia que supone una buena documentación de los trabajos realizados y la necesidad de tomar conciencia de la estandarización de datos y resultados, la trascendencia de los mismos en el tiempo y de la importancia de los metadatos, todo ello orientado a la perdurabilidad de la información.

3.1 RESULTADOS QUE SE VAN A OBTENER

Dentro de los productos que se van a obtener podemos distinguir entre los datos necesarios y los resultados que se persiguen.

Lo primero que debemos obtener es un buen registro fotogramétrico de los muros que se van a documentar, para ello en los muros colocamos unas dianas a modo de puntos de apoyo de las cuales se obtuvieron sus coordenadas (X,Y,Z) mediante topografía clásica.

Como resultados se quieren obtener ortofotos de todos los paños de los muros objeto de estudio y los modelos tridimensionales de los mismos.

Estos productos serán de gran utilidad para los arqueólogos que han participado en cualquiera de los dos IP Erasmus que han tenido como objeto de estudio el Monasterio de San Prudencio de Monte Laturce como para otros que se interesen por el mismo. Las ortofotos presentadas a escala correspondiente y según la precisión obtenida les servirán para realizar el análisis estratigráfico y de degradación, así como para hacer una clasificación de las técnicas constructivas intervinientes. A partir de las ortofotografías también se podría realizar una cronotipología de los elementos constructivos, que consiste en colocar la fases constructivas a lo la largo del tiempo.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

Tanto el equipamiento como los recursos técnicos utilizados pertenecen al Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio.

4.1.1 TOPOGRAFÍA

Las coordenadas de los puntos de apoyo colocados sobre los muros a modo de dianas se tomaron con dos estaciones totales de la marca Leica en función de la disponibilidad de las mismas puesto que las salidas a campo las realizamos todos los compañeros del laboratorio y repartimos el material en función de las necesidades.

Las estaciones totales de las que estamos hablando son las siguientes:



Imagen 4.1. Leica TPS1205 (izquierda) y Leica TCR307 (derecha)

La **Leica TPS1205** fue la que utilizamos el primer y tercer día de campo (10 de marzo y 19 de abril de 2011) y la **Leica TCR307** el segundo día (30 de marzo de 2011).

Las funciones más relevantes que se utilizaron en campo con ambas estaciones fueron la medida de coordenadas sin prisma y el estacionamiento por intersección inversa.

Ambas disponen de láser coaxial, lo que permitió tomar las coordenadas de los puntos del apoyo fotogramétrico situados sobre los paños de los muros objeto de estudio. El sistema de medida con láser es ideal para medir sobre esquinas de muros, fachadas, objetos inaccesibles..., para cualquier situación en la que sea difícil colocar un prisma. El haz láser indica la puntería con un pequeño punto rojo y las mediciones se realizan de forma instantánea.

Por otra parte ambas estaciones permiten estacionar en un punto de coordenadas desconocidas mediante una intersección inversa. Este método exige la visibilidad a un mínimo de tres puntos de coordenadas conocidas.

Un aspecto diferenciador entre ambas se encuentra en el sistema de almacenamiento de información, mientras que la Leica TCR307 tiene un sistema de memoria interno, la Leica TPS1205 almacena los datos en una tarjeta de memoria que se puede extraer fácilmente, lo que permite una descarga directa con un lector de tarjetas sin la utilización de cables entre la estación y el ordenador. La tarjeta también puede extraerse de la estación en caso de que ya no pueda almacenar más información.

Las características técnicas y los certificados de estas estaciones se pueden ver en los anexos 2 y 3 respectivamente.

4.1.2 FOTOGRAMETRÍA

La cámara utilizada para la toma de las fotografías fue una réflex digital **Canon EOS 5D Mark II** de 21,10 megapíxeles efectivos, como la que se puede ver en la imagen siguiente.



Imagen 4.2. Cámara Canon EOS 5D Mark II

Las características y especificaciones técnicas de esta cámara fotográfica se encuentran en el Anexo 2. Su elevada resolución hace de esta cámara un instrumento adecuado para este tipo de trabajos. Como característica se puede señalar que integra el modo de grabación, pero para lo que respecta a este trabajo no es muy relevante, también cabe destacar que la calidad de las imágenes es muy buena y que ofrece multitud de posibilidades a la hora de tomar las fotografías.

A esta cámara se le acoplaron en función de las necesidades del muro a fotografiar diferentes objetivos, uno de la marca Zeiss de 21 mm de distancia focal y otro de la marca Canon fijado a una focal de 35 mm. Las calibraciones realizadas con estos objetivos para poder trabajar

correctamente en los programas que se van a manejar en la elaboración de este proyecto se encuentran en el Anexo 3 de este documento.



Imagen 4.3. Objetivos utilizados; Zeiss de 21 mm (derecha) y Canon de 35 mm (izquierda)

4.1.3 MATERIAL AUXILIAR

Para la obtener la información en campo en este caso ha sido necesario utilizar el material complementario que se expone a continuación:

- Trípode
- Jalón
- Prisma y miniprisma
- Instrumento pegadianas telescópico
- Dianas plastificadas
- Silicona
- Cuadernillo de campo

Cabe destacar el instrumento pegadianas puesto que ha sido diseñado por el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio como elemento orientado a solucionar algunos problemas a la hora de realizar levantamientos fotogramétricos específicos. El pegadianas se usa porque a la hora de la señalización las dianas en la imagen, en la mayoría de los casos, éstas son señales mucho más claras y precisas que los puntos naturales que se puedan tomar directamente sobre el elemento a documentar.



Imagen 4.4. Instrumento pegadianas

El pegadianas, como su propio nombre indica es un elemento para la fijación de señales de puntería que *“está compuesto por tres tubos huecos de acero inoxidable de 1,5 metros de longitud cada uno, de diámetro creciente, de manera que permite alojar uno dentro de otro. La longitud necesaria se consigue por medio de la fijación entre ellos, a través de unos tornillos pasantes accionados por unas palomillas. En la parte superior de los tubos se acoplan los dispositivos auxiliares donde colocar las dianas. Estos elementos van sujetos por medio de un tornillo, de forma que puedan cabecear para adaptarse a diferentes superficies. El dispositivo auxiliar posee varias ranuras, de forma que se puedan colocar dianas de diferentes tamaños o medidas. El proceso de fijado consiste en introducir las esquinas de las dianas en el soporte, de manera que quede la parte adhesiva hacia el operario. En ella se deposita una pequeña cantidad de material adherente y se procede a aproximar al lugar donde debe ir emplazada.”* La acción del adhesivo hace que se desprenda del soporte, del que únicamente está enganchado por las esquinas.”⁹. Con todo ello lo que se consigue es poder colocar las señales de puntería hasta unos 6 metros por encima o por debajo de donde esté situado el operario.

4.1.4 SOFTWARE UTILIZADO

Ahora bien cuando hablamos de software nos estamos refiriendo al conjunto de programas informáticos utilizados para la consecución de este proyecto fin de carrera. Ya no hablamos de trabajo de campo sino del trabajo realizado en el laboratorio (trabajo de gabinete). Todos estos programas serán la principal herramienta a tener en cuenta en este proyecto.

En el Anexo 4 hay una breve descripción de los mismos y se explicará su procedimiento con más detalle en el apartado de Ejecución.

⁹ Artículo “Elementos Auxiliares en Fotogrametría de Objeto Cercano”; Valle Melón, J.M. ; Lopetegui Galarraga, A. ; Mesanza Moraza, A. ; Rodríguez Miranda, A.; “Topografía y Cartografía” Vol. XX – Nº 118-119, Septiembre – Octubre – Noviembre – Diciembre 2003.

La lista del software utilizado es la siguiente:

- Photomodeler Scanner 6
- Topcon Image Master
- Rapidform XOS3
- Corel Photo-Paint
- AutoCAD 2002 y 2007

Cabe destacar que los dos primeros pertenecen a lo que se conoce como fotogrametría de bajo coste, muy en auge en los últimos años.

En un principio también se pensó en trabajar con el programa Orthoware de la marca Metría Digital, pero por problemas de hardware no se pudo. Una lástima ya que se trata de un programa bastante completo, de manejo no muy complejo y también dentro del grupo de los programas de fotogrametría de bajo coste.

4.2 METODOLOGÍA

A continuación se van a explicar los principales aspectos metodológicos que se han tenido en cuenta en la realización de este proyecto fin de carrera, así como su identificación en los procesos que en él se han llevado a cabo.

4.2.1 FOTOGRAMETRÍA ESTEREOSCÓPICA Y CONVERGENTE

La toma de las imágenes en campo es un aspecto fundamental en este proyecto, tal y como se explicará en el apartado de Ejecución. Se diferencian dos métodos para ello; Fotogrametría estereoscópica y fotogrametría convergente.

FOTOGRAMETRÍA ESTEREOSCÓPICA

Es aquella que se realiza a partir de imágenes cuyos ejes son coplanarios y paralelos entre sí, pero perpendicularmente al objeto que se quiere fotografiar.

En fotogrametría estereoscópica se trabaja con pares de fotografías, para ella a la hora de la toma se debe tener en cuenta que tengan un cierto recubrimiento, una zona común de ambas fotografías a partir de la cual se obtenga el modelo estereoscópico.

El modelo estereoscópico se forma a partir de la reconstrucción de los haces en una misma posición relativa a la que se encontraban en el momento de la toma (Orientación relativa). Si la orientación es correcta los haces se cortarán en un único punto. El conjunto de esas intersecciones constituyen el modelo estereoscópico, semejante geoméricamente a la zona común fotografiada.

Para lograr esta visión estereoscópica, la fotogrametría se sirve de la capacidad de estereoscopia o visión binocular que posee el ser humano, mediante la cual las imágenes que percibimos por cada ojo se fusionan automáticamente en el cerebro y se consigue percibir en tres dimensiones.

De ahí que en fotogrametría estereoscópica la restitución de los objetos se hace marcando los puntos comunes sobre el modelo, para ello hay que desplazarse en los tres ejes. A este proceso se le conoce técnicamente como *posado*.

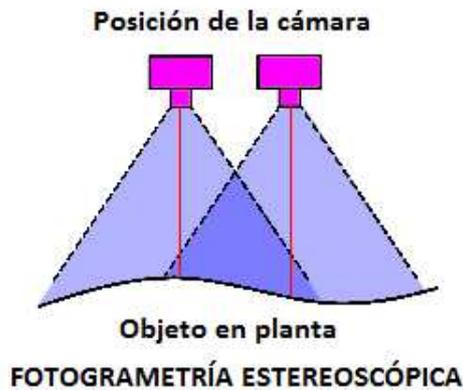


Imagen 4.5. Toma de fotografías estereoscópicas

El recubrimiento entre los pares se suele expresar en tanto por ciento y se puede diferenciar entre recubrimiento longitudinal y transversal.

- Recubrimiento longitudinal: Es el solape entre fotografías consecutivas en la dirección en la que se han tomado las fotografías en campo. El valor mínimo recomendado para este recubrimiento es de 60%.
- Recubrimiento transversal: Se trata del solape entre pasadas paralelas. Se realiza cuando el elemento a fotografiar es bastante ancho y no se cubre con una pasada. Se recomienda un valor mínimo del 20% de recubrimiento transversal.

Las imágenes tomadas de los muros que se van a documentar en este proyecto sólo presentan recubrimiento longitudinal, puesto que las series de imágenes que se han tomado son una única tira en dirección horizontal.

Los dos programas a partir de los cuales se va a realizar la documentación, **Image Master** y **Photomodeler Scanner**, utilizan imágenes estereoscópicas para generar el modelo.

FOTOGRAMETRÍA CONVERGENTE

En fotogrametría convergente los ejes de toma de fotografías no son paralelos, sino que tienen una cierta convergencia hacia el objeto que se fotografía.

Al igual que en fotogrametría estereoscópica el modelo tridimensional se genera también a partir de la reconstrucción de los haces y de su intersección en los denominados puntos homólogos, con la diferencia de que en este tipo las intersecciones se forman con un ángulo mayor, que es lo que persigue este tipo de fotogrametría.

Las fotografías deben tener un recubrimiento entre sí, puesto que esta zona será la que se podrá restituir en procesos posteriores. A la hora de tomar las imágenes hay que tener en cuenta que todas las que conformen una misma serie deben cubrir un ángulo de al menos 90° y que entre ellas debe haber una separación de unos 10 ó 15 grados.

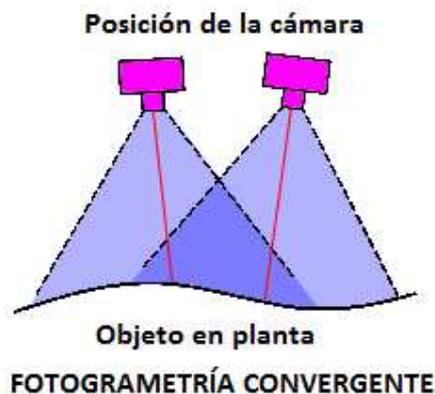


Imagen 4.6. Toma de fotografías convergentes

Para este tipo de fotogrametría se trabaja con cada imagen por separado y con una visualización monoscópica, pero se basa igualmente en la identificación de puntos homólogos en las fotografías.

4.2.2 MÉTODO GENERAL DE LA FOTOGRAMETRÍA

El *Método General de la Fotogrametría* nos permite pasar de la información bidimensional que nos dan las fotografías a la información tridimensional que necesitamos a la hora de determinar la forma, dimensiones y posición en el espacio del objeto de estudio.

Con ello podemos decir que el *Método General de la Fotogrametría* tiene como fin la obtención de información métrica de las fotografías. Para ello son necesarias dos fotografías tomadas desde dos puntos de vista diferentes y a partir de la reconstrucción de la forma de los haces y de su situación en el espacio con respecto a un sistema de referencia es capaz de proporcionar las coordenadas de cada uno de los puntos objetos mediante el principio de visión estereoscópica, el cual permite identificar los rayos homólogos de cada haz. Con este método lo que hacemos es orientar imágenes tomadas con una proyección cónica.

El método que aquí se expone consta de dos fases:

- Orientación Interna
- Orientación Externa, compuesta a su vez por Orientación Relativa y Absoluta.

A continuación se describen de una forma más extensa estas fases.

ORIENTACIÓN INTERNA

Es la primera de las fases del citado método y es independiente para cada fotografía. En ella se reconstruyen los haces perspectivos en la misma situación en la que se tomaron las fotografías, es decir, la orientación interna trata de “reconstruir la toma de la fotografía” de acuerdo a la geometría interna de la cámara con la que se han obtenido los fotogramas.

Esta primera fase tiene como objetivo la obtención de coordenadas imagen para cada fotografía, para ello todos los puntos de la fotografía deben referirse al punto principal de la imagen, que es la proyección ortogonal del centro óptico sobre la imagen.

En fotogrametría digital la reconstrucción se hace de forma analítica a partir de ciertos parámetros que se obtienen de la calibración de la cámara fotográfica y que son los siguientes:

- La distancia focal
- La posición del punto principal sobre la imagen
- Los parámetros significativos de distorsión del sistema óptico, tanto radial como tangencial

Con cada uno de los programas de restitución empleados en este proyecto fin de carrera (Image Master y Photomodeler Scanner) podemos obtener su correspondiente certificado de calibración, que como vemos, será imprescindible a la hora de hacer la orientación.

ORIENTACIÓN EXTERNA REALIZADA EN DOS PASOS

Es la segunda y última de las fases que completan el *Método General de la Fotogrametría*, se basa en referir el modelo a un sistema de coordenadas terreno o sistema de coordenadas absoluto. Dentro de la misma se distinguen una orientación relativa y otra orientación absoluta.

Cabe señalar que esta fase puede llevarse a cabo también en un único paso, sin necesidad de realizar una orientación relativa.

ORIENTACIÓN RELATIVA: Consiste en la formación del modelo estereoscópico mediante la intersección de los rayos homólogos.

Cuando se intersecan los rayos homólogos se forma un modelo visual y no un modelo métrico, puesto que queda situado de forma arbitraria en el espacio.

Se llama orientación relativa porque para la formación de este modelo se debe colocar cada fotografía con la misma orientación respecto a la sucesiva que tenía en el momento en el que se tomaron.

Esta orientación se realiza identificando los puntos homólogos en las fotografías seleccionadas para la restitución, de tal forma que haciendo coincidir los rayos que definen esos puntos se reconstruye la posición de los haces en el momento en el que se tomaron los fotogramas.

Existen dos formas de realizar la orientación relativa y obtener coordenadas modelo de los puntos; utilizando la condición de coplaneidad o la condición de colinealidad.

Condición de coplaneidad: Establece que los centros de proyección, los puntos imagen homólogos y el punto sobre el modelo han de estar contenidos en un único plano.

Condición de colinealidad: Obliga a que el centro de proyección, el punto imagen y el punto del terreno proyectado se encuentren en la misma recta. De tal forma que si conseguimos esta condición en las dos imágenes del par estereoscópico, queda asegurada la intersección de rayos homólogos en el punto del terreno fijado.

ORIENTACIÓN ABSOLUTA: Este último paso consiste en nivelar, escalar y orientar el modelo estereoscópico obtenido en la orientación relativa respecto al terreno, a partir de las coordenadas de los puntos de apoyo. Para lograrlo se realizan tres traslaciones, tres giros y un escalado, aplicando un único factor de escala.

ORIENTACIÓN EXTERNA REALIZADA EN UN PASO

Otra forma de dotar al modelo de coordenadas terreno, es realizando el proceso en un único paso, lo que se denomina orientación externa, la cual se basa en la condición de colinealidad citado anteriormente. En esta orientación se pretende desarrollar el proceso analítico de restitución de puntos que se encuentran en dos tomas fotogramétricas sin necesidad de realizar las orientaciones relativa y absoluta, sino que se fusionan en una única orientación.

En este proceso no es necesario generar un modelo estereoscópico, puesto que partiendo de unas coordenadas imagen se pueden obtener las coordenadas terreno directamente.

En el caso de Photomodeler Scanner la orientación externa se realiza en dos pasos; para la orientación relativa se identifican manualmente al menos 6 puntos homólogos en las fotografías, y a continuación se marcan al menos 4 puntos de coordenadas conocidas para realizar la orientación absoluta.

En Image Master es diferente, puesto que estas dos orientaciones se fusionan en un único paso ya que las coordenadas de los puntos de control se introducen de manera simultánea al marcado de los puntos homólogos.

4.2.3 NUBES DE PUNTOS

Las nubes de puntos son un conjunto de vértices en un sistema de coordenadas tridimensional, generalmente X,Y, y Z. Representan la superficie externa de un objeto. Las nubes de puntos tienen diversas aplicaciones, en este proyecto se van a editar para texturizarlas y obtener los modelos tridimensionales.

En la mayoría de los casos se obtienen mallas de triángulos mediante el mallado de la superficie que se explicara en el apartado 4.2.4.

En el caso de Image Master lo que genera directamente es una malla de triángulos, mientras que en Photomodeler sí que se crea una nube de puntos a la cual se le puede dotar de tonalidad.

En este último programa, una vez realizada la orientación relativa es posible generar la nube de puntos de la zona fotografiada que se desee. La posición de los puntos que componen la nube se obtiene por intersección, a partir de la correlación entre dos fotogramas. El programa es el encargado de buscar los píxeles homólogos. Por último la posición de los puntos de la superficie se calcula a partir de las rectas que pasan por ambos puntos en las imágenes.

Anteriormente a la creación de una nube de puntos es necesario seleccionar el par de fotografías que se van a tener que correlar. Para ello se debe analizar la geometría entre los posibles pares.

Las condiciones ideales para la elección del par en Photomodeler son que el ángulo entre las fotografías de un mismo par sea menor 30° y que la relación $\text{base}^{10}/\text{distancia}$ esté comprendida entre $1/3$ y $1/10$ del alejamiento. También hay que fijarse que durante el proceso el residuo de cada punto marcado sea inferior al píxel y el residuo medio inferior a medio píxel, para que al procesar el error no supere el píxel permitido, esto se deduce de la experiencia personal en el manejo de dicho programa

El hecho de que el valor del ángulo entre dos fotografías sucesivas recomendado sea inferior a 30° se debe a que con ello se impide que el aspecto del objeto a documentar varíe demasiado de unas fotografías a otras. Por su parte la relación $\text{base}/\text{distancia}$ pequeña tiene como objetivo controlar que la escala de la fotografía sea parecida. En caso contrario la identificación automática de puntos homólogos se complica.

¹⁰ La base es la distancia entre los puntos de toma, medida en el terreno. La distancia correspondiente en las fotografías es la fotobase.

4.2.4 MALLADO

El mallado o modelado de la superficie consiste en obtener una malla de triángulos a partir de la nube de puntos descrita anteriormente, siendo estos puntos los vértices de los nuevos triángulos.

Las mallas de triángulos son hoy en día el formato estándar de representación de objetos en tres dimensiones en los campos de modelado y visualización, la mayoría de las representaciones tridimensionales son en realidad una aproximación a la realidad mediante mallas de triángulos, dada la simplicidad de su estructura. Por ello el modelado de una superficie cualquiera se ajustará más a la realidad cuanto más densa sea la nube de puntos a partir de la cual se genere, si bien cabe destacar que dicha densidad dependerá tanto de las características del objeto como de la finalidad y precisiones que se quieran obtener.

El mallado en Image Master es automático, para el usuario no se crea tal nube de puntos visualmente, sino que seguidamente a la orientación absoluta se crea la malla. Mientras tanto en Photomodeler Scanner el proceso que sigue a la orientación es la creación de la nube de puntos, y después de editarla es cuando se lleva a cabo el proceso de mallado. Por ello en este segundo programa se puede observar el problema que surge al ser los triángulos superficies planas con dos caras, una del derecho y otra del revés. En ocasiones el programa confunde estas y hay que darle la vuelta al modelo creado y asignar la textura a la cara correcta.

4.2.5 ORTOFOTOGRAFÍAS

Las ortofotografías u ortofotos son imágenes digitales transformadas que muestran en proyección ortogonal la escena fotografiada, lo cual permite realizar mediciones en el plano de ortoproyección. En el siguiente apartado se explicará este concepto más detalladamente.

La ortofoto es la proyección ortográfica del modelo tridimensional sobre un plano concreto definido por el usuario.

En Image Master el usuario determina únicamente la dirección del eje X del plano de esta imagen, para ello debe seleccionar dos puntos. El eje Y en este caso siempre será la vertical de las coordenadas del modelo. En Photomodeler este plano puede definirse mediante tres puntos, no hay ningún eje fijo.

4.2.6 EDICIÓN

La edición de los resultados finales e intermedios obtenidos a lo largo del proceso fotogramétrico es uno de los apartados clave en la realización de la documentación de los muros objeto de estudio.

Mediante el proceso de edición se persigue que el producto final que pueda llegar a manos de un usuario ajeno al proyecto no pueda dar lugar a errores ni malentendidos. Se representa la realidad, anteponiendo ésta al aspecto visual que pueda tener.

La edición se lleva a cabo para eliminar partes erróneas o que no se deben documentar, como por ejemplo partes de otros muros que no son objeto de estudio y que aparecen en los modelos o en las nubes de puntos. En Photomodeler la edición únicamente se puede llevar a cabo sobre la nube de puntos obtenida por correlación, antes de generar la superficie texturizada. Mientras que en Image Master lo que se puede corregir o editar es la malla de triángulos.

4.2.7 IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN

Ambos procesos son fundamentales en el trabajo realizado puesto que un buen manejo de las técnicas de importación y exportación entre diferentes programas nos ofrece multitud de posibilidades a la hora de tomar soluciones.

Los formatos de importación utilizados al iniciar el programa son los siguientes:

Producto		Formato de exportación
Imágenes		JPG
Control		ASCII
Calibraciones	Photomodeler	PMR
	Image Master	CMR

Tabla 4.1. Formatos de importación utilizados

Los productos que se han obtenido tienen los formatos siguientes:

Producto	Formato de exportación
Modelos 3D	VRML
Mallas de triángulos	DXF
Ortofotografías	JPG
Puntos y nubes de puntos	ASCII

Tabla 4.2. Formatos de exportación utilizados

En este apartado, tanto Image Master como Photomodeler nos presentan bastantes opciones, tanto de importación como de exportación.

Los dos programas de restitución fotogramétrica empleados tienen multitud de opciones a la hora de importar y exportar información, los formatos de importación son:

	PHOTOMODELER SCANNER	IMAGE MASTER
Imágenes	*.jpg; *.bmp; *.png; *.tif	*.jpg; *.bmp
Puntos	*.dxf; *.obj; *.3ds; *.pmc; *.txt	*.csv; *.gcp; *.apa; *.sim; *.txt
Nubes de puntos y mallas	*.asc; *.dat; *.stl; *.obj; *.ply; *.byu; *.facet	*.cl3; *.clr; *.ptx; *.pts; *.dxf; *.csv; *.txt; *.tin
Ortofotos	-	*.jpg; *.bmp; *.tif
Otros	-	Elevation text: *.hei Field Scan: *.fsc Field Orientation: *.foe TopSURV Scanning: *.fsn

Tabla 4.3. Formatos de importación en cada programa

Los formatos de exportación son:

	PHOTOMODELER SCANNER	IMAGE MASTER
Puntos	*.dxf; *.3ds; *.wrl; *.obj; *.raw;	*.csv; *.apa; *.sim; *.txt
Nubes de puntos	*.igs; *.3dm; *.stl; *.ma; *.kml;	*.ptx; *.pts; *.dxf; *.csv; *.txt
Mallas	*.kmz; *.ms; *.fbx	*.dxf; *.tin; *.wrl
Ortofotos	*.tif; *.bmp; *.pcx; *.tga; *.png; *.plt; *.psd; *.iff; *.cal; *.sgi; *.rgb	*.jpg; *.bmp; *.tif
Animación/Video	*.avi	-

Tabla 4.4. Formatos de exportación en cada programa

**5. EXPLICACIÓN DE ALGUNOS
PROCESOS FOTOGRAMÉTRICOS
A TENER EN CUENTA**

5. EXPLICACIÓN DE ALGUNOS PROCESOS FOTOGRAMÉTRICOS A TENER EN CUENTA

Este apartado surge como aclaración de diferentes conceptos fotogramétricos que es necesario tener claro a la hora de trabajar con imágenes.

5.1 CALIBRACIÓN

Se entiende por calibración al conjunto de operaciones que permiten determinar los parámetros que caracterizan el comportamiento de un determinado equipo, en fotogrametría estos parámetros pueden utilizarse para la corrección de las distorsiones o errores sistemáticos propios del sistema fotogramétrico.

La calibración geométrica de una cámara hace referencia al proceso que determina con exactitud y precisión los elementos necesarios para la orientación interna; posición del punto principal, distancia focal y los parámetros de distorsión de la cámara. En fotogrametría el conocimiento del valor de estos elementos es imprescindible para la extracción de información métrica de las imágenes fotográficas.

Antes de nada y para entender bien el proceso de calibración conviene explicar/repasar algunos de los elementos fotogramétricos implicados.

- Punto principal: Es la proyección ortogonal del centro óptico sobre el plano de la imagen en el momento de la toma. En la práctica se utilizará el punto principal de mejor simetría (en coordenadas píxel), dado por el certificado de calibración obtenido al calibrar una cámara fotográfica. El punto principal de mejor simetría es un punto en la imagen que hace que la distorsión radial en la imagen sea simétrica.
- Distancia focal: Distancia existente entre el centro óptico y el foco (punto en el que se concentran los rayos procedentes del objeto) medida a lo largo del eje óptico. A mayor distancia focal menor es el ángulo de visión. La distancia focal calibrada o distancia principal, es la distancia focal modificada tras un ajuste matemático.
- Distorsiones tangencial y radial: Las distorsiones en las fotografías se deben a que las lentes que conforman el objetivo presentan algún tipo de aberración que hace imposible la trayectoria rectilínea de los rayos entre el objeto y el sensor de la cámara. La distorsión de la lente causa el desplazamiento de la imagen de un punto respecto a su posición ideal, lo que impide que se puedan realizar mediciones sobre las fotografías con precisión.

Distorsión tangencial: Se define como el desplazamiento de la imagen perpendicular a las líneas radiales que es debido a los defectos de fabricación de la lente. Se produce cuando en el ensamblaje de una lente gruesa los puntos nodales individuales de los distintos componentes ópticos no están alineados. Esta distorsión sólo se corrige mediante el arreglo de la lente, y está presente en el certificado de calibración por medio de los parámetros P1 y P2.

Distorsión radial: Es la respuesta al fenómeno físico de la refracción, que se produce cuando un rayo de luz atraviesa medios de distinta densidad. Únicamente produce desperfectos radiales debidos a la desviación que presentan los rayos al incidir sobre el sensor.

La distorsión radial es simétrica con respecto al eje óptico. El hecho de que la distancia principal de la lente varíe ligeramente de una zona a otra de la imagen significa que la posición del centro de la lente (nodo) no es fija, sino que se mueve ligeramente a lo largo del eje óptico según el ángulo de incidencia.

Las distorsiones introducidas por la lente producen desviaciones en el rayo al atravesarla, lo que provoca la desviación de las posiciones ideales del haz sobre la imagen como se observa en la imagen siguiente:

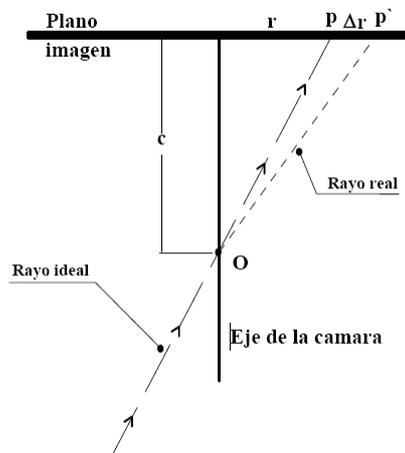


Imagen 5.1. Efecto de la distorsión de la lente¹¹

La distorsión radial simétrica depende de la distancia radial al punto respecto del punto principal, y se define por un polinomio de grado impar (Ghosh, 1988).

$$\Delta_r = k_1 r^3 + k_2 r^5 + k_3 r^7 + \dots \text{ (Ecuación 1)}$$

En el caso de calibrar cámaras métricas de gran formato hace falta calcular de 4 a 5 coeficientes k_i , pero si lo que se pretende es calibrar una cámara normal bastan 2 coeficientes. Estos coeficientes definen la curva de distorsión radial de la lente y se obtienen de la calibración. El número de parámetros requeridos depende de la propia distorsión de la lente y de la precisión que se quiere conseguir.

K1, K2 y K3 Son los coeficientes de distorsión radial

¹¹ PÉREZ ÁLVAREZ J.A. (2001). *Apuntes de Fotogrametría III*. Universidad de Extremadura. Mérida. Página 50.

Las coordenadas de un punto cualquiera corregidas de distorsión se calculan utilizando las siguientes ecuaciones:

$$x' = x - \Delta r_x$$

$$y' = y - \Delta r_y$$

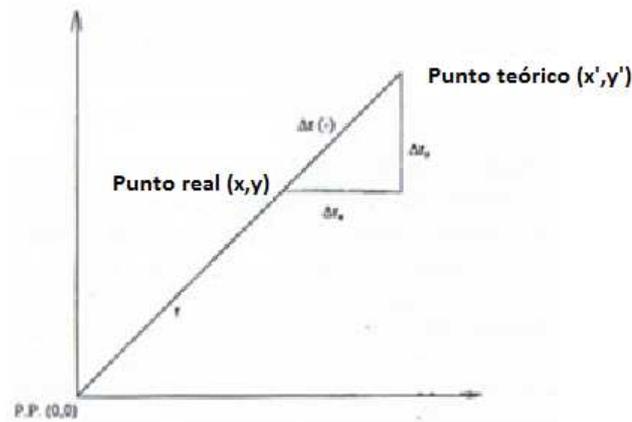


Imagen 5.2. Distorsión radial simétrica

Se cumple que: $\frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta r_x}{x} = \frac{\Delta r_y}{y}$ (Ecuación 2)

Relacionando las ecuaciones 1 y 2 obtenemos las coordenadas imagen corregidas de distorsión radial (x' , y'):

$$x' = x - \left(x \frac{\Delta r}{r} \right) = x(1 - k_1 r^2 - k_2 r^4 - \dots)$$

$$y' = y - \left(y \frac{\Delta r}{r} \right) = y(1 - k_1 r^2 - k_2 r^4 - \dots)$$

Con la calibración obtenemos también la magnitud de la desviación de los centros o desviación de descentramiento, la cual se define con una ecuación en la cual intervienen dos coeficientes (P_1 y P_2) que se calculan en el procedimiento de calibración.

Las ecuaciones resultantes para el cálculo de todos estos parámetros son por lo general las siguientes:

$$X' = x + x * (k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6) + [P_1 * (r^2 + 2 * x^2) + 2 * P_2 * x * y]$$

$$Y' = y + y * (k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6) + [P_1 * (r^2 + 2 * y^2) + 2 * P_2 * x * y]$$

Distorsión radial
Desviación de descentramiento

Donde X' , Y' son las coordenadas corregidas y x, y las originales.

La mayoría de los programas de restitución fotogramétrica que existen actualmente en el mercado suelen tener su propio programa de calibración, y los resultados de estos procesos suelen servir únicamente para su programa complementario. Esto se debe a que el proceso matemático que sigue cada uno no es igual al del resto, son similares pero no iguales.

La calibración parte de la toma de una serie de fotografías a un patrón, distribuido por el mismo software. Los programas son capaces de reconocer las diferentes marcas distribuidas por el patrón y a partir de un valor aproximado de la focal, contenido en los metadatos en formato EXIF que incorporan las imágenes digitales calcular sus posiciones para finalmente obtener el certificado de calibración.

Este certificado no siempre tiene los mismos valores, por lo que a la hora de trabajar tomaremos el más próximo a la fecha en la que se tomaron las fotografías.

Lo que se calibra es la cámara con la que se han tomado las imágenes y con los parámetros que se obtienen en este proceso se corrige la distorsión en las imágenes que tiene aproximadamente la siguiente forma:

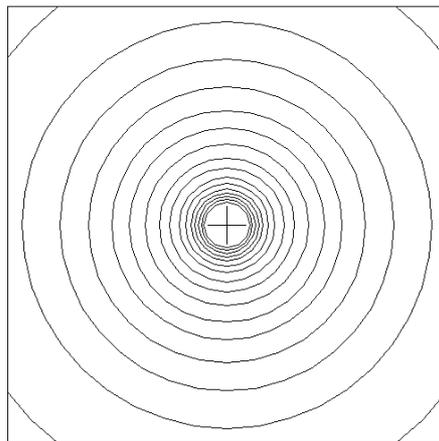


Imagen 5.3. Esquema de una imagen con distorsión

En las zonas más próximas al punto principal la magnitud de la distorsión es menor.

Cabe destacar el proceso de calibración que sigue el programa Photomodeler Scanner, que puede realizarse también a partir de puntos de coordenadas conocidas, bastaría con cinco puntos conocidos para orientar las fotografías y obtener los parámetros de calibración. Este programa también permite realizar la calibración utilizando unos parámetros de calibración aproximados sin necesidad de puntos de control, para ello hay que marcar los suficientes puntos homólogos en las imágenes y obtendríamos así los parámetros correctos.

5.2 CORRECCIÓN DE LA DISTORSIÓN

A diferencia de la calibración, el proceso de idealización actúa directamente sobre las imágenes. Idealizar consiste en eliminar la distorsión de las imágenes, quitando cualquier distorsión que pueda tener la lente y el punto principal no centrado, entre otros. Al idealizar una imagen se hace coincidir el punto principal con el centro de la fotografía.

Al corregir la imagen puede tener forma de “barril” o de “almohadilla”, la primera es en la que los bordes convergen hacia el exterior de la imagen y la segunda en los que convergen hacia el centro de la fotografía.

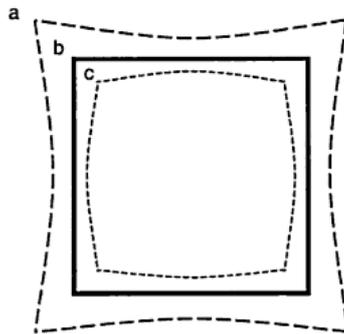


Imagen 5.4. Esquema de una imagen corregida de distorsión¹²

El marco a presenta una distorsión positiva en forma de “almohadilla”, el b tiene una distorsión nula y el c tiene una distorsión negativa en forma de “barril”. Este “dibujo” es el inverso al que se obtiene con los parámetros de distorsión del certificado de calibración si bien lo que hace la rectificación es corregir estos valores.

Véalos como se comporta en un caso real, para ello se hará una comparación entre la geometría de una imagen idealizada procedente de un proyecto en Photomodeler Scanner y su correspondiente sin idealizar. Ambas imágenes se han importado a AutoCAD y sobre ellas se han dibujado algunas líneas significativas sobre el muro que se estudia y sobre elementos de los alrededores para ver el comportamiento tanto en zonas próximas al punto principal como en zonas alejadas.

¹² LERMA GARCÍA, J.L. (2002). *Fotogrametría moderna: analítica y digital*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartografía y Topografía. Ed. Universidad Politécnica de Valencia. ISBN: 84-9705-210-2. Página 100.



Imagen 5.5. Imágenes original e idealizada respectivamente

La imagen idealizada tiene el borde negro puesto que se ha hecho coincidir el centro de la imagen con el denominado punto principal.

Al superponer las imágenes y mostrar las líneas que se han dibujado en ambas se puede observar que éstas no coinciden y que son mayores a medida que nos alejamos del centro de la imagen.

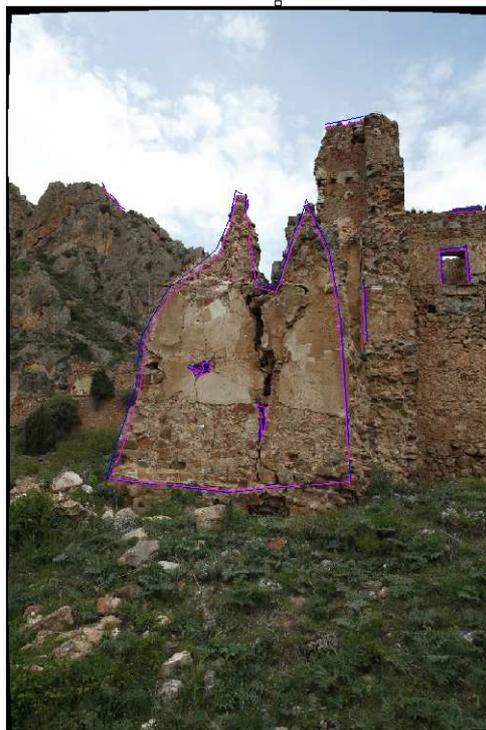


Imagen 5.6. imágenes superpuestas

Como conclusión anotar que en la medida de lo posible se debe evitar que el objeto que se fotografíe para una futura documentación se encuentre en los bordes de la fotografía puesto que es ahí donde va a tener un mayor error y con ello una menor precisión. Es preferible y recomendable dejar un margen a la hora de tomar las fotografías.

Si se analiza el comportamiento en los extremos observamos que la corrección aplicada a la imagen idealizada es convergente hacia el centro, pues todas las correcciones se dirigen hacia este punto.



Imagen 5.7. Zonas destacadas

5.3 RECTIFICACIÓN

Es el proceso fotogramétrico mediante el cual se puede transformar una imagen en una proyección del terreno, por medio del enderezamiento del eje del fotograma, es decir en este proceso lo que se hace es obtener fotografías verticales a partir de las fotografías originales tomadas, las cuales tienen una cierta inclinación.

Una imagen rectificadora debe tener las características geométricas de una proyección ortogonal del objeto fotografiado sobre un cierto plano y una determinada escala. Se presupone que el objeto es plano. El nuevo documento fotográfico que se obtiene al rectificar se denomina ortofotografía.

La rectificación puede ser analítica o gráfica, obteniendo en ambos casos un documento cartográfico enderezando un solo fotograma. La rectificación puede ser punto a punto o de forma global.

El método analítico empleado para la rectificación de imágenes aisladas se denomina transformación proyectiva bidimensional.

5.3.1 TRANSFORMACIÓN PROYECTIVA BIDIMENSIONAL O RECTIFICACIÓN ANALÍTICA¹³

Las ecuaciones que nos proporciona esta transformación posibilitan el cálculo analítico de coordenadas de puntos del sistema de referencia sobre un plano (X,Y) a partir de las coordenadas de sus puntos homólogos en un sistema arbitrario (x' , y'), pertenecientes a otro plano inclinado (fotograma ó imagen digital).

Los sistemas de coordenadas de la imagen anterior son respectivamente:

- (X,Y,Z): Sistema de referencia (sistema terreno)
- (x' , y' , z'): Sistema arbitrario (sistema imagen), con ejes inclinados respecto al sistema de referencia (por ejemplo el fotograma, imagen digital)
- (\bar{x}' , \bar{y}' , \bar{z}'): Sistema arbitrario (sistema imagen ideal), con ejes paralelos al sistema de referencia.

¹³ PÉREZ ÁLVAREZ, J.A., Apuntes de fotogrametría III. Editorial de la Universidad de Extremadura. Mérida, 20

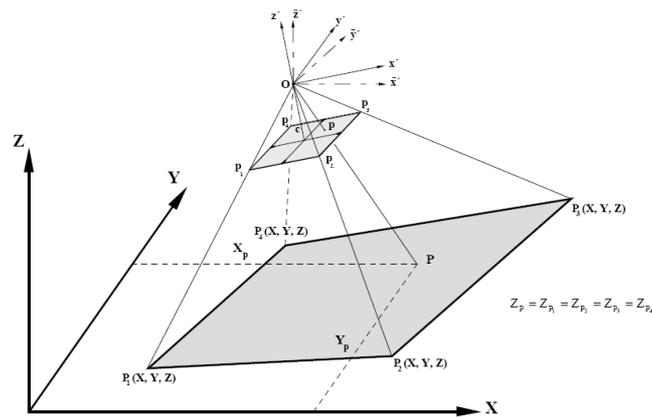


Imagen 5.8. Reconstrucción de una toma fotográfica

En estas ecuaciones se supone que la coordenada "Z" del sistema de referencia es conocida puesto que los puntos están situados en un mismo plano. En el caso de considerar puntos que no estén contenidos en dicho plano, los valores obtenidos para las coordenadas planimétricas (X,Y) tendrán un error proporcional al de la coordenada "Z" considerada.

La orientación angular de un fotograma inclinado se definirá por tres ángulos (ω, φ, κ). Si al sistema imagen ideal ($\bar{x}', \bar{y}', \bar{z}'$) se le transmiten las estas tres rotaciones el sistema pasará a ser el imagen (x', y', z').

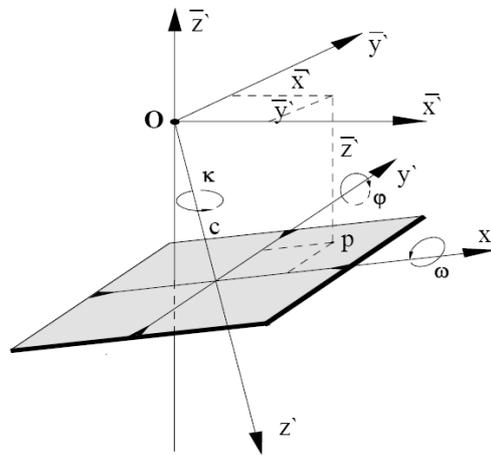


Imagen 5.9. Sistema de coordenadas sobre la imagen

La transformación por rotación en el plano imagen será:

$$x = a_{11} x' + a_{12} y' + a_{13} c$$

$$y = a_{21} x' + a_{22} y' + a_{23} c$$

$$z = a_{31} x' + a_{32} y' + a_{33} c$$

Quedando así en forma matricial:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ c \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ c \end{bmatrix}$$

Donde R es la matriz de rotación (ω, φ, κ) cuyos coeficientes tienen los siguientes valores:

$$\begin{aligned} a_{11} &= \cos \varphi \cos \kappa \\ a_{12} &= -\cos \varphi \sin \kappa \\ a_{13} &= \sin \varphi \\ a_{21} &= \cos \omega \sin \kappa + \sin \omega \sin \varphi \cos \kappa \\ a_{22} &= \cos \omega \cos \kappa - \sin \omega \sin \varphi \sin \kappa \\ a_{23} &= -\sin \omega \cos \varphi \\ a_{31} &= \sin \omega \sin \kappa - \cos \omega \sin \varphi \cos \kappa \\ a_{32} &= \sin \omega \cos \kappa + \cos \omega \sin \varphi \sin \kappa \\ a_{33} &= \cos \omega \cos \varphi \end{aligned}$$

Ahora ya podemos considerar el sistema fotográfico paralelo al sistema de referencia.

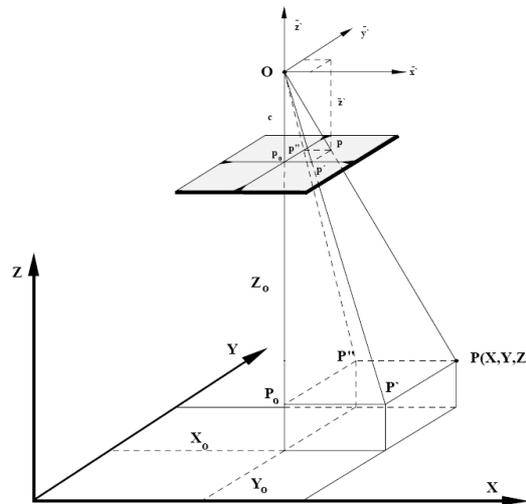


Imagen 5.10. Toma fotográfica ideal

De la figura anterior se deduce por semejanza que:

$$\lambda = \frac{\overline{P'P''''}}{\overline{p'p''''}} = \frac{\overline{PP'}}{\overline{pp'}} = \frac{\overline{OP''''}}{\overline{Op''''}}$$

Sustituyendo los segmentos por las coordenadas correspondientes obtenemos:

$$\lambda = \frac{X - X_0}{x} = \frac{Y - Y_0}{y} = \frac{Z - Z_0}{z}$$

Donde X_0, Y_0, Z_0 son las coordenadas del centro de proyección y X, Y, Z las coordenadas terreno de los puntos de apoyo.

Las expresiones anteriores en forma matricial son:

$$\begin{bmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{bmatrix} = \lambda R \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ c \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ c \end{bmatrix}$$

Separando las ecuaciones de la expresión anterior:

$$X = X_0 + \lambda(a_{11} x' + a_{12} y' + a_{13} c)$$

$$Y = Y_0 + \lambda(a_{21} x' + a_{22} y' + a_{23} c)$$

$$Z = Z_0 + \lambda(a_{31} x' + a_{32} y' + a_{33} c)$$

Dividiendo las dos primeras ecuaciones entre la última obtenemos:

$$X = X_0 + (Z - Z_0) \frac{a_{11} x' + a_{12} y' + a_{13} c}{a_{31} x' + a_{32} y' + a_{33} c}$$

$$Y = Y_0 + (Z - Z_0) \frac{a_{21} x' + a_{22} y' + a_{23} c}{a_{31} x' + a_{32} y' + a_{33} c}$$

A la hora de obtener la expresión general hay que despejar $a_{33} c$ del denominador de las dos ecuaciones:

$$X = X_0 + (Z - Z_0) \frac{a_{11} x' + a_{12} y' + a_{13} c}{a_{33} c \left(\frac{a_{31}}{a_{33}} x' + \frac{a_{32}}{a_{33} c} y' + 1 \right)}$$

$$Y = Y_0 + (Z - Z_0) \frac{a_{21} x' + a_{22} y' + a_{23} c}{a_{33} c \left(\frac{a_{31}}{a_{33}} x' + \frac{a_{32}}{a_{33} c} y' + 1 \right)}$$

Como $c, X_0, Y_0, Z_0, \omega, \varphi, \kappa$ son constantes todos los puntos tendrán igual Z , llegando a obtener las coordenadas con las ecuaciones siguientes:

$$X = \frac{a_1 x' + b_1 y' + c_1}{a_3 x' + b_3 y' + 1}$$

$$Y = \frac{a_2 x' + b_2 y' + c_2}{a_3 x' + b_3 y' + 1}$$

Donde x', y' son las coordenadas imagen, X e Y las coordenadas del plano y los coeficientes a, b y c son proporcionales a las ecuaciones generales de la perspectiva central.

Conociendo las coordenadas de cuatro o más puntos en ambos sistemas (x', y') y (X, Y) se pueden calcular los ocho parámetros de transformación $(a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2)$ y una vez

calculados se pueden obtener las coordenadas sobre el sistema de referencia de los puntos correspondientes que se midan sobre el sistema imagen.

A continuación se puede observar un ejemplo gráfico de rectificación:

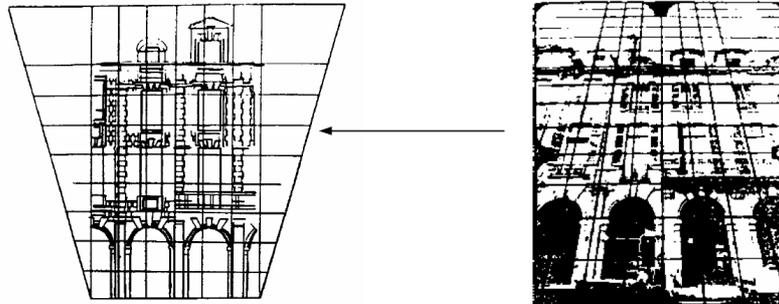


Imagen 5.11. Rectificación gráfica¹⁴

5.3.2 RECTIFICACIÓN DE IMÁGENES DIGITALES

La rectificación digital presenta importantes ventajas respecto a los procedimientos óptico mecánicos, como por ejemplo que la calidad de la imagen no está condicionada por los dispositivos de enfoque que afectan a la nitidez fotográfica en el plano de reproducción.

Para que la transformación de la proyección central de la fotografía a la ortogonal del terreno, sea en teoría exacta, es necesario que las unidades geométricas a rectificar sean un punto. Pero en la práctica esto es imposible, por lo que se utilizan unidades geométricas de tamaño reducido, que en este caso será el píxel.

Los métodos de rectificación más frecuentes en imágenes digitales son:

RECTIFICACIÓN POLINÓMICA

La transformación entre la imagen digital y la rectificada se realiza empleando polinomios. Este método corrige las distorsiones de la imagen en función de una red de puntos de control. El orden del polinomio utilizado depende del número de puntos de control del que se disponga, siendo la precisión proporcional a éste número. Gracias a esta transformación polinómica es posible realizar la rotación y el escalado de la imagen de la forma que mejor se ajuste a los puntos de referencia.

¹⁴ PÉREZ ÁLVAREZ J.A. (2001). *Apuntes de Fotogrametría III*. Universidad de Extremadura. Mérida. Página 180.

Este método tiene como ventaja que corrige en un solo proceso todas las distorsiones de la imagen, no obstante, hay que tener en cuenta que puede originar problemas y errores en la imagen transformada puesto que no corrige de forma adecuada los desplazamientos debidos al relieve y no considera las características específicas de sistema de captura de imágenes.

Es un método muy utilizado en la rectificación de imágenes de satélite.

RECTIFICACIÓN PROYECTIVA

Este método sigue automáticamente los pasos planteados por la rectificación analítica definidos anteriormente. Esta transformación proyectiva plantea la relación existente entre dos planos mediante el cálculo de ocho parámetros.

No es necesario el cálculo de los elementos de orientación interna y externa puesto que están incluidos implícitamente en esos parámetros de transformación.

Este es el método más empleado en la documentación de fachadas de edificios, mientras que la rectificación de imágenes satélite por este método es compleja, ya que el definir la superficie terrestre como un plano lleva a producir errores en la imagen rectificadas.

RECTIFICACIÓN DIFERENCIAL

Es el método en el que se basa la ortoproyección, por lo que se ha preferido explicar en el apartado de ortoproyección.

5.4. ORTOPROYECCIÓN

La ortoproyección es el proceso de creación y edición de las ortoimágenes, estas son fotografías corregidas del desplazamiento causado por la inclinación de la cámara y la profundidad. Consiste en proyectar cada uno de los píxeles sobre el modelo tridimensional del objeto (nube de puntos) ya que cada punto tiene su proyección.

Una ortofotografía digital parte de imágenes generadas de forma digital ó imágenes escaneadas. Estas imágenes están divididas en elementos rectangulares denominados píxeles, un pixel es la unidad más pequeña en la que se divide una imagen digital. La corrección del error de verticalidad del eje de toma hasta obtener una nueva imagen digital se realizan analíticamente. La ortofotografía es una imagen corregida que puede ser reproducida fotográficamente.

Las imágenes digitales están compuestas por píxeles, de cada uno de los cuales conocemos su tamaño, posición en la imagen y el valor asociado (tonalidad). En las imágenes digitales el elemento diferencial a rectificar es el pixel.

El proceso se realiza de forma inversa, obteniendo en primer lugar el modelo digital del terreno (datos altimétricos) y a continuación se realiza la rectificación diferencial. El requisito

para poder aplicar este método es disponer de un modelo digital de elevaciones almacenado de la misma forma que la imagen, es decir, con una estructura ráster de una matriz de elevaciones. Este modelo debe estar referido a un sistema de proyección de coordenadas que será en el que se obtenga la imagen rectificadas.

Partiendo de una imagen digital que sea proyección ortogonal del terreno, se transforman los píxeles del mapa a la proyección de la fotografía y se obtienen una serie de trapecios que ensamblados componen la imagen fotográfica.

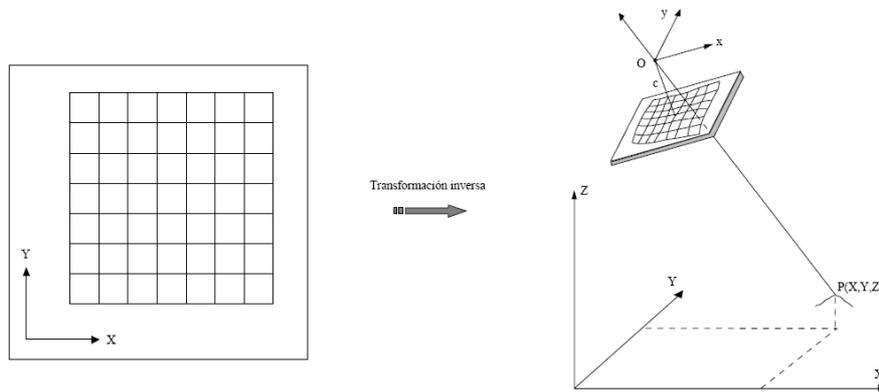


Imagen 5.12. Rectificación diferencial (mapa --> fotografía)¹⁵

La relación entre ambas proyecciones, la ortogonal del terreno y la cónica de la fotografía, viene dada por las ecuaciones de colinealidad. El objetivo de la rectificación de imágenes digitales es asignar a cada uno de los elementos de la matriz del modelo digital el valor de tonalidad correspondiente, para ello se utilizan estas ecuaciones:

$$x = -c \frac{m_{11}(X - X_0) + m_{12}(Y - Y_0) + m_{13}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)}$$

$$y = -c \frac{m_{21}(X - X_0) + m_{22}(Y - Y_0) + m_{23}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)}$$

De esta forma las coordenadas terreno (X,Y,Z) de los puntos del modelo digital se transforman en coordenadas imagen (x, y). Estas ecuaciones expresan las coordenadas (x, y) en la imagen en función de las coordenadas (X,Y,Z) del terreno en función de los parámetros de orientación exterior (X₀, Y₀, Z₀, ω, φ, κ).

En la ortoproyección digital se utiliza la transformación inversa. A cada píxel de la imagen en la proyección del mapa, se le asigna el valor de la escala de gises en la proyección cartográfica.

¹⁵ PÉREZ ÁLVAREZ J.A. (2001). *Apuntes de Fotogrametría III*. Universidad de Extremadura. Mérida. Página 188.

Al conocerse la posición de la imagen digital en el terreno, se conocen las coordenadas de cada píxel que la compone, puesto que previamente se ha definido una distribución de ortos con un formato determinado para cubrir la zona.

6. EJECUCIÓN

6. EJECUCIÓN

6.1 EJECUCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

A continuación se muestra un diagrama en el que se define gráficamente los pasos principales del proceso de ejecución que se ha llevado a cabo para la elaboración de este PFC.

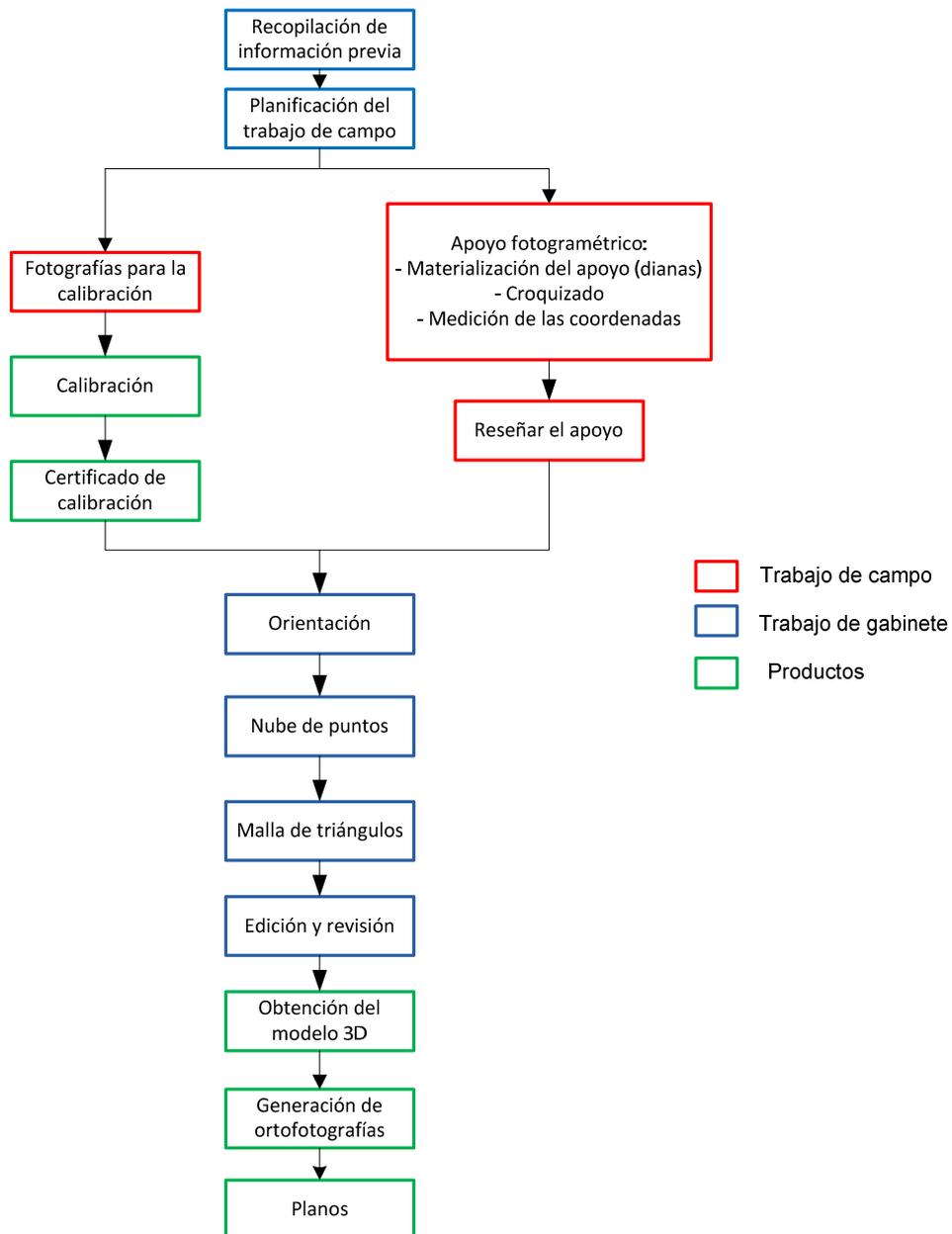


Diagrama 6.1. Flujo de la ejecución

6.2 TOMA DE DATOS

6.2.1 TRABAJOS PREVIOS

Como ya se ha comentado en el apartado de Antecedentes, en la fase de campo del proyecto IP Erasmus de 2010 se obtuvo una cantidad de información que podía ser útil para la realización del proyecto.

No obstante tras hacer una recopilación de la información previa de la que se disponía se decidió tomar de nuevo todas las imágenes y el apoyo, pues en algunos casos la información era insuficiente y en otros inexistente.

La red de bases topográficas que se estableció para los trabajos que se llevaron a cabo en el IP Erasmus ha sido fundamental para realizar el apoyo fotogramétrico. Esta red se fijó por métodos GNSS y se materializó en el terreno con estacas de madera con clavos en su parte superior, por lo que se pudo estacionar en ellas a la hora de tomar las coordenadas de las dianas del apoyo. Podemos ver las reseñas de estas estaciones en el Anexo 5.

La información obtenida en el IP Erasmus sirvió para obtener las coordenadas de apoyo fotogramétrico, para la planificación y para el aprendizaje de los programas que en este proyecto se han estudiado.

6.2.2 SALIDAS A CAMPO

PLANIFICACIÓN

De forma previa a una salida a campo es preciso realizar una planificación para contemplar y preparar todo el material necesario. Para ello se debe saber qué se quiere hacer y qué se necesita para ello. En la determinación del día de trabajo de campo también influyen las condiciones climáticas de lluvia, por lo que previamente a las salidas nos informamos de ellas.

En nuestro caso el trabajo que íbamos a realizar estaba bien fijado desde un principio, estaba claro que queríamos colocar un apoyo, medir las coordenadas de ese apoyo y tomar las fotografías necesarias. En la parte topográfica no tuvimos problemas, la mayor dificultad estuvo en la toma de las fotografías ya que estaba condicionada por las condiciones climáticas como se explicará más adelante.

Como material auxiliar se decidió elaborar un cuadernillo de campo en el que se fueron anotando y croquizando los apoyos, así como las comprobaciones de los estacionamientos, aunque no fue suficiente y también hubo que hacer croquis en campo.

TRABAJO DE CAMPO

En total se llevaron a cabo tres visitas al Monasterio de San Prudencio durante la primavera de 2011 para la toma de todos los datos necesarios para la realización del proyecto final de carrera. Todas ellas siguen el mismo esquema como se verá a continuación.

1^{er} día: Jueves 10 de marzo de 2011

Teníamos claro lo que queríamos hacer, por lo que nada más llegar colocamos las dianas que conformarían el apoyo de los muros que tenían un mayor riesgo de colapso. Se colocaron dianas en los puntos más altos a los que se podía acceder con la ayuda del pegadianas y en los extremos de los paños, para de esta forma dar apoyo a la mayor superficie del muro posible.

Una vez colocadas se medían sus coordenadas con la estación total, bien desde estaciones materializadas en el terreno (usadas en el IP Erasmus) o mediante la opción de intersección inversa. Para esta última se colocaron dianas en lugares visibles desde la estación de coordenadas conocidas y la estación inversa.

Este día se tomaron algunas fotografías de los muros en los que se había colocado el apoyo, pero la inexperiencia hizo que no fueran muy buenas.

Al volver a Vitoria, en el LDGP se descargaron los datos.

2^o día: Miércoles 30 de marzo de 2011

El día de trabajo de campo fue muy similar al anterior, se materializaron las dianas que se habían caído y se colocaron las que no había dado tiempo a colocar el día anterior.

También se obtuvieron las coordenadas UTM (con cota ortométrica) de las mismas y se tomaron algunas series de fotografías, cuyo resultado fue mejor que el del primer día, pero aún no obtuvimos la calidad deseada en algunos casos.

3^{er} día: Martes 19 de abril de 2011

Los trabajos relativos al interior de la Iglesia se realizaron este día, conjuntamente a la toma de las series de imágenes definitivas de aquellos muros en los que el día anterior no se había obtenido la calidad deseada.

Cabe mencionar que las condiciones meteorológicas que habíamos previsto se adelantaron un poco y comenzó a llover al mediodía en vez de a media tarde, pero los trabajos pudieron completarse y finalizar así la toma de datos en el Monasterio.

6.2.3 TOMA DE FOTOGRAFÍAS

A la hora de tomar las fotografías existen una serie de aspectos que hay que tener en cuenta si se quieren obtener unas imágenes con calidad.

CÁMARA Y OBJETIVOS

Para la realización de este PFC se ha utilizado la cámara EOS 5D Mark II de la marca Canon (Ver características en el Anexo 2). La elección de ésta sobre la Canon EOS 5D fue porque la Mark II tiene una mayor resolución, 21,1 megapíxeles frente los 12,7 de la EOS 5D también disponible. Esta mayor resolución nos proporciona una mayor calidad visual, un mayor número de píxeles por imagen y por tanto una mejor puntería a la hora de señalar sobre la imagen.

Como se ha indicado, en cuanto a los objetivos utilizados tenemos un Canon fijo con una distancia focal de 35 mm y otro de la marca Zeiss de 21 mm de focal (Ver características en el Anexo 2). El ángulo de visión aumenta al disminuir la focal por lo que para realizar fotografías en las que el espacio entre el objeto a fotografiar y la posición de la cámara es pequeña lo conveniente sería utilizar una focal pequeña, en este caso la de 21 mm.

El objetivo de 21 mm no tiene ningún dispositivo que lo mantenga fijo en un valor, por lo que antes de tomar las fotografías hay que fijarlo en la misma posición para que nos sirva la misma calibración para todas las fotos, nos decidimos por ajustarlo a infinito y antes de sacar las imágenes nos asegurábamos de que su posición era correcta.

CONDICIONES CLIMÁTICAS

La luz solar y el momento en el que se tomen las fotografías también influyen en la calidad de las mismas. Lo ideal es un día nublado en el que apenas haya cambios de luz, para evitar zonas sombreadas y la consecuente ocultación de elementos. Cuando los rayos de sol inciden directamente sobre la lente del objetivo puede dar lugar a círculos luminosos (efecto flare) que puede degradar la fotografía.

También se debe evitar la lluvia, porque además de que puede estropear el equipo también se produce una disminución de contrastes en las imágenes.

Para conseguir la mayor calidad en las fotografías se debe planificar la toma en función de la posición prevista para el Sol.

POSICIÓN DE LA TOMA

La posición de la cámara en las diferentes series de fotografías puede ser estereoscópica o convergente (Ver apartado 4.2.1 de la presente memoria).

- Fotogrametría estereoscópica: Las tomas son perpendiculares al elemento y deben tener un cierto recubrimiento, la recomendación es de al menos un 60%. Se trabaja estereoscópicamente por pares de fotografías.
- Fotogrametría convergente: Las fotografías deben ser convergentes al objeto que se quiere fotografiar y debe cubrir un ángulo aproximado de 90° entre la primera y la última fotografía de la serie. El trabajo se realiza de forma monoscópica, individualmente para cada fotografía.

Por otra parte al fotografiar un mismo objeto es conveniente tomar cada serie de fotografías a la misma distancia aproximada respecto a este, puesto que de esta forma se evitarán grandes diferencias en cuanto a la escala.

GEOMETRÍA DE LAS FOTOGRAFÍAS

Con ello nos referimos a la relación existente entre la posición teórica del punto principal en la imagen y la real, debida principalmente a la distorsión en el sistema óptico. La distorsión esta explicada en el capítulo 5.

ENCUADRE DEL OBJETO

El objeto que se quiere fotografiar debe aparecer en la imagen sin ajustarse a los bordes, es preferible dejar un margen imaginario puesto que es en los bordes donde la distorsión es mayor y puede que al calibrar la imagen sufra “recortes” en los márgenes.

RELACIÓN ABERTURA DEL DIAFRAGMA – TIEMPO DE EXPOSICIÓN - SENSIBILIDAD

La relación existente entre la apertura del diafragma, el tiempo de exposición y la sensibilidad del sensor son los parámetros más importantes que permiten ajustar la exposición de la fotografía y que han de tenerse en cuenta a la hora de obtener las imágenes.

- Abertura del diafragma: El diafragma es un elemento alojado en el interior del objetivo compuesto por unas láminas que regulan la entrada de luz en el objetivo, mediante la ampliación ó reducción del diámetro que dejan abierto.
La mayoría de las cámaras actuales tienen un diafragma de tipo iris, aquellos que actúan de la misma forma que la pupila del ojo, reduciendo el diámetro a medida que aumenta la cantidad de luz incidente.

La apertura del diafragma se regula por los números f , que mantienen una relación inversa en cuanto al diámetro; menor número f mayor es la abertura del diafragma. Los números f expresan el número de veces que el diámetro de la abertura se divide por la distancia focal del objetivo.

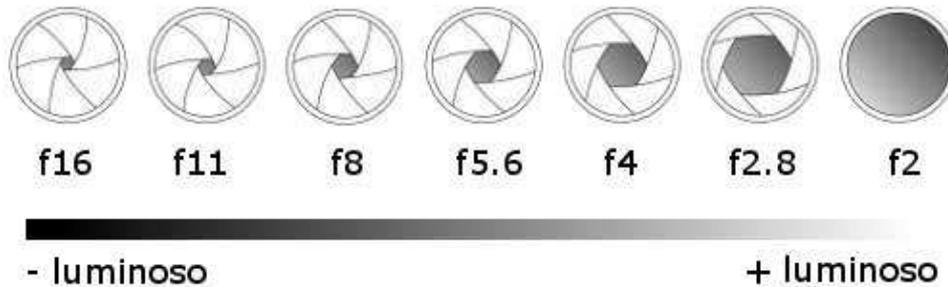


Imagen 6.1. Aperturas del diafragma iris.¹⁶

La abertura del diafragma condiciona la iluminación necesaria para obtener la fotografía. Abrimos el diafragma si queremos que entre más luminosidad y lo cerramos si queremos limitar la luz que atraviesa el objetivo. La claridad de una imagen está relacionada con la distancia focal (f) y con la superficie del diafragma cuya abertura es siempre circular.

La profundidad de campo también es función de la apertura del diafragma ya que esta profundidad aumenta al disminuir la distancia focal. Se entiende por profundidad de campo el área nítida que hay delante y detrás del objeto enfocado.

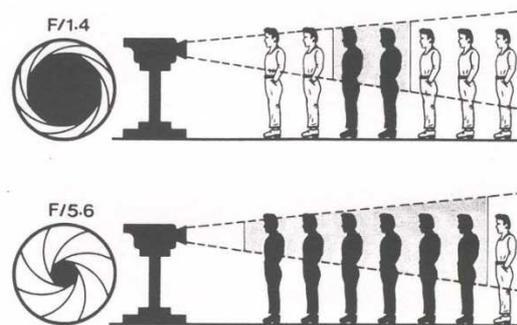


Imagen 6.2. Relación entre la profundidad de campo y la apertura.¹⁷

La zona de enfoque en esta imagen es la que tiene un efecto de sombra y en ella se puede comprobar lo dicho anteriormente.

¹⁶ Imagen extraída del artículo: "Canon EOS 100D" publicado el 28 de mayo de 2011 en la página <http://kositasde aqui.blogspot.com/>

¹⁷ Imagen extraída del artículo: "Profundidad de campo (9)" publicado el 14 de enero de 2010 en <http://fotocursonet.wordpress.com/2011/01/14/la-profundidad-de-campo-9/>

- **Tiempo de exposición:** Es el tiempo durante el cual está abierto el obturador de la cámara. Se expresa en segundos y fracciones de segundo. Los valores de exposición de una cámara fotográfica son diversos, pueden oscilar entre los 30 segundos y los 1/8000 segundos en los mejores casos. También existe la opción de modo Bulb, en la cual el obturador se mantiene abierto durante el tiempo que se mantenga accionado el disparador. La velocidad o tiempo de exposición debe ser función de la luz y de la utilización o no de trípode.
En el caso de las fotografías tomadas para este PFC no se hizo uso de trípode por lo que la velocidad tuvo que ser rápida (mínimo 1/20 ó 1/50).
- **Sensibilidad del sensor ISO:** Es uno de los parámetros que hereda la fotografía digital de la analógica. El ISO en esta última indica la sensibilidad de la película a la hora de captar la luz y se refiere al tamaño del grano de la película. Un ISO menor proporciona una mayor resolución de la fotografía. Mientras que en fotogrametría digital las cámaras poseen sensores para captar la luz. Cuando se cambia el valor de la sensibilidad se modifica en cierta forma dicho sensor. Los valores de ISO recomendados oscilan entre 100 y 400.

6.2.3.1 Ejecución de la toma de las fotografías¹⁸

El proceso que seguimos a la hora de sacar las fotografías en campo es el que se va a explicar a continuación. En él se justificarán los mejores valores utilizados para los parámetros anteriores.

Para determinar estos parámetros primeramente se activa el modo "Av", con el que podemos seleccionar la apertura del diafragma deseada y el dispositivo ajustará la velocidad en función de las condiciones de luz. Al abrir más el diafragma la profundidad de campo disminuye, lo que hace que la parte correctamente enfocada de la imagen sea menor, hecho que para la documentación no nos interesa en absoluto. Por ello se utilizaron diafragmas medios, lo ideal es una apertura alrededor de 11, pudiendo aumentarla hasta 8 en caso de poca luz. Tampoco es conveniente utilizar diafragmas muy cerrados porque pueden provocar difracción.

El ISO ideal es el valor más bajo que nos permita la cámara con la que estemos trabajando para que el ruido sea también el menor posible. En nuestro caso partiremos siempre de un valor de 100 ISO. En casos extremos la sensibilidad puede aumentar hasta 400 ISO, pero supone una disminución en la calidad de la imagen.

Una vez fijados los valores de apertura y sensibilidad lo que se hace es obtener un valor para el tiempo de exposición o velocidad, para ello se enfoca al objeto que se quiere fotografiar y se presiona suavemente el disparador (sin llegar a tomar ninguna fotografía) y la cámara calcula, por medio de un fotómetro la velocidad adecuada en función de la "Av" preseleccionada.

¹⁸ Los valores ideales para la configuración de la cámara se han obtenido del libro de prácticas de Fotogrametría I (VALLE, J.M. y MARTÍNEZ, M^a P., Junio 2003. *Prácticas de Fotogrametría I*) y de las recomendaciones del tutor del proyecto.

El tiempo de exposición ideal es de 1/100 a 1/200 segundos. El valor máximo depende de la focal del objetivo, una mayor distancia focal responde con un menor tiempo de exposición.

En nuestro caso tomamos como velocidad mínima 1/50 para el objetivo de 35 mm y 1/30 para el de 21 mm.

Si los valores obtenidos se consideran correctos, se puede llevar a cabo la toma de fotografías en modo manual con esos parámetros, en caso contrario se deberán modificar estos parámetros para conseguir la configuración deseada, ó también se podría utilizar trípode.

Lo primero que debe revisarse en caso de tener que modificar estos valores es probar a bajar el valor de la abertura del diafragma, y al mismo tiempo comprobar la velocidad que nos da por defecto. En el caso de no ser suficiente, realizaremos el mismo procedimiento hasta lograr la configuración deseada o llegar al límite. Este procedimiento debe realizarse poco a poco, viendo los valores para cada parámetro.

Si se llega al límite y no se han conseguido unos valores óptimos, se debe modificar la sensibilidad, aumentándola lo menor posible para volver a realizar todo el procedimiento explicado anteriormente, desde los parámetros de apertura iniciales. Y así sucesivamente.

Una vez obtenidos estos parámetros se configura la cámara en modo manual "M" para tomar la serie de fotografías con la misma configuración. En modo manual la cámara no realiza ningún tipo de compensación y mantiene los valores de apertura y velocidad.

Otros aspectos a tener en cuenta:

- Se aconseja que para la documentación de un elemento las fotografías tengan la misma tonalidad, o muy similar, para que a la hora de obtener el modelo no haya muchos contrastes que inciten a la confusión. Para ello los parámetros para una misma serie deberían ser los mismos.
- Es recomendable sacar las fotografías en momentos de luminosidad constante, por el mismo motivo que el caso anterior.
- Si a la hora de tomar las imágenes el Sol esté de frente se pueden obtener los valores para ese paño realizando el procedimiento descrito anteriormente pero enfocando hacia la parte inferior del objeto.

Todo ello obliga a planificar el momento del día más adecuado para la toma de cada alzado y que en campo no se tenga que esperar a que el Sol no se encuentre de frente o se oculte por las nubes.

El trabajo de campo en cuanto a la parte fotográfica se refiere quedó dividido de la siguiente manera. El primer día se tomaron las series correspondientes a los muros "P" y "R", empleando para ello el objetivo de 35 mm a excepción del paño Norte del muro "P" por la escasa separación con otro muro. El segundo día se tomaron las fotografías del muro "J", se repitieron algunas de las del día anterior y se obtuvieron las del Arco interior de la iglesia y las

del muro Norte exterior de la misma. El tercer y último día se sacó la última colección de fotografías del paño “J” puesto que las del día anterior resultaron bastante oscuras, y se realizaron las correspondientes al interior de la iglesia.

6.2.4 MEDICIÓN DEL APOYO FOTOGRAMÉTRICO

A la hora de medir las coordenadas del apoyo hay que tener en cuenta trabajos propiamente topográficos.

MATERIALIZACIÓN DEL APOYO

Para la materialización de los puntos del apoyo se emplearon las dianas con las que habitualmente se trabaja en el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio. Son dianas cuadradas de papel plastificadas de aproximadamente 4 cm de lado.

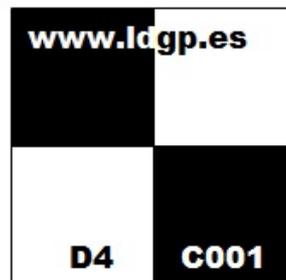


Imagen 6.3. Diana del apoyo fotogramétrico

Para adherirlas a los muros se empleó silicona transparente y con la ayuda del instrumento pegadianas se colocaba en las zonas acordadas. La silicona proporciona un secado rápido y lo que es más importante, apenas daña el elemento objeto de estudio y se puede quitar una vez obtenida la información.

SISTEMA DE COORDENADAS

Como ya se ha comentado anteriormente se utilizaron las bases de coordenadas conocidas establecidas para el IP, estas tienen como sistema el UTM (*Universal Transverse Mercator*) con datum de referencia el ETRS89.

El sistema de coordenadas UTM está basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator tangente a un meridiano. Es una proyección cilíndrica conforme, lo que quiere decir que los factores de escala en la dirección del paralelo y en la del meridiano son iguales. Para ello la Tierra se divide en 60 husos de 6° de longitud cada uno. Los husos se numeran de forma creciente de 1 a 60, la Península Ibérica está repartida en tres de esos husos; 29, 30 y 31 mientras que las Canarias se encuentran en el huso 28. Esta proyección tiene la ventaja de que

ningún punto de la Tierra está demasiado alejado del meridiano central que le corresponde, por lo que los valores de las distorsiones son pequeños.

A pesar de no haber aplicado la corrección de anamorfosis en este proyecto se ha utilizado esta proyección puesto que de haber hecho esta corrección no hubiera influido en los valores de las coordenadas obtenidas. Esto se debe a que las distancias medidas en campo no superan los 50 metros y el valor de la corrección de anamorfosis en estos casos tiene un valor menor que la precisión de dicha medida. El motivo de ello es que la proyección UTM es conforme pero no equidistante, es decir, las distancias no se conservan dando lugar a un coeficiente de anamorfosis (K) que relaciona la distancia de la realidad con la distancia en un mapa con dicha proyección.

Por su parte el datum utilizado, el ETRS89 (*European Terrestrial Reference System*) es un sistema de referencia geodésico, que tiene como elipsoide de referencia el SGR80. El sistema coordenado que se utiliza en este datum es un sistema cartesiano centrado en la Tierra definido por:

- Origen: El centro de masas de la Tierra.
- Eje Z: En la dirección del Polo Convencional Terrestre en la época 1984
- Eje X: Intersección del meridiano de referencia IERS y el plano que pasando por el origen es perpendicular al eje Z.
- Eje Y: Completando el sistema ortogonal dextrógiro.

Las cotas de las que disponemos, como se puede observar en las reseñas del Anexo 5, son ortométricas, es decir son alturas referidas al geoide. Esto quiere decir que para obtenerlas a las cotas elipsoidales obtenidas en un principio por métodos GNSS se les ha corregido la ondulación del geoide.

6.2.4.1 Ejecución de la medida del apoyo

Se disponía de bases de coordenadas conocidas UTM ETRS89 con cota ortométrica, por lo que se decidió seguir trabajando con este sistema.

Primeramente se estacionó en la BM10 (Benchmark 10) de coordenadas conocidas y desde ella se radiaron todas aquellas dianas visibles y algunas dianas colocadas en otros muros, para a partir de ellas poder realizar intersección inversa y dar coordenadas a estaciones desconocidas.

Las dos estaciones utilizadas permiten la medición sin prisma, con el modo "RL" (reflectorless), visando directamente al centro de la diana. Se estacionó también en la BM11 y en la BM13 y desde ellas se radiaron las dianas visibles. El resto de las mediciones se realizaron desde estaciones inversas gracias a la función que disponen las estaciones para dicho fin.

Para dar coordenadas al punto en el que nos estacionamos se observaron entre 4 y 5 puntos distribuidos en 360° alrededor del instrumento para de esta forma obtener una mejor precisión.

Durante todo el proceso se tomaban comprobaciones al finalizar la medición y se comparaban con las medidas tomadas al principio para ver si el error es admisible o no.

Las reseñas tanto de las estaciones como de las estaciones inversas se encuentran en el Anexo 5 de esta memoria. En el caso de las estaciones inversas sirven únicamente para controlar el error que se ha cometido durante la medición y localizarlas de una forma aproximada puesto que no se puede volver a estacionar en ellas.

6.2.5 ADQUISICIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LOS DATOS

A la hora de adquirir los datos y almacenarlos hay que seguir unas pautas entre las que destaca la planificación ya que de ella dependen en cierta medida el tiempo de ejecución, la eficacia de la misma y la calidad de los productos obtenidos. Dentro de la planificación deben tenerse en cuenta distintos aspectos como son:

MODO DE ADQUISICIÓN

La forma en la que se deben adquirir los datos debe ser ordenada y clara, ayudándonos para ello de croquis, fotografías y apuntes de lo que sea necesario. De ello depende en gran medida que esa información pueda ser usada por otras personas.

MODO DE ALMACENAMIENTO Y SU ESTANDARIZACIÓN

El almacenamiento de la información requiere una organización fácil de seguir y que ocupe el menor espacio posible, siempre y cuando no dificulte el trabajo con las mismas. Para ello es necesario organizar los datos en carpetas y subcarpetas de forma clara. La nomenclatura de las carpetas y ficheros debe ser comprendida por el grupo de trabajo y por posibles usuarios futuros.

La estandarización de los formatos y el empleo de formatos abiertos son clave para garantizar su acceso en el presente y en el futuro. Los formatos abiertos más utilizados en la actualidad son:

- Para documentos de texto (memoria): PDF (Portable Document Format) y ODF (Open Document Format).
- Para mapas y planos: DXF (Drawing eXchange Format) y DWG (DraWinG format).
- Para modelos virtuales: VRML (Virtual Reality Modeling Language)

- Para imágenes: TIFF, GIF, BMP, JPG y PNG (Portable Network Graphic). Su uso depende del posterior uso que se pretenda hacer de las imágenes, pero el formato PNG es uno de los más utilizados por estar libre de patentes, tener una buena compresión y pocas pérdidas de información.

PERDURABILIDAD DE LA INFORMACIÓN

La perdurabilidad tanto de la información como de los productos obtenidos después de un trabajo es uno de los aspectos más importantes en los que se está trabajando hoy en día. Los soportes informáticos hacen que la información sea muy volátil.

Es conveniente si no se quiere tener pérdidas del trabajo ir realizando continuas copias de seguridad en dispositivos externos al propio ordenador, como pueden ser memorias USB o discos duros externos. Lo ideal es realizar copias al finalizar cada jornada superponiéndolas sobre las anteriores para no agotar la capacidad del disco.

En el LDGP se trabaja con un sistema de servidores remotos que realizan copias automáticamente en un dispositivo al almacenar datos en otro de ellos. La utilidad de este sistema se fundamenta en que si le pasa algo a uno de los dispositivos el otro al encontrarse en otro sitio contendrá la información.

Las soluciones adoptadas en este proyecto son las siguientes:

- Para materializar el apoyo se han usado las dianas del LDGP las cuales tienen una letra y un número de 3 cifras que las identifican. Estos códigos son únicos en cada trabajo para evitar confusiones. Con este código se identificará la diana tanto en el croquis como en la estación.
- Los datos obtenidos de las estaciones totales se han almacenado en ficheros ASCII. Se han organizado por muros y a se ha creado un fichero para cada paño.
- Los formatos en el que se han almacenado las imágenes son los obtenidos directamente con la cámara. Ésta nos proporciona las imágenes en formato RAW y en JPEG.

Mientras que el formato RAW no modifica ni comprime la imagen y mantiene toda la información relativa a la imagen, las imágenes en formato JPEG son imágenes comprimidas. De aquí se entiende que el espacio ocupado por las primeras es mucho mayor y a pesar de la recomendación de almacenar las fotografías en ambos formatos, el que más se utiliza es el JPEG puesto que entre otros motivos es el más utilizado en los programas fotogramétricos de bajo coste con los que se ha trabajado en este proyecto.

6.3 FLUJO DE TRABAJO

6.3.1 FLUJO DE TRABAJO CON PHOTODELER SCANNER

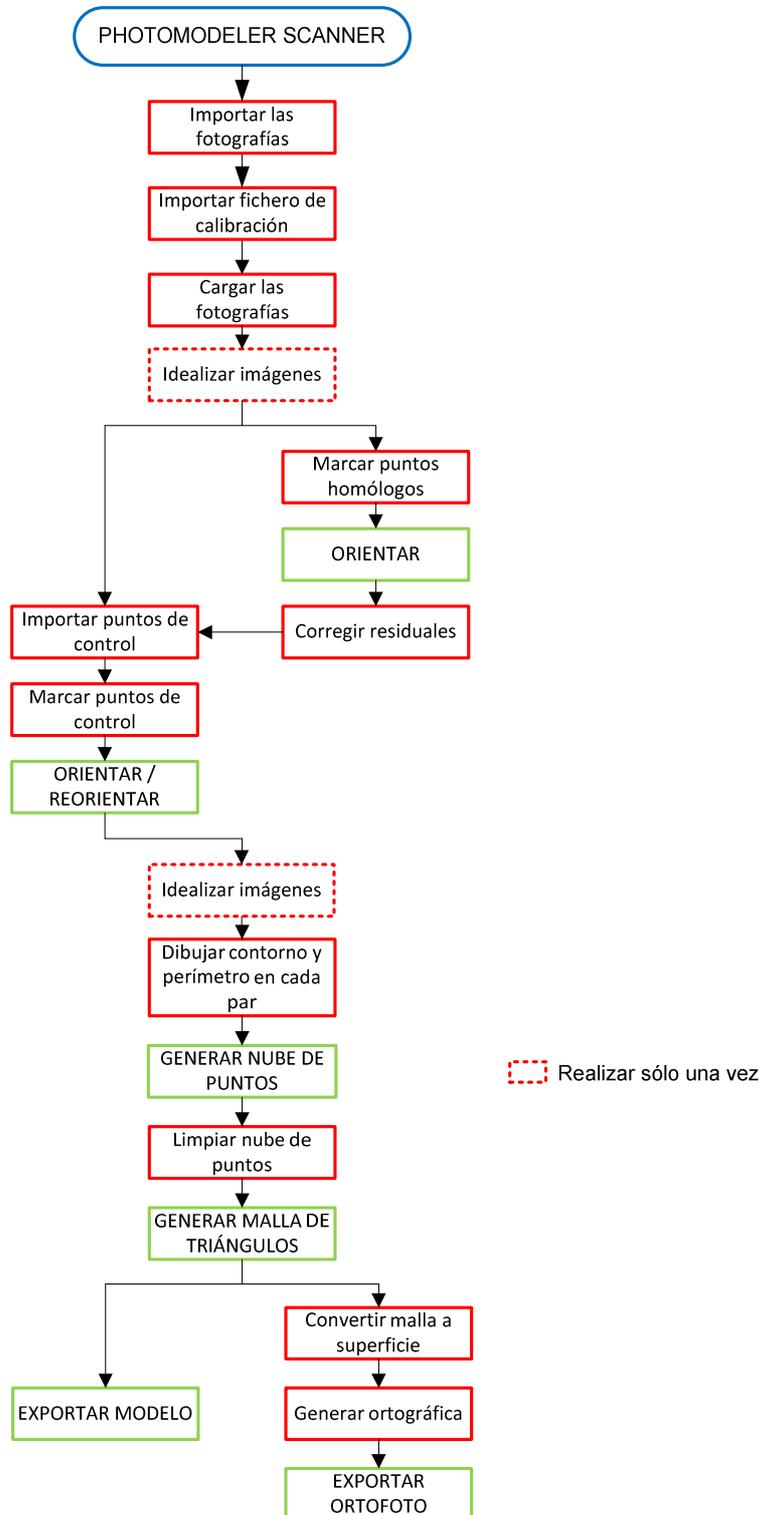


Diagrama 6.2. Flujo de trabajo en Photomodeler Scanner¹⁹

¹⁹ Este diagrama parte de la versión realizada por Pablo Ibáñez de Elejalde en su PFC.

Photomodeler Scanner es un software basado en técnicas fotogramétricas que permite la creación de modelos 3D a partir de fotografías digitales y además ofrece la posibilidad de una vez creados estos, obtener ortofotografías y generar animaciones en movimiento de los mismos. Los pasos que hay que seguir son los siguientes:

1. Iniciación del proyecto

Una vez abierto el programa hay que seleccionar la opción de **“Points-based project”** para crear un nuevo proyecto.

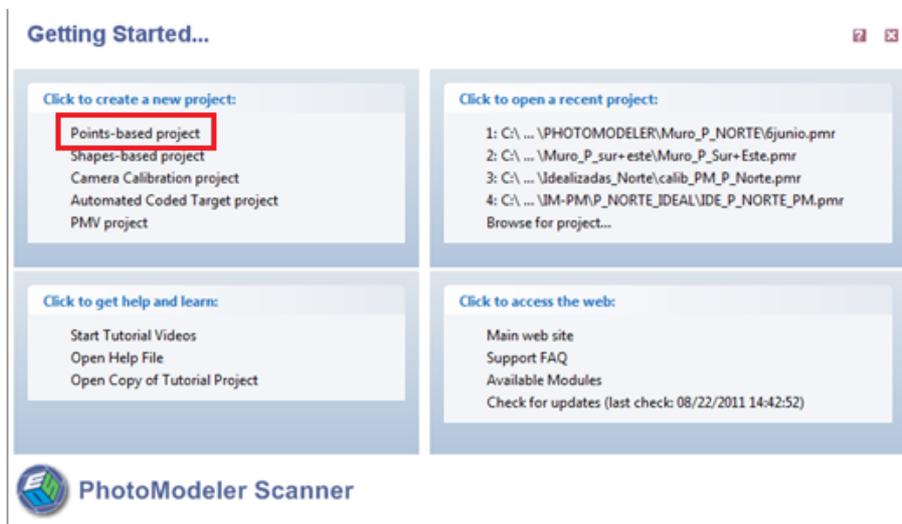


Imagen 6.4. Pantalla de inicio de Photomodeler Scanner

A continuación el mismo programa te pide seleccionar las imágenes con las que se va a trabajar en el proyecto.

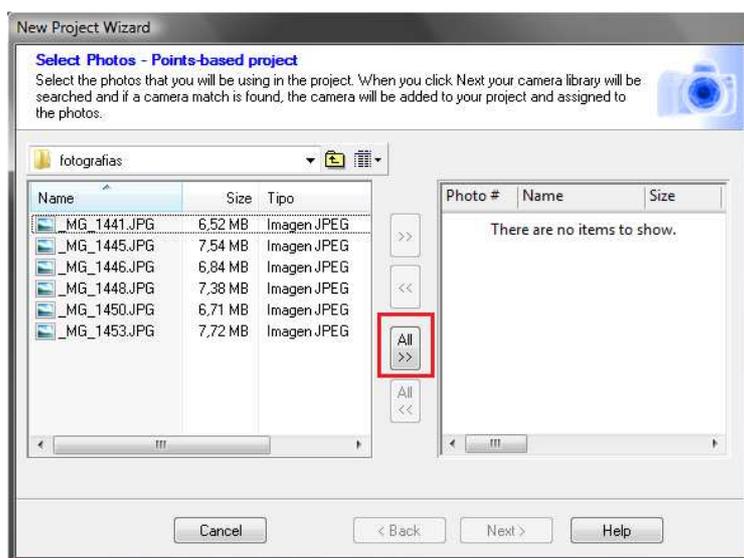


Imagen 6.5. Selección de las fotografías

Para seleccionar las imágenes que contiene una carpeta es suficiente con seleccionar una y pulsar el botón **“All”** y las fotografías pasan automáticamente al recuadro de la derecha. Este proceso puede hacerse también de una en una pero conviene tener las imágenes con las que se va a trabajar en una carpeta. Una vez se hayan seleccionado las fotos se pulsa **“Next”** y aparece el mensaje siguiente, en el que recomienda importar y trabajar con unas pocas fotos desorientadas al mismo tiempo para reducir las posibilidades de equivocación y encontrar los errores con más facilidad en el caso de que se produjeran.



Imagen 6.6. Mensaje de recomendación

A continuación hay que definir el fichero de calibración correspondiente a la cámara con la que se han tomado las imágenes. En el caso de que no se haya realizado en el ordenador ningún proyecto con esa cámara se puede seleccionar el fichero de cámara o bien utilizar la calibración de otro proyecto en el que se haya utilizado la misma cámara. También puede darse el caso de que el programa reconozca el fichero de calibración de esas fotografías si se ha trabajado anteriormente en otro proyecto con fotografías similares.

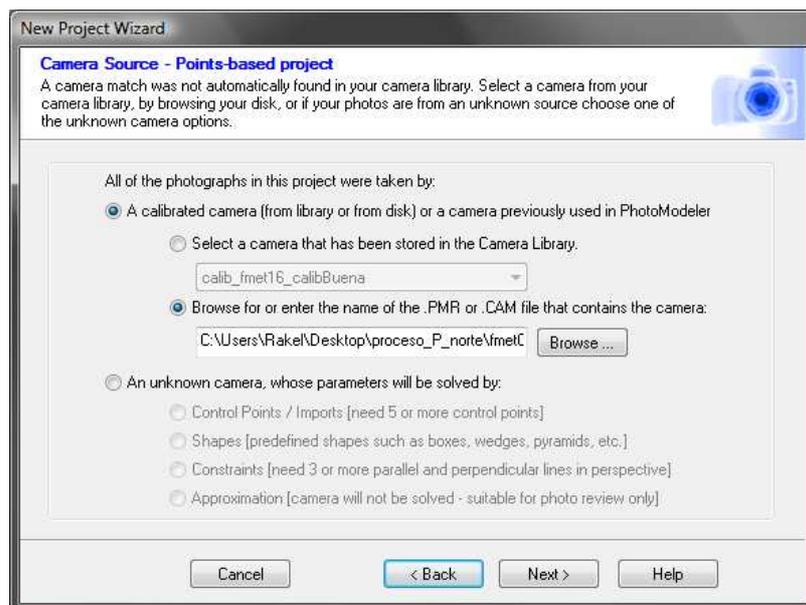


Imagen 6.7. Selección del fichero de calibración

Una vez seleccionado el fichero se accede a lo que es la pantalla del programa en donde se va a trabajar. Aparecen las imágenes en pequeño y con un aspa roja que indica que no están orientadas. Para cargar las imágenes se puede hacer con doble clic una por una ó seleccionando todas con el icono  (Select All Photos) y a continuación pulsando  (Open Photo(s)).

Para dividir la pantalla como nos convenga hay que pulsar  (Tile Active Pane).

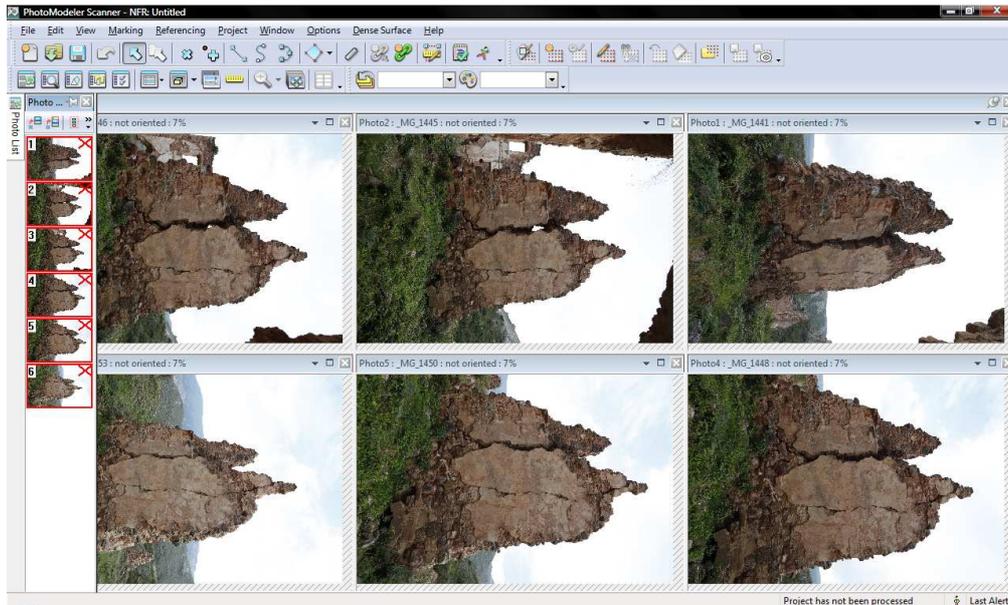


Imagen 6.8. Fotografías cargadas y sin orientar

2. Identificación de puntos homólogos

Para marcar los puntos homólogos en las distintas fotografías hay que tener activo el modo "Referencia", el cual puede activarse pulsando la tecla R ó el icono .

La foto en la que se comienzan a marcar los puntos homólogos se toma como referencia y se recuadra de azul. En esta fotografía se deberá marcar en primer lugar cada punto pero se puede cambiar saliendo del modo de "Referencia", volverlo a activar y marcar el punto en la que queremos que sea la imagen de referencia.

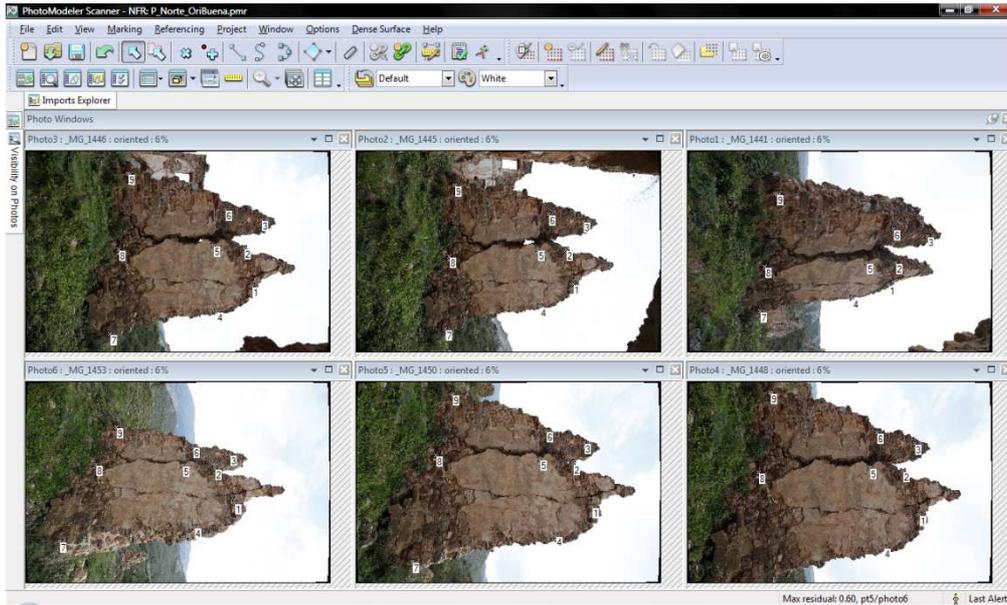


Imagen 6.9. Fotografías con los puntos identificados

Dos aspectos interesantes a tener en cuenta cuando se realiza el marcado son la visibilidad de los puntos y la numeración de los mismos. En primer lugar es conveniente ver el número del punto que se está marcando. Para ello hay que marcar IDs en el panel “**Visibility on Photos**” que aparece a la izquierda al pulsar el icono  .



Imagen 6.10. Visibility on Photos

Por otra parte es recomendable llevar una numeración lógica en función de la numeración de las dianas para evitar equivocarnos a la hora de asignar las coordenadas a cada punto. Para ello cuando se crea oportuno hay que reenumerar los puntos: Project > Renumber y aparece la siguiente ventana.

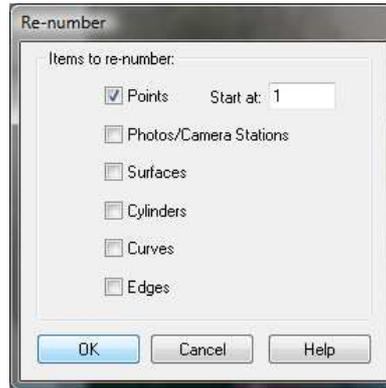


Imagen 6.11. Reenumerar

Una vez que se hayan marcado 6 puntos comunes en suficientes fotografías el programa muestra el siguiente mensaje en la esquina inferior derecha, que indica que ya se puede procesar.



Imagen 6.12. Mensaje de aviso

Esto es importante porque al procesar se marcan las líneas epipolares en las fotografías que se han orientado y pueden ser útiles a la hora de marcar más puntos.

3. Orientación relativa de las imágenes

Para orientar las fotografías se puede pulsar el icono  (Process...) o pulsar la tecla F5, en cualquiera de los casos aparece la siguiente ventana emergente:

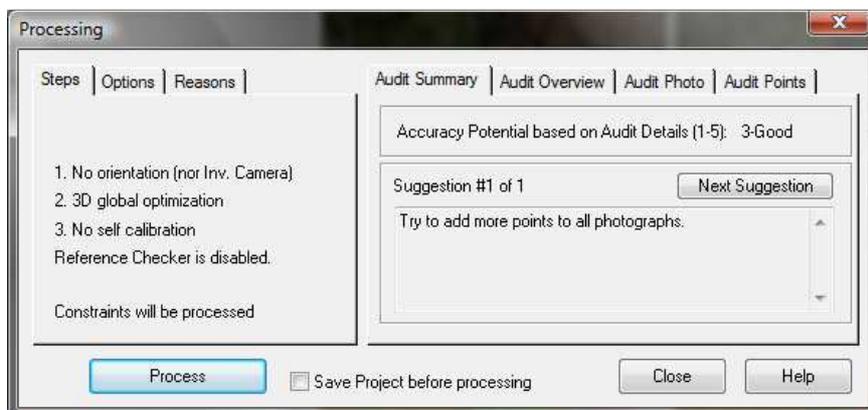


Imagen 6.13. Ventana de orientación

Un apartado importante de esta ventana son las sugerencias, las más generales son que intentes añadir más puntos en las fotografías y que intentes recubrir la mayor zona posible de la fotografía con los puntos. Si los datos de la calibración introducidos no son correctos también nos da ese mensaje.

Para orientar las imágenes hay que pulsar el botón “**Process**” y comienza a calcular. Al terminar muestra el siguiente resultado:



Imagen 6.14. Resultado de la orientación

Este resultado está compuesto por dos pantallas, la de la izquierda nos da la posibilidad de mostrarnos un pequeño informe del proceso y la de la derecha indica la calidad del proceso, la cual tiene que tener un error inferior a la unidad. A medida que se van marcando puntos este valor debería ser menor.

Al abrir el visor 3D podemos ver la posición relativa de los puntos y en la pestaña de Options (abajo a la derecha) se puede seleccionar la perspectiva, las vistas, las capas que quieras que aparezcan... así como la posición desde la que ha sido tomada cada fotografía.

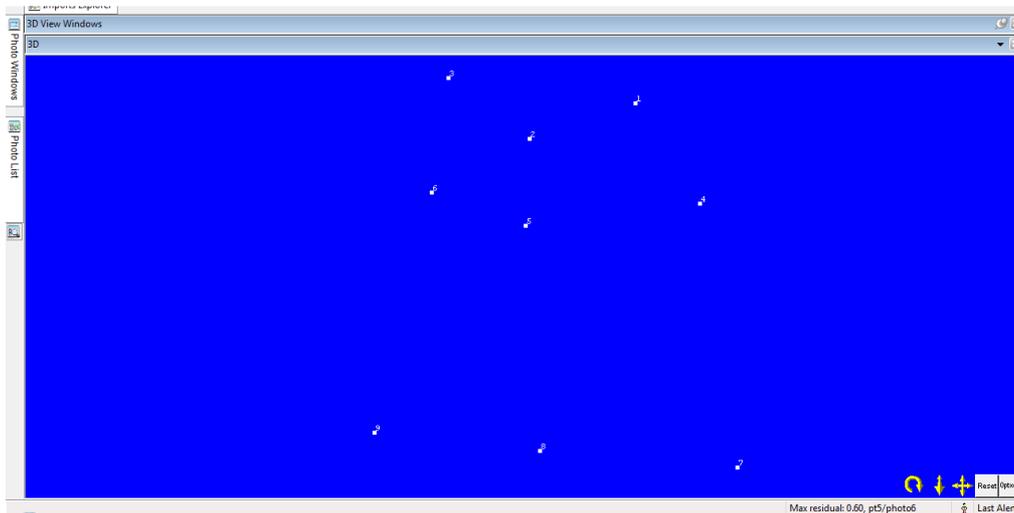


Imagen 6.15. Visor 3D (3D View Windows)

Para ver la calidad individualizada de cada punto: **View > Point Table - Quality**

Table Windows													
Point table - Quality													
Id	Name	RMS Residual (pixels)	Largest Residual (pi...	Photo Largest Residual	Photos	X Precisi...	Y Precisi...	Z Precisi...	Tightne: 0	Angle (deg.)	Use In Proces...	Frozen	Ref. Check Tag
5		0.3598...	0.6303...	6	1,2,3,4,...	2.7794...	4.3412...	4.2091...	0.0002...	88.761...	yes	no	
7		0.3204...	0.5002...	5	1,2,3,5,6	2.8691...	3.1171...	3.6857...	0.0001...	79.842...	yes	no	
6		0.2880...	0.4669...	2	1,2,3,4,...	3.1904...	4.3382...	3.8054...	6.3754...	81.100...	yes	no	
4		0.2887...	0.4537...	3	1,2,3,4,...	3.2811...	3.4543...	4.5830...	0.0001...	80.541...	yes	no	
9		0.2675...	0.4487...	5	1,2,3,4,...	2.5987...	3.4996...	3.1453...	0.0001...	81.932...	yes	no	
1		0.2963...	0.4474...	6	1,2,3,4,...	3.4686...	3.7222...	4.7233...	0.0001...	76.410...	yes	no	
8		0.2054...	0.3053...	6	1,2,3,4,...	2.4727...	3.8059...	3.5095...	0.0001...	89.777...	yes	no	
2		0.1848...	0.2546...	1	1,2,3,4,...	3.1657...	4.2837...	4.4622...	9.0917...	81.601...	yes	no	
3		0.1191...	0.1719...	6	1,2,3,4,...	4.2646...	4.3306...	4.2026...	4.2576...	72.550...	yes	no	

Imagen 6.16. Residuos

Estos resultados pueden mejorarse modificando los puntos que nos dan un mayor residuo, para ello en la ventana de Visibility on Photos se marca la opción de Residuals y se le asigna una magnitud de 50 para ver el mejor la dirección del error.

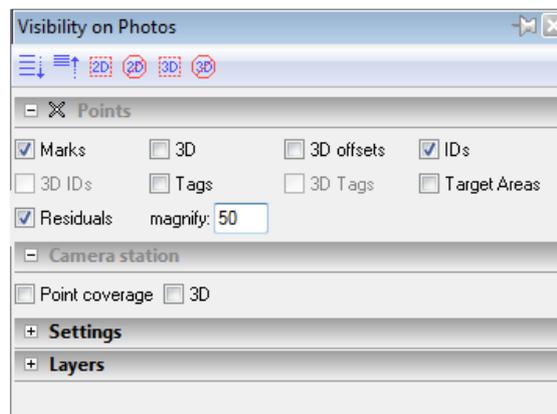


Imagen 6.17. Visibility on Photos

Para cambiar un punto de posición hay que pinchar sobre él y desplazarlo en la dirección conveniente (hasta situarlo en el centro de la diana en nuestro caso), al cambiar un punto hay que darle a calcular/procesar de nuevo para que en la tabla de los residuos aparezcan los nuevos valores.

El hecho de que el programa nos indique la dirección del error no significa que el punto deba desplazarse en dicha dirección, puesto que no hay que olvidar que el punto debe marcarse en el centro de la diana y que de otra forma se estaría falseando la orientación. Se estaría anteponiendo el valor del error a la geometría y veracidad del producto.

4. Orientación absoluta de las imágenes

Lo primero que se debe hacer es introducir el fichero de los puntos de control, para ello: **File > Imports...** y aparece la siguiente ventana en la que se tiene que buscar el fichero ASCII. Las coordenadas que aparecen en el fichero de texto son relativas puesto que de esta forma se facilitan los cálculos y se evita que aumenten los errores.

Los puntos pueden importarse como fijos los cuales forzarán la orientación o con un error relativo a la precisión con la que han sido medidos los puntos de apoyo que permite una cierta holgura a la hora de orientar.

En el caso de elegir la primera debemos estar seguros de que los puntos se han medido de forma muy precisa ya que en caso contrario los residuos podrían aumentar de forma desmesurada. En mi caso he marcado la segunda opción y se ha marcado la precisión en 5mm.

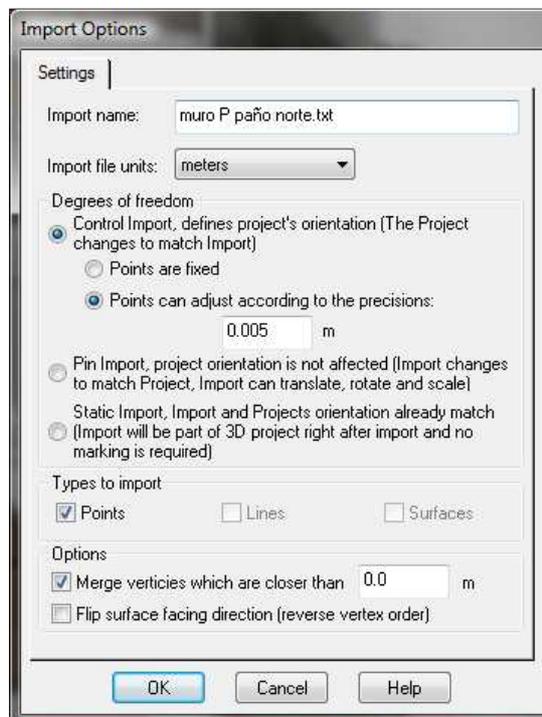


Imagen 6.18. Opciones de importación

Una vez importado aparece una ventana llamada “Imports Explorer” en la que se muestra el fichero. Para marcar los puntos hay que marcar un punto de la lista y el icono recuadrado en la imagen siguiente y a continuación señalar en una imagen el punto correspondiente.

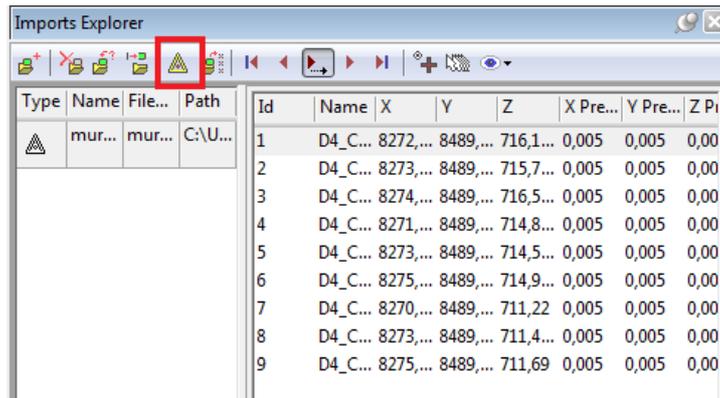


Imagen 6.19. Asignación de las coordenadas

Cabe señalar que al finalizar de asignar las coordenadas a los puntos de las imágenes los errores pueden dispararse y por ello hay que volver a procesar pero esta vez con una peculiaridad. En la pestaña de Options hay que marcar la opción de orientar todas las fotografías y en la mayoría de los casos los valores de los residuos vuelven a ser los normales.

Es aquí donde podemos darnos cuenta si alguna de las dianas está mal medida pues el error aumenta de forma considerable.

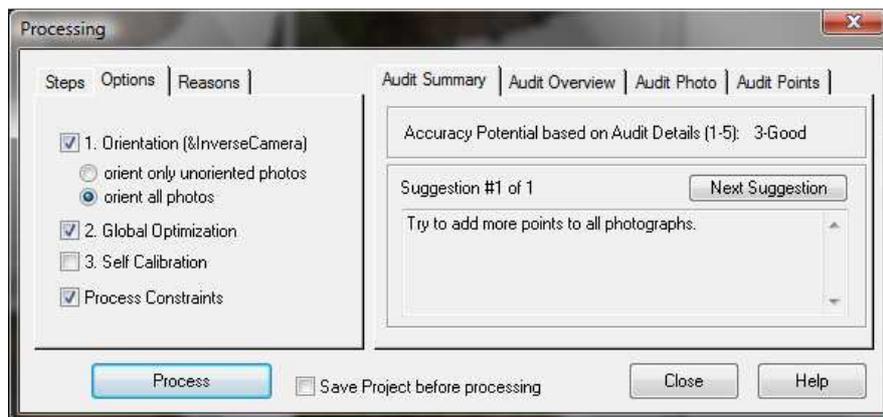


Imagen 6.20. Ventana de procesado

5. Idealizado de imágenes

El idealizado de las imágenes se puede realizar en cualquier momento de los descritos hasta el momento, pero siempre antes de generar las nubes de puntos. Como se ha explicado con detalle en el apartado 5.2 IDEALIZACIÓN, este proceso consiste en corregir la distorsión en las imágenes.

Los pasos que hay que seguir son: **Project > Idealize Project**. Y aparece la siguiente ventana en la que hay que indicar el número de imágenes que hay que idealizar y pulsar el botón Execute.

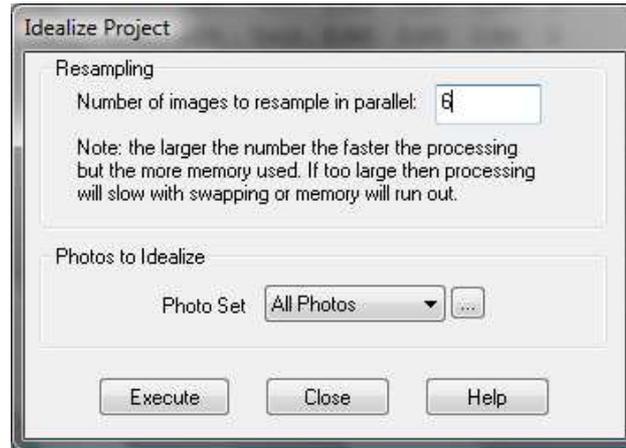


Imagen 6.21. Ventana de idealización

Este proceso suele tardar alrededor de los 10 minutos para 6-8 fotografías y al finalizar aparece el siguiente mensaje:

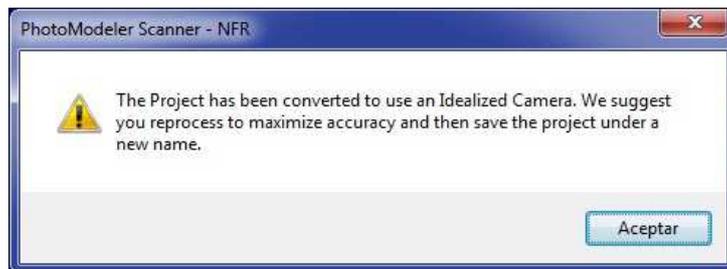


Imagen 6.22. Mensaje de confirmación del proceso

En él sugiere que vuelvas a procesar el proyecto y guardarlo con un nombre nuevo.

En caso de guardar el proyecto tras idealizar el propio programa muestra el siguiente mensaje en el que señala es necesario guardar el proyecto antes de generar la nube de puntos.

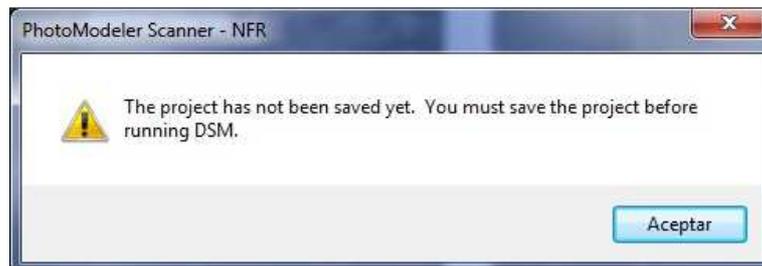


Imagen 6.23. Mensaje de aviso de guardar el proyecto

6. Generación de la nube de puntos

Primero se debe dibujar el contorno en cada fotografía de la zona de la que se quiere obtener la superficie, para ello hay que pulsar el siguiente icono  (DSM Trim Mode).

Lo que se hace es definir un límite de recorte en cada fotografía para definir la extensión de la superficie de la cual se quiere obtener la nube.

Una vez dibujado el contorno en todas la imágenes orientadas que se vayan a utilizar se inicia el proceso de creación de la nube propiamente dicho. Para ello hay que seguir: **Dense Surface > Create Dense Surface** y aparece la siguiente ventana.

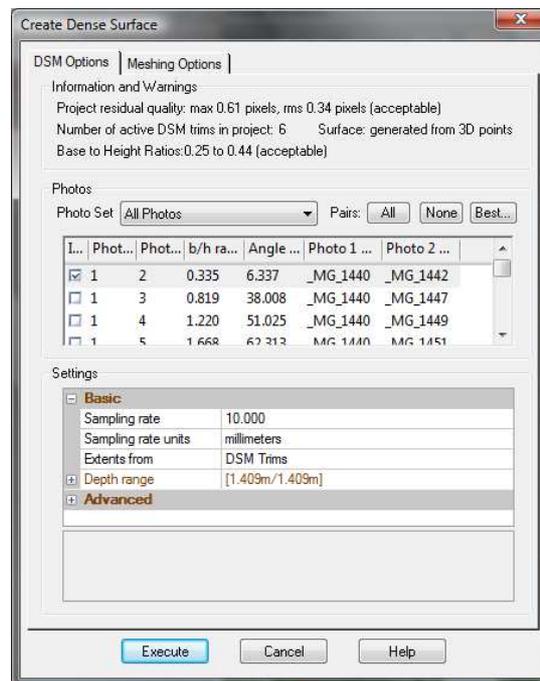


Imagen 6.24. Crear la nube de puntos

En esta ventana se seleccionan los pares que van a intervenir en el proceso de creación de la nube, para ello es conveniente visualizar los mejores (botón Best) y seleccionar entre ellos los que menor error tengan preferiblemente, es decir los que tengan una mejor geometría en función de los siguientes parámetros.



Imagen 6.25. Valores para seleccionar pares de mejor geometría

En esta ventana también hay que configurar unos parámetros.



Imagen 6.26. Valores asignados

Para asignar estos valores nos valemos de las pruebas realizadas por otros compañeros del laboratorio así como en las definiciones que nos da el propio programa:

Sampling rate	Los puntos 3D están separados aproximadamente este valor en la superficie.
Depth range	Intervalo de profundidad en el que se escanea la nube de puntos.
Sub-pixel	Utilizado para obtener superficies más precisas. El proceso es más lento pero suele ser necesario.
Super-sampling factor	Es un factor utilizado en el método de Sub-pixel. Cuanto mayor sea este factor, menos artefactos ondulados habrá en la superficie resultante y la fase de Sub-pixel será más lenta. Con valores de 2 ó 4 va a funcionar en general.
Matching region radius	El tamaño de la mitad del área de correlación utilizada en la búsqueda. Cuanto mayor es este valor, más lento es el proceso, con resultados más suaves y útil si las características de la textura son grandes. Cuanto más pequeño es el valor, el proceso es más rápido, pero también puede tener más ruido.
Texture type	Con un valor próximo a la unidad las imágenes de origen tienen una textura débil, que no se repite mientras que los próximos a 10 se refieren a unas imágenes origen con una textura de repetición regular. Un número más bajo produce un resultado más denso, pero a veces con más ruido.

Una vez asignados estos valores se pulsa "Execute" y aparece una ventana en la que se van a ir indicando los pasos que el programa va ejecutando y finalmente el resultado.

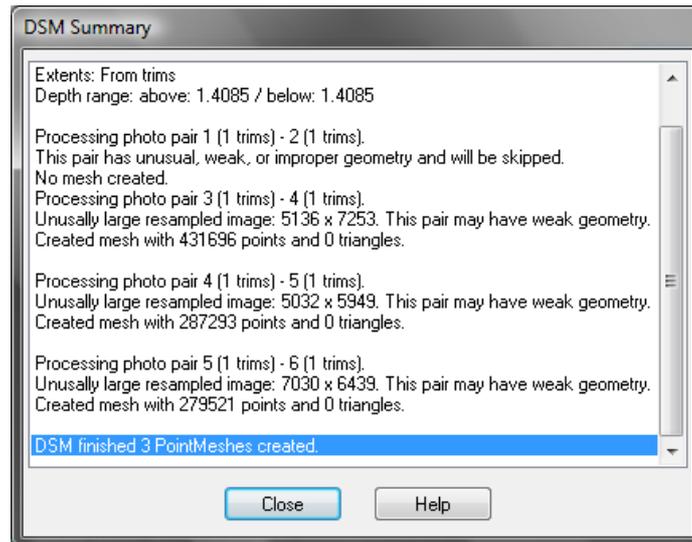


Imagen 6.27. Resultados de los procesos

Una vez finalizado el proceso se obtiene la malla con abundante ruido que hay que eliminar hasta obtener una nube como la de la derecha antes de generar la malla.

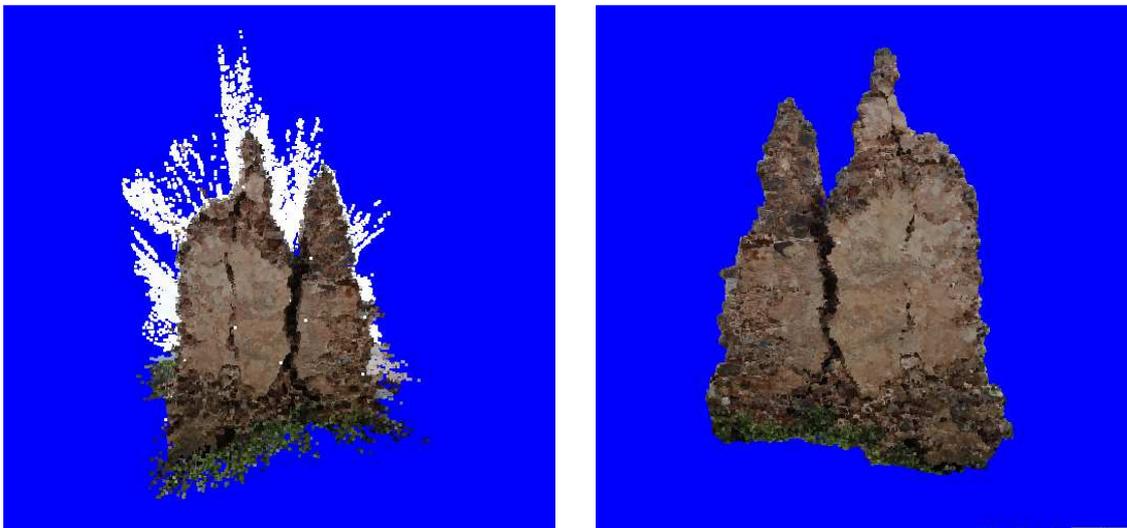


Imagen 6.28. Nube de puntos sin limpiar y limpia de ruido respectivamente

7. Generación de la malla

Una vez que tengamos la nube de puntos libre de ruido se puede proceder a triangular la superficie. Para ello hay que seleccionar todas las nubes de puntos y seguir el siguiente menú: **Dense Surface > Modify PointMesh** y aparece la siguiente ventana, en la que se seleccionan los procesos que se quieren llevar a cabo y se ejecuta.

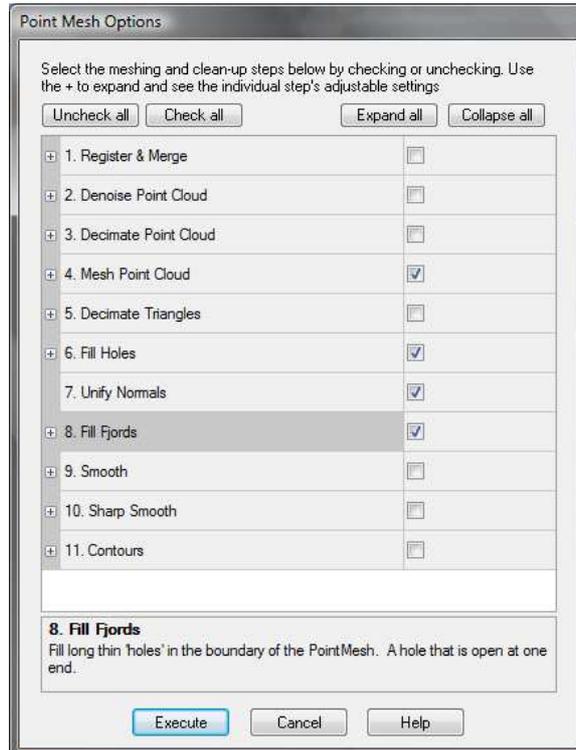


Imagen 6.29. Creación de la malla

Dentro de estos procesos podemos diferenciar:

1. Register & Merge	Se registran dos o más nubes de puntos. Mejora la línea de contorno, reduce los datos en las zonas de superposición y a continuación produce una nube de puntos.
2. Denoise Point Cloud	Reduce la cantidad de ruido de la nube de puntos, mientras que preserva los bordes afilados y las esquinas.
3. Decimate Point Cloud	Reduce el número de puntos que conforman la nube y manteniendo una representación precisa.
4. Mesh Point Cloud	Convierte la nube de puntos en una malla triangulada.
5. Decimate Triangles	Reduce el número de triángulos de la nube de puntos manteniendo un buen ajuste de la geometría original.
6. Fill Holes	Llena todos los huecos de la malla que están rodeados por todos lados y el tamaño del agujero es más pequeño que el tamaño evaluado.
7. Unify Normals	Unifica las normales de los triángulos de una malla de puntos, por lo que todos se quedan apuntando a la misma dirección. Si las partes de la malla terminan desconectadas puede que este método no solucione todos los problemas.
8. Fill Fjords	Llena los agujeros finos y largos en los límites de la malla. Un agujero que está abierto en un extremo.
9. Smooth	Remalla la nube de puntos para reducir el ruido mientras preserva los bordes.
10. Sharp Smooth	Suaviza el ruido restante en la nube de puntos.
11. Contours	Crea líneas de contorno de la nube de puntos de salida.

Mientras se ejecuta el proceso se pueden ir viendo los avances en la siguiente ventana:

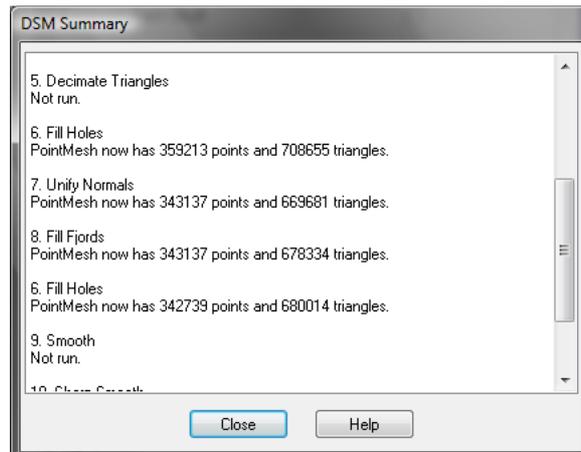


Imagen 6.30. Resultados de la creación de la malla

8. Generación de la ortofoto

Esta versión de Photomodeler Scanner no entiende la malla como superficie, por lo que debemos convertir la malla creada a superficie con el icono  (Convert PointMesh to Surface).

De forma previa en la mayoría de los casos se deberá reducir el número de triángulos que conforman la malla: **Dense Surface > Modify PointMesh** y dentro del mismo en el punto 5. Decimate Triangles.

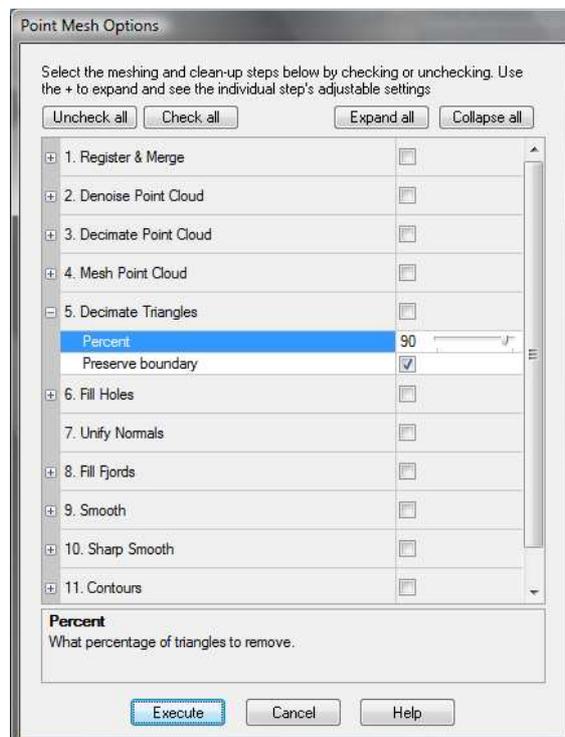


Imagen 6.31. Reducción de triángulos

El último paso es exportar la ortofotografía para ello: **File > Exports > Export Ortho Photo...**

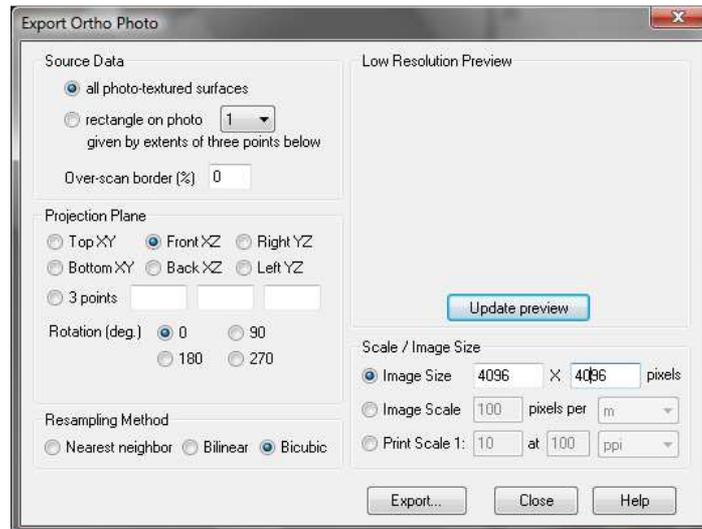


Imagen 6.32. Exportación de la ortofoto

En esta pantalla se seleccionan los ejes del plano de la ortofoto, puede estar definido por tres puntos de control conocidos o por uno de los planos dados puesto que el objeto está orientado. También podemos elegir la resolución de la ortofoto, en nuestro caso ha sido de 4096 x 4096 píxeles, este valor depende de la escala en la que se deseen presentar las ortofotos.

Podemos previsualizar el resultado o no. Al pulsar el botón **Export...** hay que indicar la ruta en la que se quiere guardar la orto creada. La ortofoto obtenida en este caso es:



Imagen 6.33. Ortofoto Photomodeler Scanner

6.3.2 FLUJO DE TRABAJO CON IMAGE MASTER

Image Master es un programa diseñado por la marca Topcon, en el manual se define como un software para realizar medidas en 3D a partir de imágenes estereoscópicas, generar ortoimágenes y modelos tridimensionales a partir de imágenes tomadas con cámaras digitales a un precio económico. El esquema que define su flujo de trabajo es el siguiente:

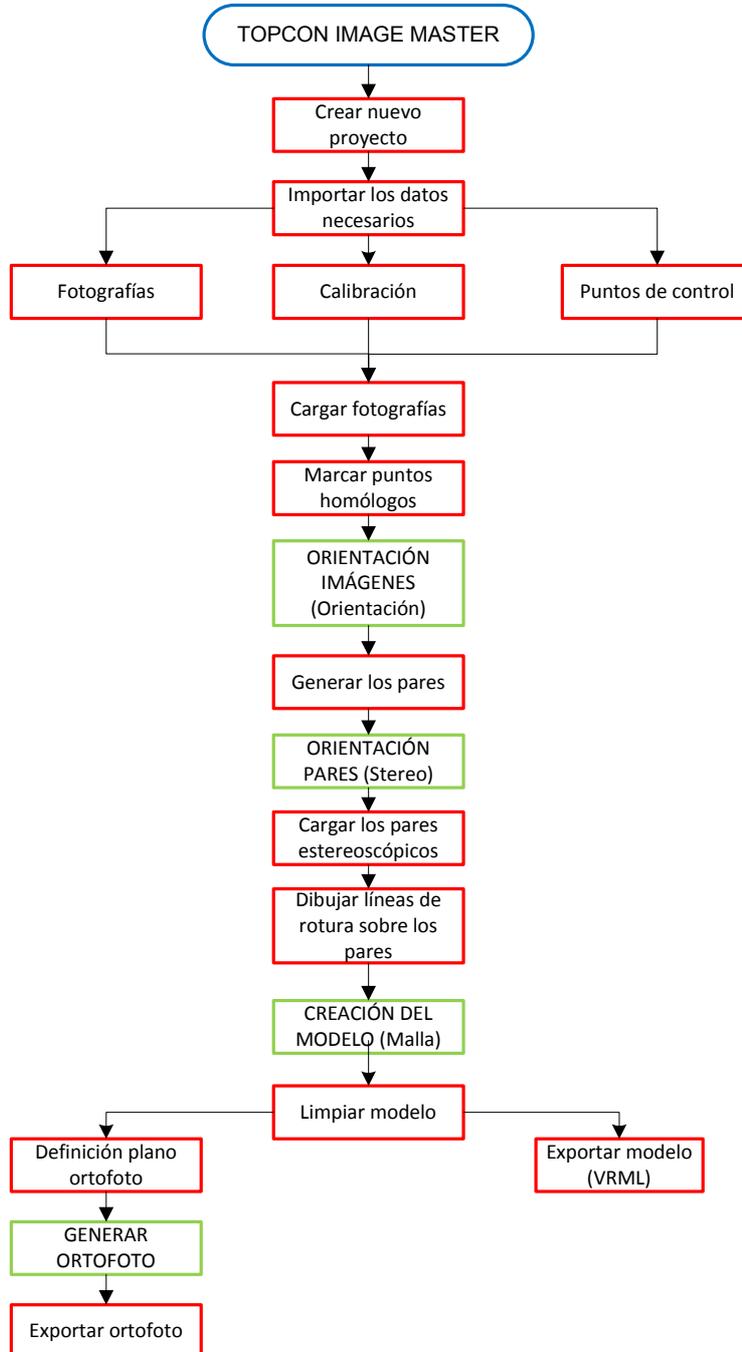


Diagrama 6.3. Flujo de trabajo en Image Master²⁰

²⁰ Este diagrama parte de la versión realizada por Pablo Ibáñez de Elejalde en su PFC.

1. Crear un proyecto nuevo

Al abrir Image Master da la opción de crear un proyecto nuevo o abrir un proyecto de Image Master ya empezado. Si lo que queremos es comenzar un nuevo proyecto hay que hacer doble clic sobre “**New Project**” y aparecerá una ventana en la que tendremos que indicar un nombre para ese proyecto y una ubicación.

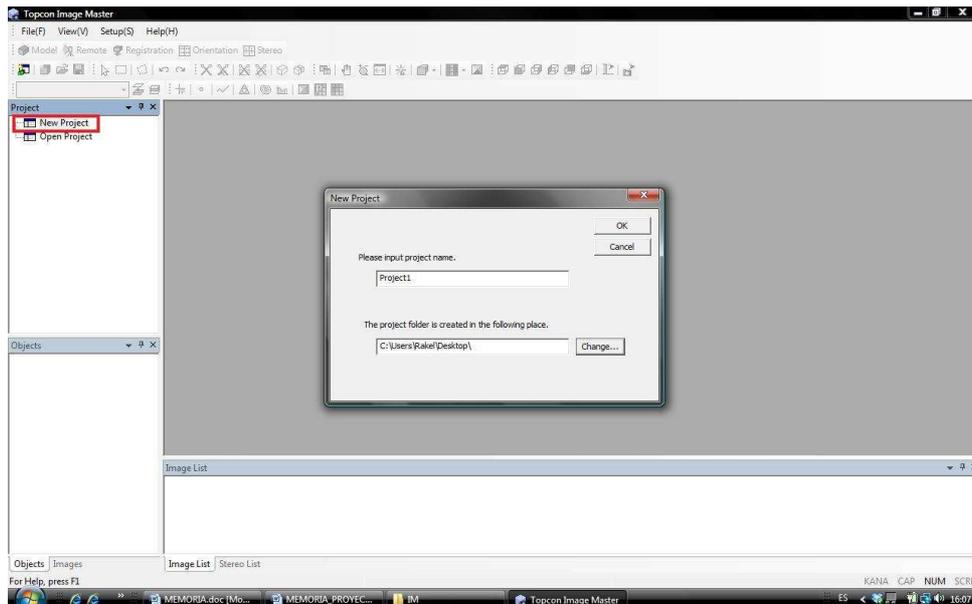


Imagen 6.34. Crear nuevo proyecto

2. Importar el fichero de calibración

En el modo Orientación hay que seguir las siguientes instrucciones: Orientation (O) > Camera(C) > Add Camera (A).

Nos aparece la siguiente ventana emergente con los parámetros en blanco para que o bien se busque un fichero *.cmr ó *.cal ya creado con la aplicación de **Image Master Calib**, o se introduzcan unos valores.

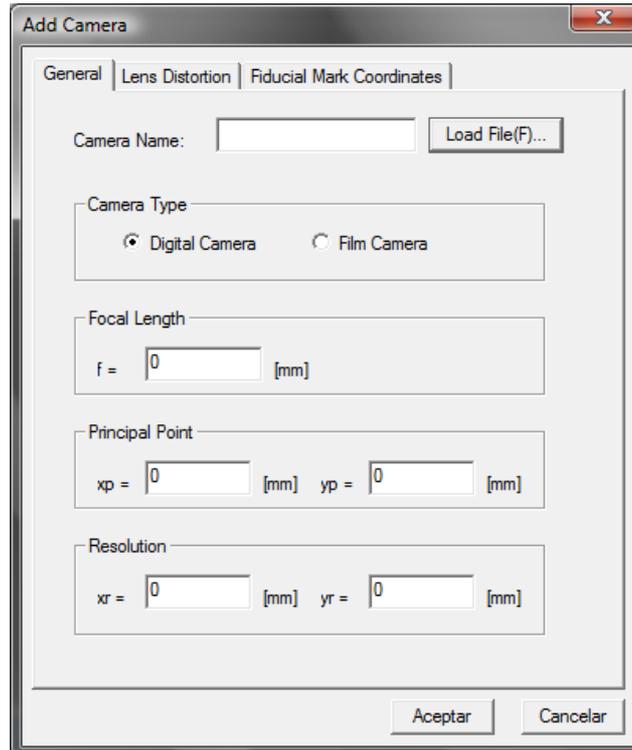


Imagen 6.35. Ventana para seleccionar la calibración

En este caso la calibración de la cámara y el objetivo con el que se han tomado las imágenes es la siguiente:

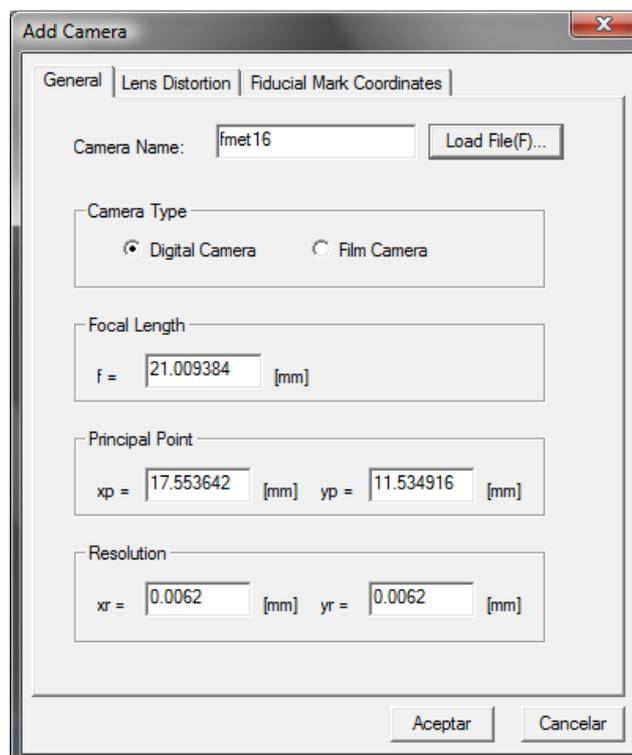


Imagen 6.36. Calibración seleccionada

3. Importar imágenes

En el mismo modo, “Orientation” aparece un icono con una cámara de fotos y es el que hay que accionar:  (Register Image).

Se abre la siguiente ventana en la que se tiene que seleccionar la carpeta en la que se encuentran las fotografías y pulsar el botón “Select”.

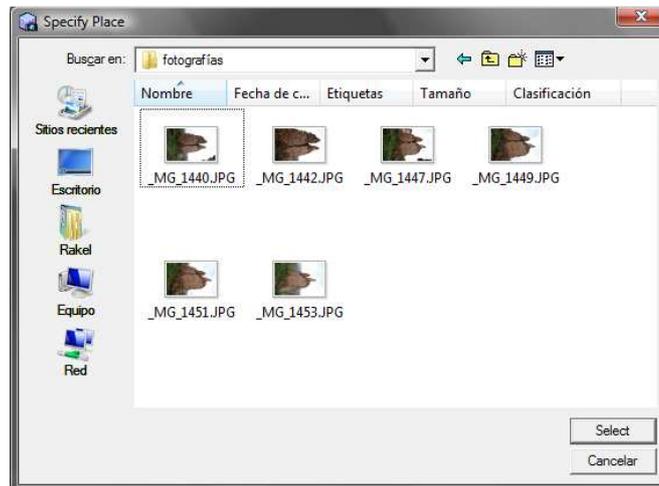


Imagen 6.37. Ventana de selección de imágenes

Una vez elegida la carpeta hay que seleccionar las imágenes, es conveniente que todas las fotografías que se vayan a utilizar en un mismo proyecto estén juntas y en una carpeta conjunta con el proyecto, por ello es normal pulsar el botón de “Select All” y todas las imágenes se recuadran de rojo. A continuación hay que pulsar “Register” para registrar las imágenes.

En esta pantalla también se puede importar el fichero de calibración, en caso de que se haya hecho en el paso anterior lo toma automáticamente.

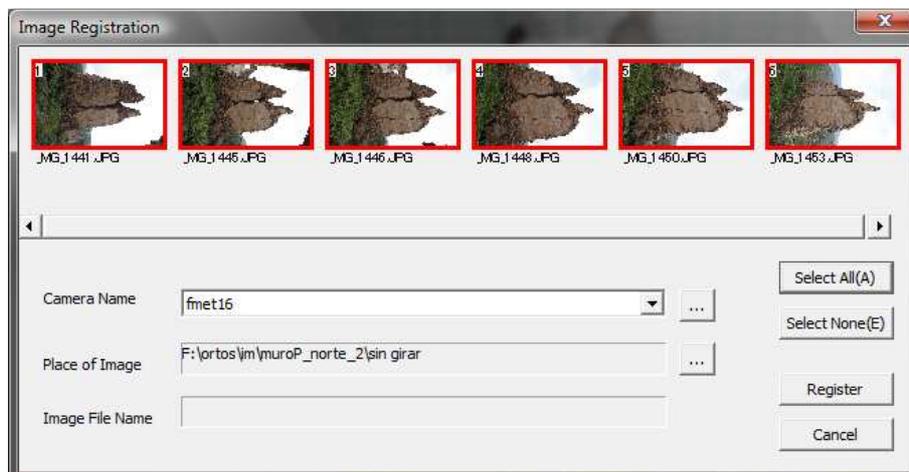


Imagen 6.38. Ventana de registro de imágenes

Aparece el siguiente mensaje, en el que pregunta al usuario si quiere que copie las imágenes dentro de la carpeta del proyecto de Image Master. Resulta cómodo que estén en dicha carpeta pero al ser imágenes de alta resolución el espacio ocupado es mayor y con ello llegar a ser menos manejable.



Imagen 6.39. Mensaje de opción a copia

Al volver a la pantalla principal del programa aparecen las imágenes registradas en la parte inferior. Para cargar las imágenes basta con hacer doble clic sobre cada una de ellas y aparece cada imagen por "duplicado" con una ventana en la que se muestra la imagen completa y un recuadro azul que indica lo que se ve en la otra ventana en la cual se hace el zoom para buscar y marcar los puntos homólogos.

Todo este proceso se realiza en el modo de "Orientación".

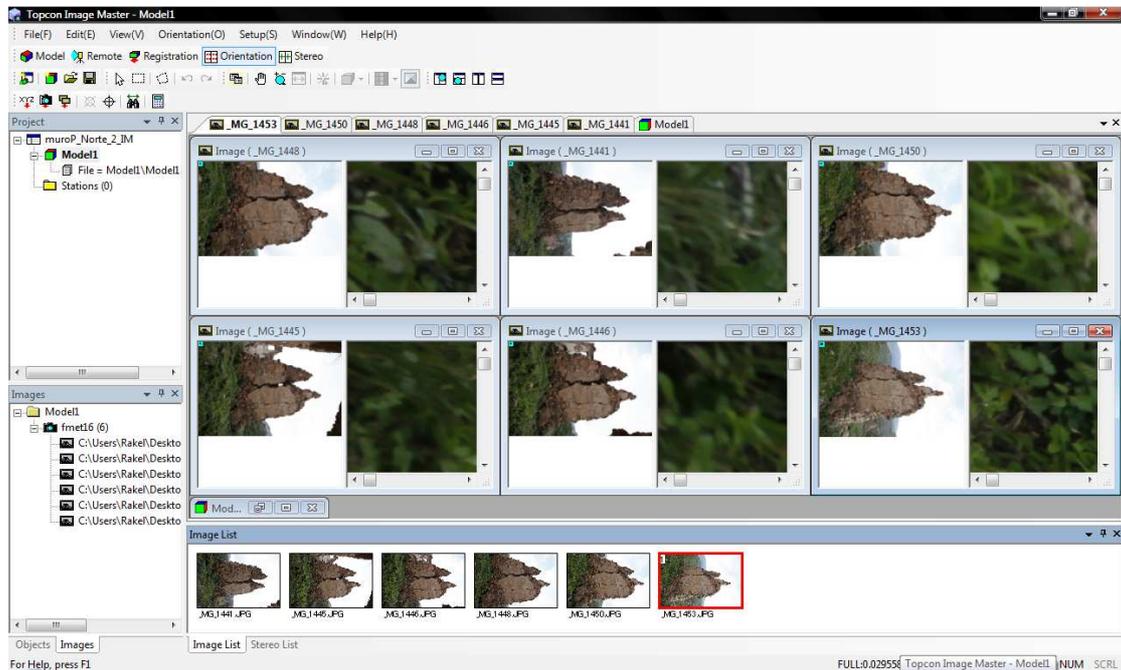


Imagen 6.40. Imágenes cargadas en la pantalla principal

4. Importación de los puntos de control

Para importar el fichero ASCII con las coordenadas de los puntos de apoyo hay que seguir: **File(F) > Import (I) > Point File (P)** ó pulsar el siguiente icono 

Aparece una ventana y hay que buscar la ubicación del fichero. Cuando lo encontremos hay que pulsar abrir y aparece la siguiente ventana con los valores de los puntos de apoyo.

En esta ventana se indican el número de cabeceras y el carácter que separa las coordenadas.

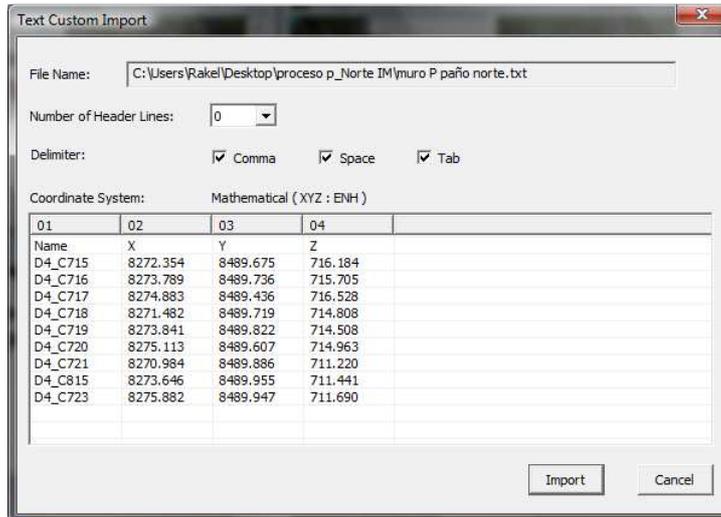


Imagen 6.41. Ventana de la importación del fichero

Los puntos de control suelen introducirse en coordenadas desplazadas a las que se les ha restado un valor en X y otro en Y para que los cálculos sean más rápidos y sencillos. En nuestro caso restamos 540.000 m a la coordenada X y 4.680.000 a la Y.

Al pulsar el botón **Import** se muestra el siguiente mensaje:

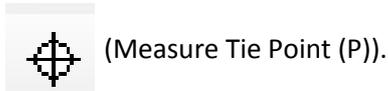


Imagen 6.42. Mensaje con el número de puntos importados

Al finalizar de cargar los puntos estos aparecen en el modo "Modelo" y se guardan en una capa que se llama de la misma forma que el fichero que contiene los puntos de control.

5. Marcado de los puntos de apoyo

Las coordenadas de los puntos de control en este programa se insertan con el icono siguiente:



En el recuadro superior de esta ventana aparece el nombre que contiene el fichero ASCII para identificar cada punto, cuyas coordenadas se le tiene que asignar al orientar.

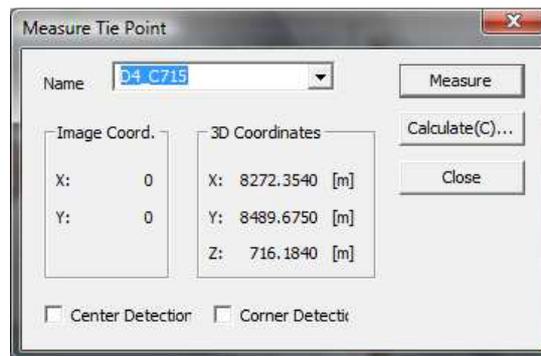


Imagen 6.43. Ventana de identificación de puntos

Los puntos se marcan en el recuadro en el que se puede hacer zoom de los descritos anteriormente de todas aquellas fotos en las que aparezca y se pulsa el botón “Measure” para fijar la posición.

En la imagen siguiente se muestran las fotografías con todos los puntos de control identificados.

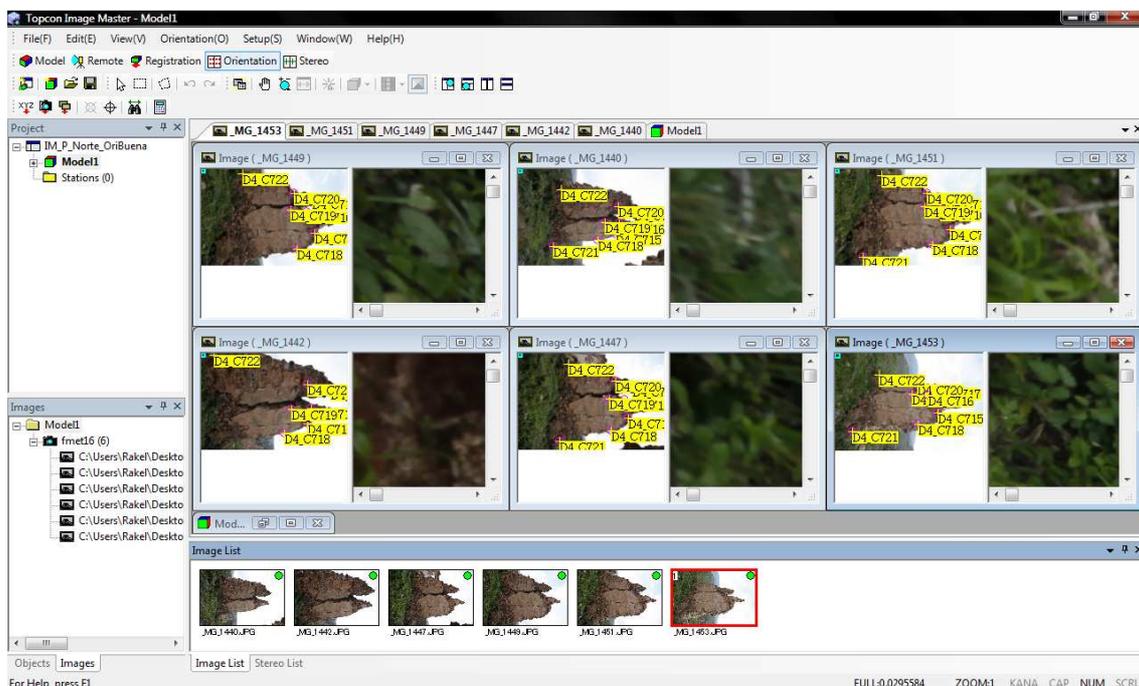


Imagen 6.44. Imágenes con los puntos marcados

6. Orientación de las fotografías

La orientación de las imágenes puede llevarse a cabo directamente al marcar los suficientes puntos de control en las suficientes fotografías al pulsar el botón “Calculate” de la ventana de identificación de los puntos o pulsando el icono  en el que se muestra una calculadora.

Al calcular la orientación se muestra la siguiente ventana con los resultados de la orientación de las imágenes:

Orientation Results

Result List | Y-Parallax | Image Coordinates | Calculated Coordinates | Camera Locations | Ground Resolution

Layer of Control Points : muro P paño norte_bst

Orientation Result List

Pair/Image Name	judge	Y-Parallax...	Image Co...	message :
_MG_1440	OK		0.47 OK	
_MG_1442	OK		0.47 OK	
_MG_1447	OK		0.47 OK	
_MG_1449	OK		0.46 OK	
_MG_1451	OK		0.40 OK	
_MG_1453	OK		0.71 OK	

Message :

Imagen 6.45. Resultados de la orientación (Pestaña de Result List)

En esta ventana se muestran los resultados del proceso de orientación de las imágenes en diferentes pestañas. En la pestaña de “Result List” se muestra el valor del residuo medio y un OK si se considera ese valor válido, para ello tiene que ser inferior a la unidad. La columna de judge muestra si la imagen tiene una orientación buena, si es así aparece un OK, en caso contrario se da el mensaje de error correspondiente en la columna “Message”.

En la pestaña de “Image Coordinates” muestra los puntos macados en cada foto con el error en píxeles que tiene cada punto de mayor a menor. En caso de que las precisiones sean inferiores a las necesarias con el resultado general de la orientación se puede intentar mejorarla revisando la posición de los puntos con más error.

Orientation Results

Result List | Y-Parallax | Image Coordinates | Calculated Coordinates | Camera Locations | Ground Resolution

Residuals of Image Coordinates

Image Name	Point Name	dxy[pixel]	judge
_MG_1453	D4_C715	0.94	OK
_MG_1440	D4_C719	0.84	OK
_MG_1442	D4_C718	0.81	OK
_MG_1447	D4_C716	0.81	OK
_MG_1449	D4_C717	0.81	OK
_MG_1453	D4_C716	0.80	OK
_MG_1453	D4_C717	0.80	OK
_MG_1453	D4_C721	0.78	OK
_MG_1453	D4_C722	0.71	OK
_MG_1453	D4_C719	0.70	OK
_MG_1447	D4_C719	0.69	OK
_MG_1451	D4_C716	0.68	OK
_MG_1442	D4_C720	0.64	OK
_MG_1449	D4_C716	0.62	OK
_MG_1440	D4_C716	0.59	OK
_MG_1442	D4_C719	0.50	OK
_MG_1440	D4_C715	0.43	OK

Imagen 6.46. Resultados de la orientación (Pestaña de Image Coordinates)

En la pestaña de Calculated Coordinates se muestra las coordenadas de los puntos marcados y la diferencia respecto a los valores de los importados. Son valores mínimos pues solo tiene en cuenta el error al orientar sin tener en cuenta otros como puede ser el de la medición de las coordenadas.

Orientation Results

Result List | Y-Parallax | Image Coordinates | **Calculated Coordinates** | Camera Locations | Ground Resolution

Standard Deviation [m] SX: 0.0005 SY: 0.0002 SZ: 0.0006

Maximum Residuals [m] DX: 0.0008 DY: -0.0002 DZ: 0.0009

Calculated Coordinates and Residuals Control Points: 7

Point Name	X [m]	Y [m]	Z [m]	DX [m]	DY [m]	DZ [m]
D4_C715	8272.3542	8489.6752	716.1837	0.0002	0.0002	-0.0003
D4_C716	8273.7895	8489.7361	715.7042	0.0005	0.0001	-0.0008
D4_C717	8274.8824	8489.4358	716.5283	-0.0006	-0.0002	0.0003
D4_C718	8271.4828	8489.7188	714.8083	0.0008	-0.0002	0.0003
D4_C720	8275.1126	8489.6072	714.9632	-0.0004	0.0002	0.0002
D4_C721	8270.9833	8489.8861	711.2194	-0.0007	0.0001	-0.0006
D4_C722	8275.8849	8489.9482	711.6946			
D4_C719	8273.8413	8489.8218	714.5089	0.0003	-0.0002	0.0009

Select All(A) | Select None(C) | Regist Coord(S) | Save File(W)... | Close

Imagen 6.47. Resultados de la orientación (Pestaña de Calculated Coordinates)

7. Creación de los pares

Para crear los pares hay que seleccionar las dos imágenes que lo conforman, primero la de más a la izquierda y luego la de la derecha, esto se hace en el modo "Orientation". Una vez seleccionadas las imágenes que pulsar el icono:  (Add Stereo Pair (T)) y volver a calcular pulsando el icono de la calculadora para ver el error del par, se puede calcular par a par o una vez creados todos los pares. El formato de la ventana de resultados es el mismo y en esta ocasión se muestra además el paralaje en Y de cada par (en píxeles) y juzga si el par es correcto/admisible o no.

Orientation Results

Result List | Y-Parallax | Image Coordinates | Calculated Coordinates | Camera Locations | Ground Resolution

Layer of Control Points: muro 1 paño norte_bt Remeasure(M)

Orientation Result List Calculate(C)...

Pair/Image Name	judge	Y-Parallax...	Image Co...	message :
_MG_1445 - _MG_1446	OK	0.56 OK	0.39 OK	
_MG_1446 - _MG_1448	OK	0.39 OK	0.66 OK	
_MG_1445 - _MG_1448	OK	0.94 OK	0.66 OK	
_MG_1448 - _MG_1450	OK	0.37 OK	0.75 OK	
_MG_1445 - _MG_1450	OK	0.50 OK	0.75 OK	
_MG_1441 - _MG_1445	OK	0.47 OK	0.55 OK	
_MG_1453			1.08	

Message :

Close

Imagen 6.48. Resultados de la orientación de los pares

8. Dibujo del contorno (líneas de rotura)

El trabajo con los pares se realiza en el modo "Stereo".

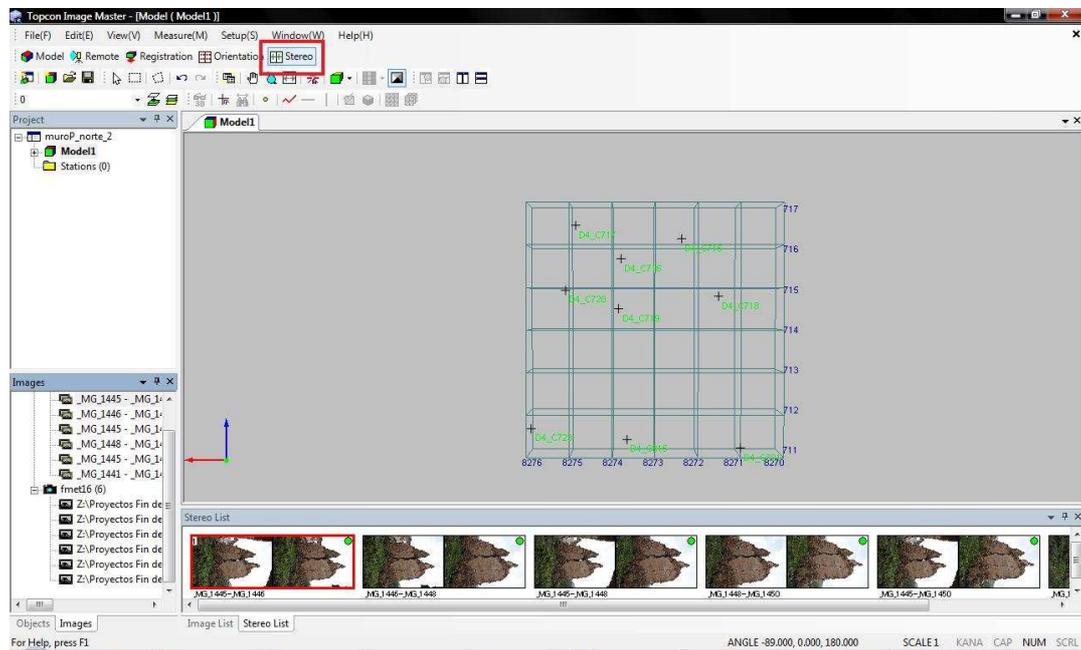


Imagen 6.49. Modo Stereo

Lo primero que hay que hacer es cargar cada par, para ello basta con hacer doble clic sobre cada uno.

Las líneas de rotura son aquellas que definen el contorno de un objeto y las zonas en las que hay cambios de planos notables lo cual ayuda al programa a modelar la superficie de una forma más uniforme. Algo importante en este aspecto es que los triángulos no cruzan esta línea lo que nos ayudará a la hora de realizar la limpieza de los triángulos que componen la malla.

Antes de crear las líneas es conveniente crear una capa nueva asignándole un nombre y un color. Para ello pulsamos en el icono  (Layer Setting).

Para dibujar las líneas hay que activar el siguiente icono  o pulsar la tecla L. Y se abrirá la siguiente ventana y ya podremos comenzar a dibujar las líneas.

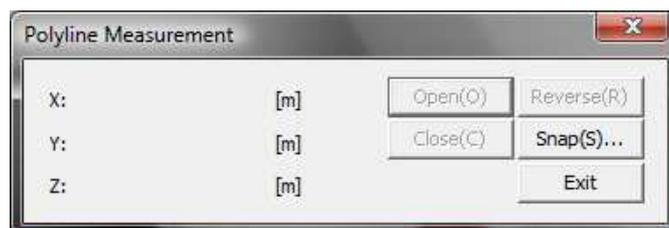


Imagen 6.50. Dibujo de polilíneas

Estas líneas se dibujan en 3D y hay que hacer coincidir el centro de las cruces en ambas imágenes, para ello nos ayudamos de la rueda del ratón que desplaza la marca de la derecha sobre el eje Z, ya que la izquierda es fija.

Se recomienda trabajar mediante correlación, podemos activarla pulsando la tecla de espacio o el icono . Nos aparecerán dos círculos en el centro de las cruces que aparecerán en verde cuando el punto esté posado y en rojo cuando no coincidan en ambas fotos.

También hay que dibujar una polilínea a modo de contorno exterior que recoja todo el objeto del que se quiere obtener la superficie en todas las imágenes, para ello se sigue el mismo procedimiento y es recomendable crear otra capa para tal fin.

Este programa también permite la visión estereoscópica si se dispone de un monitor especial en 3D y gafas polarizadas, de esta forma se percibe el relieve y se puede realizar un posado más eficaz.

9. Generación de la superficie

Para crear la superficie hay que seleccionar la polilínea que delimita el contorno exterior y el/los pares que queramos utilizar para su generación y a continuación marcar el icono  si se ha seleccionado un solo par y el icono  si se han seleccionado varios pares.

Entonces emerge la siguiente ventana en la que crearemos una nueva capa, indicaremos el valor del intervalo de la nube de puntos a partir de la cual se generará de forma automática la malla y la textura que queremos utilizar. Al pulsar OK se realiza la creación de la malla que en el mejor de los casos tarda un par de horas.

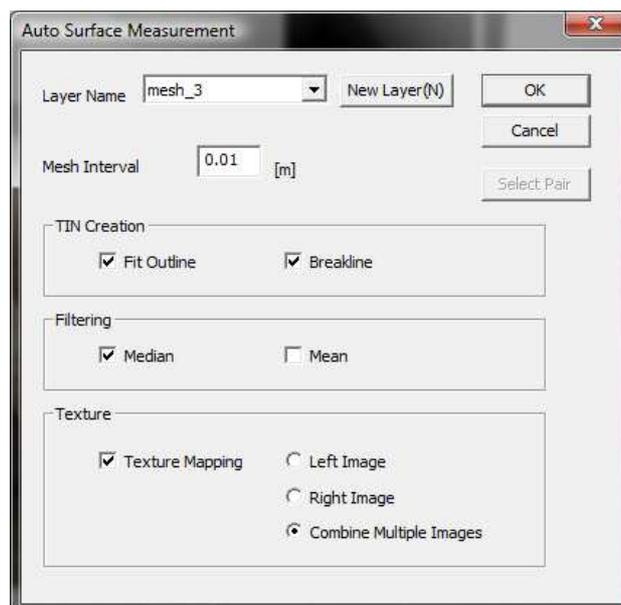


Imagen 6. 51. Parámetros de creación de la malla

El resultado obtenido es el siguiente:

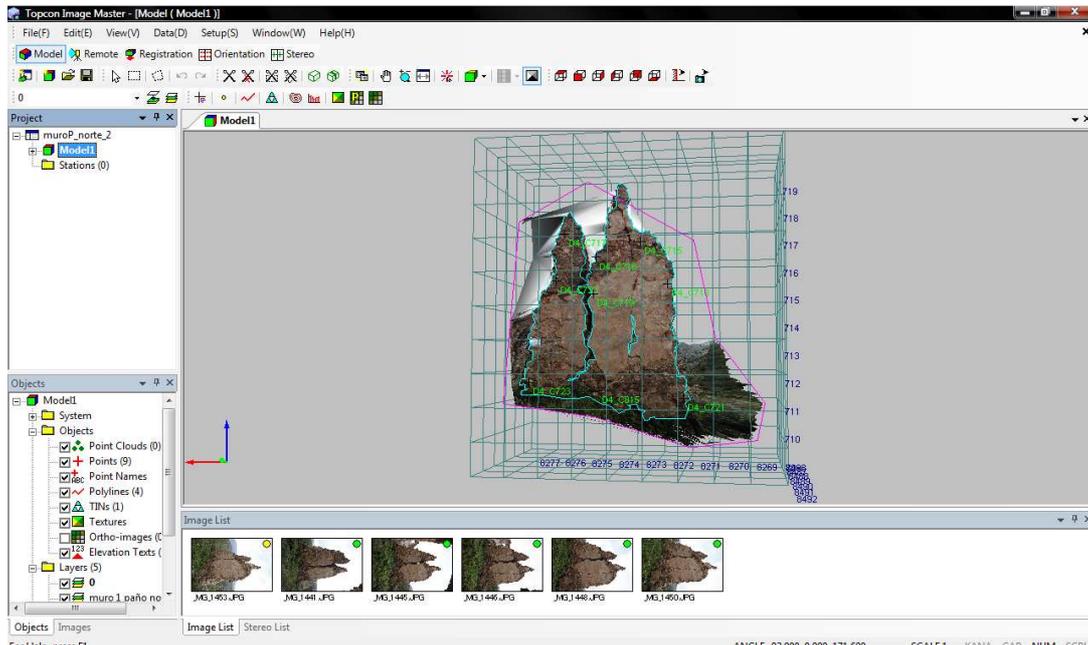


Imagen 6. 52. Modelo creado en IM (sin limpiar)

10. Limpieza del modelo

El modelo puede borrarse triángulo por triángulo con el icono  o de varios en varios dibujando el perímetro con el icono 

El resultado después de limpiar los triángulos sobrantes es el siguiente:

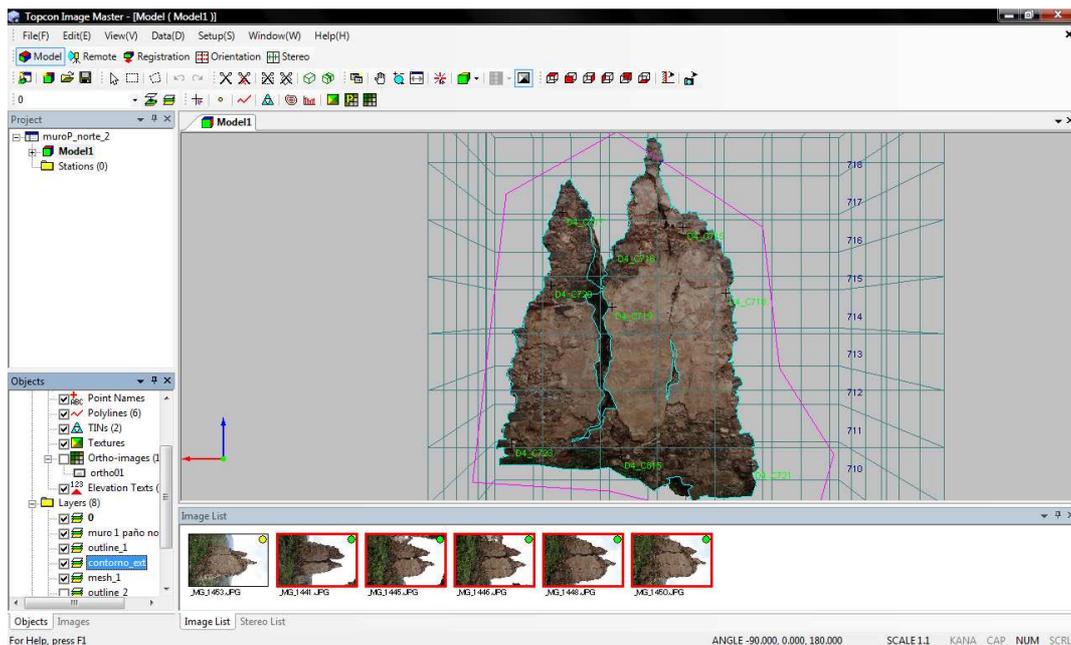


Imagen 6. 53. Modelo creado en IM (limpio)

11. Exportación del modelo

Hay que seguir: **File > Export > Shape File**. Dicha exportación puede ser en formatos DXF, VRML ó TIN, lo que hace posible el manejo de la malla en multitud de programas.

12. Generación de la ortofoto

Lo primero que debe hacerse es definir el plano de la ortofoto indicando dos puntos que definirán el eje X. El eje Y es siempre fijo, está definido por el eje Z del sistema de coordenadas utilizado para los puntos de control.

Para seleccionar la dirección del eje X hay que activar modo "Model" el icono  (Elevation View). Y aparece la ventana siguiente:

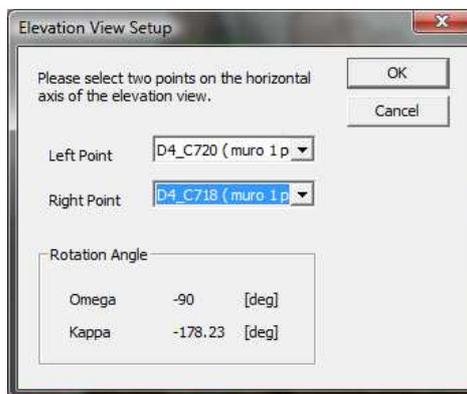


Imagen 6. 54. Ventana de configuración de la vista de elevación

Para crear la ortofoto se pulsa el icono  (Create Ortho - image). Y se abre la siguiente ventana:

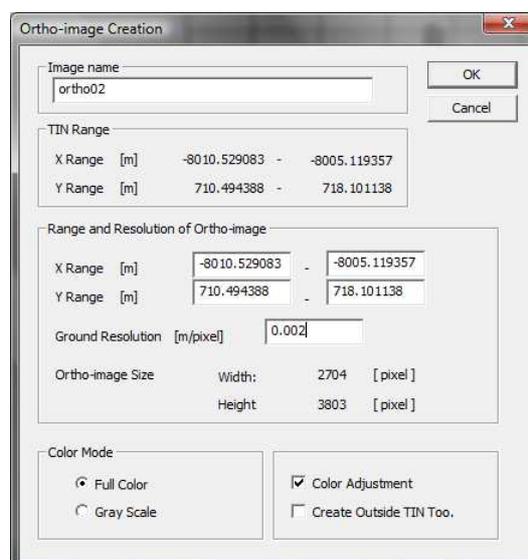


Imagen 6. 55. Ventana de creación de la ortofoto

En ella se precisa el nombre con el que se guardará en el proyecto y la resolución. Es recomendable marcar la opción de ajuste de color para que sea más homogénea.

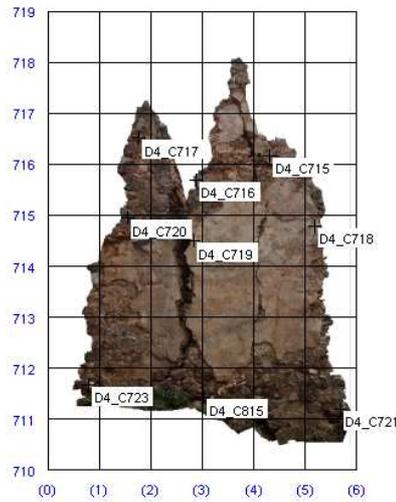


Imagen 6. 56. Ortofoto en Image Master

13. Exportación de la ortofoto

Para exportar la ortofoto hay que seguir: File > Export > Ortho-image File (O)... y se indica el nombre y la ubicación en la que se quiere guardar la ortofoto en formato JPEG.

El resultado es el siguiente:



Imagen 6. 57. Ortofoto exportada en Image Master

6.3.3 FLUJO DE TRABAJO CON RAPIDFORM

Rapidform XOS 3 pertenece a la casa INUS Technology, este programa permite un procesamiento de los datos de escaneo totalmente automático. Es un programa de ingeniería inversa capaz de trabajar sobre nubes de puntos, mallas (texturizadas ó sin texturizar), curvas y superficies.

El flujo de trabajo que se ha llevado a cabo para la generación de las secciones es el siguiente:

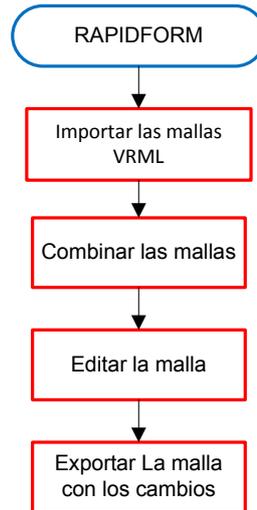


Diagrama 6.4. Flujo de trabajo en Rapidform

1. Importar las mallas

Una vez dentro del programa hay que seguir: Insert > Import ó pulsar o el icono  y se abrirá una pantalla en la que se seleccionará el archivo. Que en nuestro caso tienen formato VRML.

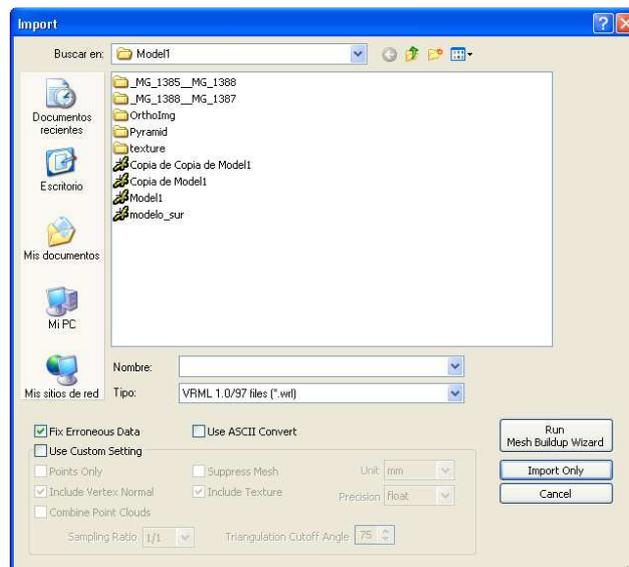


Imagen 6.58. Pantalla de importación

Al importar una malla aparece la siguiente ventana en la que hay que definir las unidades métricas de las mallas y a continuación se muestra la malla importada en la pantalla.

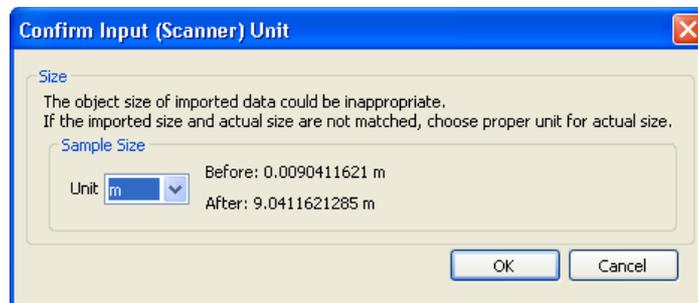


Imagen 6. 59. Confirmación de unidades métricas

2. Combinar las mallas

Para combinar las mallas hay que activar el icono  y se abre el menú de combinación en el que se seleccionan las mallas que se quieren combinar y se indica si se desea o no borrar la zona de recubrimiento:



Imagen 6. 60. Menú de combinación

En sucesivas pruebas se ha llegado a la conclusión de que es preferible activar la opción de “Remove Overlap Region” ya que en la zona de unión de las mallas hay un hueco vacío.

3. Exportar los cambios

Para exportar las secciones hay que seguir: File > Export y aparece una ventana en la que se indica el nombre, el formato y la ubicación en la que se quieren guardar los cambios correspondientes.

7. RESULTADOS Y PROBLEMAS

7. RESULTADOS Y PROBLEMAS

7.1 RESULTADOS OBTENIDOS

Es en este apartado donde se van a analizar los productos obtenidos de la ejecución, como ya se ha comentado en el apartado 2. ANTECEDENTES los muros objeto de estudio en este proyecto fin de carrera son los denominados "P" y "J". De ellos se han obtenido los modelos tridimensionales y las ortofotos.

A la hora de realizar un análisis de los productos obtenidos también se mencionarán de forma individualizada los problemas más importantes surgidos durante el proceso de documentación.

7.1.1 MODELOS TRIDIMENSIONALES

Se han obtenido modelos 3D de los cuatro paños del muro "P" en los dos programas con los que se trabajó en este PFC y los modelos de tres de los cuatro paños del muro "J" únicamente con Image Master.

7.1.1.1 Modelos tridimensionales del muro "P" obtenidos en Photomodeler Scanner

PAÑO NORTE

El modelo de este paño se ha constituido a partir de 6 fotografías tomadas con la cámara Canon 5D Mark II y el objetivo de 21 mm. En este caso la utilización de este objetivo fue necesaria debido al poco espacio de separación entre este muro y otro más al Norte perteneciente al edificio de las habitaciones de los monjes.

A la hora de orientar se han utilizado 19 puntos homólogos, de los cuales 9 son puntos de control de coordenadas conocidas y 10 son puntos de paso de coordenadas desconocidas. Los puntos de control medidos en campo se encuentran recogidos en el Anexo 6.

El modelo obtenido a partir de la nube de puntos tiene el siguiente aspecto:



Imagen 7.1. Modelo del paño Norte del muro "P" en Photomodeler Scanner (frente)

El resultado obtenido es bastante completo pero a la hora de realizar la ortofoto habrá que eliminar algo de ruido que se ha producido en la parte inferior del muro, esto se debe a la hierba que hay en esta zona y que oculta parte de la parte más baja del muro "P" y a pesar de que en la nube de puntos se cubre prácticamente en su totalidad, al generar la superficie se pierden esos datos. Este es un aspecto que se repite prácticamente en todos los paños puesto que no estábamos autorizados a actuar directamente sobre los muros y únicamente se hizo un desbroce básico de las hierbas más altas.



Imagen 7.2. Modelo del paño Norte del muro "P" en Photomodeler Scanner (girada)

Tampoco se ha mallado la zona interior de la grieta que hay aproximadamente en el centro del muro a pesar de estar cubierta por puntos de la nube.

En los modelos obtenidos con Photomodeler Scanner lo general es poder percibir los triángulos que conforman la malla, dando un aspecto más tosco.

PAÑOS SUR Y ESTE

El modelo de este paño se ha constituido a partir de 12 fotografías tomadas el último día de campo (19 – 04 – 2011) con la misma cámara y el objetivo de 21 mm. Entre las fotos hay algunas en las que únicamente se observa uno de los paños y otras en las que se ven los dos para poder realizar mejor la orientación y unión de los modelos de ambos paños.

Para orientar se han utilizado 14 puntos de control y un punto de paso, de este último tenemos la diana pero no tenemos sus coordenadas. Los puntos de control medidos en campo se encuentran recogidos en el Anexo 6.

El modelo obtenido a partir de la nube de puntos tiene el siguiente aspecto:



Imagen 7.3. Modelo del paños Sur del muro "P" en Photomodeler Scanner

El modelo de estos dos paños se ha creado en un mismo proyecto porque resultó imposible orientar el paño Este en un único proyecto. Parecía que alguna de las coordenadas tomadas en campo estuviera mal medida entonces se intentaron tomar además de algunos puntos de apoyo del paño Este otros del Sur y Norte que sabíamos que estaban bien medidos puesto que ya se habían orientado con esas coordenadas tomadas en campo. El resultado mejoró pero no lo suficiente, aun no era posible orientar.

Como segunda opción se utilizaron en un proyecto nuevo otras fotografías, las tomadas el día 30 de Marzo con el objetivo de 35 mm, pero ocurría lo mismo.

La tercera opción era juntarla con otro modelo ya hecho, añadiendo fotos a otro proyecto de Photomodeler ya hecho que bien podrían ser los del paño Norte o Sur. Las fotos pueden añadirse una a una o todas a la vez. Una vez orientado respecto al otro paño a la hora de generar la nube de puntos pide que selecciones las fotos de las que quieres que se genere la nube y en este caso como la del paño adyacente ya estaría generada solamente habría que seleccionar las fotos en las que apareciese el paño Este. La nube generada del otro paño no desaparecería.

Esta opción no llegó a realizarse porque se creyó más interesante esta cuarta, basada en la confianza de haber realizado un buen trabajo de campo que a pesar del mensaje que daba el programa y del error obtenido que incitaban a pensar lo contrario. Finalmente se creó un nuevo proyecto con fotografías de un paño y del otro y con fotografías comunes. Para ello se seleccionaron otras fotografías y se procesó poco a poco para en caso de error saber donde se ha producido. Esta vez orientó sin apenas problemas con un buen resultado y lo más importante con todas las coordenadas tomadas en campo del paño Este.

La conclusión a la que se ha obtenido de todo esto es que a Photomodeler le cuesta mucho trabajar con fotos en las que haya poca zona de recubrimiento, ya que el paño Este solo cubría una pequeña parte en las imágenes tomada en campo.

Otro problema derivado de este proyecto se ha producido a la hora de generar la malla de triángulos a partir de la nube de puntos. A pesar de que la nube de puntos es muy robusta y pesada en ambos paños y a pesar también de que ambos paños se han orientado a la vez con sus respectivos puntos de apoyo la única malla que se crea es la del paño Sur. Lo que hace imposible la obtención de la ortofoto del paño Este con este programa.



Imagen 7.4. Nube de puntos de los paños Sur y Este y modelo del paño Sur del muro "P" en Photomodeler Scanner

PAÑO OESTE

El modelo obtenido para este paño se ha formado a partir de 6 fotografías y 7 puntos de control de coordenadas conocidas. La cámara utilizada es la Canon EOS 5D Mark II y se ha acoplado el objetivo de 35 mm.

El modelo obtenido a partir de la nube de puntos tiene el siguiente aspecto:



Imagen 7.5. Modelo del paño Oeste del muro "P" en Photomodeler Scanner

Durante el proceso de orientación se utilizó una imagen muy convergente que elevaba de forma considerable los errores de la orientación, por lo que se eliminó del proyecto y los errores entraron dentro de los valores permitidos para continuar trabajando.

El resultado no es muy bueno ya que presenta huecos sin textura, a pesar de que la densidad de los puntos que conformaban la nube era densa y cubría todo el muro en su totalidad.

7.1.1.2 Modelos tridimensionales del muro "P" obtenidos en Image Master

PAÑO NORTE

El modelo obtenido del paño Norte en Image Master es el siguiente:

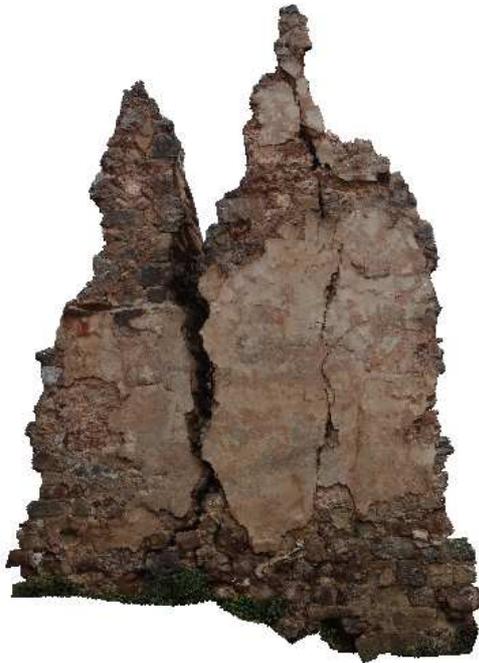


Imagen 7.6. Modelo del paño Norte del muro "P" en Image Master (frente)

Para su creación se han empleado 5 fotografías, en un principio se cargaron 6 pero una sobrepasaba el error permitido (1,08 píxeles sobre 1pixel) y no se consiguió reducir. Este hecho se deba posiblemente a que se trataba de la fotografía más convergente al muro objeto de estudio.

Se han marcado 12 puntos de los cuales 9 son puntos de apoyo de coordenadas conocidas y 3 son puntos de paso. Las imágenes fueron tomadas el último día de campo con la misma cámara que en todos los proyectos anteriores y con el objetivo Zeiss de 21 mm.

Como se ha explicado en el apartado de ejecución del programa Image Master, éste tiene una opción de marcar las líneas de rotura, aquellas en las que se hay una variación de relieve notable y que si no se tiene en cuenta puede modificar la verdadera geometría del objeto.

En la siguiente imagen se pueden observar las líneas de rotura oportunas para este paño.

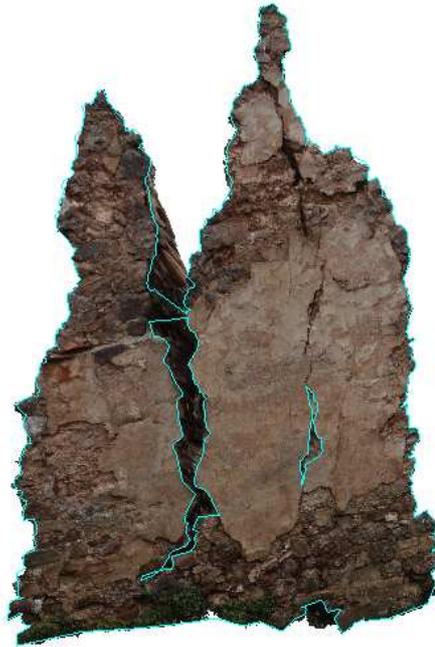


Imagen 7.7. Modelo del paño Norte del muro "P" con las líneas de rotura

La textura de la grieta no es real del todo puesto que en las imágenes apenas se puede apreciar. De manera contraria a lo que sucede en el mismo paño con Photomodeler Scanner con el que esta zona quedaba sin mallar, en Image Master se aprecia que el muro tiene profundidad en la grieta y se crean triángulos.

El problema surgido en este modelo aparece al generar la malla de triángulos pues queda una zona en la izquierda del modelo mal generada, debido posiblemente a que el contorno este mal dibujado en alguno de los pares.



Imagen 7.8. Modelo del paño Norte del muro "P" detalle

La solución adoptada ha sido crear un parche, es decir hacer otra malla de triángulos únicamente de esa zona utilizando los pares en los que el contorno sea correcto y superponerla a la malla creada. Para evitar problemas es conveniente borrar esta zona antes de superponer la nueva malla.

En la composición de imágenes siguiente se puede observar a la izquierda la malla originaria con la zona mal generada recortada, en el centro el parche constituyente de la segunda malla y por último más a la derecha se observa el resultado de la unión de las dos mallas.



Imagen 7.9. Detalle de la zona del parche

PAÑO SUR

Para la documentación del paño Sur del muro "P" se han utilizado únicamente 3 fotografías principalmente para ver si el número de imágenes con las que se trabaja influye en el resultado final. Las fotografías fueron tomadas el 19 de abril de 2011 con la Canon EOS 5D Mark II y con el objetivo de 21 mm.

La conclusión respecto al número de fotografías empleadas en Image Master es que no influye tanto en número de fotografías sino el número de pares estereoscópicos creados para generar el modelo. Cuanto más perpendiculares al objeto sean las imágenes mejor será también el modelo.

El apoyo consta de 9 puntos de coordenadas conocidas y 2 puntos de paso. Los puntos de apoyo se encuentran en la correspondiente reseña del Anexo 6.



Imagen 7.10. Modelo del paño Sur del muro "P" en Image Master (frente)

Aparentemente cuando el modelo se mira de frente no presenta ningún inconveniente, pero no ocurre lo mismo cuando se ve desde otro punto de vista.

Lo que hace Image Master, a diferencia de Photomodeler, es crear triángulos entre los puntos más cercanos, consiguiendo en las ocasiones en las que los puntos estén muy separados una superficie que no representa la realidad.

La parte inferior del muro tiene una textura y una geometría bastante superior a la que se consigue con Photomodeler, pero la parte superior está deformada, los triángulos no son regulares y hacen que la textura aparezca modificada. El motivo de esto es que las imágenes han sido tomadas desde el suelo, inclinando la cámara.

La solución sería aplicar una estructura que nos permitiera sacar fotos desde arriba o en su defecto intentar conseguir un mejor resultado empleando una escalera, en el LDGP existe ya una herramienta de este tipo, un jalón que sube 15 metros.

Otro de los aspectos que influye en este resultado es el hecho de que en la parte superior, debido a la degradación del propio muro, el plano no sigue una continuidad con la del resto del muro, es decir, está bastante inclinado hacia el Norte (ver imagen 7.11).



Imagen 7.11. Modelo del paño Sur del muro "P" en Image Master (detalle superior)

La solución tomada fue mantener la geometría y eliminar la textura, para ello se utilizó el programa Rapidform XOS3 y el resultado final obtenido es el siguiente:

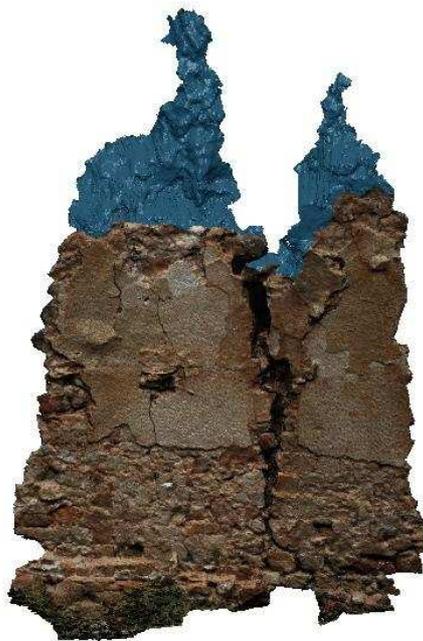


Imagen 7.12. Modelo del paño Sur del muro "P" en Image Master (editado en Rapidform)

Para ello se importó el modelo obtenido en Image Master con los triángulos de la zona superior borrados. Se importó de nuevo el modelo completo, con la parte superior, al proyecto de Rapidform y se coloreó de azul. A continuación se juntaron ambas mallas y este es el resultado.

PAÑO ESTE

El modelo de este paño se ha constituido a partir de 6 fotografías tomadas el último día de campo (19 – 04 – 2011) con la cámara Canon EOS 5D Mark II y el objetivo de 21 mm.

Para orientar se han utilizado 5 puntos de control y 5 puntos de paso. Los puntos de control medidos en campo se encuentran recogidos en el Anexo 6.

El modelo obtenido a partir de la nube de puntos tiene el siguiente aspecto:



Imagen 7.13. Modelo del paño Este del muro "P" en Image Master

El modelo presenta algunas zonas con peor geometría que otras pero asumible, como se verá en el apartado en el que se determina la precisión del modelo.

Como en todos los casos hay una diferencia entre la calidad de la parte baja y la de la parte alta, pero sólo puede solucionarse durante el trabajo de campo.

Como en Photomodeler no se ha conseguido obtener el modelo triangulado de este paño este es el único modelo de superficie de este paño.

PAÑO OESTE

Para su creación se han empleado 7 fotografías y se ha orientado gracias a 6 puntos de apoyo de coordenadas conocidas y 10 puntos de paso repartidos por toda la superficie del muro, principalmente en los bordes y en la parte superior a la que no se tuvo acceso con el pegadianas.

Las imágenes fueron tomadas el segundo día de campo con la cámara Canon EOS 5D Mark II a la que se le acopló el objetivo Canon de 35 mm.



Imagen 7.14. Modelo del paño Oeste del muro "P" en Image Master

Este paño ha sido uno de los más problemáticos y laboriosos. Comenzando porque costó varios intentos conseguir que orientara y que los pares estereoscópicos fueran de calidad. La razón que se le dio fue que las fotografías hay que introducirlas en el programa sin girar y darle a Image Master la libertad de girarlas como quiera, al girar las fotografías con software de gestión fotográfica Adobe Photoshop Lightroom no tiene por qué variar ningún parámetro o dato del fichero EXIF de las fotografías, pero la experiencia indica que si las fotos se cargan según se tomaron en campo el resultado de la orientación es mejor en todos los casos y en este en particular el hecho de cargarlas sin girar fue el que hizo posible la documentación de este paño en Image Master.

Al crear la primera malla de este muro hubo una zona en la parte inferior izquierda que no adquirió textura, por lo que se tuvo que crear otra malla y juntarla con la anterior. Para ello hay que seguir el menú siguiente dentro de Image Master: **Modo Registration > Registration > Models with Tie Points** y tomar como valor del error el mayor. A continuación hay que crear una nueva malla y aplicarle textura: **Data > Texture > Texture Mapping** ajustar el color y aplicarle una precisión de 10 mm en este caso.

La parte superior de este muro presenta una fuerte inclinación hacia el Este dando lugar a una geometría bastante horizontal que únicamente podría obtenerse con calidad a partir de fotografías tomadas desde arriba.

Este es el resultado de la primera malla de perfil y de frente respectivamente:



Imagen 7.15. Detalle de la parte alta del paño Oeste del muro "p"

La solución que se intentó tomar fue la misma que la que se llevo a cabo en el paño Norte de este mismo muro y con Image Master. El "parche" generado mejoró un poco el resultado obtenido en esta primera malla y se decidió superponerlas. El resultado final es el siguiente:



Imagen 7.16. Modelo definitivo del paño Oeste del muro "P" en Image Master

7.1.1.3 Modelos tridimensionales del muro "J" obtenidos en Image Master

En campo se colocaron dianas en tres de los cuatro paños de este muro ya que pensamos en orientar el paño Este con el Norte o con el Sur. Pensamos que era tan pequeño que no haría falta hacer el apoyo, pero una vez en gabinete ocurrió todo lo contrario y ya no había tiempo suficiente para volver a campo. A continuación se muestra una imagen del paño Este:



Imagen 7.17. Imagen del paño Este del muro "J"

PAÑO NORTE

El modelo de este paño se ha constituido a partir de 5 fotografías tomadas con la cámara Canon EOS 5D Mark II y el objetivo de 21 mm.

A la hora de orientar se han utilizado los 16 puntos homólogos, de los cuales 11 son puntos de control de coordenadas conocidas y 5 son puntos de paso de coordenadas desconocidas. Los puntos de control medidos en campo se encuentran recogidos en el Anexo 6.

El modelo obtenido a partir de la nube de puntos tiene el siguiente aspecto:



Imagen 7.18. Modelo del paño Norte del muro "J" en Image Master

Es un buen modelo generado por Image Master con una geometría buena prácticamente en la totalidad de la superficie. Con la textura pasa lo mismo a excepción de la línea que cruza la zona de mortero de la parte baja (véase detalle en la imagen siguiente):



Imagen 7.19. Detalle de la textura del modelo del paño Norte del muro "J" en Image Master

En la imagen se aprecia que se había marcado una línea de rotura en los bordes del mortero, pero aun así la línea aparece en todas las versiones que se han realizado de este paño en Image Master.

PAÑO SUR

La documentación de este par se ha llevado a cabo a partir de 5 fotografías tomadas el último día de campo con la cámara Canon EOS 5D Mark II y el objetivo de 21 mm.

Para realizar la orientación se han utilizado 10 puntos de apoyo de coordenadas conocidas, de los cuales 9 están materializados con dianas sobre el muro y uno es un punto natural, también se han marcado 4 puntos de paso en aquellas zonas en las que no se ha alcanzado a colocar dianas con el instrumento pegadianas.

El resultado obtenido se muestra a continuación:



Imagen 7.20. Modelo del paño Sur del muro "J" en Image Master (frente)

Las zonas que presentan una peor geometría es la parte superior de la parte alta del muro, debido que la toma de las imágenes se ha realizado desde el suelo. Lo mismo ocurre con la zona que delimita la parte baja de la alta, a pesar de que se ha marcado la línea de rotura, aparece deformada porque es horizontal y desde la perspectiva en la que se han tomado las imágenes es imposible verla.

La otra parte que tenía una geometría pésima y que por ello se ha borrado del modelo es la que se encuentra más a la derecha de la imagen. Se trata de una zona en su mayor parte cubierta por hierbas, lo que impidió que se dibujara bien el contorno en esa zona con el consiguiente hecho de que los triángulos que se formaron en esta zona carecían de rigor métrico.

Estas zonas están recogidas en la imagen siguiente:



Imagen 7.21. Detalles de las zonas de mayor error en el modelo del paño Sur del muro "J"

PAÑO OESTE

El modelo obtenido de este paño en Image Master es el que se muestra a continuación:



Imagen 7.22. Modelo del paño Oeste del muro "J" en Image Master (frente)

Para conseguirlo se han importado en el programa 4 fotografías tomadas el día 19 de Abril de 2011 con la Canon EOS 5D Mark II y el objetivo de distancia focal 21 mm.

Para orientar las imágenes se han marcado sobre las fotografías 5 puntos de apoyo de coordenadas medidas en campo con la estación total y 7 puntos de paso cuyas coordenadas se desconocen, distribuidos uniformemente en el muro. Las reseñas de los puntos de apoyo y las coordenadas medidas de los mismos se pueden ver en el Anexo 6 de la presente memoria.

Es un modelo bastante simple y la textura y la geometría son buenas a excepción de la parte baja en la que se ha alcanzado algo de vegetación y los triángulos no se han creado de forma correcta.

7.1.2 ORTOFOTOGRAFÍAS

En ambos programas las ortofotografías se obtienen una vez generada la superficie del modelo tridimensional. Para ello hay que definir un plano sobre el que el objeto se proyectará ortogonalmente.

En el caso de Photomodeler Scanner ese plano se define por tres puntos o por una de las vistas predeterminadas, también permite asignar un ángulo de giro.

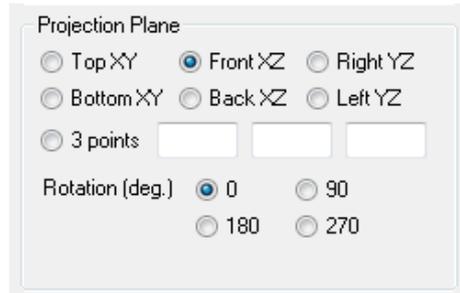


Imagen 7.23. Selección del plano de proyección en Photomodeler Scanner

En Image Master la situación es diferente, puesto que el eje Y de la ortofoto coincide con el eje Z del sistema de coordenadas utilizado en el proyecto de documentación. Únicamente hay que seleccionar dos puntos para definir el eje horizontal del plano.

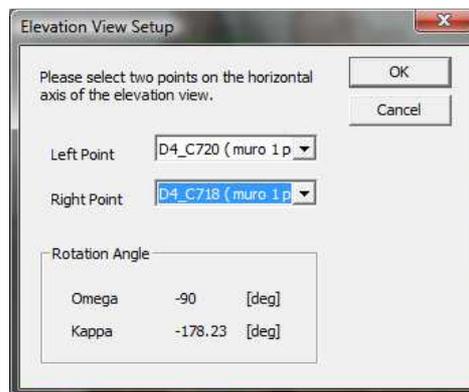


Imagen 7.24. Selección del plano de proyección en Image Master

A continuación se muestran los resultados obtenidos que se pueden ver con más detalle en el Anexo 10 de esta memoria en el que se encuentran recogidos los planos.

Las precisiones obtenidas de las ortofotos se encuentran en el apartado 7.3 Determinación de las precisiones en las ortofotografías y las tablas completas con los cálculos intermedios para calcular esa precisión se ubican en el Anexo 8. Tablas de errores de las ortofotos de la presente memoria.

7.1.2.1 Ortofotos del muro "P" obtenidas por Photomodeler Scanner

En cuanto a las ortofotos obtenidas en Photomodeler existe una gran diferencia en cuanto a su calidad métrica y visual. La ortoimagen generada del paño Norte tiene una muy buena textura, la cual cubre prácticamente la totalidad del mismo. Por su parte el paño Sur presenta una textura irregular con zonas sin superficie.



Imagen 7.25. Ortofotos del muro "P" Norte y Sur obtenidas en Photomodeler

El proyecto de Photomodeler en el que se realizó el paño Sur contenía también la nube de puntos del paño Este con sus puntos de apoyo marcados y correctamente orientados, pero a la hora de generar la superficie de ambos paños solo se generó la del paño Sur y como se puede observar no tiene mucha calidad, a pesar de que es el proyecto que mayor densidad de puntos en la nube contiene, y que mayor número de nubes tiene (12 nubes para ambos paños).



Imagen 7.26. Ortofoto del muro "P" r obtenida en Photomodeler

La generación de esta ortofoto tuvo sus complicaciones porque hubo que girar la textura con la opción de “Flip PointMesh”  que nos da Photomodeler.

Al girar también cambiaban de textura las zonas que sin haber girado tenían una textura correcta que son las que en la ortofoto se han coloreado de azul.

En Photomodeler suele ocurrir que al convertir de nube de puntos a malla y de malla a superficie se pierda información. El punto a favor que tienen las ortofotos obtenidas en Photomodeler Scanner es que son totalmente reales, no hay invenciones que maquillan la realidad a favor de un mejor resultado visual.

7.1.2.2 Ortofotos del muro “P” obtenidas por Image Master



Imagen 7.27. Ortofoto del muro “P” Norte obtenid en Image Master

La ortofotografía anterior presentan una gran diferencia respecto a las generadas en Photomodeler ya que la textura se ha generado con más calidad. En la ortoimagen del paño Norte se aprecia la profundidad entre las dos partes del muro separadas por la grieta y se ha llegado a texturizar más cerca de la vegetación.

La ortoimagen de la cara Sur del muro también ha sido editada con Rapidform XOS3 porque la zona superior presentaba una textura bastante deforme y de esta manera se ve como es la geometría real del paño. Es la mejor de las soluciones a adoptar siempre que la geometría se haya conseguido mantener.

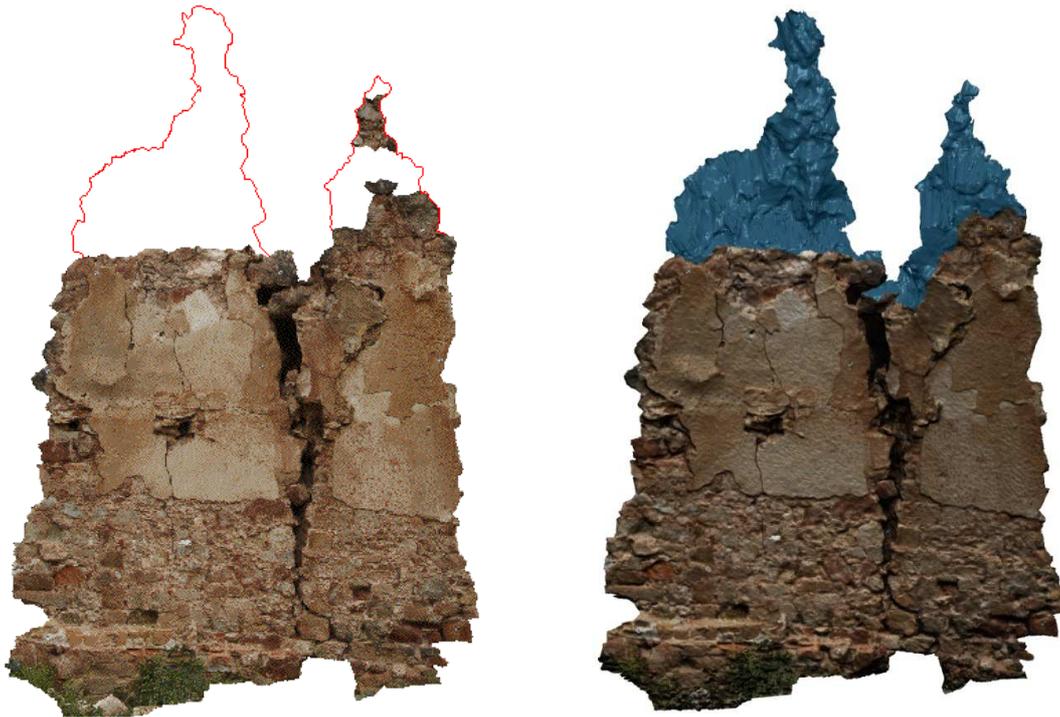


Imagen 7.28. Ortofotos del muro "P" Sur obtenidas en Image Master y editada en RapidForm respectivamente.

La comparación entre ambas ortoimágenes puede verse en las imágenes anteriores y la representación de la derecha, la editada con RapidForm es más representativa y tiene un mejor aspecto visual.



Imagen 7.29. Ortofotos del muro "P" Este y Oeste obtenidas en Image Master

Como puede observarse en Image Master se han obtenido también las ortofotografías de los dos laterales del muro "P". Gracias a estas ortofotos se puede observar la inclinación que presenta el muro y determinar el riesgo de colapso.

Concretamente la del paño Oeste presenta en la parte superior una geometría deformada porque no hay ocultamiento en las imágenes, se trata de una zona bastante horizontal como se ha podido observar en el apartado anterior al comentar los resultados obtenidos en los modelos.

7.1.2.3 Ortofotos del muro "J" obtenidas por Image Master

A simple vista las ortofotografías obtenidas para el muro "J" parecen de una buena calidad pero su precisión la analizaremos en el apartado 7.3. de la memoria.

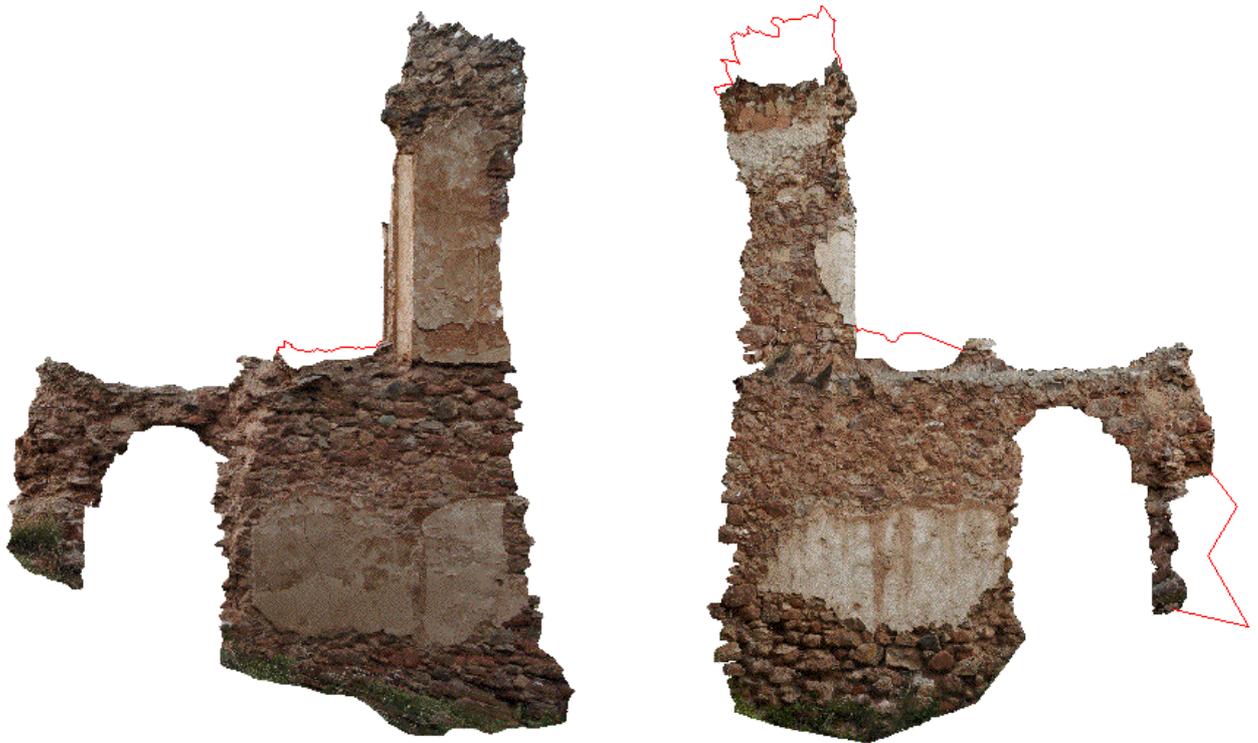


Imagen 7.30. Ortofotos del muro "J" Norte y Sur obtenidas en Image Master

En cuanto a la ortofotografía obtenida del muro Norte cabe destacar que elimina la línea que habíamos comentado al analizar el modelo de este mismo paño, pero también cambia la geometría de las zonas más altas, al igual que ocurre en la ortofoto del paño Sur de este mismo muro.



Imagen 7.31. Ortofoto del muro "P" Oeste obtenida en Image Master

La pega que se veía en el modelo continúa presente en la ortofoto del paño Oeste, se trata de la zona próxima a la vegetación cuya geometría se ve un poco afectada. En esta ortofoto podemos apreciar la inclinación hacia el Norte que sufre la parte alta de este muro.

7.2 PRECISIÓN OBTENIDA EN LOS MODELOS 3D

La precisión en los modelos tridimensionales se obtiene por comparación entre las coordenadas de los puntos de apoyo tomadas en campo y las coordenadas de las dianas medidas sobre el modelo.

La obtención de las coordenadas en Photomodeler Scanner se hace sobre la pantalla del visor. En ella se muestran muy próximos los puntos con las coordenadas introducidas y los puntos de control señalados para la orientación, debido al error inevitable de la orientación y al error introducido en este caso derivado de la precisión en la medición de las coordenadas (5 mm). Las coordenadas en este caso no se miden sobre la nube de puntos ni sobre el modelo generado a partir de esta.

Mientras que la medición de los puntos sobre los modelos generados en Image Master requiere de un procedimiento más sencillo y al mismo tiempo más real ya que permite medir los puntos sobre la superficie del modelo. Este programa además de mostrar las coordenadas X, Y y Z de un punto nos ofrece la posibilidad de marcar dos puntos consecutivamente y obtener el incremento de estas tres coordenadas, y las distancias horizontal y geométrica entre dos puntos marcados.

A continuación se describe el procedimiento que hay que seguir en ambos programas.

7.2.1 DETERMINACIÓN DE LA PRECISIÓN EN PHOTOMODELER SACNNER

Como se ha indicado arriba, en Photomodeler no se puede medir entre puntos del modelo o puntos de la superficie, solamente se puede medir entre puntos definidos previamente, en nuestro caso los puntos de apoyo necesarios para la orientación.

Los puntos se miden en el visor 3D que se abre al pulsar el icono  (Open 3D View).

Los puntos introducidos en el fichero ASCII y los resultantes de la orientación se encuentran tan juntos que al seleccionar uno se abre un menú para elegir entre el importado y el marcado como se observa en la imagen siguiente.

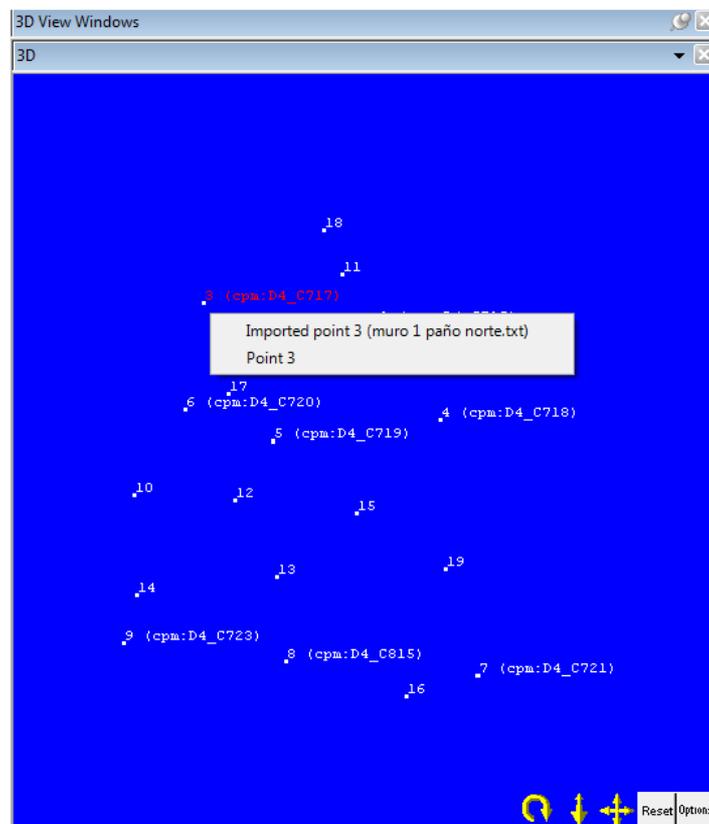


Imagen 7.32. Ventana de selección del punto (3D View Windows)

Para ver las coordenadas de los puntos seleccionados hay que abrir el menú “Measurements” con el icono  y se abre una ventana en la que se van mostrando los puntos seleccionados y sus coordenadas. Para limpiar la ventana basta con pulsar el botón “Clear”.

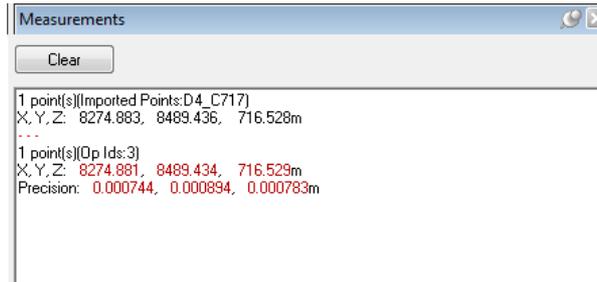


Imagen 7.33. Ventana con las coordenadas seleccionadas

7.2.2 DETERMINACIÓN DE LA PRECISIÓN EN IMAGE MASTER

En Image Master se marcan los puntos de los que se quieren conocer las coordenadas sobre la superficie generada. Es un proceso más preciso y auténtico que el de Photomodeler Scanner.

Para ello se compara el centro de la diana que resulta en el modelo con las coordenadas importadas. Para seleccionar estos puntos seguimos el menú: Data > Distance > Plot on Screen y aparece la ventana siguiente:

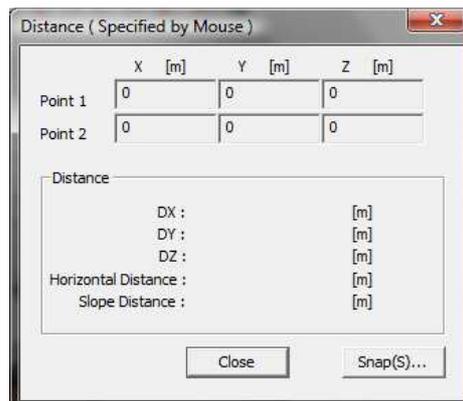


Imagen 7.34. Ventana para medir las distancias

Para medir distancias debemos tener activa la solución "Free" de la opción Snap.

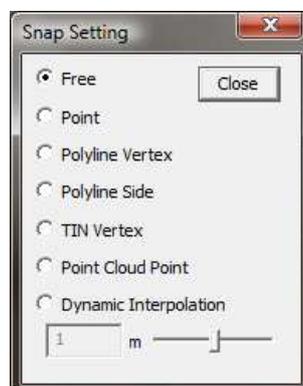


Imagen 7.35. Ventana de selección

Es recomendable ocultar los puntos del modelo puesto que pueden incitar a marcar el centro de la diana más próximo al punto importado, con lo que se estaría camuflando el verdadero error.

7.2.3 ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN DE LOS MODELOS DEL MURO "P" OBTENIDOS EN PHOTODELER SCANNER

Como hemos hecho en el apartado anterior realizaremos el análisis de cada paño de forma individualizada siguiendo el procedimiento descrito para medir las distancias con Photodeler Scanner.

Las tablas completas, con los valores intermedios se encuentran en el Anexo 7 de la presente memoria.

PAÑO NORTE

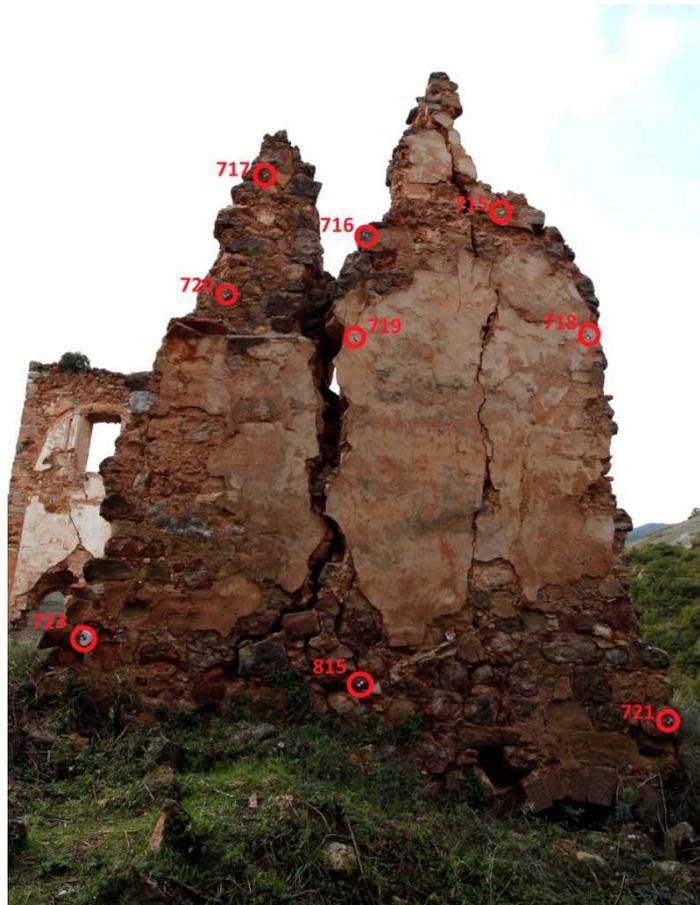


Imagen 7.36. Croquis del apoyo del paño Norte del muro "P"

Puntos	Distancia
715	0,003
716	0,002
717	0,003
718	0,002
719	0,002
720	0,001
721	0,005
815	0,002
723	0,002

Tabla 7.1. Errores del apoyo del paño Norte del muro "P"

Todos los puntos que aparecen en la tabla se han utilizado para la orientación de las imágenes. Atendiendo a la tabla se observa que el punto con el error en distancia mayor es el 721 con 5 mm de error, este punto es el que se encuentra más abajo en la fotografía. Hay también dos puntos con 3 mm de error, 715 y 717 que son los que tienen una posición más elevada.

Con todo ello llegamos a la conclusión de que el modelo se ajusta mejor en la parte central que en los extremos. Aun así la diferencia es muy pequeña y se puede decir que el modelo está muy bien ajustado en su totalidad.

La precisión final del modelo se fijaría en **5 milímetros**, que es la mayor distancia de las calculadas.

PAÑOS SUR Y ESTE

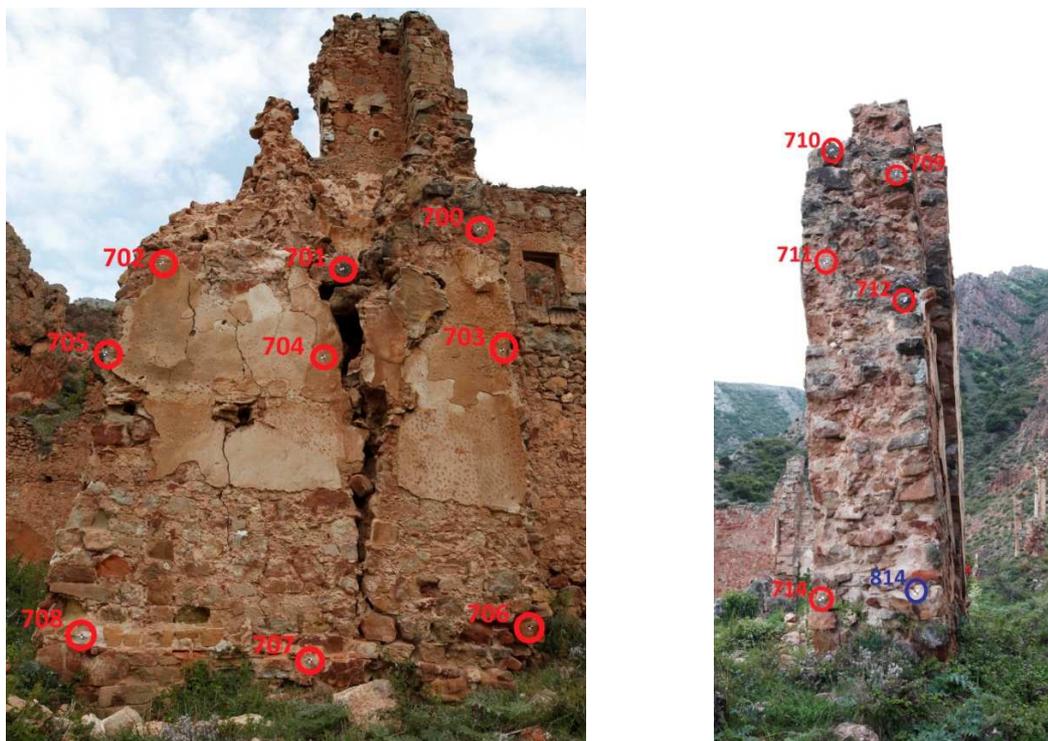


Imagen 7.37. Croquis del apoyo del paño Sur y Este del muro "P"

La diana 814 (pañó Este) se midió mal en campo y para la orientación se consideró como punto de paso de coordenadas desconocidas.

Los resultados de las medidas para los paños de un mismo proyecto en Photomodeler Scanner son:

Puntos	Distancia	Puntos	Distancia
700	0,002	707	0,017
701	0,003	708	0,003
702	0,004	709	0,001
703	0,002	710	0,002
704	0,004	711	0,002
705	0,006	712	0,001
706	0,005	714	0,006

Tabla 7.2. Errores del apoyo de los paños Sur y Este del muro "P" en Photomodeler

El punto que tiene un mayor error es el 707, con 1,7 centímetros, se diferencia bastante del resto de distancias medidas pero es el que marca la precisión final del conjunto. Le siguen el 705 y el 714 con 6 mm de error.

El punto 707 se encuentra en la zona inferior del paño Sur, y tiene este error a pesar de no presentar mucha vegetación a su alrededor, como es el caso de la diana 714.

Atendiendo al error del punto 707 se cree conveniente fijar la precisión de este modelo en **2 centímetros**, un resultado válido para realizar trabajos a partir de él.

OESTE

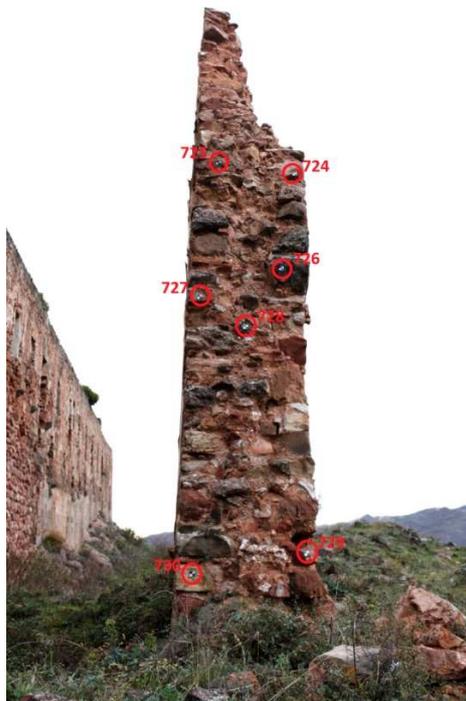


Imagen 7.38. Croquis del apoyo del paño Oeste del muro "P"

Puntos	Distancia
724	0,002
725	0,001
726	0,003
727	0,001
728	0,002
729	0,002
730	0,000

Tabla 7.3. Errores del apoyo del paño Oeste del muro "P" en Photomodeler

Los errores obtenidos para este paño son bastante homogéneos, incluso hay una diana con error inferior al milímetro. El punto con mayor error es el 726 con 3 milímetros.

Cabe destacar una pequeña diferencia entre la parte izquierda y la derecha. Los puntos del paño situados más al Norte (izquierda) tienen un error menor que los de más al Sur.

La precisión final de este muro se establecería en **5 milímetros**.

Las tablas completas con las mediciones y los pasos intermedios se encuentran en el Anexo 7.

7.2.4 ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN DE LOS MODELOS DEL MURO "P" OBTENIDOS EN IMAGE MASTER

Los croquis son los mismos que para Photomodeler por lo que en este apartado sólo se mostrarán las tablas con los errores de esos puntos utilizados para la orientación.

NORTE

Puntos	Distancia
715	0,005
716	0,003
717	0,005
718	0,004
719	0,003
720	0,003
721	0,005
815	0,004
723	0,004

Tabla 7.4. Errores del apoyo del paño Norte del muro "P" en Image Master

Atendiendo a la tabla podemos tomar 0,5 centímetros como la precisión de la totalidad del modelo. Es un resultado muy bueno y además se observa que existe una homogeneidad en la precisión de este paño.

La tabla con los errores desarrollados se puede observar en el Anexo 7 de la presente memoria.

El punto que marca el error es el mismo que lo hace en el modelo de Photomodeler, el 721.

SUR

Puntos	Distancia
700	0,003
701	0,007
702	0,006
703	0,004
704	0,008
705	0,011
706	0,008
707	0,012
708	0,005

Tabla 7.5. Errores del apoyo del paño Sur del muro "P" en Image Master

En este caso el paño Este se hizo separadamente del Sur porque en este programa no suponía ningún inconveniente a la hora de orientar las imágenes.

Observando la tabla se advierte la diana 707 como aquella que mayor error tiene, es la misma que determina el error en el caso de Photomodeler. El punto 707 tiene un error en distancia de 12 milímetros por lo que se determina el error de **1,5 centímetros** para este paño. El error es algo menor al conseguido en Photomodeler al hacerlo de forma conjunta con el paño Este.

ESTE

Puntos	Distancia
709	0,005
710	0,001
711	0,003
712	0,003
714	0,004

Tabla 7.6. Errores del apoyo del paño Este del muro "P" en Image Master

La precisión en este plano disminuye de manera considerable al tener la posibilidad de trabajar con él de forma individual, de los **5 milímetros** que nos da de error el punto 709 con este software a los 2 centímetros que se obtienen con Photomodeler al trabajar con los dos paños de manera conjunta hay una diferencia apreciable.

Asimismo al observar la tabla podemos ver que los puntos más externos del muro, 709 y 714 son los que mayor error presentan. Esto se debe a que el ajuste es mayor en el centro y el error aumenta en los extremos del modelo.

OESTE

Puntos	Distancia
724	0,004
725	0,001
726	0,004
727	0,001
728	0,004
729	0,000
730	0,002

Tabla 7.7. Errores del apoyo del paño Oeste del muro "P" en Image Master

Tomando como referencia los puntos con un mayor error; 724, 726 y 728 todos ellos con un error de 4 milímetros se considera lógico fijar la precisión de este modelo en **5 milímetros**. Cabe destacar que los puntos con este error se encuentran en la zona Sur del modelo es decir el ajuste es mejor en esta parte que en la parte izquierda, más próxima al Norte.

7.2.5 ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN DE LOS MODELOS DEL MURO “J” OBTENIDOS EN IMAGE MASTER

NORTE



Imagen 7.39. Croquis del apoyo del paño Norte del muro “J”

Todos los puntos que recoge la siguiente tabla han sido utilizados para generar el modelo de este paño. Para determinar su precisión hay que fijarse en la distancia máxima, en este caso nos la da el punto 782 con 7 milímetros de error, por lo que el error del modelo de este paño se puede fijar en **1 centímetro**.

Hay que destacar que este punto se colocó de tal forma que se viera desde el Norte y desde el Oeste, no se encuentra en el mismo plano que el resto de puntos de apoyo y este es el motivo por el que nos da el mayor error. En general la precisión de este modelo es bastante homogénea, destacando que el punto que presenta un menor error es el que se encuentra más en el centro, el 777.

Puntos	Distancia
773	0,005
774	0,004
775	0,004
776	0,005
777	0,002
778	0,004

Puntos	Distancia
779	0,004
780	0,005
781	0,006
782	0,007
783	0,004

Tabla 7.8. Errores del apoyo del paño Norte del muro “J” en Image Master

SUR

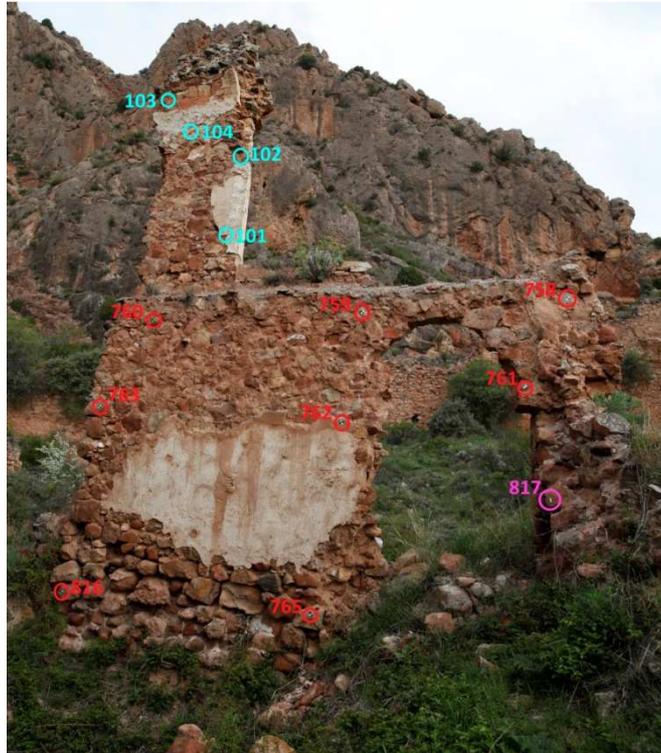


Imagen 7.40. Croquis del apoyo del paño Sur del muro "J"

En la imagen de arriba podemos observar puntos marcados con diferentes colores, los rojos son puntos de coordenadas conocidas medidas en campo y materializadas sobre el muro con dianas. El punto rosa no se ha utilizado para la orientación porque en el momento en el que se realizaron las fotografías de este paño la diana estaba vuelta, pero sí que se tienen las coordenadas medidas en campo. Los puntos cian son puntos naturales de coordenadas conocidas medidas con la estación total, el único que se utilizó para la orientación fue el punto 101 por ser el mejor definido. El resto de puntos aumentaban el error y se decidieron marcar otros puntos próximos mejor definidos. De estos puntos tampoco podemos tener comprobación porque en la zona en la que se encuentran la geometría del modelo no ha sido muy buena y se presentan un poco deformados.

De todo esto podemos deducir la importancia de las dianas como elemento señalizador de los puntos de apoyo de un elemento a documentar, tanto como para obtener el modelo como para calcular sus errores.

Puntos	Distancia
758	0,005
759	0,000
760	0,004
761	0,008
762	0,001

Puntos	Distancia
763	0,003
765	0,002
816	0,001
101	0,005

Tabla 7.9. Errores del apoyo del paño Sur del muro "J" en Image Master

Atendiendo al punto 761 con 8 milímetros de error podemos determinar el error del modelo en **1 centímetro**, un valor bastante bueno para este tipo de trabajos.

OESTE

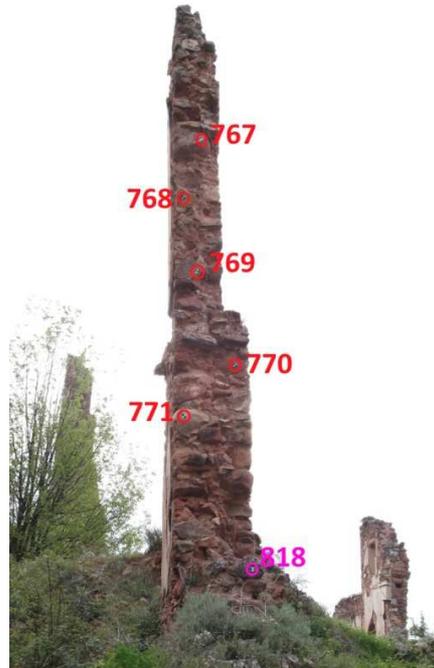


Imagen 7.41. Croquis del apoyo del paño Oeste del muro "J"

Este paño no presenta una excesiva complejidad por lo que el error es bastante bajo, la diana con mayor error es la 768 y únicamente tiene 4 milímetros, lo que hace que la precisión del modelo se pueda fijar en **5 milímetros**.

El punto marcado de rosa (818) no se ha empleado para la orientación porque la diana se encontraba vuelta cuando se tomaron las fotografías, no así cuando se tomaron sus coordenadas.

Puntos	Distancia
767	0,002
768	0,004
769	0,002
770	0,003
771	0,001

Tabla 7.10. Errores del apoyo del paño Oeste del muro "J" en Image Master

7.3 PRECISIÓN OBTENIDA EN LAS ORTOFOTOS

La precisión que se obtenga con las ortofotos es muy importante en la documentación de un elemento patrimonial pues nos aporta una herramienta de trabajo muy cómoda tanto para trabajar en campo como para usarlas en gabinete.

7.3.1 DETERMINACIÓN DE LA PRECISIÓN EN AUTOCAD

Para determinar la precisión en las ortofotografías nos valemos del programa de diseño asistido por ordenador, AutoCAD y de otro programa generador del fichero *script*.

Lo primero que hay que hacer es generar un archivo de guión para AutoCAD, lo que se llama *script*. Es un fichero de texto ASCII que contiene una secuencia de comandos del programa que se ejecutan al introducirlo en un proyecto de AutoCAD.

Para crearlo se ha utilizado un programa elaborado en el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio. El lenguaje con el que se ha desarrollado dicho programa es Tcl (Tool Command Language) o lenguaje de herramientas de comando utilizado principalmente para desarrollar prototipos y aplicaciones *script* de forma rápida.

El programa creado en el laboratorio se llama Volum_textos y se activa al pulsar sobre el icono (imagen 7.39 izquierda), al abrirse aparece una pantalla en la que hay que seleccionar el fichero del que se quiere obtener el script y darle a abrir. En nuestro caso introducimos los ficheros de texto que contienen las coordenadas de los puntos de apoyo tomadas en campo.



Imagen 7.42. Arranque de Volum_textos

A continuación hay que indicarle la ubicación en la que se quiere guardar el script, un nombre y la extensión. Esta última hay que escribirla siempre detrás del nombre *.scr. una vez generado aparece en la carpeta especificada.

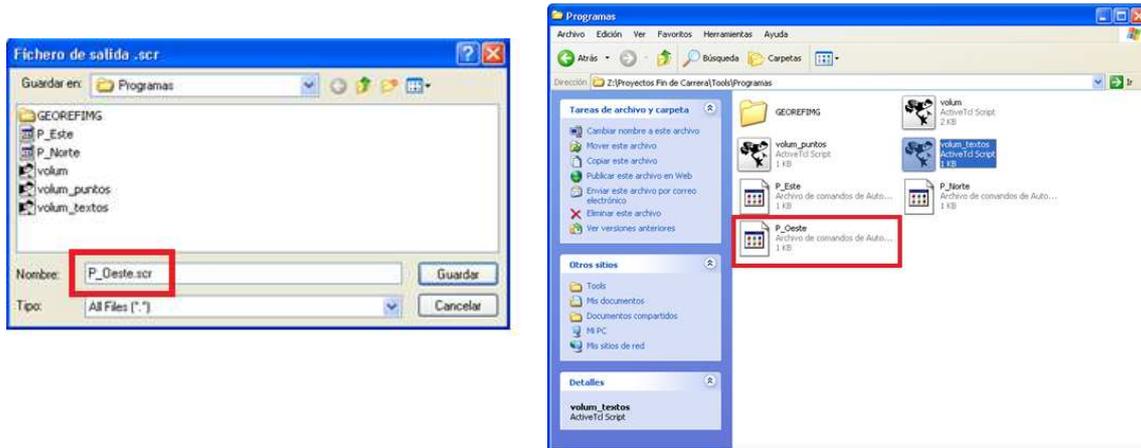


Imagen 7.43. Guardar el script

El fichero ya está listo para ser introducido en AutoCAD.

Lo que se va a comparar en éste para obtener las precisiones son las coordenadas entre los puntos de posición conocida introducidos en dicho programa y los marcados sobre la ortofoto.

Primero introducimos el fichero *.scr bien arrastrándolo a la pantalla de AutoCAD o escribiendo el comando Script y buscar su ubicación.

A continuación se cambian los ejes del sistema de referencia para que el punto de vista de los mismos coincida con el plano con el que ha sido generada la ortofoto. Para ello se utiliza el comando scp.

En Image Master hay que definir los dos puntos que determinan el eje horizontal de la ortofoto, que son los que se han marcado para su creación, por lo que es recomendable guardar cada ortofoto generada en Image Master con el nombre de los puntos con los que se ha definido el eje X. para definir el eje Z del sistema de referencia basta con marcar un punto que se encuentre sobre estos dos.

En el caso de Photomodeler hay que marcar los tres puntos con los que se haya definido la ortofoto o si se ha seleccionado alguna de las perspectivas predeterminadas hay que marcar tres puntos pero habrá que girar la ortofoto si se precisa.

Una vez obtenido el nuevo sistema de referencia se importa la imagen (imagen de trama), se desplaza tomando como punto base el centro de la diana correspondiente al centro del eje de coordenadas y se escala. En ocasiones también habrá que girar la ortofoto importada respecto a las coordenadas importadas.

Para determinar las coordenadas de un punto se sigue el siguiente menú: **Herramientas > Consultar > Coordenadas punto** y se mide la distancia entre las coordenadas importadas y el centro de las dianas. La distancia entre ellas nos determinará la precisión.

Para realizar el análisis de la precisión de las ortofotografías se ha seguido un mismo patrón para identificar los errores a base de colorear los puntos en función de su papel en el tratamiento de la ortofoto y del valor del error medido.

En verde se muestran los puntos utilizados (junto con los azules y amarillos) en la generación del modelo, en azul los puntos utilizados para definir el plano imagen, en rojo aquellos puntos con un error grosero muy distante del resto y en amarillo los puntos que no aparecen en la ortofoto pero que sí se han utilizado para generar el modelo.

7.3.2 ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN DE LAS ORTOFOTOS DEL MURO "P" OBTENIDAS EN PHOTOMODELER SCANNER

NORTE

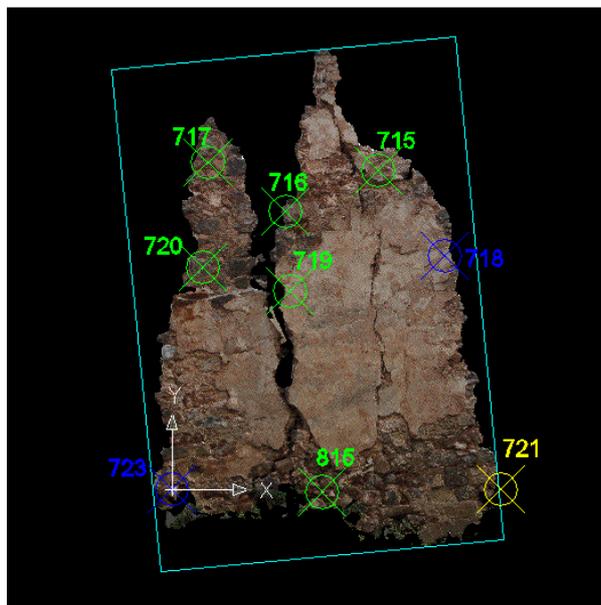


Imagen 7.44. Ortofoto del paño Norte del muro "P" tratada en AutoCAD

En la imagen se puede observar que los puntos utilizados para ajustar la ortofoto a las coordenadas de sistema de referencia de la imagen son el 723 y el 718. Como es lógico el punto base para todas las transformaciones no tiene error, el 723.

También se observa que el punto marcado en amarillo no tiene representación en la ortofoto a pesar de haberse utilizado para la orientación y estar contenido en la nube de puntos.

NP	Distancia
715	0,003
716	0,002
717	0,022
718	0,003
719	0,007
720	0,015
815	0,002
723*	0,000

Tabla 7.11. Errores del apoyo del paño Norte del muro "P" en Photomodeler

El mayor error asciende a 22 milímetros y será el que fije la precisión de la ortofoto en **2 centímetros** puesto que los valores que le siguen tienen valores inferiores a los 2 centímetros.

SUR

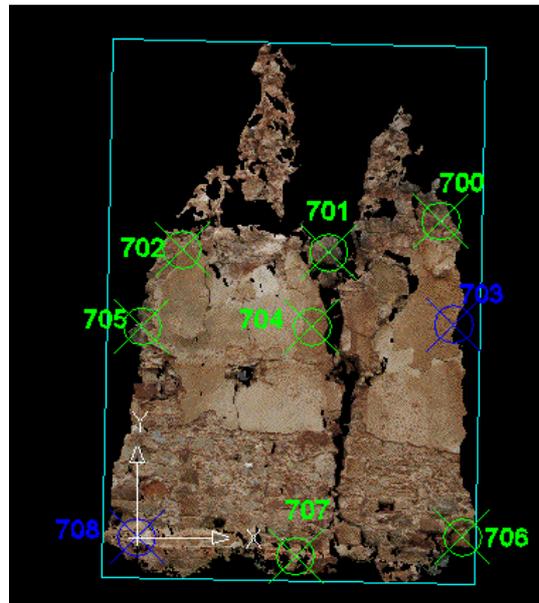


Imagen 7.45. Ortofoto del paño Sur del muro "P" tratada en AutoCAD

Según las diferencias entre las coordenadas de las dianas importadas y las marcadas en AutoCAD el error correspondiente a esta ortofoto es de **2 centímetros**, tomando como referencia el valor máximo de 1,8 centímetros perteneciente al punto 707.

La precisión obtenida para este punto en el modelo es muy similar y al igual que en la ortofoto también es el punto que determina la precisión del conjunto. El motivo principal es que se encuentra en una zona de vegetación y en la zona más exterior del modelo.

NP	Distancia
700	0,011
701	0,006
702	0,005
703	0,006
704	0,007
705	0,009
706	0,001
707	0,018
708*	0,000

Tabla 7.12. Errores del apoyo del paño Sur del muro "P" en Photomodeler

OESTE

La ortofoto generada para este paño no es de muy buena calidad por lo que tampoco es de esperar que tenga muy buena precisión. Concretamente tiene un punto con un error muy elevado, el 727 (marcado en rojo), considerado grosero, se ha revisado el trabajo de nuevo pero sigue dando el mismo valor. A la hora de determinar el valor de la precisión de la ortofoto se eliminará este valor y se fijará a partir del resto de puntos.

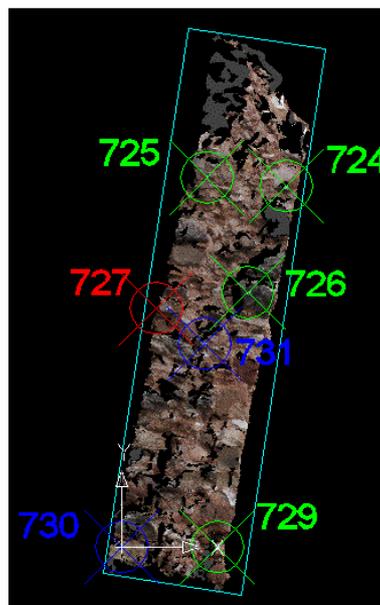


Imagen 7.46. Ortofoto del paño Oeste del muro "P" tratada en AutoCAD

Fijándonos en el resto de puntos la precisión de la ortofoto nos la da el punto 725 con un error de 2,6 centímetros por lo que se decide fijar el error en **2,5 centímetros**.

Este valor es un poco elevado puesto que una ortofoto ronda los 2 centímetros de precisión para trabajos de este tipo.

NP	Distancia
724	0,017
725	0,026
726	0,006
727	0,114
728	0,004
729	0,011
730*	0,000

Tabla 7.13. Errores del apoyo del paño Oeste del muro "P" en Photomodeler

7.3.3 ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN DE LAS ORTOFOTOS DEL MURO "P" OBTENIDAS EN IMAGE MASTER

NORTE

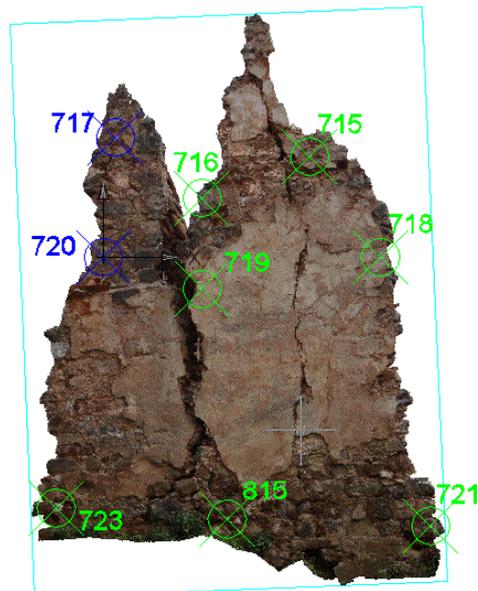


Imagen 7.47. Ortofoto del paño Norte del muro "P" tratada en AutoCAD

En este caso el punto 721 sí que aparece en la ortofoto y se puede medir su error. Este modelo muestra un error muy similar en toda su superficie y al tomar el valor más elevado correspondiente al punto 723 se fija la precisión en **2 centímetros**.

Se puede decir que es una ortofoto bastante completa ya que apenas hay zonas con deformaciones y se muestra la totalidad del paño.

NP	Distancia
715	0,009
716	0,014
717	0,004
718	0,003
719	0,017
720*	0,000
721	0,015
815	0,010
723	0,018

Tabla 7.14. Errores del apoyo del paño Norte del muro "P" en Image Master

SUR

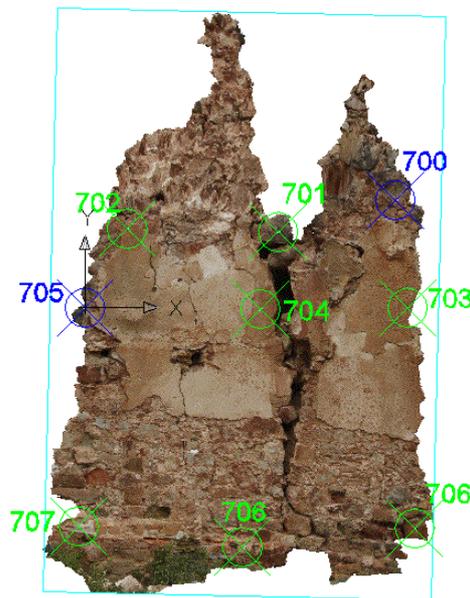


Imagen 7.48. Ortofoto del paño Sur del muro "P" tratada en AutoCAD

Llegados a este punto en el que hemos analizado las precisiones en los modelos y ortofotos generadas de este paño podemos concluir que el punto que en todos los casos ha determinado la precisión del conjunto de la ortofoto o del modelo es el 707, en todos los casos tiene un error bastante mayor al resto.

En este caso atendiendo al error de este punto la precisión se determinaría en **2,5 centímetros**. Si no tuviéramos en cuenta el valor de este error la precisión de la ortofoto sería de 1,5 centímetros.

Entre la precisión del punto 707 y la del siguiente con mayor error hay exactamente 1 centímetro.

NP	Distancia
700	0,001
701	0,005
702	0,005
703	0,008
704	0,008
705	0,000
706	0,017
707	0,027
708	0,013

Tabla 7.15. Errores del apoyo del paño Sur del muro "P" en Image Master

ESTE

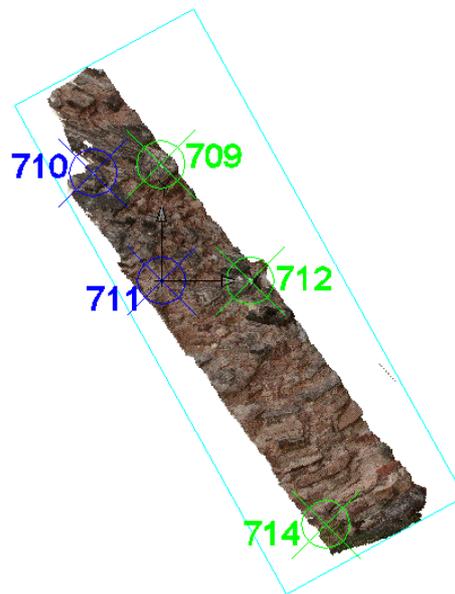


Imagen 7.49. Ortofoto del paño Este del muro "P" tratada en AutoCAD

Atendiendo a la tabla contigua se puede ver que el punto que determina la precisión de la ortofoto de este paño es el 709 con 1,9 centímetros. Este es el punto que también fija la precisión en el modelo, aunque en este caso el error era de 5milímetros.

La precisión entonces para esta ortofoto es de 2 centímetros, aceptable para este tipo de trabajos con patrimonio.

NP	Distancia
709	0,019
710	0,000
711*	0,000
712	0,008
714	0,005

Tabla 7.16. Errores del apoyo del paño Este del muro "P" en Image Master

OESTE

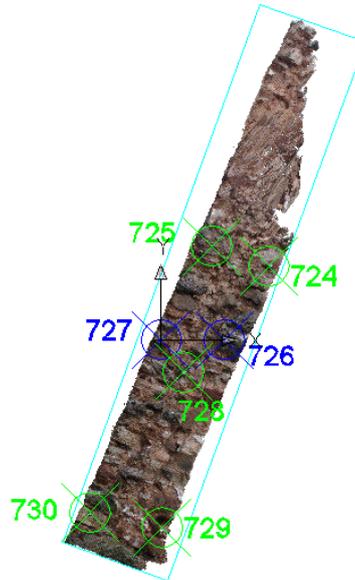


Imagen 7.50. Ortofoto del paño Oeste del muro "P" tratada en AutoCAD

A pesar de que la parte superior es la que presenta una peor geometría en esta ortofoto, el error máximo se encuentra en la parte inferior, concretamente en el punto 729 con 2,6 centímetros. Esto se debe a que la vegetación está cerca y ha podido interferir en la geometría del modelo y por ello también en la de la ortofoto.

La precisión queda fijada en 2,5 centímetros, algo superior a lo que exige un trabajo de este tipo pero aceptable según qué se quiera obtener a partir de ella.

NP	Distancia
724	0,017
725	0,017
726	0,008
727*	0,000
728	0,005
729	0,026
730	0,024

Tabla 7.17. Errores del apoyo del paño Oeste del muro "P" en Image Master

7.3.4 ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN DE LAS ORTOFOTOS DEL MURO "J" OBTENIDAS EN IMAGEMASTER

NORTE

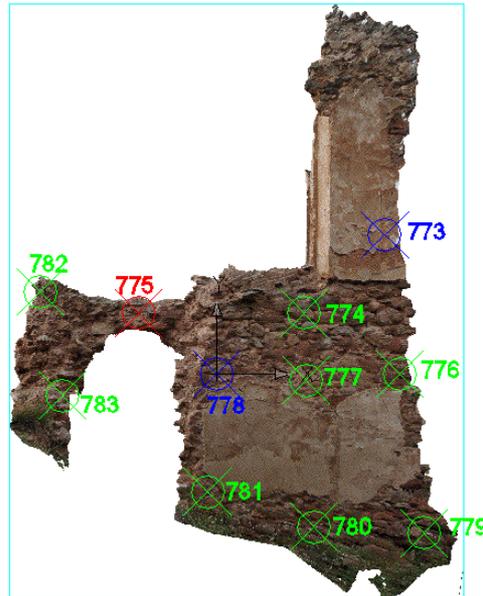


Imagen 7.51. Ortofoto del paño Norte del muro "J" tratada en AutoCAD

La ortofoto de este paño presenta un punto cuyo error grosero supera los 20 centímetros, puede deberse a que se encuentra en una zona conflictiva, más hundida hacia detrás que el resto del muro y bastante irregular, pero el error resulta excesivamente grande.

Por ello no tendremos en cuenta este valor a la hora de determinar la precisión de la ortofotografía.

La precisión obviando este valor la determina el punto 780 con 1,9 centímetros, por lo que la precisión queda fijada en 2 centímetros, un resultado bueno para la metodología aplicada y para las posibles necesidades y usos que va a tener en un futuro.

NP	Distancia
773	0,005
774	0,002
775	0,237
776	0,011
777	0,006
778*	0,000
779	0,017
780	0,019
781	0,004
782	0,017
783	0,001

Tabla 7.18. Errores del apoyo del paño Norte del muro "J" en Image Master

SUR

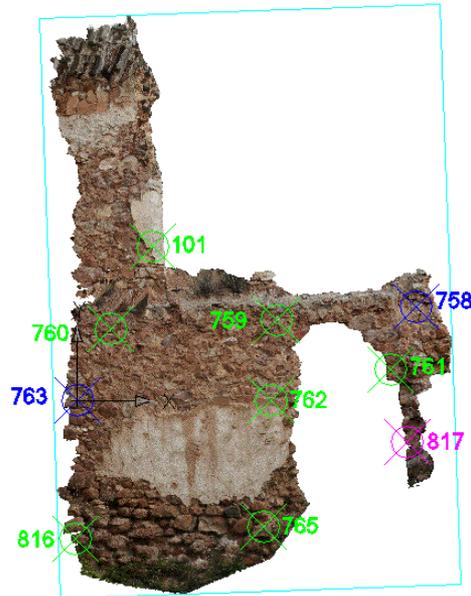


Imagen 7.52. Ortofoto del paño Sur del muro "J" tratada en AutoCAD

La diana 817 se encontraba dada la vuelta en el momento de la toma de las imágenes, por lo que a pesar de conocer sus coordenadas no se pudo utilizar para la orientación.

La diana 763 es el centro del nuevo sistema de referencia y como se ha usado para anexionar la ortofoto a las coordenadas no tiene error.

Fijándonos en la tabla establecemos una precisión para la ortofotografía de **1 centímetro** puesto que el resto de puntos que siguen al de máximo error (758 con 0,011 metros) tienen valores inferiores al centímetro. Es un muy buen resultado para esta ortofoto y para un posible uso de la misma en el futuro.

NP	Distancia
758	0,011
759	0,006
760	0,000
761	0,004
762	0,004
763*	0,000
765	0,004
816	0,003
101	0,008

Tabla 7.19. Errores del apoyo del paño Sur del muro "J" en Image Master

OESTE

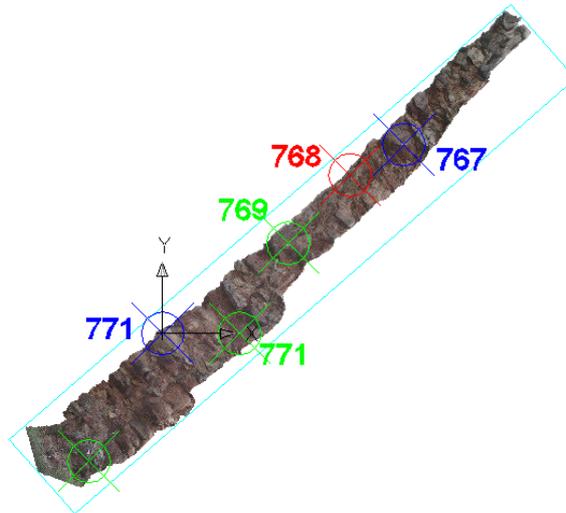


Imagen 7.53. Ortofoto del paño Oeste del muro "J" tratada en AutoCAD

Puede ser que no sea la precisión obtenida en toda la ortofoto, pero sí que es un valor representativo. El motivo de ello es que puede ser que la zona superior de este paño tuviese un mayor error, pero en esta zona no se puede cuantificar porque no se pudieron colocar dianas. Como por el mismo motivo no se puede certificar ni valorar este error, no se tendrá en y únicamente se valorarán los resultados obtenidos de la comparación respecto a las coordenadas medidas en campo.

En las mediciones realizadas de este paño nos encontramos un punto que destaca por su elevado error respecto al resto de puntos a pesar de haber formado parte de la orientación y no haber mostrado problemas, se trata del 768 que es obviado a la hora de establecer la precisión.

La diana 767 presenta un error de **1 centímetro**, y al ser el máximo valor del error medido sobre la ortofoto se convierte en el error de la misma.

NP	Distancia
767	0,010
768	0,041
769	0,014
770	0,001
771*	0,000

Tabla 7.20. Errores del apoyo del paño Oeste del muro "J" en Image Master

Por lo general la precisión de las ortofotografías es menor que la obtenida en los modelos, puede deberse a un problema que se ha ido arrastrando y que aumenta a la hora de hacer las ortofotos, aunque es muy poco probable o de algún problema a la hora de generar las ortofotos o cambiar el sistema de referencia.

7.4 OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE LIMPIEZA DE LAS NUBES DE PUNTOS Y MALLAS DE TRIÁNGULOS

Este apartado surge en consecuencia a todo el tiempo dedicado a la limpieza de los puntos con ruido de las nubes de puntos generadas en Photodeler Scanner y de los triángulos que conforman la malla en Image Master y que no deben estar en ella.

7.4.1 MODO DE TRABAJO Y SOLUCIONES EN PHOTODELER SCANNER



Para comenzar a borrar las nubes de puntos primero hay que pulsar el icono (PointMesh Edit Mode) y luego pulsar la opción que se desee:



Select Items Mode: Para seleccionar un único punto.



Region Select (Temporary): Para dibujar un polígono y seleccionar todos los elementos que se encuentren dentro.

Obviamente la segunda opción es mucho más rápida y cómoda pero no siempre es la mejor ya que hay que tener mucho cuidado al editar la malla. El principal problema es que si se selecciona una región se seleccionan todos los puntos que se encuentran en ella a pesar de que no se puedan ver desde esa perspectiva por lo que con esta herramienta podemos borrar información importante sin darnos cuenta. Además en ocasiones es bastante lenta y el programa puede llegar a bloquearse temporalmente.

El proceso de limpieza del paño Sur del muro P realizado en Photodeler fue un trabajo bastante duro y desesperante al mismo tiempo, puesto que se trataba de una nube muy densa y pesada formada por 10 nubes más ligeras.

Una de las soluciones que se puede emplear dentro del mismo software para aligerar el trabajo es eliminar los puntos que se encuentran fuera del cuerpo principal de cada nube de puntos. Para ello se puede emplear en la versión Photodeler Scanner 6.2.3 la opción dentro de Dense Surface > Modify PointMesh... la primera opción de Filter Isolated Points, aunque puede ser peligroso y eliminar puntos que el usuario no desee. La versión de Photodeler 7 realiza automáticamente una opción similar a la hora de generar la nube por lo que hay que indicar muy bien la región de la que se quiere obtener la nube.

Otra opción es importarlo a Rapidform, para ello bastaría con seleccionar la(s) nube(s) en la tabla en la que se encuentran las nubes: PointMesh table, y a continuación pulsar el icono de Save PointMesh... 

Las nubes pueden importarse de una en una si son muy pesadas o todas a la vez si son más ligeras.

Se nos abrirá un menú en el que seleccionaremos el nombre, la ubicación y la extensión para el nuevo fichero, las extensiones de las que dispone Photodeler para importar nubes de puntos son:

Tipo	Extensión
STL Files	*.stl
PLY files	*.ply
Text files	*.txt
BYU Files	*.byu
IV Files	*.iv
FACET Files	*.facet

Tabla 7.21. Formatos de exportación de la nube de puntos

La posibilidad más extendida es guardarlo como *.txt y una vez guardado cambiarle la extensión directamente a *.asc para poderlo exportar a Rapidform. Una vez editada en Rapidform se exporta como *.ply si quiere abrirse con MeshLab donde se puede crear la malla y exportarla de nuevo a Photomodeler para generar la textura, o bien importar el fichero de nuevo a Photomodeler sin los puntos borrados. Un inconveniente de este proceso es que hay versiones en las que no importa el tono asignado a cada punto de la nube por lo que es imposible limpiarla si todos los puntos tienen el mismo color, en este caso el fichero solo contendría las coordenadas de los puntos de la nube.

7.4.2 MODO DE TRABAJO Y SOLUCIONES EN IMAGE MASTER

Como ya es conocido en Image Master es imposible editar la nube de puntos ya que genera automáticamente la malla de triángulos a partir de ésta. Por una parte es algo positivo porque la limpieza por lo general suele ser más rápida pero tiene el inconveniente de que no se puede trabajar sobre la nube de puntos.

Para editar una malla en Image Mater debemos estar en el modo “Model”, seleccionar uno de estos tres iconos en función de las necesidades:

-  Select: Permite seleccionar un único triángulo pero se pueden borrar más de un triángulo a la vez (con un único Suprimir)
-  Select Square Area
-  Select Polygonal Area

Al activar cualquiera de los 3 se abre la siguiente ventana en la cual hay que elegir la opción Triangle.

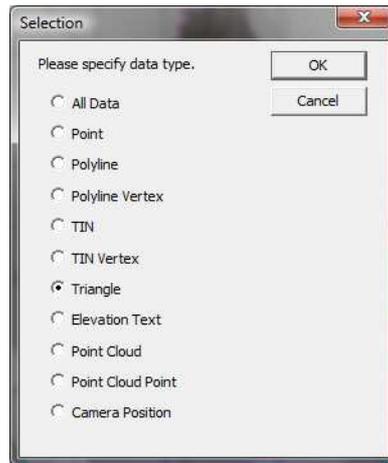


Imagen 7.54. Opciones de selección

El proceso no debe ser muy latoso si la línea de rotura al dibujar el contorno del elemento se hace lo mejor posible. En este caso basta con borrar los triángulos de gran tamaño que suelen aparecer alrededor y hacer los contornos del muro poco a poco con la herramienta para definir polígonos introduciendo el polígono un poco en la línea de rotura.

La labor más tediosa respecto a la edición de las mallas en este PFC se dio en el paño Oeste del muro P puesto que al juntar dos mallas hizo un proceso un tanto peculiar en los bordes y se formaron multitud de triángulos de mala geometría que hubo que borrar uno a uno con cuidado para no borrar los triángulos con buena geometría y textura que se encontraban debajo, el resultado final fue satisfactorio pero bajo mi punto de vista no compensa tanto trabajo en la edición.

La alternativa que se puede ver en el paño Sur del muro P ha sido editarla en Rapidform, en este programa el editado tanto de mallas como de nubes de puntos es mucho más eficaz y sencillo si se conoce el procedimiento que hay que seguir, aunque para ello hay un manual de ayuda bastante completo.

Para ello hay que exportar el modelo de Image Master en formato VRML siguiendo el menú: **File >Export >Shape File**

Una vez abierto Rapidform hay que importarlo y ya se puede trabajar sobre él. Para borrar los triángulos la herramienta que hay que utilizar es **Tools > Mesh Tools > Trim**, con la que se selecciona una región y se borra casi de inmediato.

8. TRABAJOS CON IMÁGENES IDEALIZADAS

8. TRABAJOS CON IMÁGENES IDEALIZADAS

Este apartado resulta de la posibilidad que ofertan Photomodeler e Image Master de realizar un proyecto sin tener el fichero de calibración de la cámara con la que se han tomado las fotografías que conformarán el proyecto.

Más concretamente en éste se estudia la posibilidad de realizar la orientación con una serie de fotografías idealizadas en uno de los programas mencionados e intentar orientarlas en el otro.

8.1 FOTOGRAFÍAS IDEALIZADAS EN IMAGE MASTER CALIB

Para realizar este apartado partimos de un fichero ASCII que contiene las coordenadas de los puntos de apoyo del muro que se va a tomar como ejemplo y de una serie de fotografías idealizadas en Image Master Calib. También necesitaremos la calibración realizada en Image Master Calib de la cámara con la que se han tomado las imágenes.

Image Master Calib es un módulo de Image Master en el que se realizan las calibraciones de las cámaras para crear el fichero correspondiente para trabajar en Image Master.

Lo primero que hay que hacer en este caso es obtener las fotos idealizadas, este proceso se realiza en Image Master Calib y es muy sencillo. Para ello hay que seguir estos pasos:

1. File > Image Calibration Mode
2. Introducir imágenes
3. Introducir calibración (la de Image Master)
4. Process > Image Calibration > OK
5. File > Save Image Data > Save AS...

Y ya tendremos las fotos idealizadas.

A continuación se elabora un fichero de calibración acorde a las necesidades del proyecto. Para ello abriremos Photomodeler en la opción de Camera Calibration project.

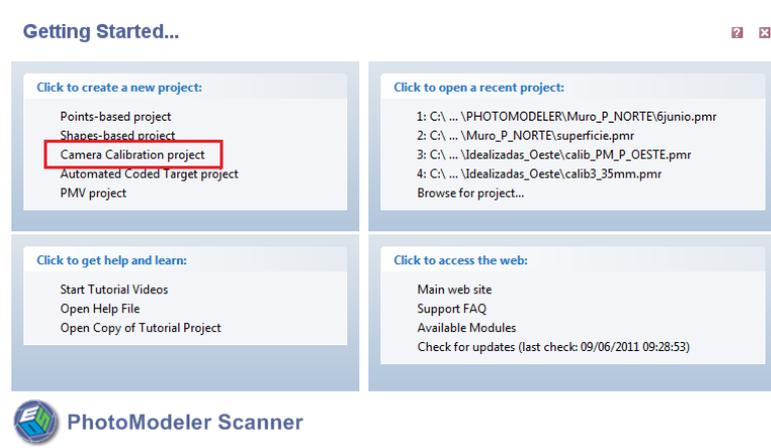


Imagen 8.1. Selección del tipo de proyecto en Photomodeler

Para generar un fichero de calibración es preciso tener 6 imágenes, si no disponemos de tal cantidad pueden utilizarse repetidas con distinto nombre. Este paso simplemente sirve para poder crear un fichero de calibración con los datos oportunos, por lo que se puede parar el proceso poco después de empezar y perder esa calibración pues no nos interesa. Lo que se quiere obtener en este caso es una ventana como la de la siguiente imagen con la que se pueda crear un fichero de calibración a conveniencia y guardarlo en la librería para poder utilizarlo en el proyecto posterior.

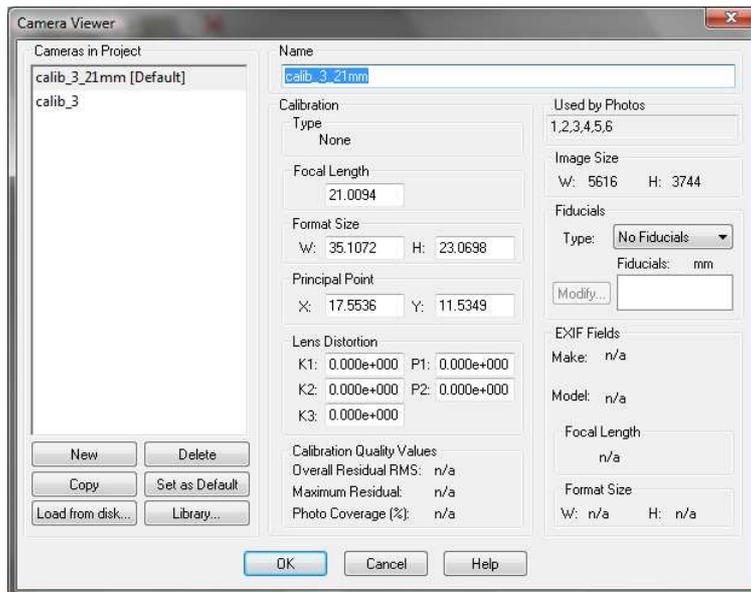


Imagen 8.2. Creación de un fichero de calibración

Como se puede observar los datos relativos a la distancia focal y la posición del punto principal (X,Y) se han copiado directamente del fichero de calibración que se obtuvo con Image Master Calib para ese objetivo. Este fichero es el siguiente:

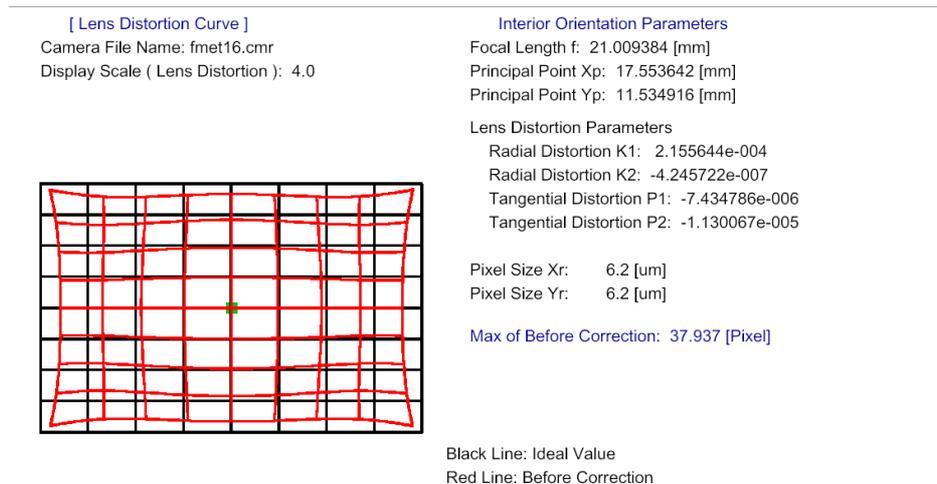


Imagen 8.3. Fichero de calibración de Image Master Calib

El "Format Size" ó tamaño específico del sensor es el valor más complejo de obtener pero por lo general puede que resulte al multiplicar por dos la posición del punto principal tanto en X como en Y, y asignar esos valores a W y H respectivamente.

En una calibración normal la posición del punto principal no es exactamente la mitad del tamaño del sensor, sino que este punto principal se ajusta junto con los demás parámetros de la calibración a una situación ideal o muy próxima a ella. Fijándonos en diversas calibraciones realizadas con Photomodeler este valor nunca es el doble que la posición del punto principal, se le aproxima bastante pero no coincide.

En nuestro caso hemos utilizado la equivalencia mitad-doble y el resultado como se puede comprobar más adelante ha sido satisfactorio. En caso de no haberlo sido se hubiera ido modificando el valor de W en magnitudes milimétricas y centimétricas.

Como es lógico en el nuevo fichero de calibración creado no se han recogido los parámetros correspondientes a la distorsión puesto que las imágenes que se introducen ya están idealizadas.

Es conveniente que a la hora de nombrar este nuevo fichero de calibración identifiquemos el valor de la distancia focal del objetivo para no caer en equivocaciones.

A partir de ahora en todo momento se siguen las instrucciones que se han descrito en el apartado de Ejecución hasta llegar al apartado de "Idealize Project" que como es obvio no hay que ejecutarlo.

Los ejemplos que se van a realizar en ambos casos se centra en la orientación de las imágenes idealizadas y su comparativa con otros proyectos realizados con las mismas fotografías sin idealizar, lo que se puede definir como la forma normal de trabajar en Photomodeler.

8.1.1 EJEMPLO PAÑO NORTE MURO "P"

Las fotografías empleadas para realizar este ejemplo se han tomado con la cámara Canon EOS 5D Mark II y el objetivo de 21mm de distancia focal.

El certificado de calibración correspondiente es el siguiente:

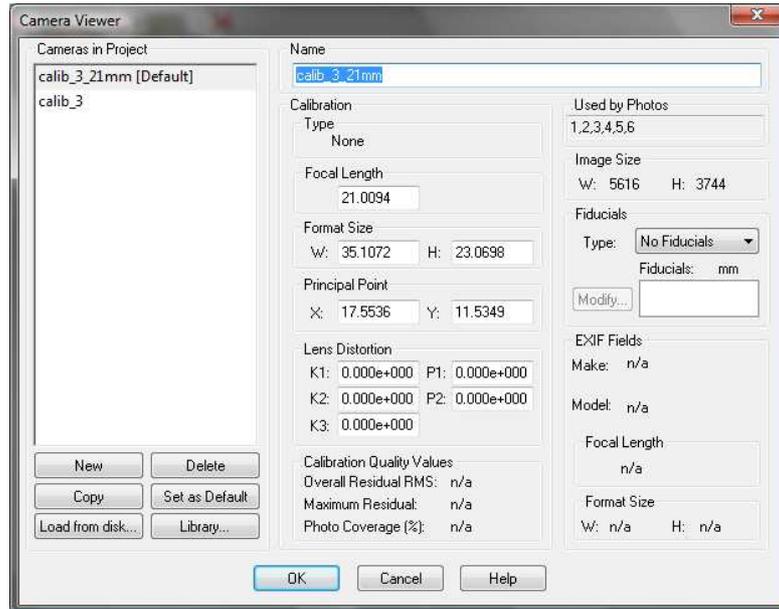


Imagen 8.4. Certificado de calibración calib_3_21mm

Una vez marcados los puntos homólogos en las fotografías y mejorado la posición de los que nos marcaba en la tabla de calidad que tenían un mayor residual se han importado y marcado los puntos de control, el resultado obtenido de la orientación el siguiente:

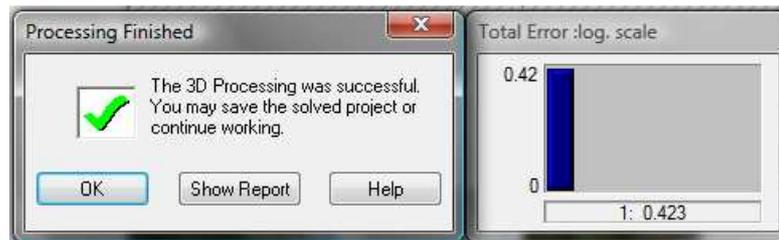


Imagen 8.5. Resultados de la orientación

El resultado de 0,42 es bastante aceptable como indica la ventana anexa, en la que se dice que el proceso ha sido satisfactorio y que se puede seguir trabajando. Como ya hemos comentado los ejemplos llegan hasta este punto.

A continuación se muestran la tabla que recoge los residuos máximos de cada punto y los residuos medios, para que el proyecto sea aceptable y se pueda seguir trabajando sin complicaciones ambos valores tienen que ser inferiores al píxel. En este caso el valor residual más alto es aproximadamente 0.9 píxel.

Table Windows													
Point table - Quality													
Id	Name	RMS Residual (pixels)	Largest Residual (pixe...)	Photo Largest Residual	Photos	X Precisi...	Y Precisi...	Z Precisi...	Tightnes (m)	Angle (deg.)	Use In Proces...	Frozen	Ref. Check Tag
1		0.6350...	0.903495...	3	1,2,3,4,...	0.0009...	0.0012...	0.0010...	0.0017...	76.563...	yes	no	
6		0.5184...	0.896482...	6	1,2,3,4,...	0.0009...	0.0011...	0.0009...	0.0025...	81.352...	yes	no	
3		0.5382...	0.840281...	1	1,2,3,4,...	0.0010...	0.0013...	0.0011...	0.0026...	72.747...	yes	no	
2		0.4361...	0.728216...	4	1,2,3,4,...	0.0008...	0.0010...	0.0009...	0.0014...	81.751...	yes	no	
9		0.4148...	0.726487...	4	1,2,3,4,...	0.0012...	0.0016...	0.0011...	0.0016...	82.256...	yes	no	
8		0.4604...	0.641185...	6	1,2,3,4,...	0.0010...	0.0012...	0.0010...	0.0014...	89.578...	yes	no	
7		0.4251...	0.593473...	2	1,2,3,5,6	0.0013...	0.0016...	0.0013...	0.0015...	80.035...	yes	no	
4		0.4498...	0.592791...	4	2,3,4,5,6	0.0009...	0.0013...	0.0010...	0.0011...	52.934...	yes	no	
5		0.1504...	0.237506...	3	2,3,4,5,6	0.0008...	0.0010...	0.0008...	0.0004...	55.108...	yes	no	

Imagen 8.6. Tabla con los errores

El proceso de orientación en la misma situación que el anterior, incluida la idealización de las imágenes tiene casi la mitad de error. Observando la tabla de los residuos también podemos observar que los valores se reducen prácticamente a la mitad. Antes de sacar conclusiones analicemos el otro ejemplo realizado de este mismo caso.

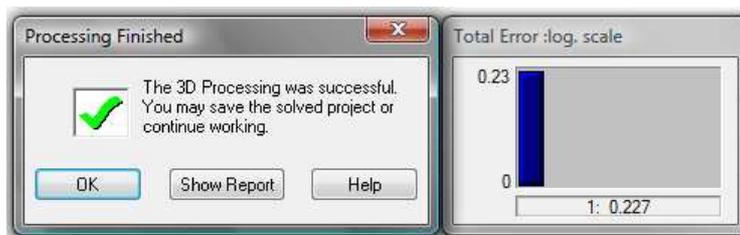


Imagen 8.7. Resultados de la orientación

Table Windows													
Point table - Quality													
Id	Name	RMS Residual (pixels)	Largest Resic (pi...	Photo Largest Residual	Photos	X Precisi...	Y Precisi...	Z Precisi...	Tightnes (m)	Angle (deg.)	Use In Proces...	Frozen	Ref. Check Tag
5		0.3446...	0.5968...	6	1,2,3,4,...	0.0004...	0.0005...	0.0004...	0.0017...	88.754...	yes	no	
7		0.3233...	0.5037...	5	1,2,3,5,6	0.0007...	0.0009...	0.0007...	0.0009...	79.849...	yes	no	
6		0.2742...	0.4487...	2	1,2,3,4,...	0.0005...	0.0006...	0.0005...	0.0004...	81.107...	yes	no	
9		0.2698...	0.4464...	5	1,2,3,4,...	0.0006...	0.0008...	0.0006...	0.0009...	81.949...	yes	no	
1		0.2852...	0.4451...	5	1,2,3,4,...	0.0005...	0.0007...	0.0005...	0.0010...	76.409...	yes	no	
4		0.2774...	0.4344...	3	1,2,3,4,...	0.0005...	0.0007...	0.0005...	0.0013...	80.548...	yes	no	
8		0.2102...	0.3350...	6	1,2,3,4,...	0.0005...	0.0006...	0.0005...	0.0009...	89.769...	yes	no	
2		0.1826...	0.2493...	5	1,2,3,4,...	0.0004...	0.0005...	0.0005...	0.0007...	81.596...	yes	no	
3		0.1275...	0.1844...	6	1,2,3,4,...	0.0005...	0.0007...	0.0006...	0.0003...	72.560...	yes	no	

Imagen 8.8. Tabla con los errores

8.1.2 EJEMPLO PAÑO OESTE MURO "P"

Las fotografías empleadas para realizar este ejemplo se han tomado con la cámara Canon EOS 5D Mark II y el objetivo de 35mm de distancia focal.

El certificado de calibración correspondiente es el siguiente:

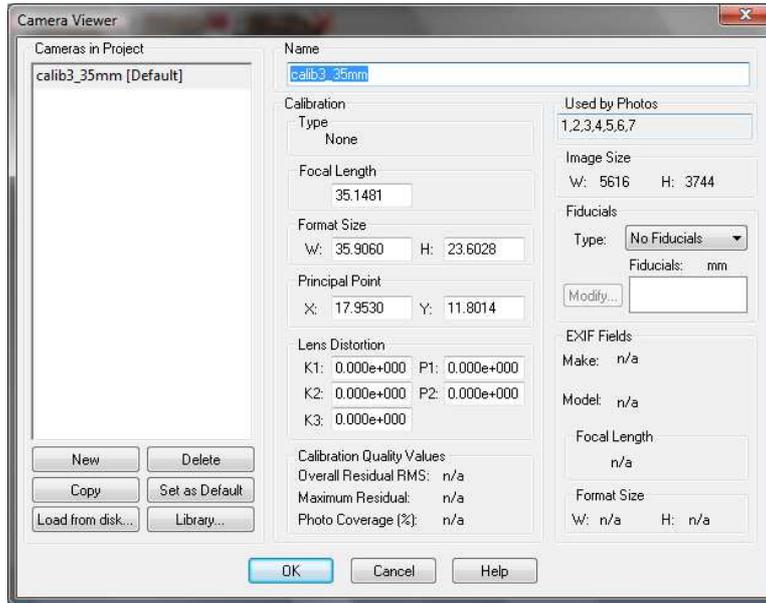


Imagen 8.9. Certificado de calibración calib_3_35mm

Como se observa en la imagen siguiente la orientación tiene un error muy pequeño y nos permite seguir trabajando.

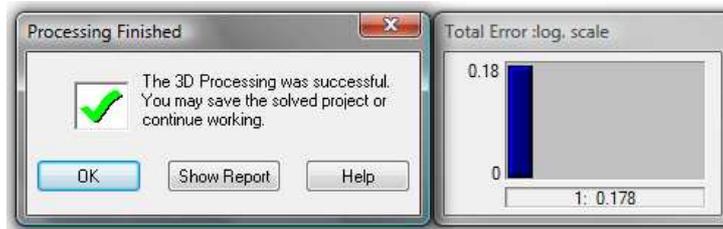


Imagen 8.10. Resultados de la orientación

El error obtenido para este paño es bastante inferior al obtenido en el mismo caso para el paño Norte.

Table Windows													
Point table - Quality													
Id	Name	RMS Residual (pixels)	Larg. Resic (pi...)	Photo Largest Residual	Photos	X Precisi...	Y Precisi...	Z Precisi...	Tightnes (m)	Angle (deg.)	Use In Proces...	Frozen	Ref. Check Tag
3		0.2996...	0.5408...	1	1,2,3,4,...	0.0004...	0.0003...	0.0003...	0.0009...	75.548...	yes	no	
5		0.2020...	0.3560...	5	1,2,3,4,...	0.0003...	0.0003...	0.0003...	0.0006...	76.934...	yes	no	
6		0.1952...	0.3453...	5	1,2,3,4,...	0.0007...	0.0005...	0.0005...	0.0006...	84.230...	yes	no	
1		0.1620...	0.2706...	1	1,2,3,4,...	0.0006...	0.0005...	0.0005...	0.0002...	55.331...	yes	no	
2		0.1509...	0.2311...	5	1,2,3,4,...	0.0006...	0.0005...	0.0005...	0.0006...	69.992...	yes	no	
7		0.1618...	0.2238...	5	1,2,3,4,...	0.0007...	0.0006...	0.0006...	0.0004...	82.171...	yes	no	
4		0.0815...	0.1318...	6	1,2,3,4,...	0.0005...	0.0003...	0.0003...	0.0002...	74.612...	yes	no	

Imagen 8.11. Tabla con los errores

Para el proyecto del mismo paño en el que se han introducido las imágenes sin calibrar y el certificado de calibración se ha elaborado con el mismo programa con el que se trabaja, la orientación tiene un error muy pequeño, algo inferior al que ha dado al utilizar fotos idealizadas.

El error después de idealizar el proyecto es el siguiente.

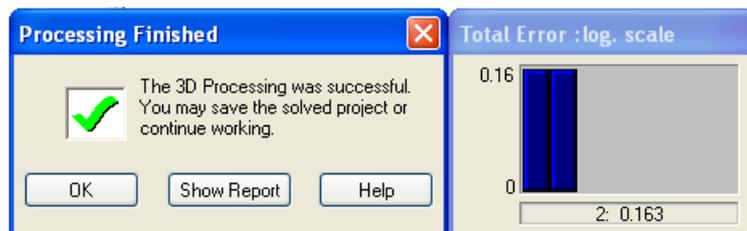


Imagen 8.12. Resultados de la orientación

Los valores de los residuos también mejoran respecto al anterior, concretamente el que más disminuye es el residuo máximo. Esta es la orientación a partir de la cual se ha generado el modelo del paño Oeste del muro “P” en Photomodeler.

Table Windows														
Point table - Quality														
Id	Name	RMS Residual (pixels)	Large Resid (pi...	Photo Largest Residual	Photos (used)	X Precision	Y Precision	Z Precision	Tightness (m)	Angle (deg.)	Use In Proces...	Frozen	Ref. Check Tag	Photos (marked)
5		0.2301...	0.3209...	2	2,3,4,...	0.0003...	0.0003...	0.0003...	0.0008...	61.237...	yes	no		2,3,4,...
3		0.2217...	0.3026...	7	2,3,4,...	0.0004...	0.0003...	0.0003...	0.0005...	59.938...	yes	no		2,3,4,...
6		0.1616...	0.2894...	3	2,3,4,...	0.0006...	0.0005...	0.0005...	0.0004...	66.132...	yes	no		2,3,4,...
7		0.1385...	0.2669...	3	2,3,4,...	0.0006...	0.0005...	0.0005...	0.0004...	65.647...	yes	no		2,3,4,...
4		0.1539...	0.2447...	3	2,3,4,...	0.0005...	0.0003...	0.0003...	0.0005...	59.780...	yes	no		2,3,4,...
1		0.1543...	0.2441...	7	2,3,4,...	0.0006...	0.0004...	0.0005...	0.0003...	55.547...	yes	no		2,3,4,...
2		0.1322...	0.1876...	7	2,3,4,...	0.0005...	0.0004...	0.0004...	0.0004...	56.200...	yes	no		2,3,4,...

Imagen 8.13. Tabla con los errores

Esto nos hace plantearnos la siguiente pregunta; ¿A qué se debe que los proyectos con imágenes idealizadas tengan un mayor error en la orientación? Pues bien al no tratarse de un error muy distante puede que el usuario haya trabajado de forma más concentrada en los de imágenes sin calibrar, pero no, este no es verdad. El error entonces deriva de la precisión en el certificado de calibración, como ya se ha comentado en este apartado la posición del punto principal se ajusta a los parámetros de deformación de la cámara al idealizar una imagen y el tamaño del sensor no es exactamente el doble de tal posición.

Se podría intentar variar el valor para W (anchura del sensor) pero los resultados son favorables e indican que se puede trabajar con esta relación entre el tamaño y la posición del punto principal ya que el error no asciende excesivamente.

8.2 FOTOGRAFÍAS IDEALIZADAS EN PHOTOMODELER SCANNER

Este proceso, que podríamos llamar inverso, es bastante más sencillo. Basta con tomar las fotografías idealizadas de un proyecto anterior de Photomodeler.

En lo que a fichero de calibración se refiere no hace falta realizar un proyecto para ello basta con introducir los parámetros correspondientes, da la posibilidad de crear un fichero dentro de un mismo proyecto.

En este fichero los datos introducidos los tomamos del fichero de calibración de la cámara objetivo con la misma distancia focal con la que están tomadas las fotografías idealizadas.

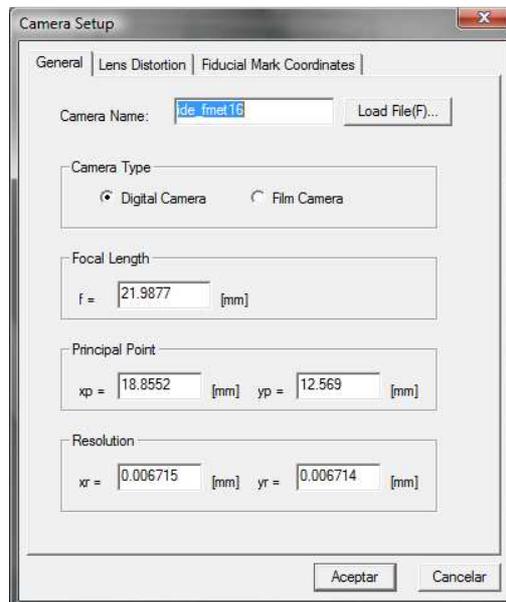


Imagen 8.14. Fichero de calibración de Image Master

Tanto la distancia focal como la posición del punto principal se han obtenido del certificado de calibración de Photomodeler. La resolución se obtiene dividiendo el formato que nos da la calibración de Image Master entre el tamaño del sensor.

8.2.1 EJEMPLO PAÑO NORTE MURO "P"

El fichero de calibración utilizado en este proyecto es el de la imagen anterior. Las fotografías utilizadas para este proyecto se han sacado con la misma cámara que el resto de proyectos y con el objetivo Zeiss de 21 mm de distancia focal.

El resultado de la orientación de las fotografías idealizadas en otro proyecto de Photomodeler es el siguiente:

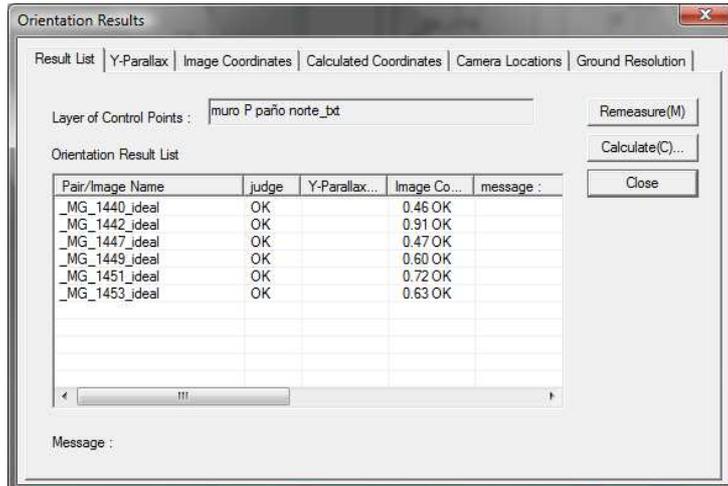


Imagen 8.15. Resultados de la orientación (Pestaña de Result List)

En él se observa que el error en píxeles de las coordenadas importadas sobre cada imagen idealizada está considerado correcto, pero hay una imagen con un valor bastante alto que no se ha podido corregir, este valor es de 0,91 píxeles y es próximo al píxel permitido por el programa.

En la imagen siguiente se puede ver la desviación estándar y el error máximo en metros de cada eje. No es del todo mala pero la experiencia indica que estos valores podrían ser mejores.

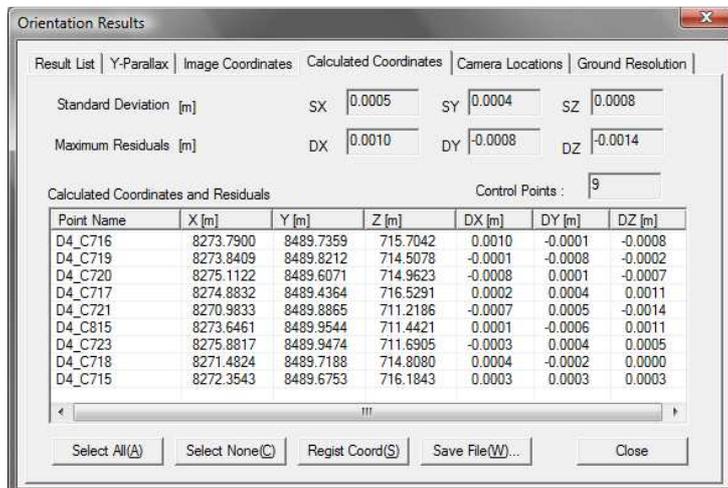


Imagen 8.16. Resultados de la orientación (Pestaña de Calculated Coordinates)

En el caso siguiente se ha trabajado con imágenes sin idealizar y el fichero de calibración de Image Master correspondiente a la cámara con un objetivo de 21 mm. Su fichero correspondiente es el siguiente.

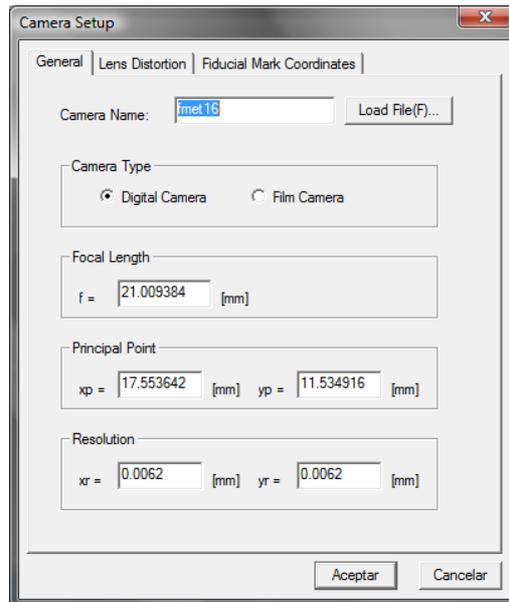


Imagen 8.17. Fichero de calibración de Image Master

En la tabla de resultados de la orientación se observa que los errores son inferiores a la mitad del píxel a excepción de una imagen.

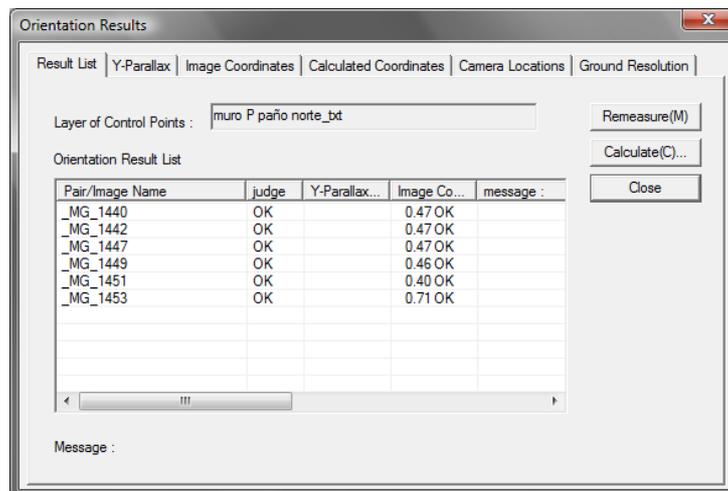


Imagen 8.18. Resultados de la orientación (Pestaña de Result List)

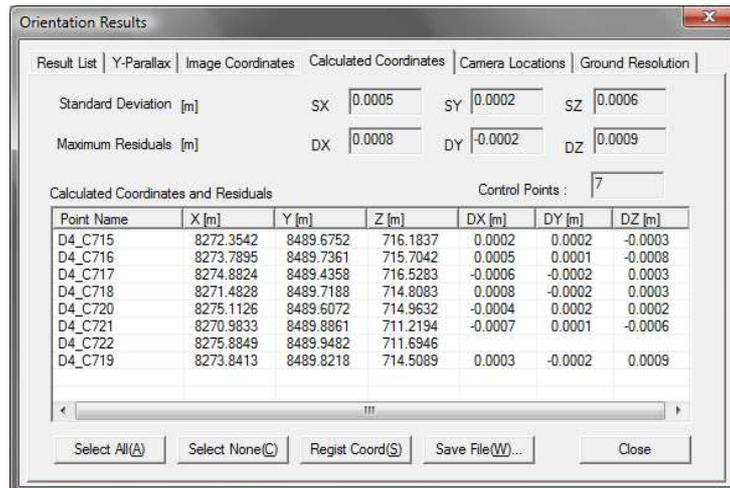


Imagen 8.19. Resultados de la orientación (Pestaña de Calculated Coordinates)

La pestaña que indica el error respecto a las coordenadas importadas muestra un menor error máximo. Con ello la precisión es mejor que la obtenida en el proyecto anterior.

8.2.2 EJEMPLO PAÑO OESTE MURO "P"

El fichero correspondiente a trabajar con imágenes tomadas con la cámara Canon EOS 5D Mark II y un objetivo Canon de 35 mm que hayan sido idealizadas en Photomodeler y vayan a ser orientadas en Image Master tendrán el siguiente certificado de calibración:

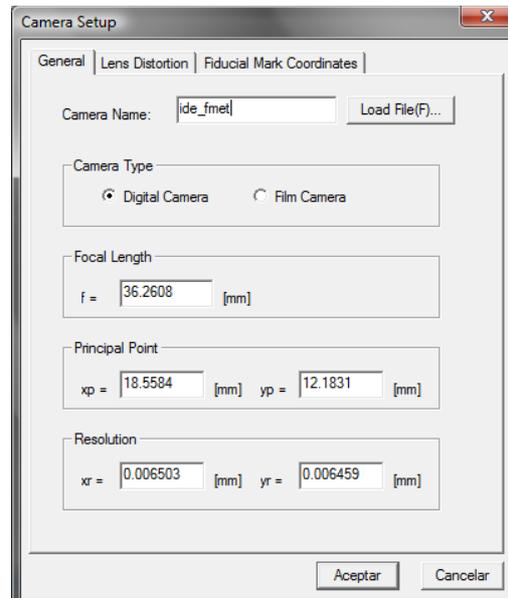


Imagen 8.20. Fichero de calibración de Image Master

El error que se observa en la tabla siguiente es mejora el resultado obtenido en el mismo proceso con el otro paño. En este caso el error máximo se da en la imagen 0213_ideal y es de 0,78 píxeles.

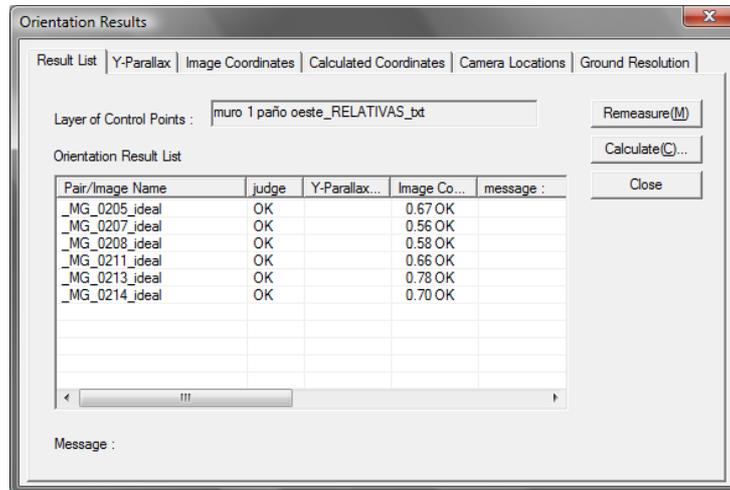


Imagen 8.21. Resultados de la orientación (Pestaña de Result List)

Los errores en las coordenadas que se muestran en la pestaña de “Calculated Coordinates” son más elevados que en los procesos normales.

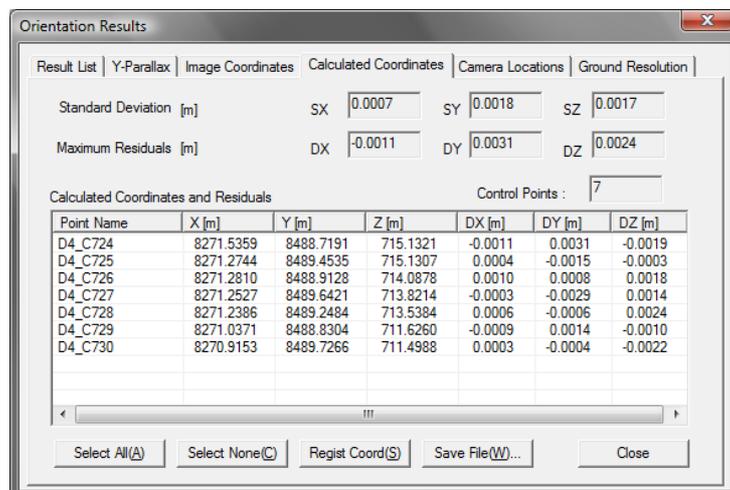


Imagen 8.22. Resultados de la orientación (Pestaña de Calculated Coordinates)

Ahora analicemos lo que ocurre con un proyecto en Image Master con fotos sin idealizar y con una calibración realizada en Image Master Calib.

Estos son los datos de la calibración para este proyecto:

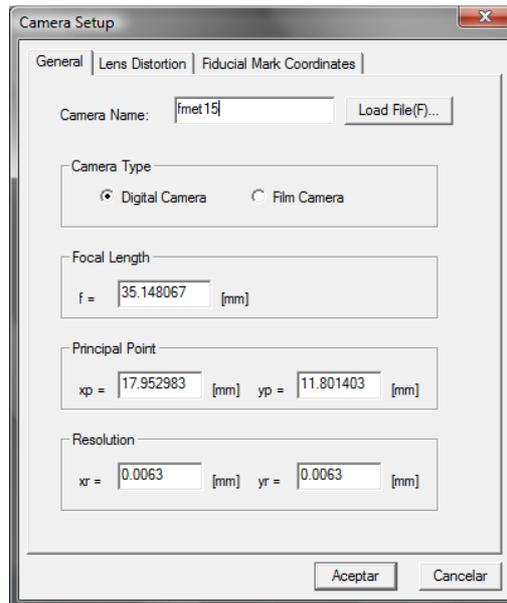


Imagen 8.23. Fichero de calibración de Image Master

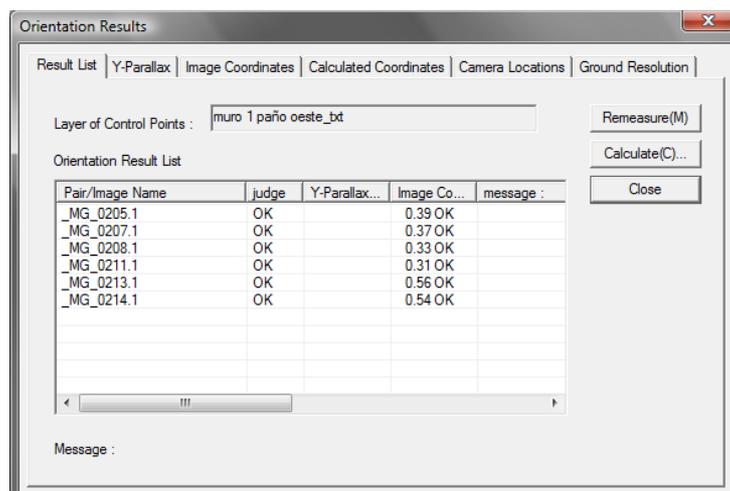


Imagen 8.24. Resultados de la orientación (Pestaña de Result List)

Los errores en píxeles obtenidos son menores que los obtenidos en el otro caso que se está estudiando, lo mismo ocurre con los errores medios y máximos, esto resulta en todas las situaciones.

The screenshot shows the 'Orientation Results' window with the 'Calculated Coordinates' tab selected. It displays standard deviation and maximum residuals for SX, SY, SZ, DX, DY, and DZ. Below this is a table of 'Calculated Coordinates and Residuals' for 13 points, including control points (pp_1, pp_3, oo_6) and object points (D4_C726 to D4_C729). The table columns are Point Name, X [m], Y [m], Z [m], DX [m], DY [m], and DZ [m].

Point Name	X [m]	Y [m]	Z [m]	DX [m]	DY [m]	DZ [m]
D4_C726	8271.2806	8488.9117	714.0858	0.0006	-0.0003	-0.0002
D4_C727	8271.2530	8489.6445	713.8200	-0.0000	-0.0005	0.0000
D4_C728	8271.2384	8489.2487	713.5360	0.0004	-0.0003	-0.0000
D4_C724	8271.5367	8488.7169	715.1339	-0.0003	0.0009	-0.0001
D4_C725	8271.2736	8489.4549	715.1314	-0.0004	-0.0001	0.0004
D4_C730	8270.9151	8489.7272	711.5009	0.0001	0.0002	-0.0001
D4_C729	8271.0375	8488.8292	711.6270	-0.0005	0.0002	0.0000
pp_1	8285.8393	8478.2355	712.7182			
pp_3	8270.9842	8489.8755	711.2041			
oo_6	8272.8825	8489.5238	717.3624			

Imagen 8.25. Resultados de la orientación (Pestaña de Calculated Coordinates)

Como conclusión se puede decir que en la medida de lo posible hay que utilizar la calibración correspondiente al programa de restitución con el que se vaya a trabajar, pero no está de más conocer esta posibilidad sabiendo que los errores no se disparan y que se podría seguir trabajando en todos los casos.

9. CONCLUSIONES

9. CONCLUSIONES

Llegados a este punto y después de haber realizado todos los trabajos pertinentes a la elaboración de este proyecto fin de carrera es el momento de plasmar una opinión fundamentada en las horas de producción del mismo, bien sea durante el aprendizaje del manejo del software o durante la realización definitiva de la documentación de muros objeto de estudio y redacción de la memoria aquí presente.

Como es conocido se ha trabajado con dos software de restitución fotogramétrica de bajo coste, Topcon Image Master y Photomodeler Scanner 6, a partir de la experimentación y aprendizaje de los mismos se han obtenido modelos tridimensionales y ortofotos de los algunos de los elementos con un mayor riesgo de desplome.

En una comparativa rápida podemos identificar a Image Master como el más completo de los dos; a él se pueden importar un mayor número de elementos, la edición de la malla por lo general es más rápida y el flujo de trabajo es más sencillo y estructurado.

Por su parte Photomodeler tiene como puntos fuertes que a diferencia del anterior se puede editar la nube de puntos y que únicamente representa la realidad, no la deforma a favor de un mejor aspecto visual.

Los resultados son muy similares en ambos casos pero Image Master ofrece una mayor calidad.

Cabe señalar que hoy en día el desarrollo de métodos de bajo coste se ha convertido en una línea de trabajo muy importante y en expansión, que posibilita la innovación tecnológica a, prácticamente cualquier profesional de la Documentación²¹, y que gracias a ello se ha podido realizar este PFC.

En lo concerniente a los obstáculos que se han encontrado durante la ejecución de este proyecto se han intentado solventar de la mejor forma posible buscando alternativas entre los diversos programas del LDGP. Y en mi opinión es de dónde más se ha aprendido porque una vez que se aprende a manejar un programa todo es muy mecánico a excepción de estos problemas que son los que verdaderamente completan el manejo y entendimiento de un software.

Concretamente la conclusión a la que llegamos después de haber realizado y analizado los resultados del capítulo 8 es que preferiblemente y en la medida de lo posible se tienen que trabajar con las fotografías idealizadas en el mismo programa con el que se han idealizado ya que el error que se comete es menor.

²¹ José Manuel Valle Melón. *Tesis Doctoral. Documentación Geométrica del Patrimonio: Propuesta conceptual y metodológica*. Logroño, junio de 2007. Páginas 9 y 50.

Otro aspecto que me gustaría señalar es el hecho de que esta es mi primera experiencia en cuanto a trabajos de documentación se refiere, es una parte de la profesión de un ingeniero Topógrafo desconocida por muchos pero muy gratificante, al menos en lo que a mí respecta. En todo el tiempo que se ha dedicado a la realización de este proyecto he aprendido mucho gracias a mis compañeros del laboratorio y a mis tutores, Álvaro y José Manuel, aspectos diferentes de los estudiados en el resto de asignaturas de la titulación.

Algunos de los aspectos que más satisfacción puede dar en un proyecto de Documentación son el hecho trabajar y aprender de otros profesionales y el de tomar conciencia de la necesidad de conservar, preservar y transmitir el patrimonio entre diferentes culturas y generaciones.

10. BIBLIOGRAFÍA

10. BIBLIOGRAFÍA

CARELLI, J.A.; JULIÁ, J.E.; LLORENS, R.E. (2010). *“Calibración de cámaras digitales de uso corriente: algunas experiencias”*. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.

[http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1698]

CARDENAL ESCARCENA, F.J.; DELGADO GARCÍA, J.; GARCÍA LÓPEZ, S. (1999). *“Diseño y simulación de redes de fotogrametría convergente mediante autocalibración”*. Dpto. de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Jaén.

[http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=693].

CARDENAL ESCARCENA, F.J.; GARCÍA LÓPEZ, S.; DELGADO GARCÍA, J.; ROMERO MANCHADO, A. (1999). *“La transformación lineal directa: un método de fotogrametría convergente de bajo coste”*. Dpto. de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Jaén.

[http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=384]

GARCÍA MARTIN, A.; ROSIQUE CAMPOY, M.F.; SEGADO VÁZQUEZ, F.E. (1994). *Topografía básica para Ingenieros*. Universidad de Murcia. ISBN: 84-7684-568-5.

GÓMEZ LAHOZ, J. *“Introducción a la Fotogrametría digital: el Método General de la Fotogrametría Digital”*. Escuela Politécnica Superior de Ávila.

LERMA GARCÍA, J.L. (2002). *Fotogrametría moderna: analítica y digital*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartografía y Topografía. Ed. Universidad Politécnica de Valencia. ISBN: 84-9705-210-2.

LÓPEZ-CUERVO ESTÉVEZ, S. (1980). *Fotogrametría*. Madrid. ISBN: 84-300-2559-6.

OGAYAR, C.J; SEGURA, R.J; FEITO F.R. (2006). *“Algoritmos de Inclusión de Puntos en Mallas de Triángulos”*. Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos. Universidad de Granada.

[<http://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/ininv/article/view/242>]

PÉREZ ÁLVAREZ J.A. (2001). *Apuntes de Fotogrametría II*. Universidad de Extremadura. Mérida.

PÉREZ ÁLVAREZ J.A. (2001). *Apuntes de Fotogrametría III*. Universidad de Extremadura. Mérida.

TÉLLEZ ALARCIA, D. (2011). *“El monasterio de San Prudencio de Monte Laturce”*. Belezos. Revista de cultura popular y tradicional de La Rioja. (15): 22-27.

TOPCON CORPORATION (2008). Operation Manual: Image Master.

TOPCON CORPORATION (2007). *Operation Manual. Camera Calibration Software: Image Master Calib.*

ROMERO MANCHADO, A. (1999). “*Calibración de cámaras no métricas por el método de las líneas rectas*”. Dpto. de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Jaén.

[http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=434]

VALLE MELÓN, J.M. (2007). “*Tesis Doctoral: Documentación Geométrica del Patrimonio. Propuesta conceptual y metodológica*”. Ed. Universidad de La Rioja. ISBN: 978-84-694-1081-3.

VALLE MELÓN, J.M.; LOPETEGUI GALARRAGA, A.; MESANZA MORAZA, A.; RODRÍGUEZ MIRANDA, A. (2003). “*Elementos Auxiliares en Fotogrametría de Objeto Cercano*”. TOPCART. Revista del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía. (XX): 4-9.

VALLE MELÓN, J.M.; MARTÍNEZ BLANCO, M.P. (2003). *Prácticas de Fotogrametría I*. Escuela Universitaria de ingeniería de Vitoria-Gasteiz. Vitoria. ISBN: 84-607—9665-5.

WOLF, P.R. (1983). *Elements of Photogrammetry, With Air Photo Interpretation and Remote Sensing*. Second edition. Ed. McGraw-Hill. ISBN: 0-07-071345-6.

► **SITIOS WEB DE REFERENCIA:**

<http://3dcadportal.com>

<http://earth.google.es>

<http://fotocursonet.wordpress.com>

<http://fsandin.wordpress.com/fotografia/>

http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Tema_10_Teoria.pdf

<http://www.3dscanco.com/products/software/3d-scanning/rapidform-xos.cfm>

<http://www.ayuntamientodeclavijo.org>

<http://www.caesoft.es>

<http://www.creaform3d.com/es/3dsolutions/software/rapidform.aspx>

<http://www.dzoom.org.es>

<http://www.ehu.es/docarq/HomePage.html>

http://www.fomento.es/mfom/lang_castellano/direcciones_generales/instituto_geografico/geodesia/red_geodesicas/preguntas.htm

<http://www.iderioja.larioja.org>

<http://imagemaster3d.com/imagemaster.html>

<http://www.photogrammy.de/>

<http://www.photodeler.com>

<http://www.puntoarquitectura.com/publicaciones-fotogrametria-tutorial-photodeler.html>

<http://www.rapidform.com>

<http://www.superfici3d.com/scanner3d/prodotti-cad-cam/rapidform/rapidform-xos.html>

<http://www.terrageomatics.com>

<http://www.wikipedia.org>

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

ANEXOS

ANEXO 1: Noticias relacionadas con el IP Erasmus 2010

SAN PRUDENCIO ACOGERÁ EN JULIO UN PROYECTO DE LA UE **27-01-2010 / P. HIDALGO**

Profesores y alumnos de siete universidades europeas y de EEUU debatirán sobre sistemas de medición y registro del patrimonio

Una cuarentena de profesores y alumnos de varias universidades europeas y de Estados Unidos desarrollarán a mediados de julio un proyecto para la puesta en común de métodos e instrumentos de registro y medida y de difusión de elementos patrimoniales en las ruinas del monasterio de San Prudencio, sito en el monte Laturce de Clavijo.

La acción, promovida por la Unión Europea, está coordinada por la Escuela de Ingeniería de la Universidad del País Vasco en Vitoria y dirigida por los profesores José Manuel Valle y Álvaro Rodríguez.

A lo largo de dos semanas, miembros de las universidades del País Vasco, Politécnica de Madrid, Hafencity de Hamburgo (Alemania), Studi Siena de Italia, National Technical (Grecia), Vilnius Gedimino de Lituania y la Universidad del Sur de Florida (Estados Unidos) debatirán acerca del más moderno instrumental utilizado para la medición. El resultado del programa se trasladará a la comunidad científica y al público general mediante tecnologías de la información. Varios profesores definieron los objetivos de la actividad durante su visita al monasterio de hace unos días.

<http://www.larioja.com/20100127/rioja-comarcas/prudencio-acogera-julio-proyecto-20100127.html>

VARIAS UNIVERSIDADES ESTUDIARÁN LAS RUINAS DEL MONASTERIO DE SAN PRUDENCIO. **27-01-2010 / @EFE**



Imagen A1.1 Vista del Monasterio desde el ascenso Este

Profesores de las Universidades del País Vasco, Politécnica de Madrid, HafenCity Universität Hamburg (Alemania), Università degli Studi Siena (Italia), National Technical University of Athens (Grecia) han visitado en los últimos días las ruinas de este monasterio con el fin de definir los objetivos del proyecto ERASMUS, que se desarrollará del 10 al 24 del próximo mes de julio.

El proyecto ha sido concedido por la UE; lo coordina la Escuela de Ingeniería de Vitoria y lo dirigen los riojanos José Manuel Valle y Álvaro Rodríguez, quien imparten su docencia en este centro.

Según han informado hoy a EFE los directores del proyecto, el interés de esta investigación se debe a la importancia de este monasterio, cuya historia, de más de diez mil años, se vio truncada con la desamortización de Mendizábal en 1835.

A partir de entonces, el monasterio, ubicado en el Monte Laturce, se ha visto expuesto permanentemente al expolio y las inclemencias atmosféricas, lo que hace que presente un aspecto “inquietante y estimulante”, cuando se atisba su presencia desde la carretera que conduce de Ribafrecha a Leza de Río Leza, ha explicado Valle.

Según los investigadores, en el siglo XIII y posteriores, este monasterio albergaba una nutrida representación de monjes y legos.

La fama del santo y su carisma, propiciaron el crecimiento del cenobio, considerando de los más destacados de la región.

Su influencia cultural sobre la zona fue extraordinaria, detallan los investigadores, quienes precisan que llegó a tener la misma importancia que otros monasterios medievales del norte de España, como San Juan de la Peña o San Victorián en el Sobrarbe.

Los alumnos que participarán en este proyecto permanecen a las universidades de las que proceden los profesores que han visitado las ruinas, además de Vilniaus Gedmino Technikos Universitetas (Lituania) y la University of South Florida (Estados Unidos).

El objetivo del trabajo, en el que también participaron diez profesores, es poner en común la terminología, métodos e instrumentos para registrar, medir, representar y difundir elementos de las ruinas de este monasterio.

Para ello, cada participante pondrá a disposición del proyecto las últimas tecnologías utilizadas en este campo y los datos resultantes serán puestos a disposición de la comunidad científica.

Este proyecto es la continuación de una experiencia similar desarrollada en el verano de 2008 en los yacimientos de Atapuerca (Burgos) y Segeda (Zaragoza).

Actualmente, este proyecto cuenta con el apoyo del Gobierno de La Rioja, aunque está abierto el plazo de colaboración y patrocinio de otras iniciativas públicas y privadas.

<http://fratertempli.wordpress.com/2010/01/27/varias-universidades-estudiaran-las-ruinas-del-monasterio-de-san-prudencio-2/>

“GEOMETRIC DOCUMENTATION OF HERITAGE: EUROPEAN INTEGRATION OF TECHNOLOGIES” EL ARTE DE DOCUMENTAR LA ARQUEOLOGÍA 03-07-2010 / JERÓNIMO SÁNCHEZ

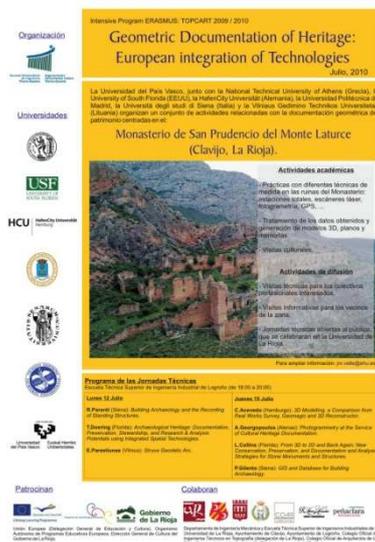


Imagen A1.2 Cartel del IP 2010

Mis amigos del LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO de la Universidad del País Vasco se han liado la manta en la cabeza y se han embarcado en organizar una de las actividades más interesantes a nivel científico del actual panorama veraniego: “Geometric Documentation of Heritage: European Integration of technologies”.

Uniendo Arqueología, Arquitectura y la Documentación del Patrimonio (lo que habitualmente se llama "topografiar", de forma errónea), han conseguido organizar un encuentro científico, con prácticas para alumnos, totalmente novedoso, de estilo europeo, volcado en el aprendizaje y en la suma de experiencias de expertos de muy distintos países...

Aquellos que hemos tenido la suerte de trabajar antes con este magnífico equipo, ya sea en Italia o en Córdoba, sabemos de su buen hacer, de la consideración que tienen a nivel internacional, así como de su insistencia por trabajar con software no propietario, aplicando tecnología propia y ofreciendo siempre soluciones científicas a largo plazo, independientemente de actualizaciones mercantiles de programas más o menos famosos. La prueba de todo ello, este curso, sus ponentes, sus objetivos y su realización.

Aquí os dejo la invitación, esperando que os interese... y esperando que alguna vez, en Córdoba, podamos disfrutar de algo así.

La Escuela U. de Ingeniería de Vitoria, a través del Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio, organiza el próximo mes de julio la actividad IP ERASMUS “Geometric Documentation of Heritage: European Integration of technologies”, que tendrá como objetivo de su actividad formativa e investigadora el Monasterio de San Prudencio de Monte Laturce (Clavijo, La Rioja), en donde se aplicarán las técnicas más modernas de registro y

representación de elementos patrimoniales, entre ellas (GPS-GLONASS, láser escáner, fotogrametría, topografía de medida directa,...)

En esta actividad participan 30 alumnos y 10 profesores de las Universidades de Vilniaus Gedimino Technikos (Lituania), Hafency Hamburgo (Alemania), Degli Studio di Siena (Italia), National Technica de Atenas (Grecia), South of Florida (USA), Politécnica de Madrid y del País Vasco.

Entre las actividades de divulgación, se ha organizado un día de puertas abiertas al Monasterio el día (13 de julio de 10 a 13 horas, desde Clavijo) y Jornadas Técnicas los días 12 y 15 de julio, a celebrar en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de La Rioja, en horario de 18 a 20 horas, con el siguiente programa:

Lunes 12:

18:00 Presentación

18:30 **R.Parenti** (Siena): *Building Archaeology and the Recording of Standing Structures.*

19:00 **T.Doering** (Florida): *Archaeological Heritage: Documentation, Preservation, Stewardship, and Research & Analysis Potentials using Integrated Spatial Technologies.*

19:30 **E.Parseliunas** (Vilnius): *Struve Geodetic Arc.*

Jueves 15:

18:00 **C.Acevedo** (Hamburgo): *3D Modelling, a Comparison from Real Works Survey, Geomagic and 3D Reconstructor.*

18:30 **A.Georgopoulos** (Atenas): *Photogrammetry at the Service of Cultural Heritage Documentation.*

19:00 **L.Collins** (Florida): *From 3D to 2D and Back Again: New Conservation, Preservation, and Documentation and Analysis Strategies for Stone Monuments and Structures.*

19:30 **P.Gilento** (Siena): *GIS and Database for Building Archaeology.*

<http://arqueologiaencordoba.blogspot.com/2010/07/geometric-documentation-of-heritage.html>

LA ESCUELA DE INGENIERÍA ACOGE LAS JORNADAS SOBRE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO 'MONASTERIO DEL MONTE LATURCE'

La Escuela de Ingeniería de la Universidad de La Rioja acoge la celebración de las Jornadas Técnicas Internacionales sobre Documentación Geométrica del Patrimonio 'Monasterio de San Prudencio del Monte Laturce (Clavijo)'.

09-07-2010 / EUROPA PRESS / LOGROÑO

La Escuela de Ingeniería de la Universidad de La Rioja acoge la celebración de las Jornadas Técnicas Internacionales sobre Documentación Geométrica del Patrimonio 'Monasterio de San Prudencio del Monte Laturce (Clavijo)'.

Estas jornadas se enmarcan dentro de la iniciativa IP ERASMUS 'Geometric Documentation of Heritage: Eupropean Integration of technologies' que organiza la Escuela Universitaria de Ingeniería de la UPV en **Vitoria** en colaboración con otras universidades de **Alemania, Italia, Grecia, Lituania, EE UU y España (Universidad Politécnica de Madrid y Universidad de La Rioja)**.

En total participan 30 alumnos y 10 profesores en un conjunto de actividades que tienen por objetivo aplicar las técnicas más modernas de registro y representación de elementos patrimoniales (GPS-GLONASS, láser escáner, fotogrametría, topografía de medida directa,) sobre el Monasterio de San Prudencio de Monte Laturce (Clavijo, La Rioja).

El salón de actos de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de La Rioja acoge dos sesiones de las jornadas técnicas internacionales, que van a celebrarse el lunes 12 y jueves 15 de julio en horario de 18.00 a 20.00 horas.

Además, el miércoles 14 de julio está prevista una visita al Monasterio de San Prudencio del Monte Laturce con salida desde Clavijo.

Estas jornadas están patrocinadas por la delegación General de Educación y Cultura de la UE, el Organismo Autónomo de Programas Educativos Europeos y la Dirección General de Cultura del Gobierno de La Rioja.

Además cuentan con la colaboración del Departamento de Ingeniería Mecánica y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de La Rioja, los Ayuntamientos de Clavijo y de Logroño, el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía (delegación de La Rioja), Colegio Oficial de Arquitectos de La Rioja, Bodegas López de Heredia Viña Tondonia y Peñaclara.

http://noticias.lainformacion.com/espana/la-escuela-de-ingenieria-acoge-las-jornadas-sobre-documentacion-geometrica-del-patrimonio-monasterio-del-monte-laturce_juiXQZBd4M7uWjN3RVHEy2/

EL OBJETIVO APUNTA A MONTE LATURCE

Varias universidades participan en un programa Erasmus para investigar el monasterio

19-07-10 / TEXTO Y FOTO: CASIMIRO SOMALO / LOGROÑO



Imagen A1.2 Imagen tomada en el interior de la “cripta”

Profesores y alumnos de varias universidades europeas y americanas participan en un estudio sobre el mítico monasterio de San Prudencio de Monte Laturce, en el municipio riojano de Clavijo. El equipo ha utilizado las más modernas tecnologías (GPS-Glonass, láser escáner, fotogrametría, topografía de medida directa...) para recrear hasta el más mínimo detalle del que fuera uno de los monasterios más singulares de nuestra Edad Media.

El plan de trabajo establecido, según contaba Javier García Turza, director general de Cultura de La Rioja, establece un estudio fotogramétrico para reproducir los distintos espacios del monasterio de Monte Laturce.

A partir del mismo hay previsto un plan de trabajo de larga duración para consolidar todos los elementos que quedan en el monasterio y proceder a su protección y vallado circundante.

García Turza, autor de un estudio histórico y detallado del monasterio riojano (1992) declaraba que Monte Laturce «es un elemento patrimonial de primera magnitud». Asimismo señaló que hasta la fecha «ha pasado desapercibido para el gran público». La proximidad de Clavijo, según reconocía, podía haber focalizado toda la atención.

Sin embargo, el monasterio, levantado en su día en una zona fronteriza con el dominio musulmán, forma parte de nuestra historia desde hace más de un milenio.

El plan de la Escuela de Ingeniería de Vitoria a través del Laboratorio de Documentación Geométrica de la Universidad del País Vasco, está incluido en un programa IP Erasmus denominado 'Geometric Documentación of Heritage: European Integration of technologies'.

La iniciativa formativa y educativa está patrocinada por el Organismo Autónomo de Programas Educativos Europeos y cuenta con la colaboración del Gobierno de La Rioja, ayuntamientos de Clavijo y Logroño y numerosas empresas e instituciones. Los trabajos de documentación que se vienen realizando pueden contemplarse en la página web preparada para la gestión del proyecto (<http://moodletic.ehu.es/moodle/course/view.php?id=1664>). Basta con aceptar la advertencia de seguridad y seleccionar el botón 'entrar como invitado'.

Álvaro Rodríguez Miranda y José Manuel Valle Melón, coordinadores del proyecto, se muestran satisfechos del trabajo realizado hasta la fecha así como de la implicación de personas e instituciones en el desarrollo del plan.

Hasta la fecha en el trabajo de campo han venido trabajando 30 alumnos y 10 profesores de distintas universidades, en su mayoría ingenieros topógrafos.

<http://www.larioja.com/v/20100719/sociedad/objetivo-apunta-monte-laturce-20100719.html>

EL MONASTERIO DE SAN PRUDENCIO DE MONTE LATURCE

1ER CUATRIMESTRE DE 2011/ TEXTO: Diego Téllez Alarcia IMÁGENES: Diego Téllez Alarcia, Wikipedia, Albelda.org, Archivo municipal de Logroño, Ayuntamientodeclavijo.org, Jesús Avrial y Flores. MAPA: Herminia Pagola

El apartado que nos interesa es el siguiente:

Una mirada al futuro (pagina 27)

Precisamente es de Vitoria de donde están llegando nuevos bríos para la valorización y recuperación de este importante monumento. Recientemente se han desarrollado tareas de registro de información geométrica con el objetivo de obtener representaciones cartográficas y modelos virtuales de representación a cargo de un proyecto dirigido por los investigadores José Manuel Valle Melón y Álvaro Rodríguez Miranda, de la Universidad del País Vasco. Este proyecto está incluido en un programa IP Erasmus denominado *Geometric Documentaton of Heritage: European Integration of technologies* y es apoyado por distintas instituciones y empresas, entre las que se encuentra el Gobierno de La Rioja.

Sus resultados podrán seguirse en Internet: <http://moodletic.ehu.es/moodle/course/view.php?id=1664>, web a la que se accede como "invitado" tras aceptar la advertencia de seguridad.

Esperemos que esta iniciativa pionera encuentre continuidad en el futuro, más allá del estudio topográfico y registro cartográfico de los restos, en un proyecto global que integre otros aspectos fundamentales como una excavación arqueológica sistemática, un proyecto de conservación y musealización y un estudio histórico apropiados. Será la única forma de que nuestros hijos puedan heredar en las mejores condiciones posibles una de las muestras más singulares de nuestro patrimonio.

TÉLLEZ ALARCIA, D. 2011. El monasterio de San Prudencio de Monte Laturce. Belezos.Revista de cultura popular y tradicional de La Rioja. (15): 22-27.

ANEXO 2: Especificaciones técnicas y características de la instrumentación utilizada

Leica TPS1200

Especificaciones técnicas y características del sistema



Modelos y opciones

	TC	TCR	TCRM	TCA	TCP	TCRA	TCRP
Medición de ángulos	*	*	*	*	*	*	*
Medición de distancias (IR)	*	*	*	*	*	*	*
PuntoPreciso medición distancias sin prisma (RL)		*	*			*	*
Motorizada			*	*	*	*	*
Reconocimiento Automático de Prisma (ATR)				*	*	*	*
PowerSearch (PS)					*		*
Luces Replanteo (EGL)	o	o	o	*	*	*	*
Unidad Control Remoto (RX1220)	o	o	o	o	o	o	o
GUS74 Guiado Láser				o		o	
SmartStation (ATX1230)	o	o	o	o	o	o	o

* = Estándar o = Opcional

Medición Angular

		Tipo 1201	Tipo 1202	Tipo 1203	Tipo 1205
 Precisión (desviación estándar, ISO 17123-3)	Hz, V	1" (0.3 mgon)	2" (0.6 mgon)	3" (1 mgon)	5" (1.5 mgon)
	Resolución de pantalla:	0.1" (0.1 mgon)	0.1" (0.1 mgon)	0.1" (0.1 mgon)	0.1" (0.1 mgon)
Método	Absoluto, continuo, diametral				
Compensador	Rango de Trabajo	4' (0.07 gon)	4' (0.07 gon)	4' (0.07 gon)	4' (0.07 gon)
	Precisión:	0.5" (0.2 mgon)	0.5" (0.2 mgon)	1.0" (0.3 mgon)	1.5" (0.5 mgon)
	Método	Compensador de doble eje centrado			

Medición de distancias (IR)

 Alcance (condiciones atmosféricas medias)	Prisma Circular (GPR1):	3000 m
	Prisma 360° (GR24):	1500 m
	Miniprisma (GMP101):	1200 m
	Diana Reflectante (60 mm x 60 mm):	250 m
	Mínima distancia medible:	1.5 m
Precisión / Tiempo Medición (desviación estándar, ISO 17123-4)	Modo Estándar:	2 mm + 2 ppm / tp. 1.5 s
	Modo Rápido:	5 mm + 2 ppm / tp. 0.8 s
	Modo Tracking:	5 mm + 2 ppm / tp. < 0.15 s
	Resolución pantalla:	0.1 mm
Método	Medición de fase (coaxial, láser infrarrojo invisible)	

Puntero R100/R300 medición distancias sin prisma (LR)

 Alcance (condiciones atmosféricas medias)	PuntoPreciso R100:	170 m/100 m (Carta Kodak Gris reflexivo 90% / 18% reflexivo)
	PuntoPreciso R300:	500 m/300 m (Carta Kodak Gris reflexivo 90% / 18% reflexivo)
	Mínima distancia medible:	1.5 m
	Largo Alcance al prisma circular (GPR1):	1000 m - 7500 m
Precisión / Tiempo Medición (desviación estándar, ISO 17123-4)	Sin prisma < 500 m:	3 mm + 2 ppm / tp. 3 - 6 s, max. 12 s
	Sin prisma > 500 m:	5 mm + 2 ppm / tp. 3 - 6 s, max. 12 s
	Largo Alcance:	5 mm + 2 ppm / tp. 2.5 s, max. 12 s
Tamaño del punto láser	A 20 m:	Aprox. 7 mm x 14 mm
	A 100 m:	Aprox. 12 mm x 40 mm
Método	PuntoPreciso R100:	Medición de fase (coaxial, láser rojo visible)
	PuntoPreciso R300:	Sistema de Análisis (coaxial, láser rojo visible)

Motorizada

 Velocidad Máxima	Velocidad Rotación:	45° / s
---	---------------------	---------



Reconocimiento Automático de Prisma (ATR)

Alcance (condiciones atmosféricas medias)	Prisma Circular (GPR1):	1000 m / 800 m
	Prisma 360° (GR24):	600 m / 500 m
	Miniprisma (GMP101):	500 m / 400 m
	Diana Reflectante (60 mm x 60 mm):	55 m (175 ft)
	Mínima distancia medible:	1.5 m / 5 m
Precisión / Tiempo medición	Precisión Posicionamiento:	< 2 mm
	Tiempo medición:	3 - 4 s
Velocidad máxima (Modo LOCK)	Tangencial (modo estándar):	5 m / s a 20 m, 25 m / s a 100 m
	Radial (modo tracking):	4 m / s
Método	Procesamiento Imagen Digital (haz láser)	



PowerSearch (PS)

Alcance (condiciones atmosféricas medias)	Prisma Circular (GPR1):	200 m
	Prisma 360° (GR24):	200 m (perfectamente alineado al instrumento)
	Miniprisma (GMP101):	100 m
	Mínima distancia medible:	5 m
Tiempo de búsqueda	Tiempo búsqueda típico:	< 10 s
Velocidad máxima	Velocidad Rotación:	45° / s
Método	Procesamiento Imagen Digital (abarrico rotante láser)	



Luces Replanteo (EGL)

Alcance (condiciones atmosféricas medias)	Rango de trabajo:	5 m - 150 m
	Precisión	Precisión posicionamiento:



Datos Generales

Anteojos	
Aumentos:	30x
Apertura libre objetivo:	40 mm
Campo de visión:	1°30' (1.66 gon) / 2.7 m a 100 m
Rango de enfoque:	1.7 m al infinito
Teclado y pantalla	
Pantalla:	LCD 1/4 VGA (320*240 píxeles), gráfica, iluminación, pantalla táctil (opcional)
Teclado:	34 botones (12 función, 12 alfanuméricos), iluminación
Ángulos mostrados:	360° °', 360° decimal, 400 gon, 6400 mil, 1/8"
Distancia mostrada:	Metro, pie int., pie/pulgada, pie US, pie/pulgada US
Posición:	Posición I estándar; Posición II opcional
Almacenamiento datos	
Memoria Interna:	32 MB (opcional)
Tarjeta de memoria:	CompactFlash (32 MB y 256 MB)
Número de grabaciones:	1750 / MB
Interface:	RS232, Bluetooth® Wireless Technology (opcional)
Nivel circular	
Sensibilidad:	6' / 2 mm

Plomada Láser	
Precisión centrado:	1.5 mm a 1.5 m
Diámetro punto láser:	2.5 mm a 1.5 m
Tornillos sin fin	
Nº de tornillos:	1 horizontal / 1 vertical
Batería (GEB221)	
Tipo:	ión-Litio
Voltaje:	7.4 V
Capacidad:	3.8 Ah
Tiempo de trabajo:	tip. 6 - 8 h
Pesos	
Estación total:	4.8 - 5.5 kg
Batería (GEB221):	0.2 kg
Base nivelante (GDF121):	0.8 kg
Especificaciones del entorno	
Rango de temperatura de trabajo:	-20°C a +50°C
Rango de temperatura de almacenamiento:	-40°C a +70°C
Polvo / Agua (IEC 60529):	IP54
Humedad:	95%, sin condensación



Unidad de Control Remoto (RX1220)

Comunicación	Vía radio modem integrado	
Unidad de Control	Pantalla:	LCD 1/4 VGA (320*240 píxeles), gráfica, pantalla táctil, iluminación
	Teclado:	62 botones (12 función, 40 alfanuméricos), iluminación
	Interface:	RS232
Batería (GEB211)	Tipo:	ión-Litio
	Voltaje:	7.4 V
	Capacidad:	1.9 Ah
	Tiempo de trabajo:	tip. 10 h
Pesos	Unidad de Control RX1220:	0.6 kg
	Batería (GEB211):	0.1 kg
	Adaptador al bastón:	0.25 kg
Especificaciones del entorno	Rango de temperatura de trabajo:	-30°C a +65°C
	Rango de temperatura de almacenamiento:	-40°C a +80°C
	Polvo / Agua (IEC 60529):	IP67
	Resistencia al agua (MIL-STD-810F):	Inmersión temporal a 1 m

Technical data	TC/TCR 302	TC/TCR 303	TC/TCR 305	TC/TCR 307
Telescope				
Magnification	30x			
Field of View	1° 30' (26m at 1km)			
Reticle Illumination	Bright / Dim Selectable			
Angle Measurement				
Method	Absolute, Diametrical	Absolute	Absolute	Absolute
Display least count	1" (0.1mgon)	1" (0.5mgon)	1" (0.5mgon)	1" (0.5mgon)
Accuracy (DIN 18723, ISO 12857)	2" (0.6mgon)	3" (1mgon)	5" (1.5mgon)	7" (2mgon)
Compensator				
System	Integrated electronic dual axis, Liquid			
Working Range	± 4'			
Setting Accuracy	0.5"	1"	1.5"	2"
Distance Measurement				
Infrared (IR) Coaxial				
Range ¹⁾ to 1 Leica GPR1 prism	3000m	3000m	3000m	2500m
Range ¹⁾ to 1 Leica GMP102 prism	1200m			
Range ¹⁾ to Retro Tape (60mm x 60mm)	250m			
Accuracy (Fine/Rapid/Tracking)	2m m + 2ppm / 5mm + 2ppm / 5mm + 2ppm			
Measuring Time (Fine/Rapid/Tracking)	< 1s / < 0.5s / < 0.3s			
Visible Laser²⁾ (RL) Coaxial				
Range ¹⁾ to suitable surface without reflector (Short mode) – White side of grey card	80m			
Range ¹⁾ to Leica GPR1 prism (Long mode)	5000m			
Accuracy (Short/Long/Tracking)	3m m + 2ppm / 5mm + 2ppm / 5mm + 2ppm			
Measuring Time (Short/Long/Tracking)	3s + 1s / 10m (>30m) / 2.5s / 1s + 0.3s / 10m (>30m)			
Spot size at 50m	12mm elliptical			
Laser Class	2/II			
System				
Data storage: Internal memory	4000 data records			
Data storage: External	Connect to external data recorder via Interface port			
Serial Interface	RS232			
Data exchange	GSI / IDEX / Definable Formats			
On-board Programs	Surveying / Set Out / Tie Distance / Area / Free Station			
Built-in Functions	REM / REC / IR-RL Switch / Delete Last Record			
Display	LCD 8 lines x 24 characters / 40mm x 65mm with built-in illumination			
Keyboard	12 keys (Alphanumeric input) optional 2nd keyboard			
Laser Plummet				
Type	Laser Pointer with adjustable intensity			
Accuracy	± 0.8mm at 1.5m			
Operation Environment				
Operation temperature	-20°C to 50°C			
Protection to IEC529 (Dust and water)	IP54			
Humidity	95% RH, non condensing			
Storage temperature	-40°C to 70°C			
Dimensions and Weights				
Gross dimensions (L x W x H)	151mm x 203mm x 316mm			
Weight (instrument only)	4.5kg	4.2kg	4.2kg	4.2kg
Power Supplies				
Battery (Standard)	NiMH / Standard Camcorder			
Voltage/Capacity	6V / 1800mAh (GEB111)			
Continuous use – angle mode	> 4 hours			
No. of measurements with distance	> 1000			
Recharging time	1 hour			
Optional power supplies (Adapter required)	NiMH 6V / 3.6Ah (GEB121) / 6x LR6 AA 1.5V Alkaline cells			

¹⁾ Average atmospheric conditions; slight haze or some clouds, slight heat shimmer

²⁾ Only valid for TCR models

ANEXO 3: Certificados

Certificado de Verificación y Control

Nº de Certificado 300729234
Fecha 28.01.2011

Leica Geosystems, s.l.
Autov.Fuencarral-Alcobendas
Km 15'700, nº 24
Edif. Europa 1, Portal 3, 1º
28108 ALCOBENDAS (Madrid)
Teléfono (+34) 91 744 0740
Fax (+34) 91 744 0741
www.leica-geosystems.com

UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO
E.U.I.T. Ind. e Ing.Tec.Topog.
NIEVES CANO, 12

01006 VITORIA

Número de cliente 50198
Instrumento TCR1205 R300, taquímetro + EDM sin ref.
Nº de Serie 213379
Técnico 125458

Proceso de Verificación y Control:

El instrumento ha sido verificado y controlado conforme a los procedimientos establecidos por Leica Geosystems, S.L. según el manual del instrumento en cuestión.

Resultados:

Temperatura durante la verificación (°C): 24

	Entrada	Tolerancia	Salida	Incertidumbre
Desviación Hz (Gon)	0.0020	0.0015	0.0015	0.0009
Desviación Vt (Gon)	0.0022	0.0015	0.0015	0.0008
Desviación distancia (mm) (Distanciómetro infrarrojo)	1	1mm + 1.5ppm	1	0.2
Desviación distancia (mm) (Distanciómetro láser)	2	2mm + 2ppm	2	1.3

Patrones empleados:

Angulos:

Colimador de ejes: Wild nº 10802 (Incertidumbre asociado con el patrón: 0.0005 gon)

Distancia:

La base de distancias ha sido calibrada por el Centro Español de Metrología con un taquímetro electrónico de 0,01 mm de resolución, con trazabilidad a patrones nacionales

Comentarios:

Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones y poseen trazabilidad a patrones nacionales o a patrones extranjeros

No se permite la reproducción parcial de este certificado sin la aprobación por escrito de Leica Geosystems, s.l. Este documento no tiene carácter de calibración.

Certificado de Verificación y Control

Nº de Certificado 300557022
Fecha 13.01.2009

Leica Geosystems, s.l.
Ibarrekolanda, 36
48015 Bilbao - Deusto
Teléfono +34 94 447 3104
Fax +34 94 447 3393
www.leica-geosystems.com

UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO
E.U.I.T. Ind. e Ing.Tec.Topog.
NIEVES CANO, 12

01006 VITORIA
SPANIEN

Número de cliente 50198
Instrumento TCR307 rl.Taquímetro es.base, set
Nº de Serie 681043
Técnico 110336

Proceso de Verificación y Control:

El instrumento ha sido verificado y controlado conforme a los procedimientos establecidos por Leica Geosystems, S.L. según el manual del instrumento en cuestión.

Resultados:

Temperatura durante la verificación (°C): 24

	Entrada	Tolerancia	Salida	Incertidumbre
Desviación Hz (Gon)	0.0015	0.0020	0.0003	0.0007
Desviación Vt (Gon)	0.0025	0.0020	0.0003	0.0008
Desviación distancia (mm) (Distanciómetro infrarrojo)	0.1	2mm+2ppm	0.1	0.1
Desviación distancia (mm) (Distanciómetro láser)	2.0	3mm+2 ppm	2.0	0.1

Patrones empleados:

Angulos:

Colimador de ejes: Wild nº 9694 (Incertidumbre asociado con el patrón: 0.0005 gon)

Distancia:

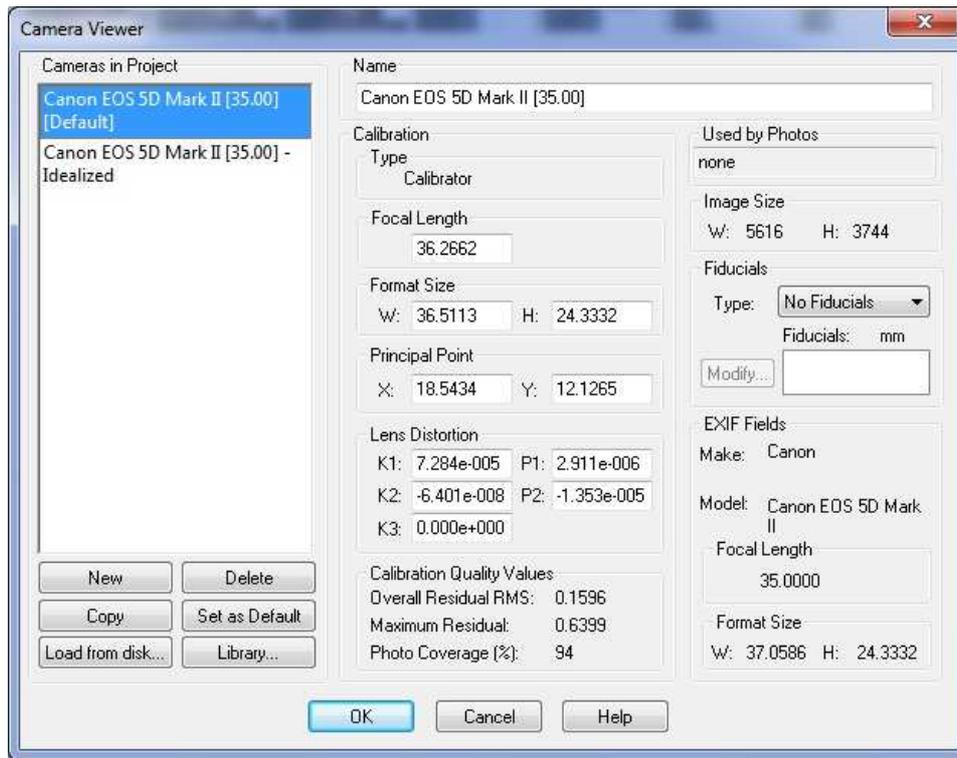
La base de distancias ha sido calibrada por el Centro Español de Metrología con un taquímetro electrónico de 0,01 mm de resolución, con trazabilidad a patrones nacionales

Comentarios:

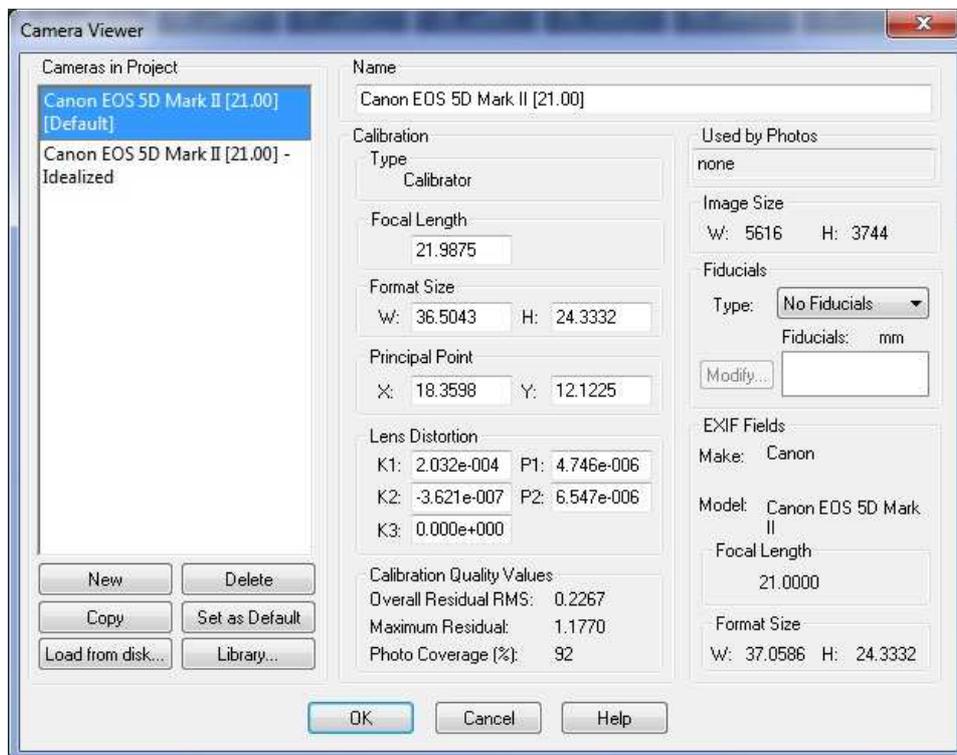
Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones y poseen trazabilidad a patrones nacionales o a patrones extranjeros

No se permite la reproducción parcial de este certificado sin la aprobación por escrito de Leica Geosystems, s.l.

Canon EOS 5D MARK II + Objetivo Canon 35 mm en Photodeler Scanner



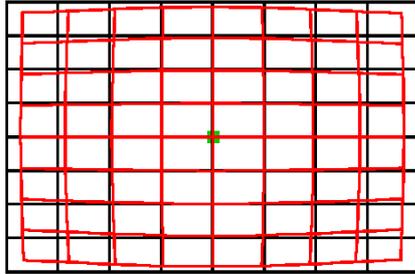
Canon 5D MARK II + Objetivo ZEISS 21 mm en Photodeler Scanner



Canon EOS 5D MARK II + Objetivo Canon 35 mm en Image Master

[Lens Distortion Curve]

Camera File Name: fmet15.cmr
Display Scale (Lens Distortion): 4.0



Interior Orientation Parameters

Focal Length f: 35.148067 [mm]
Principal Point Xp: 17.952983 [mm]
Principal Point Yp: 11.801403 [mm]

Lens Distortion Parameters

Radial Distortion K1: 7.816239e-005
Radial Distortion K2: -7.163985e-008
Tangential Distortion P1: 1.107042e-005
Tangential Distortion P2: -1.804244e-005

Pixel Size Xr: 6.3 [um]
Pixel Size Yr: 6.3 [um]

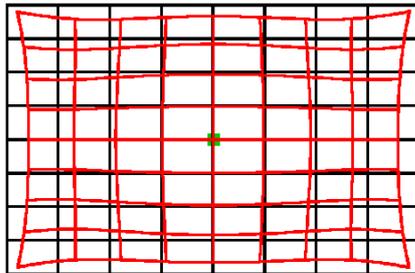
Max of Before Correction: 53.173 [Pixel]

Black Line: Ideal Value
Red Line: Before Correction

Canon 5D MARK II + Objetivo ZEISS 21 mm en Image Master

[Lens Distortion Curve]

Camera File Name: fmet16.cmr
Display Scale (Lens Distortion): 4.0



Interior Orientation Parameters

Focal Length f: 21.009384 [mm]
Principal Point Xp: 17.553642 [mm]
Principal Point Yp: 11.534916 [mm]

Lens Distortion Parameters

Radial Distortion K1: 2.155644e-004
Radial Distortion K2: -4.245722e-007
Tangential Distortion P1: -7.434786e-006
Tangential Distortion P2: -1.130067e-005

Pixel Size Xr: 6.2 [um]
Pixel Size Yr: 6.2 [um]

Max of Before Correction: 37.937 [Pixel]

Black Line: Ideal Value
Red Line: Before Correction

ANEXO 4: Descripción del software utilizado

PHOTOMODELER SCANNER 6

Este programa nos proporciona las herramientas necesarias para la creación de modelos en tres dimensiones precisos y de alta calidad, así como la posibilidad de realizar medidas a partir de las fotografías.

Este software, basado en técnicas fotogramétricas, permite la creación de modelos 3D a partir de fotografías digitales y además ofrece la posibilidad de una vez creados estos, obtener ortofotografías y generar animaciones en movimiento de los mismos.

La versión que se ha utilizado en este proyecto incorpora las herramientas necesarias para crear nubes de puntos (Dense Surface Modeling o DSM), además de las ya tradicionales superficies malladas. Esta posibilidad de crear la nube de puntos y poder editarla antes de realizar la triangulación permite una mejora significativa en la documentación y visualización del objeto a documentar. Esta versión emplea la correlación automática a la hora de generar la nube de puntos, para facilitar este proceso las imágenes tienen que ser lo más parecidas entre sí, por lo que utilizamos la fotogrametría estereoscópica.

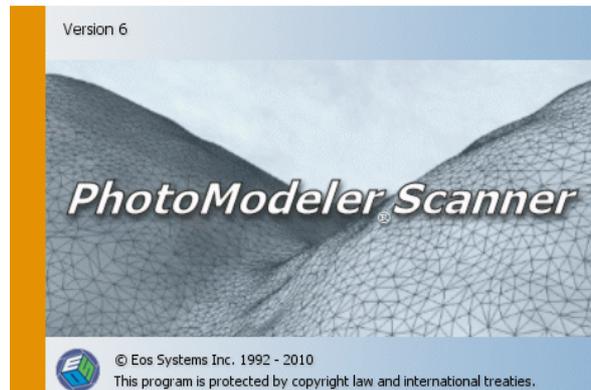


Imagen A4.1. Caratula de Photomodeler Scanner 6

Los requerimientos de hardware que exige este programa son un software 2K/XP/Vista. No hace requerimientos especiales ni tarjetas gráficas, ni en RAM, ni tampoco en el disco duro, pero sí es deseable una buena tarjeta de vídeo y la mayor RAM posible.

Los productos obtenidos en este proyecto a partir de la restitución realizada con este software son los modelos 3D de los muros objeto de estudio y las ortofotos de los mismos.

En estos links podemos obtener más información sobre las características y el manejo de Photomodeler Scanner.

<http://www.photomodeler.com> (Se puede adquirir una demo con una validez de 30 días)

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

<http://www.photogrammy.de/>

http://www.caesoft.es/productos/Photomodeler/index_photomodeler.htm

TOPCON IMAGE MASTER

Image Master es un programa diseñado por la marca Topcon, se define como un software para realizar medidas en 3D a partir de imágenes estereoscópicas, generar ortoimágenes y modelos tridimensionales a partir de imágenes tomadas con cámaras digitales a un precio económico.



Imagen A4.2. Imagen logotipo de Image Master

Este programa también tiene la función de búsqueda automática de puntos homólogos, por lo que la condición de estereoscopia entre las imágenes tomadas tiene aquí su justificación. Además es un programa que permite restituir directamente sobre los pares estereoscópicos y exportar esos resultados a un fichero CAD. Aunque en nuestro caso la restitución ha estado dirigida a la delimitación de las líneas de rotura que se emplean a la hora de realizar el modelo digital del terreno a partir del cual se obtienen las ortoimágenes.

■ **Componentes del Sistema y Requerimientos de Hardware**

ImageMaster: Licencia simple de usuario y llave USB de seguridad

Opciones: Monitor 3D y gafas 3D para medidas estéreo óptimas

Requerimientos de hardware: Herramienta Topográfica a su elección! Estación de Imagen, Laser Scanner, Cámara Digital (recomendado 6 MegaPixel)

■ **Ordenador Personal con:**

SO Windows2000, XP, Vista · **CPU** Intel Pentium o equivalente

Memoria mínima 512 MB minimum · **HDD** 20 GB mínimo

CDD 1 (para CD de instalación) · **USB port** 1 (para llave protección)

Soporte Acelerador Gráfico OpenGL support

Ratón con Rueda Scroll 1 (para controlar la pantalla de modelo 3D)

Imagen A4.3. Requerimientos de Image Master

Los productos finales obtenidos con este programa han sido los mismos que los obtenidos con Photomodeler Scanner: modelo 3D y ortoimágenes de los muros a documentar.

RAPIDFORM XOS 3

Rapidform XOS 3 pertenece a la casa INUS Technology , es un programa que permite un procesamiento de los datos de escaneo totalmente automático. Es un programa de ingeniería inversa capaz de trabajar sobre nubes de puntos, mallas (texturizadas o sin texturizar), curvas y superficies. En una sola aplicación captura puntos, mallas, maneja colores para diferenciar zonas, realiza operaciones con curvas y superficies. Es un buen programa para procesar los datos escaneados en 3D o las nubes de puntos y convertirlos a modelos 3D. Este programa ha sido desarrollado para servir a diferentes tipos de industrias: médica, restauración patrimonio cultural, arqueología y diseño industrial.



Imagen A4.4. Imagen de Rapidform XOS3 al arrancar

Es una herramienta muy completa y con multitud de posibilidades, entre las que destacan; la limpieza de los datos procedentes de los escáneres, alinear las nubes de puntos, triangular las nubes de puntos en mallas poligonales y crear modelos 3D. Pero para la realización de este proyecto no se ha estudiado muy detalladamente. Las operaciones que se han realizado ha sido la unión de los modelos importados desde Photomodeler e Image Master, la obtención de las secciones de los mismos, y en algunos casos, la diferenciación de las zonas con diferente textura. Cabe destacar la rapidez con la que funciona este software, algo que ya ha sido comentado en el apartado de optimización en la edición de los resultados.

AUTOCAD 2002 Y 2007

AutoCAD es un programa de diseño asistido por ordenador para dibujo en dos y tres dimensiones. Ha sido desarrollado por la empresa Autodesk. Es un software con amplias capacidades de edición, que hace posible el dibujo digital de planos, edificios, piezas... y la reconstrucción de imágenes en 3D, por ello es utilizado por profesionales de diferentes ámbitos.

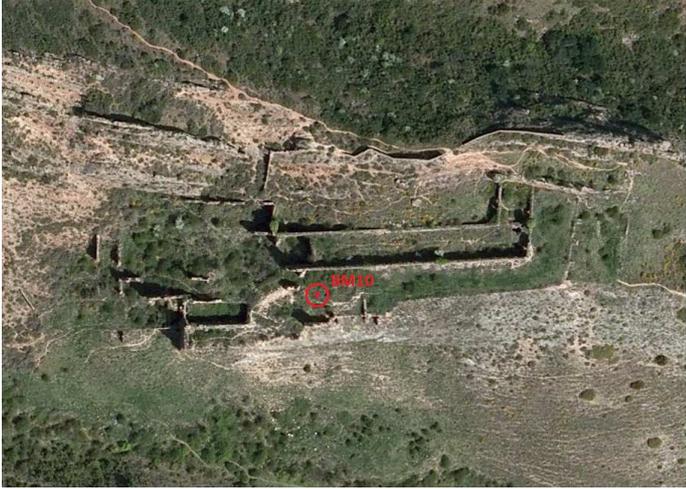


Imagen A4.5. Caratulas de Autocad 2002 y 2008 respectivamente

Concretamente en este proyecto se han empleado las versiones 2002 y 2007 de este software para el cálculo de las precisiones en las ortoimágenes y para la edición de los planos, tanto de las ortofotos como de las secciones obtenidas en Rapidform y los modelos correspondientes. Es una herramienta que se ha utilizado a lo largo de la carrera y que seguramente se seguirá utilizando en la vida profesional.

ANEXO 5: Reseñas de las estaciones



DATOS DE LA ESTACIÓN	
NOMBRE DE ESTACIÓN: BM 10	FECHA DE LA OBSERVACIÓN: 11 - 05 - 2010
COORDENADAS UTM 30 – ETRS 89: -Coord. X: 548285,647 m -Coord. Y: 4688485,310 m -Coord. Z (Ortométrica): 712,009 m	MUNICIPIO : Clavijo
	PROVINCIA: La Rioja
	Anamorfosis: 0,999629
CROQUIS DE SITUACIÓN	
	
VISTA DETALLE	
	
<p>RESEÑA LITERAL: Estaca de madera con clavo de acero incrustado, situada sobre un pequeño montículo, en el extremo oeste, del muro Sur de cierre del edificio que contiene las celdas.</p>	



DATOS DE LA ESTACIÓN	
NOMBRE DE ESTACIÓN: BM 11	FECHA DE LA OBSERVACIÓN: 11 - 05 - 2010
COORDENADAS UTM 30 – ETRS 89: -Coord. X: 548254,571 m -Coord. Y: 4688489,600 m -Coord. Z (Ortométrica): 708,973 m	MUNICIPIO : Clavijo
	PROVINCIA: La Rioja
	Anamorfosis: 0,999629
CROQUIS DE SITUACIÓN	
	
VISTA DETALLE	
	
<p>RESEÑA LITERAL: Estaca de madera con clavo de acero incrustado, situada al norte del muro Norte de cierre de la iglesia.</p>	



DATOS DE LA ESTACIÓN	
NOMBRE DE ESTACIÓN: BM 13	FECHA DE LA OBSERVACIÓN: 11 - 05 - 2010
COORDENADAS UTM 30 – ETRS 89: -Coord. X: 548226,258 m -Coord. Y: 4688493,320 m -Coord. Z (Ortométrica): 707,259 m	MUNICIPIO : Clavijo
	PROVINCIA: La Rioja
	Anamorfosis: 0,999629
CROQUIS DE SITUACIÓN	
	
VISTA DETALLE	
	
RESEÑA LITERAL: Estaca de madera con clavo de acero incrustado, dentro del yacimiento, en el extremo Oeste.	



DATOS DE LA ESTACIÓN INVERSA													
NOMBRE DE ESTACIÓN: BM10 TIPO DE ORIENTACIÓN: Coordenadas conocidas	FECHA DE LA OBSERVACIÓN: 10 - 03 - 2011												
COORDENADAS UTM 30 – ETRS 89: -Coord. X: 548285,647 m -Coord. Y 4688485,310 m -Coord. Z (Ortométrica):, 712,009 m	MUNICIPIO : Clavijo												
	PROVINCIA: La Rioja												
	Anamorfosis: 0,999629												
REFERENCIA: Diana 710	PUNTO DE ORIENTACIÓN: BM11												
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Valores al estacionar (a ref.):</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Hz:</td> <td style="text-align: center;">320,1555</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">V:</td> <td style="text-align: center;">83,9880</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Valores al final (a ref.):</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Hz:</td> <td style="text-align: center;">320,1575</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">V:</td> <td style="text-align: center;">83,9895</td> </tr> </tbody> </table>		Valores al estacionar (a ref.):		Hz:	320,1555	V:	83,9880	Valores al final (a ref.):		Hz:	320,1575	V:	83,9895
Valores al estacionar (a ref.):													
Hz:	320,1555												
V:	83,9880												
Valores al final (a ref.):													
Hz:	320,1575												
V:	83,9895												
CROQUIS DE LA REFERENCIA													
													
PUNTO DE COMPROBACIÓN: -	PRECISIONES <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse; width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">X (m):</th> <th style="width: 33%;">Y (m):</th> <th style="width: 33%;">Z (m):</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>	X (m):	Y (m):	Z (m):	-	-	-						
X (m):	Y (m):	Z (m):											
-	-	-											
RESEÑA LITERAL: Estaca de madera con un clavo de acero, en frente al muro "R". NOTAS: Se toman los puntos visibles del muro "P" (paños Sur y Este) y los del paño Norte del muro "R".													



DATOS DE LA ESTACIÓN INVERSA													
NOMBRE DE ESTACIÓN: BM11 TIPO DE ORIENTACIÓN: Coordenadas conocidas		FECHA DE LA OBSERVACIÓN: 30 - 03 - 2011											
COORDENADAS UTM 30 – ETRS 89: -Coord. X: 548254,571 m -Coord. Y: 4688489,600 m -Coord. Z (Ortométrica):, 708,973 m	MUNICIPIO : Clavijo												
	PROVINCIA: La Rioja												
	Anamorfosis: 0,999629												
REFERENCIA: Diana 724		PUNTO DE ORIENTACIÓN: BM10											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Valores al estacionar (a ref.):</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hz:</td> <td>103,3125</td> </tr> <tr> <td>V:</td> <td>83,1880</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Valores al final (a ref.):</th> </tr> <tr> <td>Hz:</td> <td>103,3120</td> </tr> <tr> <td>V:</td> <td>83,1910</td> </tr> </tbody> </table>			Valores al estacionar (a ref.):		Hz:	103,3125	V:	83,1880	Valores al final (a ref.):		Hz:	103,3120	V:
Valores al estacionar (a ref.):													
Hz:	103,3125												
V:	83,1880												
Valores al final (a ref.):													
Hz:	103,3120												
V:	83,1910												
CROQUIS DE LA REFERENCIA													
													
PUNTO DE COMPROBACIÓN: BM09	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">PRECISIONES</th> </tr> <tr> <th>X (m):</th> <th>Y (m):</th> <th>Z (m):</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-0,007</td> <td>0,008</td> <td>-0,006</td> </tr> </tbody> </table>		PRECISIONES			X (m):	Y (m):	Z (m):	-0,007	0,008	-0,006		
PRECISIONES													
X (m):	Y (m):	Z (m):											
-0,007	0,008	-0,006											
<p>RESEÑA LITERAL: Estaca de madera con un clavo de acero, en la zona al Norte de la iglesia.</p> <p>NOTAS: Se toman los puntos que faltaban del muro "R" y del muro "P".</p>													



DATOS DE LA ESTACIÓN INVERSA																							
NOMBRE DE ESTACIÓN: INV01		FECHA DE LA OBSERVACIÓN: 30 - 03 - 2011																					
TIPO DE ORIENTACIÓN: Intersección inversa																							
COORDENADAS UTM 30 – ETRS 89: -Coord. X: 548275,265 m -Coord. Y: 4688492,081 m -Coord. Z (Ortométrica):, 710,918 m		MUNICIPIO : Clavijo																					
		PROVINCIA: La Rioja																					
		Anamorfofis: 0,999629																					
PUNTOS UTILIZADOS EN LA INTERSECCIÓN INVERSA																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Dianas</th> <th>X (m)</th> <th>Y (m)</th> <th>X (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>792</td> <td>548270,731</td> <td>4688492,543</td> <td>711,894</td> </tr> <tr> <td>793</td> <td>548270,822</td> <td>4688494,894</td> <td>712,894</td> </tr> <tr> <td>794</td> <td>548273,179</td> <td>4688495,052</td> <td>712,643</td> </tr> <tr> <td>795</td> <td>548271,617</td> <td>4688494,976</td> <td>713,518</td> </tr> </tbody> </table>				Dianas	X (m)	Y (m)	X (m)	792	548270,731	4688492,543	711,894	793	548270,822	4688494,894	712,894	794	548273,179	4688495,052	712,643	795	548271,617	4688494,976	713,518
Dianas	X (m)	Y (m)	X (m)																				
792	548270,731	4688492,543	711,894																				
793	548270,822	4688494,894	712,894																				
794	548273,179	4688495,052	712,643																				
795	548271,617	4688494,976	713,518																				
PUNTO DE COMPROBACIÓN: BM10		PRECISIÓN																					
		X (m): 0,003	Y (m): 0,007	Z (m): 0,004																			
VISTA DETALLE																							
																							
<p>RESEÑA LITERAL: Estación inversa sin materializar en campo. Calculada a partir de las coordenadas de las dianas medidas para el apoyo fotogramétrico. Ubicada en la zona Norte del muro "P".</p> <p>NOTAS: Materialización a partir de dianas colocadas únicamente para la intersección . Se toman los puntos del paño Norte del muro "P".</p>																							



DATOS DE LA ESTACIÓN INVERSA																							
NOMBRE DE ESTACIÓN: INV02		FECHA DE LA OBSERVACIÓN: 30 - 03 - 2011																					
TIPO DE ORIENTACIÓN: Intersección inversa																							
COORDENADAS UTM 30 – ETRS 89: -Coord. X: 548270,71 m -Coord. Y: 4688481,303 m -Coord. Z (Ortométrica):, 710,908 m		MUNICIPIO : Clavijo																					
		PROVINCIA: La Rioja																					
		Anamorfosis: 0,999629																					
PUNTOS UTILIZADOS EN LA INTERSECCIÓN INVERSA																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Dianas</th> <th>X (m)</th> <th>Y (m)</th> <th>X (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>705</td> <td>548271,381</td> <td>4688488,652</td> <td>714,198</td> </tr> <tr> <td>706</td> <td>548275,646</td> <td>4688488,856</td> <td>711,499</td> </tr> <tr> <td>732</td> <td>548279,876</td> <td>4688477,625</td> <td>714,757</td> </tr> <tr> <td>739</td> <td>548285,386</td> <td>4688478,410</td> <td>713,711</td> </tr> </tbody> </table>				Dianas	X (m)	Y (m)	X (m)	705	548271,381	4688488,652	714,198	706	548275,646	4688488,856	711,499	732	548279,876	4688477,625	714,757	739	548285,386	4688478,410	713,711
Dianas	X (m)	Y (m)	X (m)																				
705	548271,381	4688488,652	714,198																				
706	548275,646	4688488,856	711,499																				
732	548279,876	4688477,625	714,757																				
739	548285,386	4688478,410	713,711																				
PUNTO DE COMPROBACIÓN: BM10		PRECISIÓN																					
		X (m): -0,004	Y (m): -0,007	Z (m): 0,004																			
VISTA DETALLE																							
																							
RESEÑA LITERAL: Estación inversa sin materializar en campo. Calculada a partir de las coordenadas de las dianas medidas para el apoyo fotogramétrico. Ubicada al Este de la iglesia entre los muros "P" y "R".																							
NOTAS: Se toman los puntos del paño oeste del muro "P" y el paño Oeste del muro "R".																							



DATOS DE LA ESTACIÓN INVERSA																							
NOMBRE DE ESTACIÓN: INV03 TIPO DE ORIENTACIÓN: Intersección inversa		FECHA DE LA OBSERVACIÓN: 30 - 03 - 2011																					
COORDENADAS UTM 30 – ETRS 89: -Coord. X: 548240,057 m -Coord. Y: 4688488,736 m -Coord. Z (Ortométrica):, 709,49 m		MUNICIPIO : Clavijo																					
		PROVINCIA: La Rioja																					
		Anamorfosis: 0,999629																					
PUNTOS UTILIZADOS EN LA INTERSECCIÓN INVERSA																							
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Dianas</th> <th>X (m)</th> <th>Y (m)</th> <th>X (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>724</td> <td>548271,537</td> <td>4688488,716</td> <td>715,134</td> </tr> <tr> <td>727</td> <td>548271,253</td> <td>4688489,645</td> <td>713,820</td> </tr> <tr> <td>785</td> <td>548243,430</td> <td>4688484,923</td> <td>711,896</td> </tr> <tr> <td>789</td> <td>548247,173</td> <td>4688485,157</td> <td>711,160</td> </tr> </tbody> </table>				Dianas	X (m)	Y (m)	X (m)	724	548271,537	4688488,716	715,134	727	548271,253	4688489,645	713,820	785	548243,430	4688484,923	711,896	789	548247,173	4688485,157	711,160
Dianas	X (m)	Y (m)	X (m)																				
724	548271,537	4688488,716	715,134																				
727	548271,253	4688489,645	713,820																				
785	548243,430	4688484,923	711,896																				
789	548247,173	4688485,157	711,160																				
PUNTO DE COMPROBACIÓN: -		PRECISIÓN																					
		<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>X (m):</th> <th>Y (m):</th> <th>Z (m):</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>	X (m):	Y (m):	Z (m):	-	-	-	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>X (m):</th> <th>Y (m):</th> <th>Z (m):</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>	X (m):	Y (m):	Z (m):	-	-	-								
X (m):	Y (m):	Z (m):																					
-	-	-																					
X (m):	Y (m):	Z (m):																					
-	-	-																					
VISTA DETALLE																							
																							
<p>RESEÑA LITERAL: Estación inversa sin materializar en campo. Calculada a partir de las coordenadas de las dianas medidas para el apoyo fotogramétrico. Ubicada al Norte de la iglesia entre el muro Norte y el "J".</p> <p>NOTAS: Se toman los puntos visibles del muro "J" y del muro Norte de la iglesia (exterior).</p>																							

ANEXO 6: Reseñas del apoyo fotogramétrico



DATOS DEL APOYO	
ZONA: Muro P paño Norte	MUNICIPIO : Clavijo (La Rioja)
FECHA DE LA OBSERVACIÓN: 30 - 03 - 2011	ESTACIÓN TOTAL: Leica TCR307

CROQUIS DEL APOYO FOTOGRAMÉTRICO



PUNTOS DEL APOYO

Dianas	X (m)	Y (m)	Z (m)
715	548272,354	4688489,675	716,184
716	548273,789	4688489,736	715,705
717	548274,883	4688489,436	716,528
718	548271,482	4688489,719	714,808
719	548273,841	4688489,822	714,508
720	548275,113	4688489,607	714,963
721	548270,984	4688489,886	711,220
815	548273,646	4688489,955	711,441
723	548275,882	4688489,947	711,690

CROQUIS DE SITUACIÓN

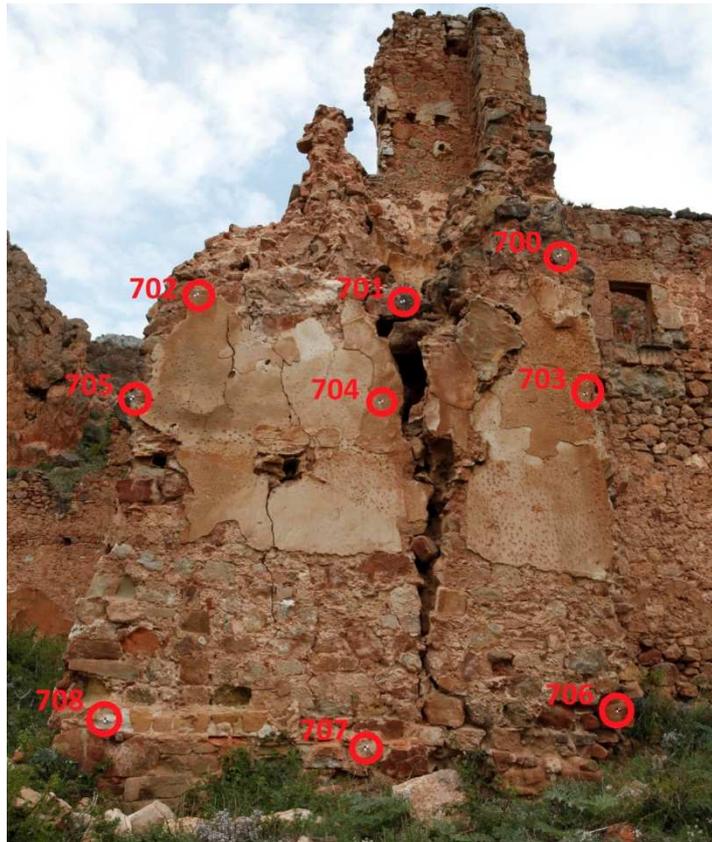




DATOS DEL APOYO

ZONA: Muro P paño Sur	MUNICIPIO : Clavijo (La Rioja)
FECHA DE LA OBSERVACIÓN: 10 - 03 - 2011	ESTACIÓN TOTAL: Leica TPS1205

CROQUIS DEL APOYO FOTOGRAMÉTRICO



PUNTOS DEL APOYO

Dianas	X (m)	Y (m)	Z (m)
700	548275,278	4688488,411	715,671
701	548273,808	4688488,616	715,233
702	548271,887	4688488,595	715,224
703	548275,472	4688488,552	714,306
704	548273,610	4688488,718	714,244
705	548271,381	4688488,652	714,198
706	548275,646	4688488,856	711,499
707	548273,464	4688488,751	711,192
708	548271,377	4688488,713	711,400

CROQUIS DE SITUACIÓN





DATOS DEL APOYO	
ZONA: Muro P paño Este	MUNICIPIO : Clavijo (La Rioja)
FECHA DE LA OBSERVACIÓN: 10 - 03 - 2011	ESTACIÓN TOTAL: Leica TPS1205

CROQUIS DEL APOYO FOTOGRAMÉTRICO



PUNTOS DEL APOYO	CROQUIS DE SITUACIÓN
------------------	----------------------

Dianas	X (m)	Y (m)	Z (m)
709	548275,358	4688489,332	715,953
710	548275,413	4688488,665	716,235
711	548275,564	4688488,721	714,906
712	548275,689	4688489,518	714,459
814	-	-	-
714	548275,858	4688488,939	711,849

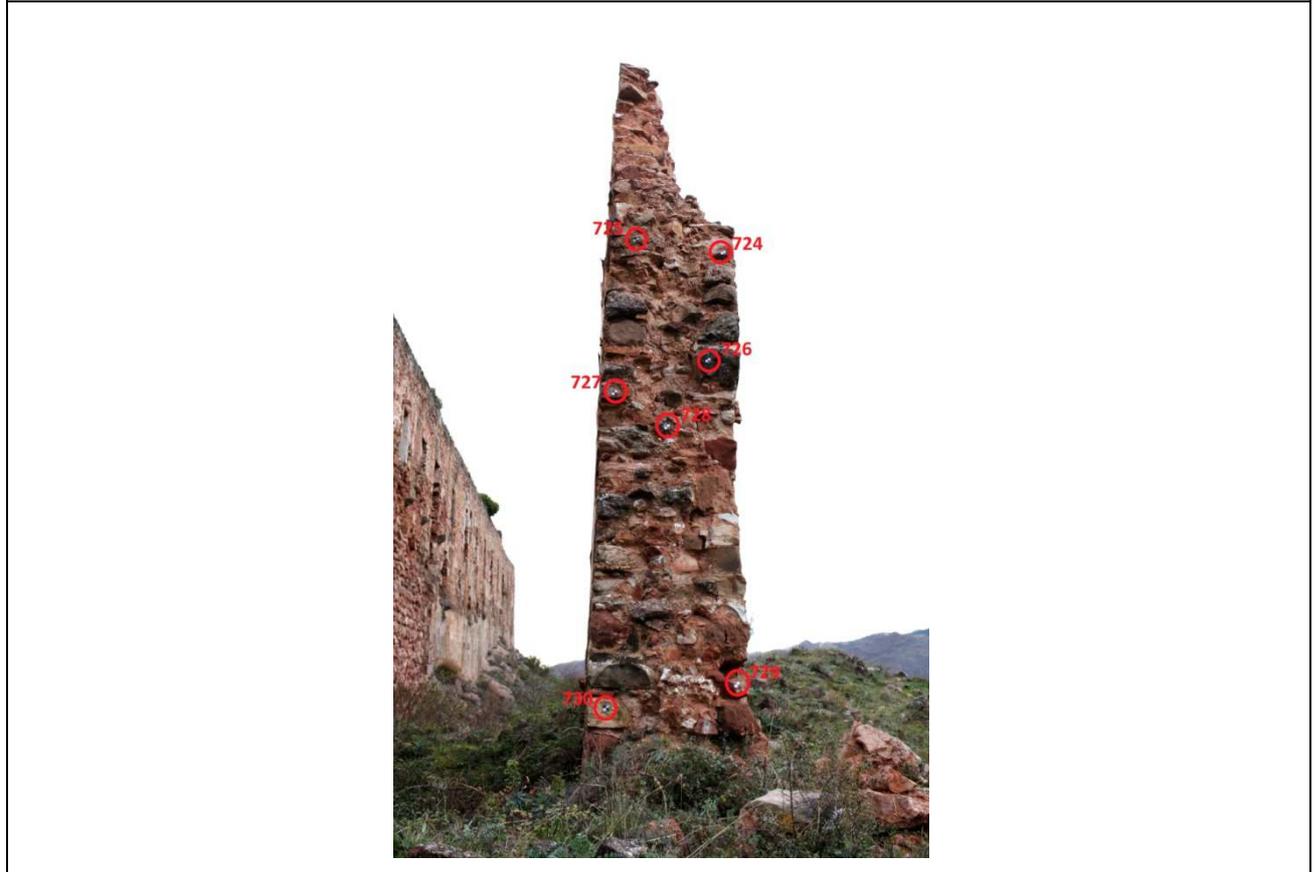


NOTA: El punto 814 está mal medido, pero la diana se ve bien en las fotografías, se puede utilizar como punto de paso al orientar.



DATOS DEL APOYO	
ZONA: Muro P paño Oeste	MUNICIPIO : Clavijo (La Rioja)
FECHA DE LA OBSERVACIÓN: 30 - 03 - 2011	ESTACIÓN TOTAL: Leica TCR307

CROQUIS DEL APOYO FOTOGRAMÉTRICO



PUNTOS DEL APOYO	CROQUIS DE SITUACIÓN
------------------	----------------------

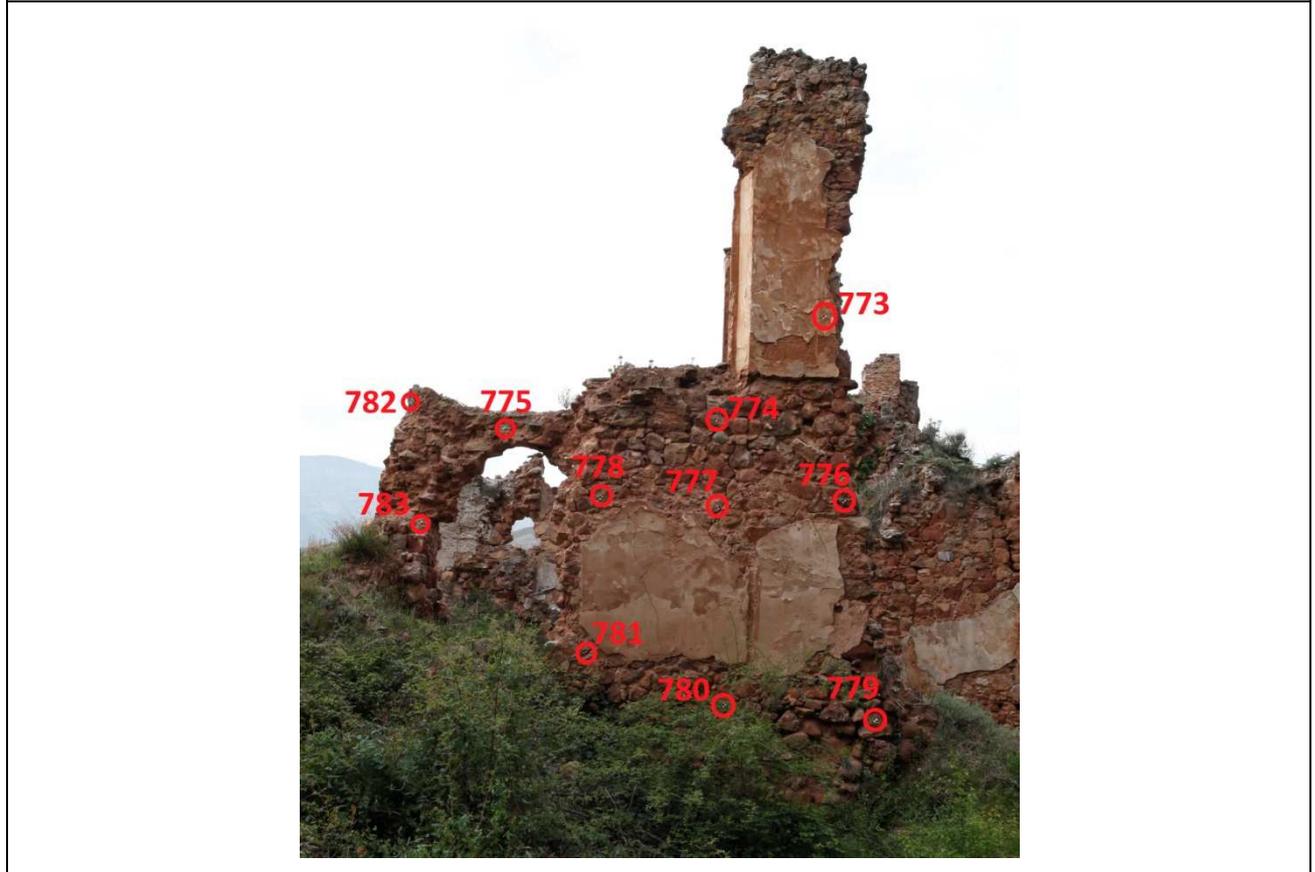
Dianas	X (m)	Y (m)	Z (m)
724	548271.537	4688488.716	715,134
725	548271.274	4688489.455	715,131
726	548271.280	4688488.912	714,086
727	548271.253	4688489.645	713,820
828	548271.238	4688489.249	713,536
728	548271.038	4688488.829	711,627
729	548270.915	4688489.727	711,501





DATOS DEL APOYO	
ZONA: Muro J paño Norte	MUNICIPIO : Clavijo (La Rioja)
FECHA DE LA OBSERVACIÓN: 30 - 03 - 2011	ESTACIÓN TOTAL: Leica TCR307

CROQUIS DEL APOYO FOTOGRAMÉTRICO



PUNTOS DEL APOYO	CROQUIS DE SITUACIÓN
------------------	----------------------

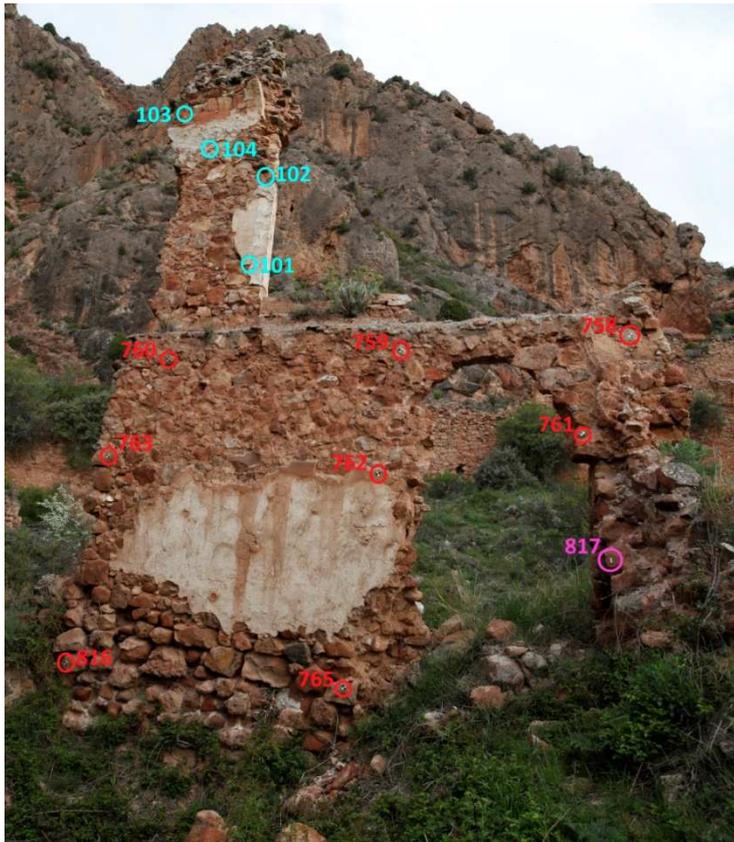
Dianas	X (m)	Y (m)	Z (m)
773	548240.395	4688492.732	714.106
774	548241.607	4688492.596	712.914
775	548244.307	4688491.837	712.903
776	548240.156	4688492.651	711.988
777	548241.573	4688492.576	711.894
778	548242.926	4688492.506	711.982
779	548239.786	4688492.587	709.569
780	548241.448	4688492.519	709.661
781	548243.056	4688492.453	710.190
782	548245.560	4688491.788	713.238
783	548245.240	4688492.065	711.661





DATOS DEL APOYO	
ZONA: Muro J paño Sur	MUNICIPIO : Clavijo (La Rioja)
FECHA DE LA OBSERVACIÓN: 30 - 03 - 2011	ESTACIÓN TOTAL: Leica TCR307

CROQUIS DEL APOYO FOTOGRAMÉTRICO



Los puntos en cian son puntos naturales y el rosa es un punto con la diana vuelta y no se ha podido utilizar para la orientación.

PUNTOS DEL APOYO	CROQUIS DE SITUACIÓN
------------------	----------------------

Dianas	X (m)	Y (m)	Z (m)
758	548245,415	4688491,576	712,877
759	548243,240	4688491,666	712,749
760	548240,652	4688491,796	712,695
761	548244,978	4688491,539	711,910
762	548243,094	4688491,626	711,490
763	548240,089	4688491,797	711,599
817	548245,171	4688491,197	710,768
765	548242,910	4688491,612	709,512
816	548239,970	4688491,769	709,432
101	548241,362	4688492,069	713,959
102	548241,405	4688492,120	715,110
103	548240,106	4688492,316	716,442
104	548240,574	4688492,201	715,219



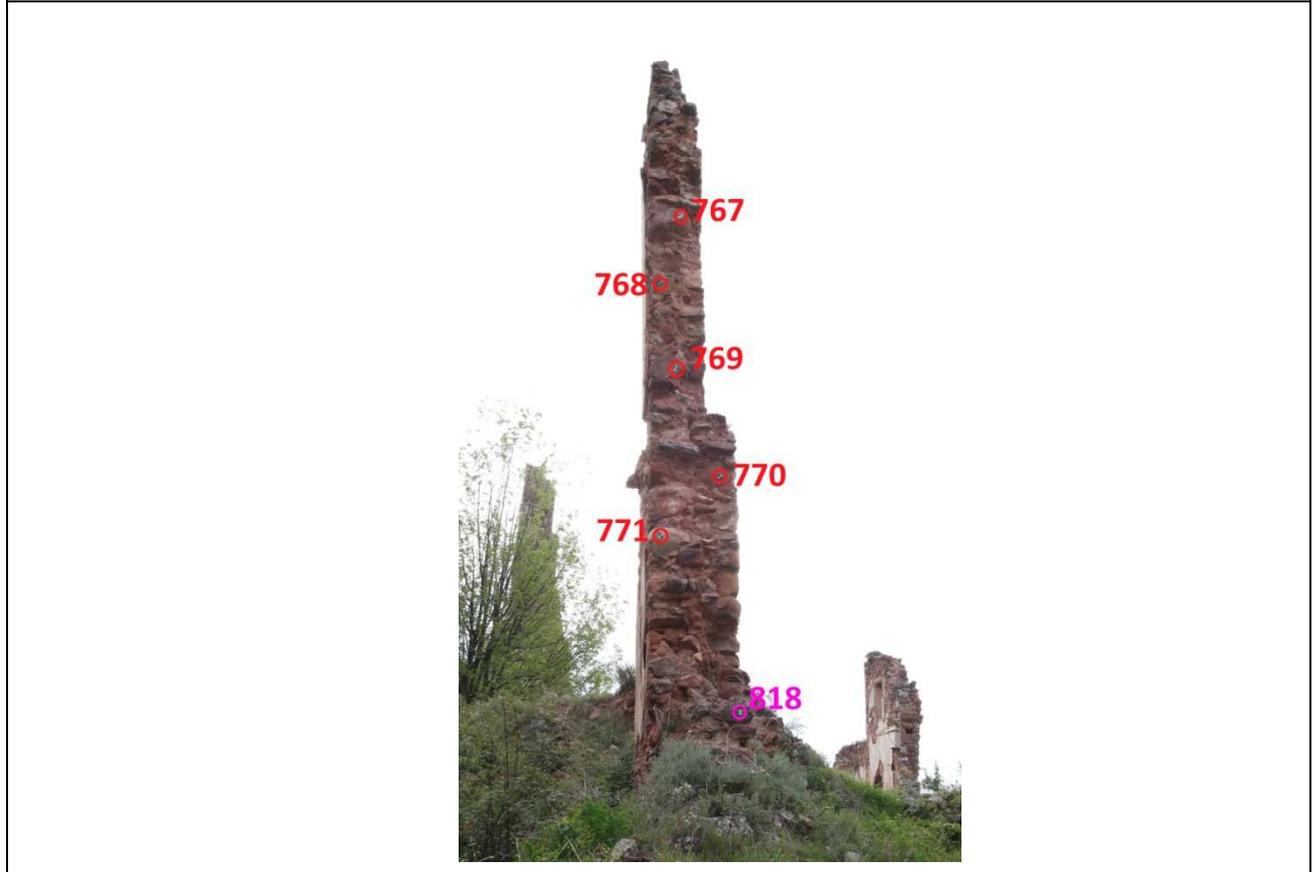


DATOS DEL APOYO	
ZONA: Muro J paño Sur	MUNICIPIO : Clavijo (La Rioja)
FECHA DE LA OBSERVACIÓN: 30 - 03 - 2011	ESTACIÓN TOTAL: Leica TCR307
CROQUIS DETALLE DE LOS PUNTOS NATURALES	
	
101	102
	
103	104
RESEÑA LITERAL DE LOS PUNTOS NATURALES	
<p>101. Esquina entre los ladrillos y el mortero.</p> <p>102. Vértice superior izquierdo de la piedra más oscura, situada sobre otras dos piedras alargadas.</p> <p>103. Vértice superior izquierdo del último ladrillo.</p> <p>104. Punta de esta figura oscura sobre un fondo más claro.</p>	



DATOS DEL APOYO	
ZONA: Muro J paño Oeste	MUNICIPIO : Clavijo (La Rioja)
FECHA DE LA OBSERVACIÓN: 30 - 03 - 2011	ESTACIÓN TOTAL: Leica TCR307

CROQUIS DEL APOYO FOTOGRAMÉTRICO



PUNTOS DEL APOYO	CROQUIS DE SITUACIÓN
------------------	----------------------

Dianas	X (m)	Y (m)	Z (m)
767	548240,077	4688492,447	715,304
768	548240,225	4688492,617	714,565
769	548240,067	4688492,444	713,513
770	548240,045	4688491,997	712,401
771	548239,841	4688492,551	711,726
818	548239,464	4688491,888	710,151



NOTAS: El punto 818 tiene coordenadas pero la diana está doblada y no se puede ver el centro.

ANEXO 7: Tablas de errores de los modelos tridimensionales

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO NORTE DEL MODELO DEL MURO "P" GENERADO EN PHOTODELER SCANNER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	Z diana (m)	X modelo (m)	Y modelo (m)	Z modelo (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia en Z (m)	Distancia (m)	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)
715	8272,354	8489,675	716,184	8272,356	8489,677	716,184	-0,002	-0,002	0,000	0,003	0,002	0,002	0,000
716	8273,789	8489,736	715,705	8273,791	8489,737	715,702	-0,002	-0,001	0,003	0,002	0,002	0,001	0,003
717	8274,883	8489,436	716,528	8274,881	8489,434	716,529	0,002	0,002	-0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
718	8271,482	8489,719	714,808	8271,484	8489,719	714,810	-0,002	0,000	-0,002	0,002	0,002	0,000	0,002
719	8273,841	8489,822	714,508	8273,841	8489,820	714,509	0,000	0,002	-0,001	0,002	0,000	0,002	0,001
720	8275,113	8489,607	714,963	8275,112	8489,607	714,961	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,002
721	8270,984	8489,886	711,220	8270,979	8489,885	711,217	0,005	0,001	0,003	0,005	0,005	0,001	0,003
815	8273,646	8489,955	711,441	8273,648	8489,955	711,443	-0,002	0,000	-0,002	0,002	0,002	0,000	0,002
723	8275,882	8489,947	711,690	8275,883	8489,949	711,693	-0,001	-0,002	-0,003	0,002	0,001	0,002	0,003

Verde

Puntos utilizados en la generación del modelo.

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,005	0,002	0,003	0,005
E min (m)	0,000	0,000	0,000	0,001
E medio (m)	0,002	0,001	0,002	0,002
desv. Est. (m)	0,002	0,002	0,002	0,001

Puntos	Distancia
715	0,003
716	0,002
717	0,003
718	0,002
719	0,002
720	0,001
721	0,005
815	0,002
723	0,002

TABLA DE ERRORES DE LOS PAÑOS SUR Y ESTE DEL MODELO DEL MURO "P" GENERADO EN PHOTODELER SCANNER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	Z diana (m)	X modelo (m)	Y modelo (m)	Z modelo (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia en Z (m)	Distancia (m)	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)
700	8275,278	8488,411	715,671	8275,28	8488,41	715,671	-0,002	0,001	0,000	0,002	0,002	0,001	0,000
701	8273,808	8488,616	715,233	8273,805	8488,617	715,232	0,003	-0,001	0,001	0,003	0,003	0,001	0,001
702	8271,887	8488,595	715,224	8271,889	8488,595	715,227	-0,002	0,000	-0,003	0,004	0,002	0,000	0,003
703	8275,472	8488,552	714,306	8275,47	8488,552	714,306	0,002	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000
704	8273,61	8488,718	714,244	8273,607	8488,719	714,242	0,003	-0,001	0,002	0,004	0,003	0,001	0,002
705	8271,381	8488,652	714,198	8271,376	8488,654	714,201	0,005	-0,002	-0,003	0,006	0,005	0,002	0,003
706	8275,646	8488,856	711,499	8275,644	8488,858	711,495	0,002	-0,002	0,004	0,005	0,002	0,002	0,004
707	8273,464	8488,751	711,192	8273,48	8488,747	711,194	-0,016	0,004	-0,002	0,017	0,016	0,004	0,002
708	8271,377	8488,713	711,4	8271,377	8488,713	711,403	0,000	0,000	-0,003	0,003	0,000	0,000	0,003
709	8275,358	8489,332	715,953	8275,358	8489,331	715,954	0,000	0,001	-0,001	0,001	0,000	0,001	0,001
710	8275,413	8488,665	716,235	8275,412	8488,663	716,236	0,001	0,002	-0,001	0,002	0,001	0,002	0,001
711	8275,564	8488,721	714,905	8275,562	8488,721	714,905	0,002	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000
712	8275,689	8489,518	714,459	8275,688	8489,518	714,458	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001
714	8275,858	8488,939	711,849	8275,855	8488,941	711,844	0,003	-0,002	0,005	0,006	0,003	0,002	0,005

Verde Puntos utilizados en la generación del modelo.

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,016	0,004	0,005	0,017
E min (m)	0,000	0,000	0,000	0,001
E medio (m)	0,003	0,001	0,002	0,004
desv. Est. (m)	0,005	0,002	0,002	0,004

Puntos	Distancia
700	0,002
701	0,003
702	0,004
703	0,002
704	0,004
705	0,006
706	0,005

Puntos	Distancia
707	0,017
708	0,003
709	0,001
710	0,002
711	0,002
712	0,001
714	0,006

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO OESTE DEL MODELO DEL MURO "P" GENERADO EN PHOTOMODELER SCANNER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	Z diana (m)	X modelo (m)	Y modelo (m)	Z modelo (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia en Z (m)	Distancia (m)	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)
724	8271,537	8488,716	715,134	8271,536	8488,718	715,133	0,001	-0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001
725	8271,274	8489,455	715,131	8271,273	8489,454	715,132	0,001	0,001	-0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
726	8271,280	8488,912	714,086	8271,283	8488,911	714,085	-0,003	0,001	0,001	0,003	0,003	0,001	0,001
727	8271,253	8489,645	713,820	8271,253	8489,644	713,821	0,000	0,001	-0,001	0,001	0,000	0,001	0,001
728	8271,238	8489,249	713,536	8271,240	8489,249	713,536	-0,002	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000
729	8271,038	8488,829	711,627	8271,036	8488,829	711,627	0,002	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000
730	8270,915	8489,727	711,501	8270,915	8489,727	711,501	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Verde Puntos utilizados en la generación del modelo.

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,003	0,002	0,001	0,003
E min (m)	0,000	0,000	0,000	0,000
E medio (m)	0,001	0,001	0,001	0,002
desv. Est. (m)	0,002	0,001	0,001	0,001

Puntos	Distancia
724	0,002
725	0,001
726	0,003
727	0,001
728	0,002
729	0,002
730	0,000

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO NORTE DEL MODELO DEL MURO "P" GENERADO EN IMAGE MASTER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	Z diana (m)	X modelo (m)	Y modelo (m)	Z modelo (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia en Z (m)	Distancia (m)	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)
715	8272,354	8489,675	716,184	8272,357	8489,672	716,187	-0,003	0,003	-0,003	0,005	0,003	0,003	0,003
716	8273,789	8489,736	715,705	8273,792	8489,735	715,705	-0,003	0,001	0,000	0,003	0,003	0,001	0,000
717	8274,883	8489,436	716,528	8274,886	8489,432	716,532	-0,003	0,004	-0,004	0,005	0,003	0,004	0,004
718	8271,482	8489,719	714,808	8271,482	8489,715	714,810	0,000	0,004	-0,002	0,004	0,000	0,004	0,002
719	8273,841	8489,822	714,508	8273,842	8489,819	714,509	-0,001	0,003	-0,001	0,003	0,001	0,003	0,001
720	8275,113	8489,607	714,963	8275,115	8489,605	714,962	-0,002	0,002	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
721	8270,984	8489,886	711,220	8270,980	8489,883	711,219	0,004	0,003	0,001	0,005	0,004	0,003	0,001
815	8273,646	8489,955	711,441	8273,648	8489,958	711,445	-0,002	-0,003	-0,004	0,004	0,002	0,003	0,004
723	8275,882	8489,947	711,690	8275,885	8489,944	711,691	-0,003	0,003	-0,001	0,004	0,003	0,003	0,001

Verde Puntos utilizados en la generación del modelo.

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,004	0,004	0,004	0,005
E min (m)	0,000	0,001	0,000	0,003
E medio (m)	0,002	0,003	0,002	0,004
desv. Est. (m)	0,002	0,002	0,002	0,001

Puntos	Distancia
715	0,005
716	0,003
717	0,005
718	0,004
719	0,003
720	0,003
721	0,005
815	0,004
723	0,004

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO SUR DEL MODELO DEL MURO "P" GENERADO EN IMAGE MASTER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	Z diana (m)	X modelo (m)	Y modelo (m)	Z modelo (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia en Z (m)	Distancia (m)	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)
700	8275,278	8488,411	715,671	8275,278	8488,408	715,671	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000
701	8273,808	8488,616	715,233	8273,802	8488,619	715,231	0,006	-0,003	0,002	0,007	0,006	0,003	0,002
702	8271,887	8488,595	715,224	8271,885	8488,600	715,226	0,002	-0,005	-0,002	0,006	0,002	0,005	0,002
703	8275,472	8488,552	714,306	8275,468	8488,550	714,306	0,004	0,002	0,000	0,004	0,004	0,002	0,000
704	8273,610	8488,718	714,244	8273,603	8488,720	714,242	0,007	-0,002	0,002	0,008	0,007	0,002	0,002
705	8271,381	8488,652	714,198	8271,373	8488,659	714,199	0,008	-0,007	-0,001	0,011	0,008	0,007	0,001
706	8275,646	8488,856	711,499	8275,642	8488,859	711,493	0,004	-0,003	0,006	0,008	0,004	0,003	0,006
707	8273,464	8488,751	711,192	8273,475	8488,748	711,194	-0,011	0,003	-0,002	0,012	0,011	0,003	0,002
708	8271,377	8488,713	711,400	8271,373	8488,712	711,403	0,004	0,001	-0,003	0,005	0,004	0,001	0,003

Verde Puntos utilizados en la generación del modelo.

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,011	0,007	0,006	0,012
E min (m)	0,000	0,001	0,000	0,003
E medio (m)	0,005	0,003	0,002	0,007
desv. Est. (m)	0,006	0,004	0,003	0,003

Puntos	Distancia
700	0,003
701	0,007
702	0,006
703	0,004
704	0,008
705	0,011
706	0,008
707	0,012
708	0,005

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO ESTE DEL MODELO DEL MURO "P" GENERADO EN IMAGE MASTER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	Z diana (m)	X modelo (m)	Y modelo (m)	Z modelo (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia en Z (m)	Distancia (m)	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)
709	8275,358	8489,332	715,953	8275,356	8489,329	715,957	0,002	0,003	-0,004	0,005	0,002	0,003	0,004
710	8275,413	8488,665	716,235	8275,414	8488,664	716,235	-0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
711	8275,564	8488,721	714,905	8275,563	8488,719	714,907	0,001	0,002	-0,002	0,003	0,001	0,002	0,002
712	8275,689	8489,518	714,459	8275,688	8489,516	714,461	0,001	0,002	-0,002	0,003	0,001	0,002	0,002
714	8275,858	8488,939	711,849	8275,856	8488,936	711,851	0,002	0,003	-0,002	0,004	0,002	0,003	0,002

Verde Puntos utilizados en la generación del modelo.

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,002	0,003	0,004	0,005
E min (m)	0,001	0,001	0,000	0,001
E medio (m)	0,001	0,002	0,002	0,003
desv. Est. (m)	0,001	0,001	0,001	0,001

Puntos	Distancia
709	0,005
710	0,001
711	0,003
712	0,003
714	0,004

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO OESTE DEL MODELO DEL MURO "P" GENERADO EN IMAGE MASTER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	Z diana (m)	X modelo (m)	Y modelo (m)	Z modelo (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia en Z (m)	Distancia (m)	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)
724	8271,537	8488,716	715,134	8271,541	8488,718	715,136	-0,004	-0,002	-0,002	0,004	0,004	0,002	0,002
725	8271,274	8489,455	715,131	8271,274	8489,454	715,133	0,000	0,001	-0,002	0,001	0,000	0,001	0,002
726	8271,280	8488,912	714,086	8271,284	8488,912	714,087	-0,004	0,000	-0,001	0,004	0,004	0,000	0,001
727	8271,253	8489,645	713,820	8271,253	8489,644	713,820	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000
728	8271,238	8489,249	713,536	8271,242	8489,248	713,538	-0,004	0,001	-0,002	0,004	0,004	0,001	0,002
729	8271,038	8488,829	711,627	8271,038	8488,829	711,627	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
730	8270,915	8489,727	711,501	8270,917	8489,726	711,501	-0,002	0,001	0,000	0,002	0,002	0,001	0,000

Verde

Puntos utilizados en la generación del modelo.

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,004	0,002	0,002	0,004
E min (m)	0,000	0,000	0,000	0,000
E medio (m)	0,002	0,001	0,001	0,002
desv. Est. (m)	0,002	0,001	0,001	0,002

Puntos	Distancia
724	0,004
725	0,001
726	0,004
727	0,001
728	0,004
729	0,000
730	0,002

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO NORTE DEL MODELO DEL MURO "J" GENERADO EN IMAGE MASTER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	Z diana (m)	X modelo (m)	Y modelo (m)	Z modelo (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia en Z (m)	Distancia (m)	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)
773	8240,395	8492,732	714,106	8240,400	8492,734	714,104	-0,005	-0,002	0,002	0,005	0,005	0,002	0,002
774	8241,607	8492,596	712,914	8241,609	8492,600	712,912	-0,002	-0,004	0,002	0,004	0,002	0,004	0,002
775	8244,307	8491,837	712,903	8244,310	8491,834	712,903	-0,003	0,003	0,000	0,004	0,003	0,003	0,000
776	8240,156	8492,651	711,988	8240,159	8492,647	711,988	-0,003	0,004	0,000	0,005	0,003	0,004	0,000
777	8241,573	8492,576	711,894	8241,575	8492,577	711,892	-0,002	-0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002
778	8242,926	8492,506	711,982	8242,929	8492,503	711,981	-0,003	0,003	0,001	0,004	0,003	0,003	0,001
779	8239,786	8492,587	709,569	8239,789	8492,584	709,568	-0,003	0,003	0,001	0,004	0,003	0,003	0,001
780	8241,448	8492,519	709,661	8241,451	8492,515	709,659	-0,003	0,004	0,002	0,005	0,003	0,004	0,002
781	8243,056	8492,453	710,190	8243,060	8492,449	710,188	-0,004	0,004	0,002	0,006	0,004	0,004	0,002
782	8245,560	8491,788	713,238	8245,554	8491,791	713,239	0,006	-0,003	-0,001	0,007	0,006	0,003	0,001
783	8245,240	8492,065	711,661	8245,243	8492,063	711,660	-0,003	0,002	0,001	0,004	0,003	0,002	0,001

Verde

Puntos utilizados en la generación del modelo.

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,006	0,004	0,002	0,007
E min (m)	0,002	0,001	0,000	0,002
E medio (m)	0,003	0,003	0,001	0,005
desv. Est. (m)	0,003	0,003	0,001	0,001

Puntos	Distancia
773	0,005
774	0,004
775	0,004
776	0,005
777	0,002
778	0,004

Puntos	Distancia
779	0,004
780	0,005
781	0,006
782	0,007
783	0,004

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO SUR DEL MODELO DEL MURO "J" GENERADO EN IMAGE MASTER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	Z diana (m)	X modelo (m)	Y modelo (m)	Z modelo (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia en Z (m)	Distancia (m)	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)
758	8245,415	8491,576	712,877	8245,418	8491,578	712,880	-0,003	-0,002	-0,003	0,005	0,003	0,002	0,003
759	8243,240	8491,666	712,749	8243,240	8491,666	712,750	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,001
760	8240,652	8491,796	712,695	8240,650	8491,793	712,693	0,002	0,003	0,002	0,004	0,002	0,003	0,002
761	8244,978	8491,539	711,910	8244,970	8491,538	711,907	0,008	0,001	0,003	0,008	0,008	0,001	0,003
762	8243,094	8491,626	711,490	8243,093	8491,626	711,490	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000
763	8240,089	8491,797	711,599	8240,087	8491,795	711,597	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002
765	8242,910	8491,612	709,512	8242,908	8491,611	709,511	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001
816	8239,970	8491,769	709,432	8239,969	8491,770	709,430	0,001	-0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002
101	8241,362	8492,069	713,959	8241,361	8492,064	713,955	0,001	0,005	0,004	0,005	0,001	0,005	0,004

PUNTOS DE CONTROL DISTORSIONADOS (no entran en el cálculo)

102	8241,405	8492,120	715,110
103	8240,106	8492,316	716,442
104	8240,574	8492,201	715,219

Verde

Puntos utilizados en la generación del modelo.

Puntos	Distancia
758	0,005
759	0,000
760	0,004
761	0,008
762	0,001

Puntos	Distancia
763	0,003
765	0,002
816	0,001
101	0,005

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,008	0,005	0,004	0,008
E min (m)	0,000	0,000	0,000	0,000
E medio (m)	0,002	0,002	0,002	0,003
desv. Est. (m)	0,003	0,002	0,002	0,002

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO OESTE DEL MODELO DEL MURO "J" GENERADO EN IMAGE MASTER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	Z diana (m)	X modelo (m)	Y modelo (m)	Z modelo (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia en Z (m)	Distancia (m)	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)
767	8240,077	8492,447	715,304	8240,079	8492,448	715,307	-0,002	-0,001	-0,003	0,002	0,002	0,001	0,003
768	8240,225	8492,617	714,565	8240,225	8492,621	714,565	0,000	-0,004	0,000	0,004	0,000	0,004	0,000
769	8240,067	8492,444	713,513	8240,066	8492,446	713,514	0,001	-0,002	-0,001	0,002	0,001	0,002	0,001
770	8240,045	8491,997	712,401	8240,044	8492,000	712,403	0,001	-0,003	-0,002	0,003	0,001	0,003	0,002
771	8239,841	8492,551	711,726	8239,842	8492,551	711,724	-0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,002

Verde

Puntos utilizados en la generación del modelo.

Puntos	Distancia
767	0,002
768	0,004
769	0,002
770	0,003
771	0,001

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Dist. abs Z (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,002	0,004	0,003	0,004
E min (m)	0,000	0,000	0,000	0,001
E medio (m)	0,001	0,002	0,002	0,003
desv. Est. (m)	0,001	0,002	0,002	0,001

ANEXO 8: Tablas de errores de las ortofotos

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO NORTE DE LA ORTOFOTO DEL MURO "P" GENERADO EN PHOTOMODELER SCANNER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	X ortofoto (m)	Y ortofoto (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia (m)	D abs X (m)	D abs Y (m)	D abs (m)
715	3,086	4,810	3,087	4,813	-0,001	-0,003	0,003	0,001	0,003	0,003
716	1,702	4,195	1,703	4,197	-0,001	-0,002	0,002	0,001	0,002	0,002
717	0,539	4,937	0,536	4,915	0,003	0,022	0,022	0,003	0,022	0,022
718	4,085	3,524	4,087	3,526	-0,002	-0,002	0,003	0,002	0,002	0,003
719	1,764	2,995	1,766	3,003	-0,002	-0,007	0,007	0,002	0,007	0,007
720	0,457	3,348	0,456	3,333	0,002	0,015	0,015	0,002	0,015	0,015
815	2,249	-0,038	2,250	-0,036	-0,001	-0,002	0,002	0,001	0,002	0,002
723	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Azul

Puntos utilizados para el escalado de la ortofoto.

Verde

Puntos utilizados en la generación de la ortofoto.

* Punto origen

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,003	0,022	0,022
E min (m)	0,000	0,000	0,000
E medio (m)	0,000	0,003	0,007
Desv. Est. (m)	0,002	0,010	0,008

NP	Distancia
715	0,003
716	0,002
717	0,022
718	0,003
719	0,007
720	0,015
815	0,002
723	0,000

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO SUR DE LA ORTOFOTO DEL MURO "P" GENERADO EN PHOTODELER SCANNER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	X ortofoto (m)	Y ortofoto (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia (m)	D abs X (m)	D abs Y (m)	D abs (m)
700	3,988	4,188	3,998	4,191	-0,011	-0,002	0,011	0,011	0,002	0,011
701	2,515	3,779	2,510	3,781	0,005	-0,002	0,006	0,005	0,002	0,006
702	0,595	3,813	0,594	3,818	0,001	-0,005	0,005	0,001	0,005	0,005
703	4,154	2,816	4,159	2,821	-0,004	-0,005	0,006	0,004	0,005	0,006
704	2,298	2,792	2,291	2,794	0,007	-0,002	0,007	0,007	0,002	0,007
705	0,068	2,798	0,059	2,800	0,009	-0,003	0,009	0,009	0,003	0,009
706	4,272	0,000	4,272	0,001	0,001	-0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
707	2,082	-0,256	2,100	-0,252	-0,018	-0,004	0,018	0,018	0,004	0,018
708*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Azul

Puntos utilizados para el escalado de la ortofoto.

Verde

Puntos utilizados en la generación de la ortofoto.

* Punto origen

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,018	0,005	0,018
E min (m)	0,000	0,000	0,000
E medio (m)	-0,001	-0,003	0,007
Desv. Est. (m)	0,009	0,002	0,005

NP	Distancia
700	0,011
701	0,006
702	0,005
703	0,006
704	0,007
705	0,009
706	0,001
707	0,018
708	0,000

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO OESTE DE LA ORTOFOTO DEL MURO "P" GENERADO EN PHOTODELER SCANNER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	X ortofoto (m)	Y ortofoto (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia (m)	D abs X (m)	D abs Y (m)	D abs (m)
724	1,576	3,482	1,566	3,469	0,010	0,013	0,017	0,010	0,013	0,017
725	0,815	3,561	0,831	3,581	-0,016	-0,020	0,026	0,016	0,020	0,026
726	1,205	2,453	1,211	2,453	-0,006	0,001	0,006	0,006	0,001	0,006
727	0,325	2,302	0,439	2,301	-0,114	0,001	0,114	0,114	0,001	0,114
728	0,793	1,961	0,791	1,957	0,002	0,004	0,004	0,002	0,004	0,004
729	0,915	0,000	0,914	-0,011	0,001	0,011	0,011	0,001	0,011	0,011
730*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Azul Puntos utilizados para el escalado de la ortofoto.
Verde Puntos utilizados en la generación de la ortofoto.

* Punto origen

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,114	0,020	0,114
E min (m)	0,000	0,000	0,000
E medio (m)	-0,018	0,001	0,025
Desv. Est. (m)	0,043	0,011	0,040

NP	Distancia
724	0,017
725	0,026
726	0,006
727	0,114
728	0,004
729	0,011
730*	0,000

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO NORTE DE LA ORTOFOTO DEL MURO "P" GENERADO EN IMAGE MASTER

715	2,705	1,331	2,704	1,340	0,001	-0,009	0,009	0,001	0,009	0,009
716	1,295	0,783	1,293	0,797	0,002	-0,014	0,014	0,002	0,014	0,014
717	0,158	1,583	0,159	1,579	-0,001	0,004	0,004	0,001	0,004	0,004
718	3,636	0,000	3,639	0,001	-0,003	-0,001	0,003	0,003	0,001	0,003
719	1,296	-0,417	1,296	-0,401	0,000	-0,017	0,017	0,000	0,017	0,017
720*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
721	4,291	-3,558	4,297	-3,571	-0,006	0,013	0,015	0,006	0,013	0,015
815	1,626	-3,468	1,624	-3,458	0,002	-0,010	0,010	0,002	0,010	0,010
723	-0,618	-3,322	-0,621	-3,305	0,003	-0,017	0,018	0,003	0,017	0,018

Azul

Puntos utilizados para el escalado de la ortofoto.

Verde

Puntos utilizados en la generación de la ortofoto.

* Punto origen

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,006	0,017	0,018
E min (m)	0,000	0,000	0,000
E medio (m)	0,000	-0,006	0,010
Desv. Est. (m)	0,003	0,010	0,006

NP	Distancia
715	0,009
716	0,014
717	0,004
718	0,003
719	0,017
720*	0,000
721	0,015
815	0,010
723	0,018

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO SUR DE LA ORTOFOTO DEL MURO "P" GENERADO EN IMAGE MASTER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	X ortofoto (m)	Y ortofoto (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia (m)	D abs X (m)	D abs Y (m)	D abs (m)
700	3,939	1,375	3,940	1,375	-0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001
701	2,453	0,969	2,450	0,972	0,003	-0,003	0,005	0,003	0,003	0,005
702	0,534	1,013	0,538	1,015	-0,005	-0,002	0,005	0,005	0,002	0,005
703	4,093	0,000	4,092	0,008	0,001	-0,008	0,008	0,001	0,008	0,008
704	2,227	-0,018	2,225	-0,010	0,002	-0,008	0,008	0,002	0,008	0,008
705*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
706	4,185	-2,821	4,191	-2,805	-0,006	-0,016	0,017	0,006	0,016	0,017
707	2,000	-3,064	2,022	-3,050	-0,022	-0,014	0,027	0,022	0,014	0,027
708	-0,080	-2,797	-0,069	-2,790	-0,011	-0,006	0,013	0,011	0,006	0,013

Azul

Puntos utilizados para el escalado de la ortofoto.

Verde

Puntos utilizados en la generación de la ortofoto.

* Punto origen

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,022	0,016	0,027
E min (m)	0,000	0,000	0,000
E medio (m)	-0,004	-0,006	0,009
desv. Est. (m)	0,008	0,006	0,008

NP	Distancia
700	0,001
701	0,005
702	0,005
703	0,008
704	0,008
705	0,000
706	0,017
707	0,027
708	0,013

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO ESTE DE LA ORTOFOTO DEL MURO "P" GENERADO EN IMAGE MASTER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	X ortofoto (m)	Y ortofoto (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia (m)	D abs X (m)	D abs Y (m)	D abs (m)
709	-0,007	1,223	-0,008	1,204	0,001	0,019	0,019	0,001	0,019	0,019
710	-0,713	1,134	-0,714	1,134	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
711*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
712	0,922	0,000	0,930	-0,002	-0,007	0,002	0,008	0,007	0,002	0,008
714	1,708	-2,555	1,706	-2,560	0,002	0,005	0,005	0,002	0,005	0,005

Azul

Puntos utilizados para el escalado de la ortofoto.

Verde

Puntos utilizados en la generación de la ortofoto.

* Punto origen

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,007	0,019	0,019
E min (m)	0,000	0,000	0,000
E medio (m)	-0,001	0,005	0,006
desv. Est. (m)	0,004	0,008	0,008

NP	Distancia
709	0,019
710	0,000
711*	0,000
712	0,008
714	0,005

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO OESTE DE LA ORTOFOTO DEL MURO "P" GENERADO EN IMAGE MASTER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	X ortofoto (m)	Y ortofoto (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia (m)	D abs X (m)	D abs Y (m)	D abs (m)
724	1,331	0,918	1,345	0,926	-0,015	-0,008	0,017	0,015	0,008	0,017
725	0,626	1,168	0,635	1,182	-0,009	-0,014	0,017	0,009	0,014	0,017
726	0,780	0,000	0,789	0,000	-0,008	0,000	0,008	0,008	0,000	0,008
727*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
728	0,275	-0,402	0,278	-0,406	-0,003	0,004	0,005	0,003	0,004	0,005
729	0,012	-2,340	0,008	-2,366	0,003	0,026	0,026	0,003	0,026	0,026
730	-0,879	-2,152	-0,893	-2,172	0,013	0,020	0,024	0,013	0,020	0,024

Azul

Puntos utilizados para el escalado de la ortofoto.

Verde

Puntos utilizados en la generación de la ortofoto.

* Punto origen

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,015	0,026	0,026
E min (m)	0,000	0,000	0,000
E medio (m)	-0,003	0,004	0,014
desv. Est. (m)	0,009	0,014	0,010

NP	Distancia
724	0,017
725	0,017
726	0,008
727*	0,000
728	0,005
729	0,026
730	0,024

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO NORTE DE LA ORTOFOTO DEL MURO "J" GENERADO EN IMAGE MASTER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	X ortofoto (m)	Y ortofoto (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia (m)	D abs X (m)	D abs Y (m)	D abs (m)
773	2,544	2,120	2,541	2,125	0,003	-0,005	0,005	0,003	0,005	0,005
774	1,324	0,929	1,324	0,931	0,000	-0,002	0,002	0,000	0,002	0,002
775	-1,180	0,929	-1,416	0,922	0,237	0,008	0,237	0,237	0,008	0,237
776	2,774	0,000	2,783	0,007	-0,009	-0,007	0,011	0,009	0,007	0,011
777	1,355	-0,091	1,360	-0,089	-0,006	-0,002	0,006	0,006	0,002	0,006
778*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
779	3,135	-2,421	3,152	-2,420	-0,017	-0,001	0,017	0,017	0,001	0,017
780	1,472	-2,325	1,490	-2,330	-0,019	0,005	0,019	0,019	0,005	0,019
781	-0,137	-1,792	-0,132	-1,794	-0,004	0,001	0,004	0,004	0,001	0,004
782	-2,665	1,248	-2,652	1,258	-0,014	-0,010	0,017	0,014	0,010	0,017
783	-2,335	-0,323	-2,334	-0,323	-0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001

Azul

Puntos utilizados para el escalado de la ortofoto.

Verde

Puntos utilizados en la generación de la ortofoto.

* Punto origen

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,237	0,010	0,237
E min (m)	0,000	0,000	0,000
E medio (m)	0,016	-0,001	0,029
Desv. Est. (m)	0,074	0,005	0,069

NP	Distancia
773	0,005
774	0,002
775	0,237
776	0,011
777	0,006
778*	0,000

NP	Distancia
779	0,017
780	0,019
781	0,004
782	0,017
783	0,001

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO SUR DE LA ORTOFOTO DEL MURO "J" GENERADO EN IMAGE MASTER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	X ortofoto (m)	Y ortofoto (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia (m)	D abs X (m)	D abs Y (m)	D abs (m)
758	5,280	1,472	5,291	1,474	-0,011	-0,002	0,011	0,011	0,002	0,011
759	3,110	1,264	3,115	1,266	-0,005	-0,001	0,006	0,005	0,001	0,006
760	0,522	1,116	0,522	1,116	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
761	4,881	0,488	4,881	0,485	0,000	0,004	0,004	0,000	0,004	0,004
762	3,012	0,000	3,016	0,000	-0,004	0,000	0,004	0,004	0,000	0,004
763*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
765	2,901	-1,983	2,903	-1,987	-0,002	0,003	0,004	0,002	0,003	0,004
816	-0,039	-2,170	-0,040	-2,172	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003
101	1,169	2,413	1,172	2,405	-0,003	0,007	0,008	0,003	0,007	0,008

Azul

Puntos utilizados para el escalado de la ortofoto.

Verde

Puntos utilizados en la generación de la ortofoto.

* Punto origen

NP	Distancia
758	0,011
759	0,006
760	0,000
761	0,004
762	0,004
763*	0,000
765	0,004
816	0,003
101	0,008

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,011	0,007	0,011
E min (m)	0,000	0,000	0,000
E medio (m)	-0,003	0,001	0,004
desv. Est. (m)	0,004	0,003	0,003

TABLA DE ERRORES DEL PAÑO OESTE DE LA ORTOFOTO DEL MURO "J" GENERADO EN IMAGE MASTER

NP	X diana (m)	Y diana (m)	X ortofoto (m)	Y ortofoto (m)	Distancia en X (m)	Distancia en Y (m)	Distancia (m)	D abs X (m)	D abs Y (m)	D abs (m)
767	2,811	2,211	2,817	2,219	-0,006	-0,008	0,010	0,006	0,008	0,010
768	2,184	1,856	2,186	1,814	-0,002	0,041	0,041	0,002	0,041	0,041
769	1,463	1,056	1,464	1,042	-0,001	0,014	0,014	0,001	0,014	0,014
770	0,897	0,000	0,897	0,001	0,000	-0,001	0,001	0,000	0,001	0,001
771*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Azul

Puntos utilizados para el escalado de la ortofoto.

Verde

Puntos utilizados en la generación de la ortofoto.

* Punto origen

	Dist. abs X (m)	Dist. abs Y (m)	Distancia (m)
E max (m)	0,006	0,041	0,041
E min (m)	0,000	0,000	0,000
E medio (m)	-0,002	0,009	0,013
desv. Est. (m)	0,003	0,020	0,017

NP	Distancia
767	0,010
768	0,041
769	0,014
770	0,001
771*	0,000

ANEXO 9: Valoración económica

VALORACIÓN ECONÓMICA

DURACIÓN DE LOS TRABAJOS

Antes de comenzar con la valoración económica se va a hacer una estimación de la duración de los trabajos realizados. Para ello desglosaremos los principales pasos que hay que seguir para realizar la documentación de precisión de cada paño en la tabla siguiente.

Los pasos que se realizan son los mismos para ambos programas.

PASOS	DURACIÓN
Planificación	1,5 horas
TRABAJO DE CAMPO	
Traslado al yacimiento	2 horas
Ascenso al Monasterio	30 minutos
Colocación de las dianas sobre el muro	30 minutos
Toma de fotografías	30 minutos
Medición del apoyo	30 minutos
Descenso del Monasterio	30 minutos
Traslado a Vitoria	2 horas
Volcado de los datos de campo	30 minutos
TRABAJO DE GABINETE	
Identificación de los puntos homólogos	40 minutos
Orientación	15 minutos
Dibujar el contorno	1,5 horas
Generar el modelo	2,5 horas
Limpiar el modelo	4 horas
Generar y exportar de la ortofoto	30 minutos
Editar la ortofoto	1 hora
Maquetación de planos	45 minutos
TOTAL	19 horas 40 minutos

Tabla A9.1. Tabla de duraciones

Hay que tener en cuenta que algunos de los pasos no se realizan siempre, por ejemplo, el traslado, ascenso y descenso al yacimiento en este proyecto se ha repetido sólo en tres ocasiones. En el caso del volcado pasa lo mismo.

Por lo que el total de horas para la realización de los 11 paños es la siguiente:

PASOS	DURACIÓN
Planificación para todos los paños (11)	1,5 horas
TRABAJO CON TRASLADOS, ASCENSOS ,DESCENSOS Y VOLCADO: Para 3 paños	
	19 horas 40 minutos
TRABAJO SIN TRASLADOS, ASCENSOS Y DESCENSOS: Para 8 paños	
	14 horas 10 minutos
TOTAL	188 horas 50 minutos

Tabla A9.2. Tabla de duraciones

Estas 188 horas 50 minutos se traducen a 23,6 días, lo que significa que se han empleado 24 días para documentar todos los paños.

VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS TRABAJOS

Los ingenieros técnicos en Topografía pertenecen al nivel 2 de la clasificación profesional que describe el Convenio de la Ingeniería.

Para realizar el cálculo debemos conocer el salario correspondiente al año 2009 para dicha categoría que viene recogido en la Revisión Salarial del BOE del 28 de marzo del mismo año. Para el nivel 2 es de 17.038,62 € anuales.

Lo primero a calcular son las partidas que cotizan, aquellas que se le pagan al trabajador por trabajar.

PARTIDAS QUE COTIZAN	Nivel 2
SALARIO	17.038,62
ANTIGÜEDAD	0,00
PLUS DE CONVENIO	2.048,90
RESULTADO(€/año)	19.087,52

Tabla A9.3. Tabla de partidas que cotizan

Para el cálculo de las horas trabajadas nos atenemos a lo que describen los siguientes artículos para cada concepto implicado.

HORAS POR CONVENIO: Artículo 23 del BOE (29 de mayo de 2008) en relación al Convenio de empresas de Ingeniería.

Artículo 23. Jornada laboral.

1. Durante el año 2007, la jornada ordinaria máxima de trabajo efectivo, en cómputo anual, será de mil ochocientos diez (1.810) horas. A partir del 1.º de enero de 2008 dicha jornada máxima anual será de mil ochocientos seis (1.806) horas. La distribución semanal de la jornada ordinaria anual podrá pactarse con los representantes de los trabajadores en la empresa, teniendo en cuenta que, en ningún caso, se podrán realizar más de nueve horas ordinarias diarias de trabajo efectivo. De acuerdo con lo establecido en el artículo 37.2 del Texto Refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores, ninguna fiesta laboral será recuperable.

JORNADAS PERDIDAS: Artículo 25 del BOE (29 de mayo de 2008) en relación al Convenio de empresas de Ingeniería.

Artículo 25. Permisos retribuidos.

1. Los trabajadores, previo aviso y justificación, podrán ausentarse del trabajo, con derecho a remuneración, por alguno de los motivos y por el tiempo siguiente:

- a) Quince días naturales en caso de matrimonio.*
- b) Dos días por el nacimiento de hijo y por el fallecimiento, accidente o enfermedad graves, hospitalización o intervención quirúrgica sin hospitalización que precise reposo*

domiciliario, de parientes hasta el segundo grado de consanguinidad o afinidad, salvo en el caso de fallecimiento del cónyuge, padres o hijos en el que el permiso será el establecido en el siguiente inciso c). Cuando, con tal motivo, el trabajador necesite hacer un desplazamiento al efecto de más de doscientos kilómetros, por cada uno de los viajes de ida y vuelta, el plazo será de cuatro días.

c) Cuatro días en los casos de fallecimiento del cónyuge, padres o hijos, incluyéndose en este tiempo los posibles desplazamientos.

d) Un día por traslado de domicilio habitual.

e) Por el tiempo indispensable, para el cumplimiento de un deber inexcusable de carácter público y personal. Cuando el cumplimiento del deber antes referido suponga la imposibilidad de la prestación del trabajo debido en más del veinte por ciento de las horas laborables en un periodo de tres meses, podrá la empresa pasar al trabajador afectado a la situación de excedencia forzosa. En el supuesto de que el trabajador por cumplimiento del deber o desempeño del cargo perciba una indemnización, se descontará el importe de la misma del salario a que tuviera derecho en la empresa.

f) Para realizar funciones sindicales o de representación del personal en los términos establecidos en la Ley y en el presente convenio.

2. En sustitución del permiso previsto en el art. 37.4 T.R.L.E.TT., por lactancia de un hijo menor de nueve meses, la madre trabajadora podrá optar por la acumulación de esa hora diaria de permiso en jornadas completas de libranza, que deberán disfrutarse de forma ininterrumpida inmediatamente a continuación de la suspensión por parto prevista en el art. 48.4 T.R.L.E.TT, siendo el máximo total de semanas en que podrá ver incrementado dicho descanso maternal, de dos semanas ininterrumpidas, que se sumarán a las legalmente establecidas por dicho descanso. En el supuesto de que la trabajadora extinguiere el contrato de trabajo antes de que el hijo cumpla los 9 meses, la empresa podrá deducir de la liquidación que corresponda a la trabajadora la cuantía correspondiente a los permisos por lactancia no consolidados, disfrutados anticipadamente, que se hayan podido acumular a la suspensión por maternidad legalmente establecida.

Con todo esto se estableció como media 6 días de jornadas perdidas o permisos retribuidos de un trabajador en un año, que a 8 horas por día que hacen un total de 48 horas no trabajadas por algunos de los motivos que se citan en este artículo.

HORAS EXTRA TRABAJADAS: Artículo 36 del BOE (29 de mayo de 2008) en relación al Convenio de empresas de Ingeniería.

Artículo 36. Horas extraordinarias.

1. Las partes firmantes del presente convenio acuerdan la conveniencia de reducir al mínimo indispensable la realización de las horas extraordinarias, ajustándose en esta materia a los siguientes criterios:

a) Horas extraordinarias habituales: supresión.

b) Horas extraordinarias que vengan exigidas por la necesidad de reparar siniestros y otros daños extraordinarios y urgentes, así como en caso de pérdida de materias primas: realización.

c) Horas extraordinarias necesarias por periodos punta de producción, ausencias imprevistas, cambios de turno u otras circunstancias de carácter estructural derivadas de la naturaleza de la actividad de que se trate: mantenimiento, siempre que no quepa la utilización de las distintas modalidades de contratación temporal o parcial previstas por la Ley.

2. La Dirección de la empresa informará periódicamente al Comité de Empresa o a los Delegados de Personal sobre el número de horas extraordinarias realizadas, especificando las causas y, en su caso, la distribución por secciones o departamentos. Asimismo, en función de esta información y de los criterios anteriormente señalados, la empresa y los representantes legales de los trabajadores determinarán el carácter y la naturaleza de las horas extraordinarias. Sólo se considerarán como extraordinarias las horas que excedan de la jornada

semanal ordinaria cuando ésta se haya pactado con los representantes de los trabajadores conforme al artículo 23.

3. Por lo que se refiere a los recargos para las horas extraordinarias, así como a la limitación del número de ellas, habrá de estarse en todo caso, además de lo pactado en los dos apartados anteriores, a lo previsto en la legislación general vigente en cada momento.

4. Salvo pacto individual en contrario, las horas extraordinarias se compensarán por tiempos equivalentes de descanso incrementados, al menos, en el setenta y cinco por ciento. Previo acuerdo entre empresa y trabajador, la compensación con tiempo de descanso se hará acumulando horas hasta completar, al menos, el tiempo equivalente a una jornada, que se disfrutará dentro del mismo año natural en que se hayan realizado las horas extraordinarias o, como máximo, en la primera semana del mes de enero siguiente.

Se han establecido un total de 50 horas extra máximas por trabajador al año.

RECOMPENSA DE LAS HORAS EXTRA: Artículo 36 del BOE (29 de mayo de 2008) en relación al Convenio de empresas de Ingeniería. Concretamente el apartado 4 (lo subrayado arriba). En ello se entiende que las horas extras para el Convenio de Ingeniería no se gratificaran económicamente si no que se hará en tiempo, es decir en horas que no tendrá que trabajar pero que sí cobrará, a las que al menos se incrementará un 75% de las horas extra trabajadas.

En este caso se han establecido un máximo de 50 horas extra, que al aplicarles el 75% nos da un resultado de 87,5 horas. El 75% de 50 son 37,5, por lo que al sumarles 50 nos dan esas 87,5 horas.

Las horas extra en el Convenio de Ingeniería no se pagan, pero repercuten en el tiempo, haciendo así que se encarezca la mano de obra.

Con todo ello se pueden calcular el total de horas trabajadas anuales para un trabajador perteneciente al nivel 2.

HORAS TRABAJADAS	Horas por convenio	1806
Jornadas perdidas		-48
Horas extras que trabajo		50
Recompensación de horas extras		-87,5
		1720,5 horas

Tabla A9.4. Tablas de partidas que cotizan y partidas que no cotizan

Las partidas que no cotizan son aquellas que tienen un concepto indemnizatorio, es decir, que la mano de obra del trabajador no influye, son causas externas.

En este caso sólo se ha considerado el valor del seguro, que se encuentra recogido en el Artículo 30 del BOE del 29 de mayo de 2008.

PARTIDAS QUE NO COTIZAN	Nivel 2
DIETAS	0,00
DESPLAZAMIENTOS	0,00
SEGURO	300,00
RESULTADO(€/año)	300,00

Tabla A9.5. Tabla de partidas que no cotizan

Dentro de las cotizaciones la cuota es la cantidad que hay que aportar a la Seguridad Social y se calcula multiplicando la Base por el Tipo.

COTIZACIONES	Nivel 2
POR CONTINGENCIAS GENERALES O COMUNES	
Base	19.087,52
Tipo	0,236
Cuota	4.504,65
POR ACCIDENTES LABORALES Y ENFERMEDADES PROFESIONALES	
Base	19.087,52
Tipo	0,070
Cuota	1.336,13
POR FOGASA, DESEMPLEO Y FORMACIÓN	
Base	19.087,52
Tipo	0,063
Cuota	1.202,51
COTIZACIÓN	7.043,29

Tabla A9.6. Tabla de cotizaciones

Para el cálculo por contingencias generales o comunes se obtiene la Cuota de la siguiente forma:

$$\text{Cuota} = \text{Base (Partidas que Cotizan)} \times \text{Tipo}$$

El tipo es $23,6/100 = 0,236$

Mientras que para la Cuota de enfermedades profesionales y accidentes laborales se calcula:

$$\text{Cuota} = \text{Base (Partidas que Cotizan)} \times \text{Tipo}$$

El tipo para este nivel se ha establecido en 0,070. Tiene que ver con la peligrosidad que tiene un determinado tipo de trabajo.

Por fogasa, desempleo y formación:

$$\text{Cuota} = \text{Base (Partidas que Cotizan)} \times \text{Tipo}$$

El tipo es $6,3/100 = 0,063$

Dichas Bases se encuentran en el Manual Práctico de Cotización de la Seguridad Social de 2009, al igual que los Tipos anteriores

Finalmente con todo lo calculado anteriormente se obtiene el coste de mano de obra por día:

	Nivel 2
PARTIDAS QUE COTIZAN	19.087,52
PARTIDAS QUE NO COTIZAN	300,00
COTIZACIÓN	7.043,29
IMPORTE TOTAL DEL COSTE MANO DE OBRA	26.430,81
COSTE MANO DE OBRA €/h	15,36
COSTE MANO DE OBRA €/día	122,90

Tabla A9.7. Tabla de coste de mano de obra

A continuación se calcula el coste total de los instrumentos principales utilizados en campo.

	PRECIO UNIDAD	UNIDADES	TOTAL
Estación total Leica TPS1205	15.000,00	1	15.000,00
Trípode de madera estándar	177,00	1	177,00
Prisma con soporte	228,00	1	228,00
Jalón	156,00	1	156,00
Baterías de repuesto	234,00	1	234,00
		TOTAL	15.795,00

Tabla A9.8. Coste de la estación total Leica TPS1205

	PRECIO UNIDAD	UNIDADES	TOTAL
Estación total Leica TCR307	3.300,00	1	3.300,00
Trípode de madera estándar	177,00	1	177,00
Prisma con soporte	228,00	1	228,00
Jalón	156,00	1	156,00
Baterías de repuesto	190,00	1	190,00
		TOTAL	4.051,00

Tabla A9.9. Coste de la estación total Leica TCR307

	PRECIO UNIDAD	UNIDADES	TOTAL
Cámara Canon EOS 5D Mark II	1.819,00	1	1.819,00
Batería de repuesto	61,50	1	61,50
Tarjeta de memoria	95,00	2	190,00
Funda	35,00	1	35,00
Objetivo Canon 35 mm	270,00	1	270,00
Objetivo Zeiss 21 mm	1.200,00	1	1.200,00
		TOTAL	3.575,50

Tabla A9.10. Coste de la cámara Canon EOS 5D Mark II

	PRECIO UNIDAD	UNIDADES	TOTAL
GPS Hiper Pro (Base + Móvil)	23.395,53	1	23.395,53
Trípode	385,00	2	770,00
		TOTAL	24.165,53

Tabla A9.11. Coste del GPS Hiper Pro

Para calcular la amortización de este instrumental primero debemos establecer los días de uso de los mismos. Para este proyecto se han contabilizado de la siguiente forma:

DÍAS DE USO DE LOS INSTRUMENTOS	
TIPO	NÚMERO
Horas Convenio	1806
Horas día	8
Días productivos	226
Días de más	5
Días instrumento	231

Tabla A9.12. Días de uso de los instrumentos

Cálculo de la amortización:

	ESTACIÓN TOTAL	ESTACIÓN TOTAL	CÁMARA	GPS
	Leica TPS1205	Leica TCR705	Canon EOS 5D Mark II	Hiper Pro
Precio de compra con IVA	18.638,10	3.894,00	4.219,09	28.515,33
Precio de compra sin IVA	15.795,00	3.300,00	3.575,50	24.165,53
Precio de venta	3.000,00	800,00	850,00	4.800,00
Valor de amortización	12.795,00	2.500,00	2.725,50	19.365,53
Años	6,67 años ≈ 7 años	6,67 años ≈ 7 años	6,67 años ≈ 7 años	6,67 años ≈ 7 años
Amortización anual	1.918,29	374,81	408,62	2.903,38
Seguro (5% de la amortización anual)	95,91	18,74	20,43	145,17
Revisión y certificado	193,00	193,00	63,00	143,00
Porte	49,56	49,56	16, 3	49,56
Reparaciones	130,00	130,00	80,00	110,00
TOTAL €/AÑO	2.386,77	766,11	588,48	3.351,11
DIAS	231	231	231	231
€/DIA	10,33	3,32	2,55	14,51

Tabla A9.13. Cálculo de la amortización para el instrumental

Para calcular el Valor de la amortización hemos restado al precio de compra sin IVA el precio hipotético de venta, el cual lo hemos obtenido de forma más o menos lógica;

VALOR DE LA AMORTIZACIÓN = PRECIO DE COMPRA SIN IVA – PRECIO DE VENTA

VALOR ANUAL DE LA AMORTIZACIÓN = Valor de la amortización / Periodo mínimo (Años)

Los años los obtenemos del BOE del viernes 6 de agosto de 2004 en el que nos dan el coeficiente máximo de amortización y el periodo máximo en el que un determinado bien ha de amortizarse. En este presupuesto se ha tomado el valor del periodo mínimo.

Elemento que queremos amortizar	Coeficiente máximo (%)	Coeficiente mínimo (%)	Periodo mínimo (años)	Periodo máximo (años)
Aparatos y material de topografía y laboratorio	15	100/14 = 7.14	100/15 = 6,67	14

Tabla A9.14. Cálculo del periodo de amortización

El cálculo para el material diverso utilizado se recoge en la tabla siguiente:

	PRECIO UNIDAD	UNIDADES	AÑOS AMORTIZACIÓN	TOTAL
Chaleco sencillo amarillo	15,00	2	2	15,00
Botiquín de primeros auxilios	54,00	1	2	27,00
Flexómetro SUPER-PRO 8m	18,00	2	2	18,00
Instrumento pegadianas	120	1	2	60,00
Estaca	0,30	5	1	1,50
Clavo	0,60	5	1	3,00
Dianas	0,03	70	1	2,1
Maceta	30	1	2	15
Silicona	1,8	2	1	3,6
Radio-teléfono	299,00	2	3	199,33
Portátil	599,00	1	3	199,67
Internet móvil	39,00	11	1	429,00
Teléfono móvil	79,00	2	2	79,00
Gasto teléfono móvil	47,50	11	1	522,50
			TOTAL €/AÑO	1.574,70
			DIAS	236
			€/DIA	6,67

Tabla A9.15. Cálculo de la amortización para el material diverso

Los días de uso se han calculado de la siguiente forma:

DÍAS DE USO DE LOS INSTRUMENTOS	
TIPO	NÚMERO
Horas Convenio	1806
Horas día	8
Días productivos	226
Días de más	10
Días instrumento	236

Tabla A9.16. Días de uso del material diverso

Respecto a los cálculos relativos de la oficina se establece el siguiente procedimiento:

	Ordenador	Teléfono	Impresora	Software	Mobiliario
Precio de compra con IVA	1.198,88	92,04	177,00	20.285,75	2.715,65
Precio de compra sin IVA	1.016,00	78,00	150,00	17.191,31	2.301,40
Precio de venta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor de amortización	1.016,00	78,00	150,00	17.191,31	2.301,40
Años	4	10	6,67	3,03	10
Amortización anual	254,00	7,80	22,49	5.673,70	230,14
	TOTAL MATERIALES DE TRABAJO				6188,13

Tabla A9.17. Días de uso del material diverso

Los años de amortización son:

Elemento que queremos amortizar	Coficiente máximo (%)	Coficiente mínimo (%)	Periodo mínimo (años)	Periodo máximo (años)
Sistemas y programas informáticos	33	$100/6 = 16,67$	$100/33 = 3,03$	6
Mobiliario, enseres y demás equipos de oficina (excluidos los de tratamiento informático por ordenador)	10	$100/20 = 5$	$100/20 = 10$	20
Máquinas copiadoras y reproductoras, equipos de dibujo industrial y comercial	15	$100/14 = 4,16$	$100/15 = 6,67$	14

Tabla A9.18. Cálculo de los periodos de amortización

A la hora de calcular el importe del software se ha establecido una comunicación con algunas de las casas encargadas de la distribución de los mismos y se ha conseguido la siguiente tabla:

PROGRAMAS	Precio sin IVA
Photodeler Scanner 6	828,96
Topcon Image Master	3.416,10
Rapidform XOS3	6.996,50
Windows 2007	109,20
Office 2007	588,00
AUTOCAD 2007	5.252,55
MDT	1.460,00
TOTAL	17.191,31

Tabla A9.19. Precio sin IVA del software

El mobiliario está compuesto por:

PRODUCTO	UNIDADES	PRECIO UNIDAD	PRECIO
Silla de dirección	3,00	170	510,00
Silla de confidente	2,00	80	160,00
Escritorio	423,00	2	846,00
Módulo estanterías altas	785,40	1	785,40
PRECIO TOTAL (sin IVA)			2.301,40

Tabla A9.20. Composición del mobiliario

Como para la realización del trabajo de campo ha sido necesario el desplazamiento en vehículo a continuación se realizan los cálculos relativos a un vehículo. El vehículo utilizado para el cálculo ha sido una furgoneta Renault Trafic como la que dispone el LDGP.

La furgoneta está valorada en 16.330 € y tiene un consumo de 8,5 litros por cada 100 kilómetros. Suponemos que el desplazamiento anual que se realiza con ella es de 35.000 kilómetros anuales y que el precio de la gasolina es de 1,27 €/litro, con lo que:

$$\text{LITROS AL AÑO} = (35.000 \times 8,5) / 100$$

$$\text{GASTO COMBUSTIBLE} = \text{LITROS AL Año} \times 1,27\text{€}$$

Para calcular el periodo de amortización buscamos en el BOE del Ministerio de Economía y Hacienda del 6 de agosto de 2004.

Elemento que queremos amortizar	Coeficiente máximo (%)	Coeficiente mínimo (%)	Periodo mínimo (años)	Periodo máximo (años)
Furgonetas, motocicletas, bicicletas y vehículos de reparto, taller y apoyo en carretera	16	100/14 = 7.14	100/16 = 6,25	14

Tabla A9.21. Cálculo de los periodos de amortización

	VEHÍCULO
Precio de compra con IVA	19.269,40
Precio de compra sin IVA	16.330,00
Precio de venta	4.500,00
Valor de amortización	11.830,00
Años	6,25
Amortización anual	1.892,80
COSTES FIJOS	
Amortización anual	1.892,80
Seguro	995,32
ITV	36,65
Impuesto de circulación	126,93
TOTAL COSTES FIJOS	2.056,38
COSTES VARIABLES	
Combustible	3.778,25
Revisiones	300,00
Neumáticos	464,92
Reparaciones	425,00
TOTAL COSTES VARIABLES	4.968,17
TOTAL AÑO	7.024,55
DIAS	231
TOTAL €/DIA	30,41
TOTAL €/ Km	0,20
COSTE FIJO DIA	8,90
COSTE VARIABLE Km	0,14
CF DIA + CV KM	9,04

Tabla A9.22. Cálculos relativos al vehículo

El cálculo de las dietas y los desplazamientos es bastante sencillo:

	DIETA 2009	DÍAS	TRABAJADORES	TOTAL (€)
DIETAS	10,00	1	2	20,00

	€/Km	Km	VEHÍCULOS	TOTAL (€)
VEHÍCULO	0,20	642	1	128,40

Tabla A9.23. Cálculo de las dietas y desplazamientos

Los kilómetros se han calculado estableciendo una distancia entre Vitoria y Clavijo de 107 kilómetros y multiplicándolos por 6 (3 días ida y vuelta).

Finalmente el presupuesto obtenido para la documentación de precisión de estos paños es el que se muestra a continuación:

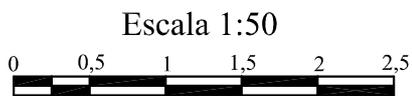
	UNIDADES	€/DÍA UNIDAD	€/DÍA TOTAL	DÍAS	TOTAL
COSTES DIRECTOS					
Topógrafos en campo	2	122,90	245,80	3	737,40
Topógrafo en oficina	1	122,90	122,90	44	5.407,60
Instrumentos					
Leica TPS1205	1	10,33	10,33	2	20,66
Leica TCR705	1	3,32	3,32	1	3,32
Canon EOS 5D Mark II	1	2,55	2,55	3	7,65
GPS Hiper Pro	1	14,51	14,51	1	14,51
Material diverso	1	6,67	6,67	3	20,01
Dietas					20,00
Vehículo					128,40
TOTAL COSTES DIRECTOS					6.359,55
GASTOS GENERALES					
Oficina	1	26,22	26,22	44	1.153,68
TOTAL GASTOS GENERALES					1.153,68
TOTAL CD + GG					7.513,23
Beneficio Industrial (15 %)					1.126,98
TOTAL (Sin IVA)					8.640,21
IVA (18 %)					1.555,24
TOTAL (Con IVA)					10.195,45

Tabla A9.24.Presupuesto final

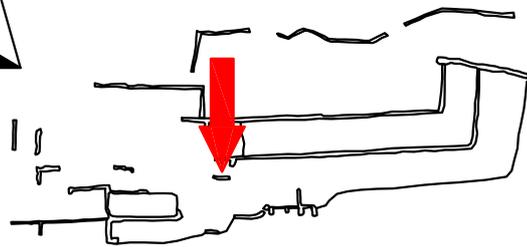
ANEXO 10: Planos

ÍNDICE DE PLANOS

	ESCALA
Plano 1: Ortofoto muro P paño Norte en Photomodeler	1/50
Plano 2: Ortofoto muro P paño Sur en Photomodeler	1/50
Plano 3: Ortofoto muro P paño Oeste en Photomodeler	1/50
Plano 4: Ortofoto muro P paño Norte en Image Master	1/50
Plano 5: Ortofoto muro P paño Sur en Image Master	1/50
Plano 6: Ortofoto muro P paño Este en Image Master	1/50
Plano 7: Ortofoto muro P paño Oeste en Image Master	1/50
Plano 8: Ortofoto muro J paño Norte en Image Master	1/50
Plano 9: Ortofoto muro J paño Sur en Image Master	1/50
Plano 10: Ortofoto muro J paño Oeste en Image Master	1/50
Plano 11: Modelo muro P paño Norte en Photomodeler	Sin escala
Plano 12: Modelo muro P paño Sur en Photomodeler	Sin escala
Plano 13: Modelo muro P paño Oeste en Photomodeler	Sin escala
Plano 14: Modelo muro P paño Norte en Image Master	Sin escala
Plano 15: Modelo muro P paño Sur en Image Master	Sin escala
Plano 16: Modelo muro P paño Este en Image Master	Sin escala
Plano 17: Modelo muro P paño Oeste en Image Master	Sin escala
Plano 18: Modelo muro J paño Norte en Image Master	Sin escala
Plano 19: Modelo muro J paño Sur en Image Master	Sin escala
Plano 20: Modelo muro J paño Oeste en Image Master	Sin escala



Norte



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Nombre: Ortofoto muro P paño Norte en Photomodeler

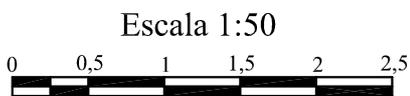
Nº de plano: 1

Autor: Raquel Méndiz Mateo

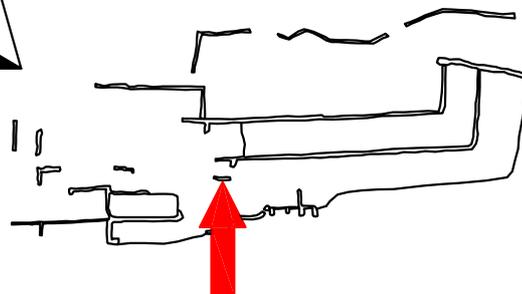
Fecha: Septiembre de 2011

Escala: 1/50

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



Norte



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Nombre: Ortofoto muro P paño Sur en Photomodeler

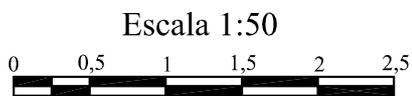
Nº de plano: 2

Autor: Raquel Méndiz Mateo

Fecha: Septiembre de 2011

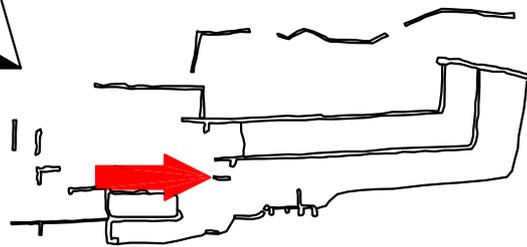
Escala: 1/50

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Norte



Nombre: Ortofoto muro P paño Oeste en Photomodeler

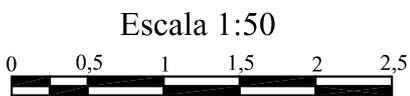
Nº de plano: 3

Autor: Raquel Méndiz Mateo

Fecha: Septiembre de 2011

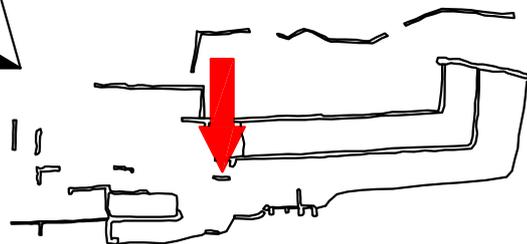
Escala: 1/50

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Norte



Nombre: Ortofoto muro P paño Norte en Image Master

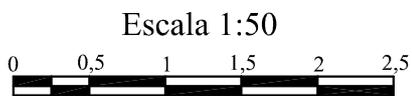
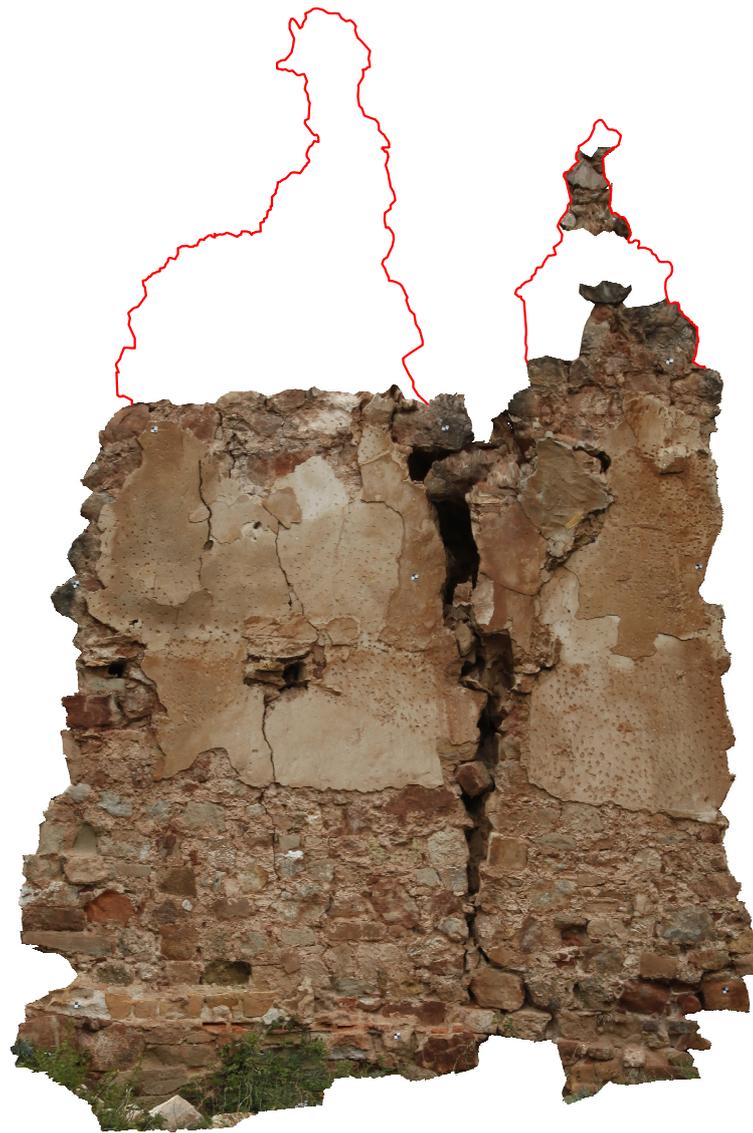
Nº de plano: 4

Autor: Raquel Méndiz Mateo

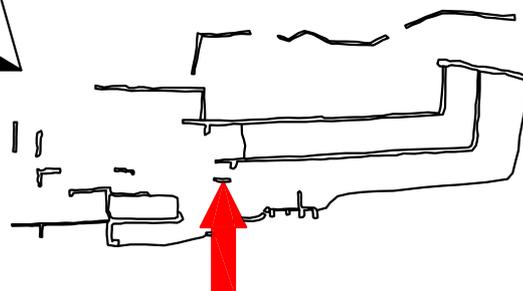
Fecha: Septiembre de 2011

Escala: 1/50

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



Norte



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Nombre: Ortofoto muro P paño Sur en Image Master

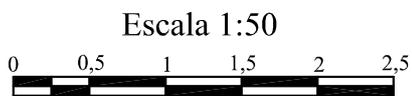
Nº de plano: 5

Autor: Raquel Méndiz Mateo

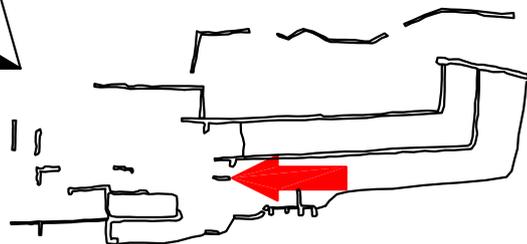
Fecha: Septiembre de 2011

Escala: 1/50

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU



Nombre: Ortofoto muro P paño Este en Image Master

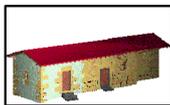
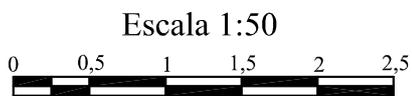
Nº de plano: 6

Autor: Raquel Méndiz Mateo

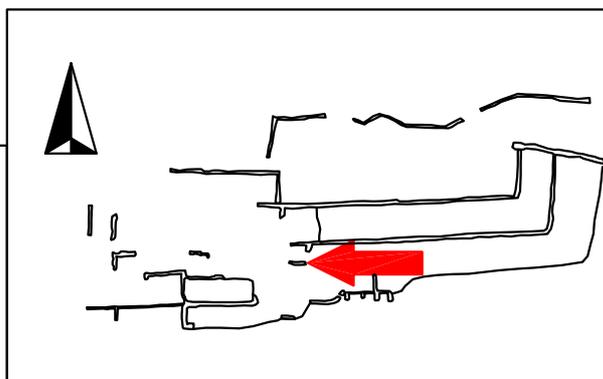
Fecha: Septiembre de 2011

Escala: 1/50

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU



Nombre: Ortofoto muro P paño Este en Image Master

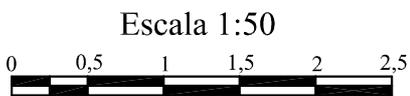
Nº de plano: 6

Autor: Raquel Méndiz Mateo

Fecha: Septiembre de 2011

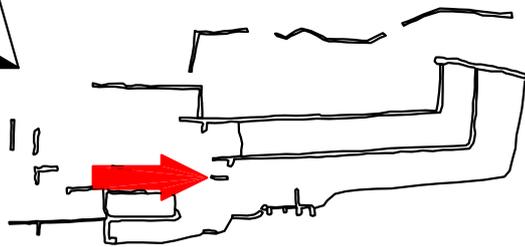
Escala: 1/50

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Norte



Nombre: Ortofoto muro P paño Oeste en Image Master

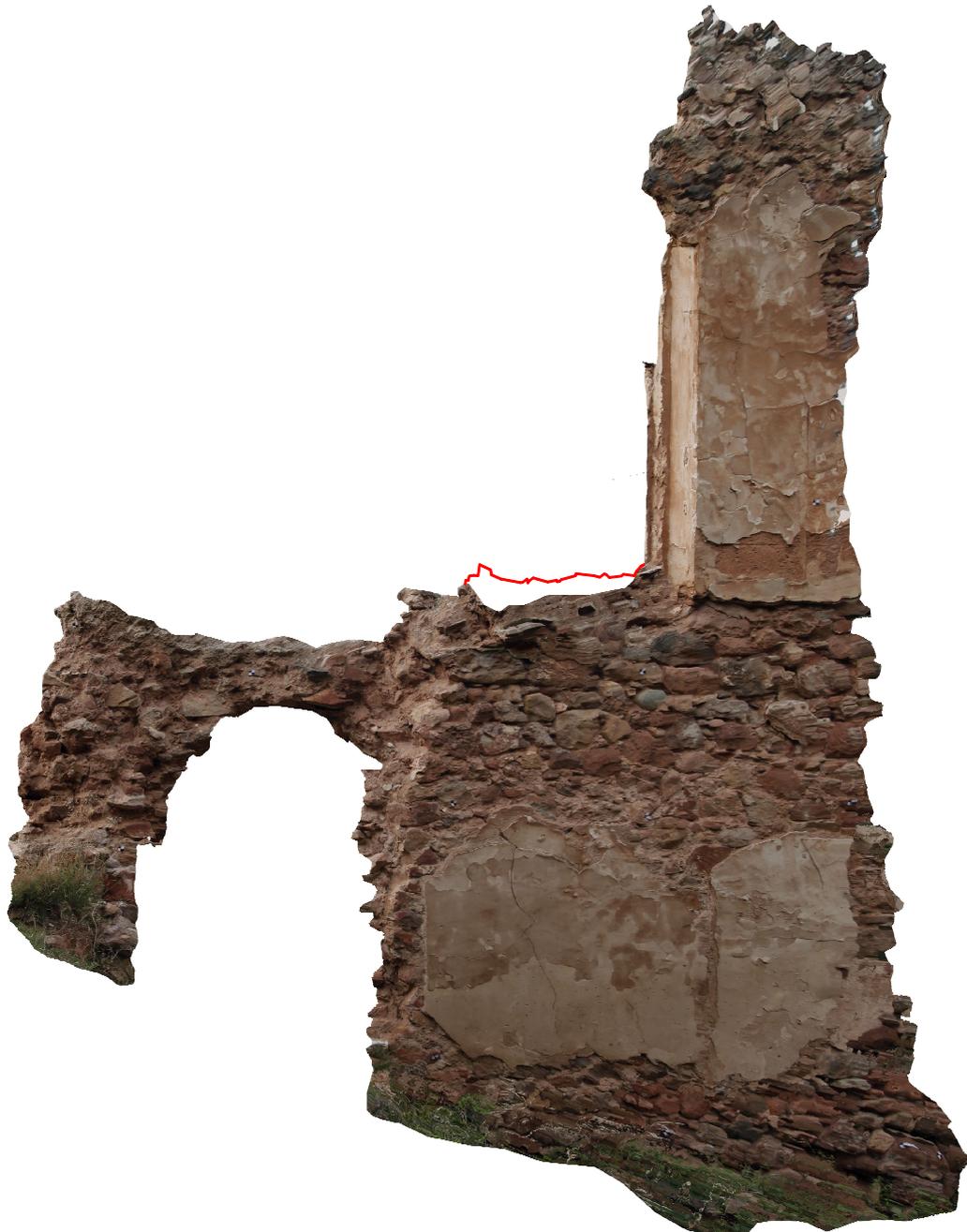
Nº de plano: 7

Autor: Raquel Méndiz Mateo

Fecha: Septiembre de 2011

Escala: 1/50

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).

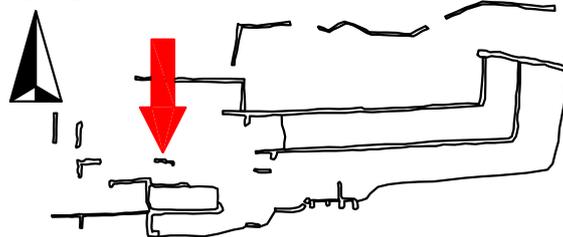


Escala 1:50



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Norte



Nombre: Ortofoto muro J paño Norte en Image Master

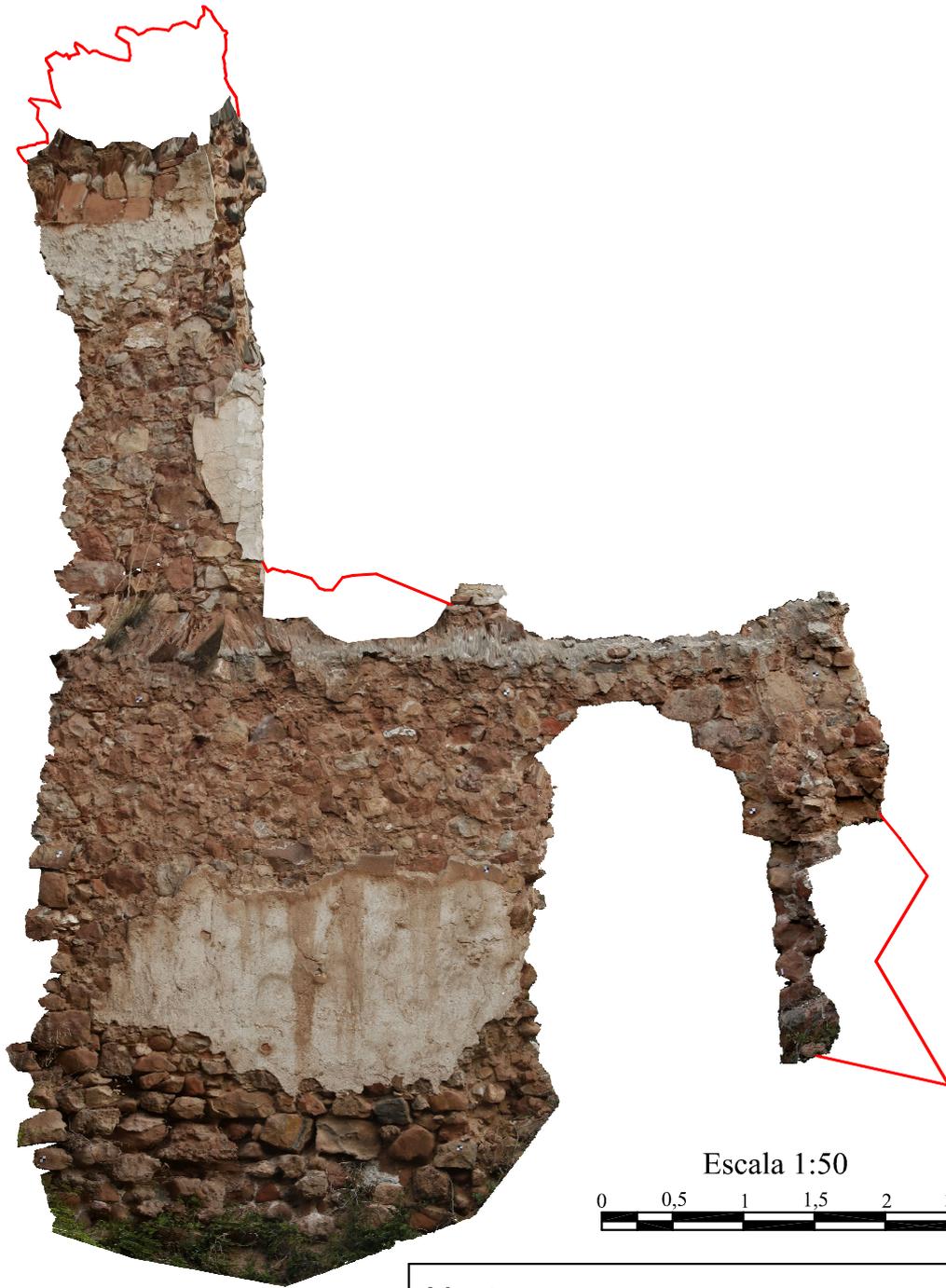
Nº de plano: 8

Autor: Raquel Méndiz Mateo

Fecha: Septiembre de 2011

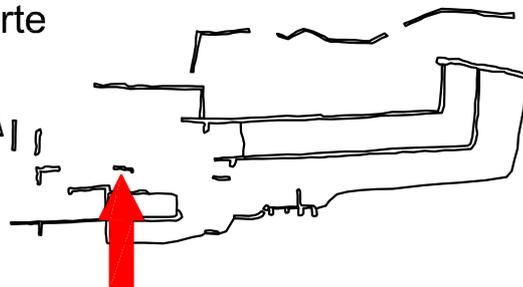
Escala: 1/50

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Norte



Nombre: Ortofoto muro J paño Sur en Image Master

Nº de plano: 9

Autor: Raquel Méndiz Mateo

Fecha: Septiembre de 2011

Escala: 1/50

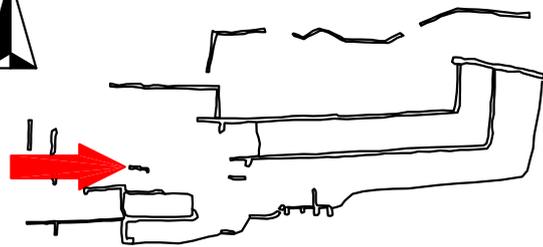
Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



Escala 1:50



Norte



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Nombre: Ortofoto muro J paño Oeste en Image Master

Nº de plano: 10

Autor: Raquel Méndiz Mateo

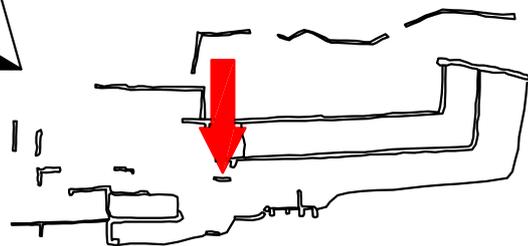
Fecha: Septiembre de 2011

Escala: 1/50

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



Norte



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Nombre: Modelo muro P paño Norte en Photomodeler

Nº de plano: 11

Autor: Raquel Méndiz Mateo

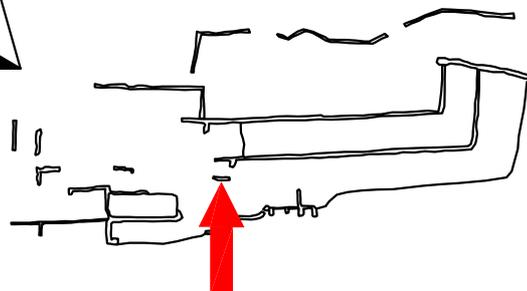
Fecha: Septiembre de 2011

Escala: Sin escala

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



Norte



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Nombre: Modelo muro P paño Sur en Photomodeler

Nº de plano: 12

Autor: Raquel Méndiz Mateo

Fecha: Septiembre de 2011

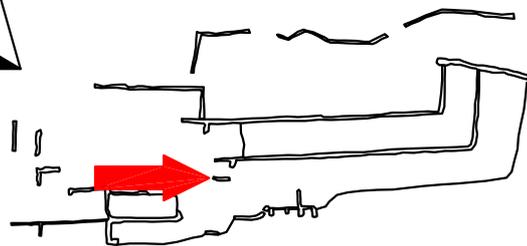
Escala: Sin escala

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Norte



Nombre: Modelo muro P paño Oeste en Photomodeler

Nº de plano: 13

Autor: Raquel Méndiz Mateo

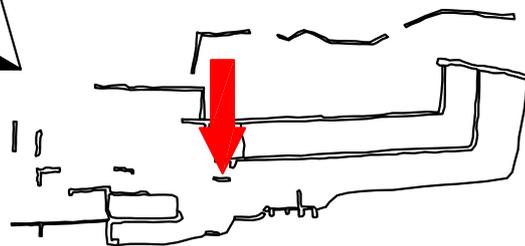
Fecha: Septiembre de 2011

Escala: Sin escala

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



Norte



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Nombre: Modelo muro P paño Norte en Image Master

Nº de plano: 14

Autor: Raquel Méndiz Mateo

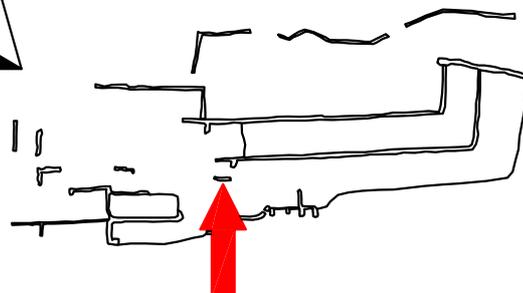
Fecha: Septiembre de 2011

Escala: Sin escala

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



Norte



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Nombre: Modelo muro P paño Sur en Image Master

Nº de plano: 15

Autor: Raquel Méndiz Mateo

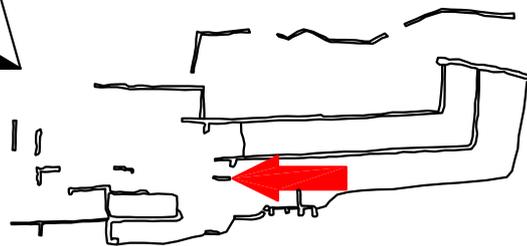
Fecha: Septiembre de 2011

Escala: Sin escala

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



Norte



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Nombre: Modelo muro P paño Este en Image Master

Nº de plano: 16

Autor: Raquel Méndiz Mateo

Fecha: Septiembre de 2011

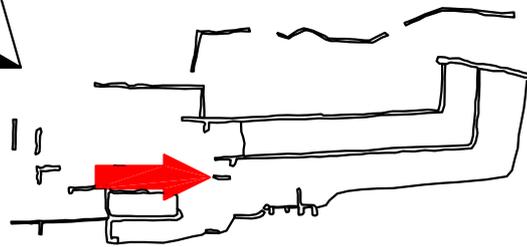
Escala: Sin escala

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Norte



Nombre: Modelo muro P paño Oeste en Image Master

Nº de plano: 17

Autor: Raquel Méndiz Mateo

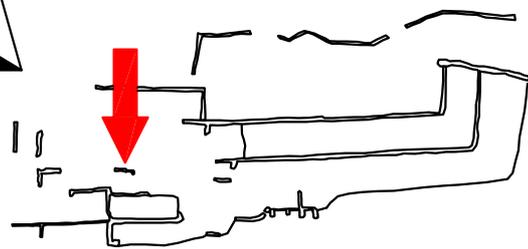
Fecha: Septiembre de 2011

Escala: Sin escala

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



Norte



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Nombre: Modelo muro J paño Norte en Image Master

Nº de plano: 18

Autor: Raquel Méndiz Mateo

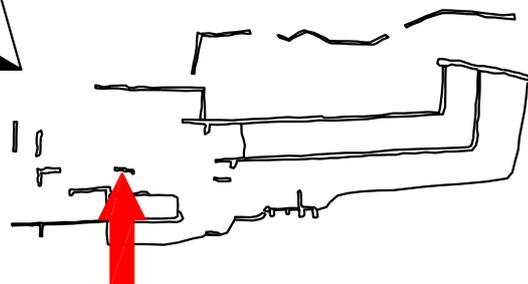
Fecha: Septiembre de 2011

Escala: Sin escala

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



Norte



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Nombre: Modelo muro J paño Sur en Image Master

Nº de plano: 19

Autor: Raquel Méndiz Mateo

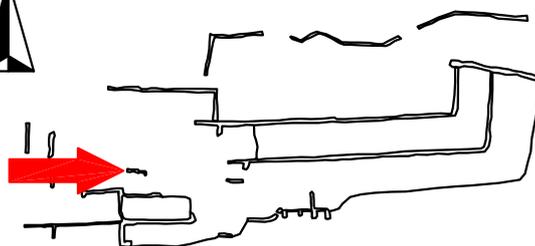
Fecha: Septiembre de 2011

Escala: Sin escala

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



Norte



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN
GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido.
UPV-EHU

Nombre: Modelo muro J paño Oeste en Image Master

Nº de plano: 20

Autor: Raquel Méndiz Mateo

Fecha: Septiembre de 2011

Escala: Sin escala

Proyecto: Documentación Geométrica de las zonas en riesgo de derrumbe. Aplicación en el Monasterio de San Prudencio de Monte Lturce (Clavijo, La Rioja).



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido -GPAC- (UPV-EHU)



UPV EHU

Aulario de las Nieves, edificio de Institutos Universitarios
C/ Nieves Cano 33, 01006 Vitoria-Gasteiz (España-Spain).
Tfno: +34 945 013222 / 013264
e-mail: jm.valle@ehu.es web: <http://www.ldgp.es>
