

## PHOTOGRAMMETRIC SURVEY IN TRADITIONAL RURAL CONSTRUCTIONS IN GALICIA (SPAIN)

Arias, P.\*; Vázquez, S.\*; Lorenzo, H.\*; Rego, T.\*\*

\* Escola Universitaria de Enxeñería Técnica Industrial  
Universidade de Vigo  
r/ Torrecedeira, 86. 36208 - Vigo (Spain)  
Phone: +34 986 813 645 Fax: +34 986 813 644 E-mail: parias@uvigo.es

\*\* Escola Politécnica Superior  
Universidade de Santiago de Compostela  
Campus Universitario  
27002 - Lugo (Spain)  
Phone: +34 982 252 231 Fax: +34 982 241 835 E-mail: jortiz@correo.lugo.usc.es

**KEY WORDS:** Close range photogrammetry, construction, digital camera, film-based camera

### RESUMEN

Traditional constructions are an important element on rural landscape. Their design reflects different farming methods between different areas and agricultural history periods. They thus provide valuable material evidence for agricultural history. However, old buildings are generally not suited to modern methods, being designed when labour was much more plentiful: they are being modified, sometimes drastically, or more often demolished or left to decay. The need to study and record them is therefore urgent (Peters,1981). Despite the efforts of many years, recording of our architectural heritage is far behind schedule (Parias & Rossikopoulos,1992). This is particularly true for vernacular buildings, the lowliest architectural heritage but the most abundant on cultural landscape. Documentation and surveying of this type of constructions requires low-cost photogrammetric methods.

This paper presents an applied study comparing two cameras. A *semi-metric film-based* one, Rolleiflex 6006, focal length 50 mm, 6x6 cm film digitized by a 1200 dpi non-metric scanner, and a *calibrated digitalcamera* Ricoh RDC-6000, 1600x1200 pixels, focal length 8,24 mm, taking fiducial marks on the corner of images (Kraus, 1997). The information obtained was processed RolleiMetric software package: CDW PLUS 750. Restitution technique is used for 3-D models. The field-test was carried out on a typical vernacular building of Galicia (Spain) and was useful to determine the applicability of photogrammetry on inventory task of vernacular architecture in this particular country.

### 1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La geología de Galicia está caracterizada por rocas antiguas (pizarras, gneis y granitos principalmente). Este medio proporciona los materiales utilizados en la arquitectura popular, pero no sólo de él dependen estas construcciones. Del suelo se extraen la arena, pizarra, el yeso, la arcilla y cualquier otro material necesario para construir sus viviendas, pero también está condicionada por el clima, la economía, estructura social, la orografía, las comunicaciones y otra serie de factores de menor importancia (Llano, 1981). Todos estos condicionantes presiden desde siempre la construcción rural, caracterizando la arquitectura popular de Galicia y sus zonas limítrofes.

La arquitectura gallega cuenta con una de las viviendas más primitivas aún activas del continente europeo (Llano, 1981): las *pallozas*, la más original y singular construcción de planta circular de la Galicia rural, sus muros son de piedra y la cubierta está construida con materiales vegetales.

Junto con la *palloza* es posible encontrar diversos tipos de viviendas, variando sus materiales, formas y distribución en planta en función de la zona en la que se encuentren. En rasgos generales, las edificaciones suelen ser de piedra -a veces de grandes bloques-, otras de mampostería sin encalar, de una sola planta, las más pobres, o con un piso; a veces tienen galerías y escalera exterior. Cerca de la casa se encuentran normalmente otro grupo de edificaciones relacionados con la producción agraria y la vida comunitaria: *o hórreo*, emblema de Galicia, *o palleiro* (pajar) y algún *alpendre* (cobertizo) para trabajar los días de lluvia. Completan el paisaje rural *as adegas* (bodegas), *os muíños* (molinos), *os pombais* (palomares) y otras construcciones menores.

En la década de los años 70 comienza a producirse una alarmante desaparición del patrimonio popular en Galicia (Llano, 1979). Entre las razones que propician la decadencia de las construcciones rurales tradicionales en Galicia destacan la emigración hacia las ciudades, la irrupción de modernas técnicas de construcción y los cambios en la orientación productiva. Estos hechos, entre otros menores, acompañan el abandono de muchos de los edificios tradicionales que aún se encontraban en uso, se ejecutan drásticas reformas constructivas y surgen edificios de nueva planta. El abandono desemboca generalmente en la pérdida de una herencia cultural arquitectónica, patrimonio de alto valor para este paisaje. La necesidad de su estudio comienza desde entonces a ser urgente



(Peters, 1981), manifestándose la fotogrametría cercana como una herramienta de altas prestaciones para inventariar este tipo de construcciones.

El presente trabajo muestra la metodología y los trabajos realizados para la obtención del levantamiento fotogramétrico de una interesante construcción tradicional situada en el entorno rural del ayuntamiento de Vigo, zona donde abundan este tipo de construcciones, pese a lo cual la mayoría de ellas no se encuentran protegidas ni tan siquiera catalogadas.

El elemento elegido es el denominado *Pilón de Pontenova*, construcción que originalmente data de principios del siglo XX con una reforma acometida a mediados de ese siglo. Las fuentes-pilón son elementos arquitectónicos muy particulares y representativos de parte de la arquitectura popular de Galicia, estando muy extendidos por toda su geografía. En la actualidad su valor es exclusivamente patrimonial, pero históricamente fueron construcciones muy importantes en el desarrollo y bienestar de las comunidades y núcleos de población, tanto por ser lugares de reunión de sus habitantes como por proporcionar un bien tan fundamental como es el agua potable. El *Pilón de Pontenova* es un conjunto arquitectónico formado por una fuente original y un lavadero añadido con posterioridad. La fuente esta constituida por bloques graníticos de la zona elaborados de forma artesanal formando un arco de circunferencia con dos pequeñas columnas una a cada lado; consta también de una serie de elementos decorativos en la propia piedra e inscripciones que realzan su interés, constituyendo un conjunto singular. El lavadero añadido es de base rectangular a distinta altura que la fuente, formado por seis pilares unidos por tres cerchas de hormigón dos a dos; la cubierta es de hormigón a dos aguas con un pequeño voladizo. Los cerramientos son una base de piedra por tres de las caras y unas paredes de bloque, estando la fuente en la cara frontal del lavadero.

## 2 OBJETIVOS

Uno de los principales condicionantes en la implantación de la fotogrametría terrestre como método para la adquisición de datos en la arquitectura popular es el coste relativamente elevado que supone el uso de estos sistemas, especialmente en lo referente a la cámara empleada. En base a esto, el principal objetivo de este trabajo es mostrar un estudio comparativo acerca del rendimiento fotogramétrico de dos cámaras fotográficas empleadas en tareas de levantamiento terrestre:

- Una cámara semimétrica Rolleiflex 6006 con formato 6×6 cm con placa *Réseau*, cuya efectividad está sobradamente contrastada, pero su precio de mercado es relativamente alto, lo que condiciona su uso.
- Una cámara fotográfica digital convencional RICOCH RDC-6000 previamente calibrada, muy accesible debido a su bajo precio de mercado.

Según lo expuesto, se comparan los resultados alcanzados con equipamientos muy distintos: una cámara fotográfica convencional de película (*film based camera*) y una cámara digital (*solid state sensor*). La comparativa se realiza en términos de precisiones obtenidas, costes, tiempos empleados, facilidad de uso y nivel de detalle de los datos proporcionados.

Así mismo, en lo referente a la cámara analógica, se emplearon films en blanco y negro y en color con el fin de tratar de estimar posibles diferencias de precisión entre ambas.

## 3 MATERIAL EMPLEADO

Para la realización de las tomas fotográficas se han utilizado las dos de cámaras reseñadas: la cámara semimétrica Rolleiflex modelo 6006 y la cámara digital RICOCH modelo RDC-6000, con parámetros de calibración conocidos.

Las características técnicas de la cámara ROLLEIFLEX 6006 son las siguientes:

Distancia focal: 50 mm.

Formato de película: 60 x 60 mm.

Réseau- 121/5, N°- 40

Objetivo: Distangon 4/50 mm metric

Apertura: Ángulo útil de imagen 60° 5´.

La película BN utilizada es de la marca AGFAPAM APX-100

La película en color es Kodak E100VS Ektachrome

Las características técnicas de la cámara digital RICOCH RDC-6000 son:

Distancia focal: 8,24 mm (equivalente a 40 mm en formato de cámara de 35 mm)

Ajuste de distancia: enfoque automático/manual. 0.3m – infinito

La cámara digital RDC-6000 de RICOCH dispone de una tarjeta de memoria donde almacena las imágenes para su posterior transferencia al computador.

En todo levantamiento fotogramétrico es fundamental la obtención de coordenadas de puntos distribuidos sobre el objeto. El aparato utilizado para esta toma de datos fue una estación total LEICA TC-307 con las siguientes características técnicas:

Anteojo:

Aumentos 30x

Diámetro libre del objetivo 40 mm

Distancia mínima de enfoque 1.7 m

Campo visual 1° 36'  
Medida de ángulos:  
Precisión angular 20''  
Sensibilidad de los niveles:  
Nivel esférico 6''/2 mm  
Nivel electrónico 20''/2 mm  
Compensador:  
Compensador a dos ejes.  
Amplitud de oscilación libre  $\pm 4'$   
Medida de distancias:  
Rango de medición desde 0 m hasta 5000 m

El paquete informático empleado para la orientación y restitución digital de fotogramas es el ROLEIMETRIC CDW 750 plus, que permite trabajar con imágenes obtenidas con cámaras analógicas y/o digitales, pudiendo procesar hasta un total de 128 fotos y 8 cámaras diferentes.

Para incorporar en el programa los fotogramas tomados con la cámara analógica es necesaria la digitalización previa de los mismos. Este proceso se realizó con un scanner HP SCANJET 7400 C, que permite alcanzar una resolución óptica máxima de 2400x2400 dpi.

## 4 METODOLOGÍA

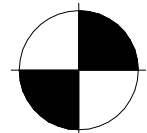
El trabajo fue dividido en dos partes claramente diferenciadas: toma de datos y procesamiento de datos-obtención de resultados.

### 4.1 Toma de datos

Para la realización del trabajo fotogramétrico se utilizó el *Método de Haces de Rayos*. La toma de datos se realizó durante los trabajos de campo empleando para ello la estación total y ambas cámaras fotográficas. Esta parte del trabajo es fundamental; un buen diseño de la misma condiciona la calidad de los resultados obtenidos posteriormente durante la fase de procesamiento. Los factores principales tenidos en cuenta han sido los establecidos en las llamadas "Reglas 3x3" (Waldhäusl & Ogleby, 1994):

- Tomas fotográficas: resulta fundamental una buena planificación de estas tomas, siendo los principales criterios a tener en cuenta:
  - El elemento a representar debe estar contenido, como mínimo, en tres fotogramas distintos.
  - Tomar un círculo de fotografías rodeando el objeto solapadas al menos un 50%.
  - Incluir también el tejado si interesa.
  - Las tomas -no menos de tres- de un mismo elemento, deben ser convergentes entre sí, con un ángulo de convergencia óptimo próximo a 90°.
  - Las tomas deben ser efectuadas de tal forma que el elemento a fotografiar cubra la mayor parte de la superficie del fotograma.
- La medición de los puntos de control es fundamental, permitiendo a posteriori la correcta representación a escala del objeto. Para esto se deben tener presentes las siguientes consideraciones:
  - Mantener una distribución uniforme de puntos de coordenadas conocidas sobre el elemento, de forma que no se dejen partes importantes del mismo sin apoyar.
  - Los puntos de control deben ser fácilmente identificables en el fotograma, de forma que durante el procesado no haya lugar a ambigüedades.

El empleo de dianas facilita la identificación de estos puntos. Su distribución debe ser de tal forma que la superficie encerrada sea como mínimo 2/3 de la superficie del fotograma. Su tamaño será proporcional a la distancia desde la cual se toma el fotograma y depende del tipo de cámara y objetivo utilizados. En este estudio, para imágenes analógicas con una resolución de *escaneado* de 1200 dpi, el tamaño del píxel es de 20  $\mu\text{m}$ , lo que equivale a una relación: 0.25 mm/m. Para imágenes digitales el tamaño del píxel es de 40  $\mu\text{m}$ , que se traduce en una relación: 1 mm/m.



Las tomas fotográficas se realizaron con la cámara analógica Rolleiflex 6006 y con la cámara digital RDC-6000 de RICOCH. Estas tomas del objeto seguirán el mismo diseño, difiriendo únicamente en su número (función del ángulo de apertura del objetivo utilizado). Con la cámara analógica se tomaron dos series de fotogramas, una en B/N (figura 1) y otra en color. Por su parte, con la cámara digital (figura 2) se tomaron un total de 14 fotogramas, a una resolución de 1600 x 1200 pixels.



Figura 1: Toma realizada con la cámara analógica y película en blanco y negro



Figura 2: Toma realizada con la cámara digital a una resolución de 1600x1200 pixels

Con la cámara analógica, tanto en blanco y negro como en color, se realizaron nueve tomas fotográficas (figura 3), tres por cada cara excepto en la cuarta cara que se necesitaron cuatro. Este hecho estuvo condicionado por la existencia de una pared muy próxima a la cuarta cara del objeto de trabajo, que impedía que las tomas tuviesen la convergencia adecuada, solucionándose el problema con la toma de un cuarto fotograma.

Con la cámara digital se realizaron un mayor número de tomas debido al menor ángulo de apertura del objetivo, siendo necesario aumentar su número para obtener una cobertura completa de las cuatro caras del pilón-fuente.

Al planificar la toma de puntos de control surgen dos alternativas claramente diferenciadas:

- Posicionar y dotar de coordenadas a las dianas, de forma que estas se disponen sobre el elemento previamente a la realización de las tomas fotográficas.
- Realizar en primer lugar las fotografías, eligiendo sobre estas, una vez pasadas a papel, los puntos idóneos para su elección como puntos de control.

La opción seleccionada fue la primera de las dos expuestas, pues en la práctica supone una reducción de tiempos (en una única salida se capturan todos los datos necesarios) y, garantiza la existencia del número mínimo de puntos de control necesarios.

Con la estación total se miden los ángulos horizontal y vertical y la distancia geométrica de al menos tres puntos de control sobre el objeto, condicionante impuesta por el restituidor digital manejado. Aplicando el método de intersección directa se transforman las coordenadas de los puntos de control a coordenadas cartesianas (X, Y, Z) para su posterior utilización en el proceso de orientación de los fotogramas.

Durante el proceso de adquisición de fotogramas es necesario controlar dos factores externos que condicionan drásticamente la calidad de las tomas: la apertura de diafragma y los tiempos de exposición, condicionados por la cantidad de luz emitida por el objeto.

## 4.2 Procesamiento de datos-Obtención de resultados.

### 4.2.1 Transferencia, digitalización y resolución de imágenes.

Las fotografías tomadas con la cámara digital se transfieren directamente al equipo informático, en la analógica una vez que la película ha sido revelada se procede a su digitalización con el scanner a una resolución de 1200 dpi. Para facilitar la identificación de puntos comunes en las imágenes *-coordenadas imagen-* se puede hacer necesario su realce mediante la utilización de un programa informático de tratamiento de imágenes, retocando su brillo y/o contraste.

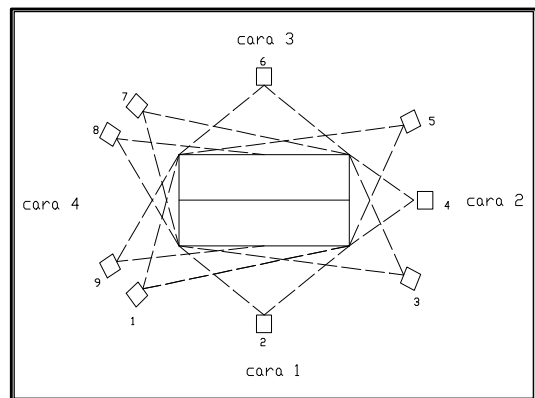


Figura 3: Tomas realizadas con la cámara analógica

#### 4.2.2 El Restituidor Digital.

La restitución de un punto en un fotograma consiste en la determinación de su posición relativa respecto a otros puntos de posición conocida que aparezcan en el fotograma, esto se consigue cuando se determinan sus coordenadas respecto a un sistema de referencia elegido previamente. El instrumento capaz de obtener coordenadas de un punto mediante la intersección de rayos homólogos es conocido como restituidor. Los restituidores se pueden clasificar en analógicos, analíticos y digitales.

El restituidor digital Rollei Metric CDW 750 plus aplica una serie de algoritmos (Atkinson, 1989) para obtener *coordenadas objeto*, a partir de *coordenadas imagen* de los puntos señalados en los fotogramas, respecto a un sistema de referencia arbitrario (*coordenadas terreno*).

El trabajo de orientación se divide en las siguientes fases, similares a las seguidas con cualquier otro tipo de restituidor:

- Orientación interna (Orientación Réseau).
- Orientación relativa y externa (Multi-image orientation).
- Orientación absoluta (Multi-image orientation).

Posteriormente una vez orientados completamente los fotogramas, el restituidor digital CDW 750 plus incorpora dos módulos de cálculo, el NAWÉ-OPT, software de orientación multi-imagen, y el PROMT, software de ajuste de haces, que incorpora dos funciones, L1 y L2, la primera para detección de errores groseros y la segunda para el ajuste por de errores por mínimos cuadrados. Estas técnicas de cálculo proporcionan un análisis rígido y fiable de las medidas efectuadas.

Una vez estimados y aceptados los errores cometidos, se procederá a la restitución del objeto propiamente dicha. Una de las peculiaridades de este sistema se basa en la ausencia de visión estereoscópica, proporcionando por el contrario líneas epipolares como herramienta auxiliar que permite localizar puntos homólogos en las diferentes fotografías y consecuentemente conseguir la restitución, lo que se podrá realizar en base a puntos o a polilíneas que definan el elemento, generando a continuación dibujos CAD, con formatos tipo .dxf o .dxb, que permiten su edición en la mayoría de los programas de diseño existentes en el mercado.

Por último, el método seguido para estimar las precisiones conseguidas en cada uno de los ensayos propuestos se basa en la selección de un total de 28 puntos cuyas coordenadas son medidas con la estación total y con el restituidor digital, una vez orientados los modelos y para cada una de las series de fotogramas realizados (formato analógico en B/N, formato analógico en color y formato digital). Estimando de esta forma los errores cometidos en el cálculo de coordenadas objeto y comparándolos entre si se obtiene una estimación media de los errores y su desviación típica.

## 5 RESULTADOS

Los resultados del trabajo expuesto se estructuran en tres apartados: coordenadas calculadas, planos y precisiones obtenidas.

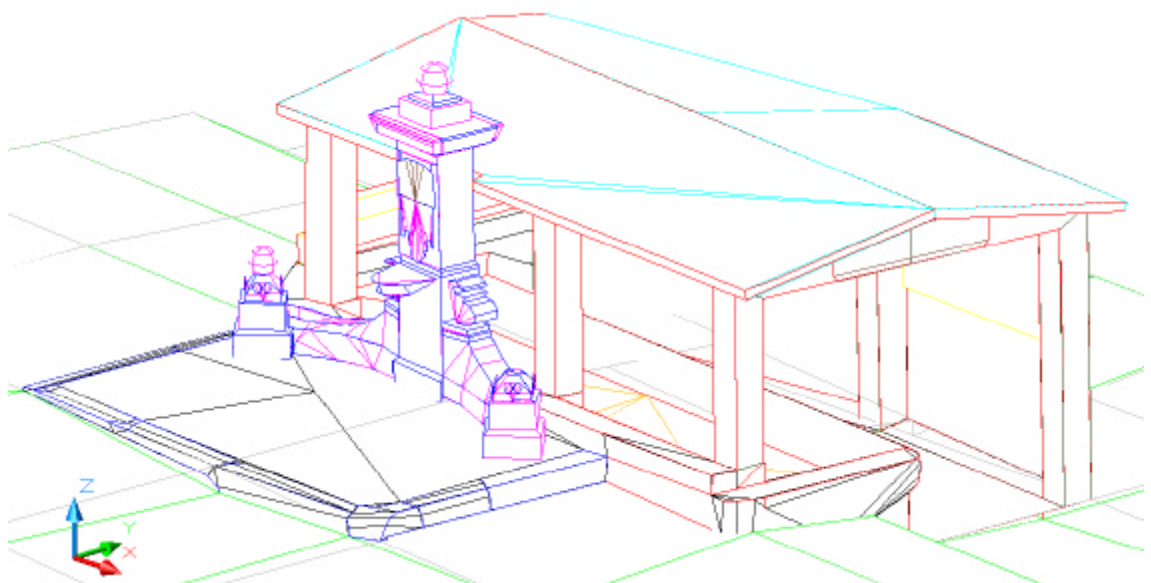
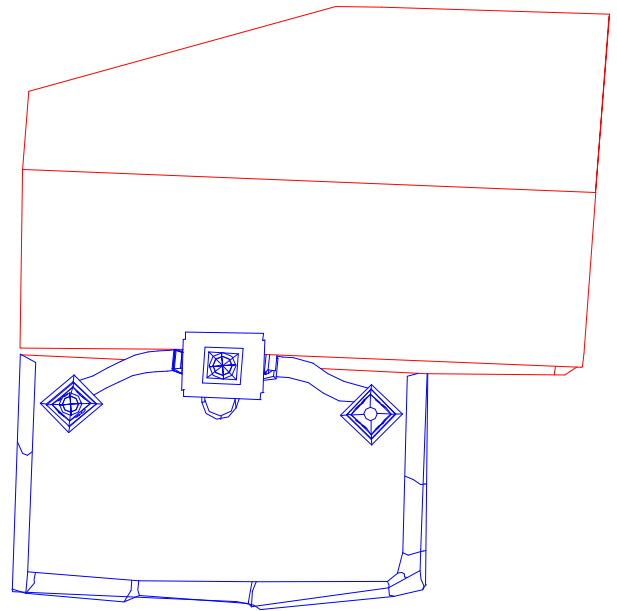
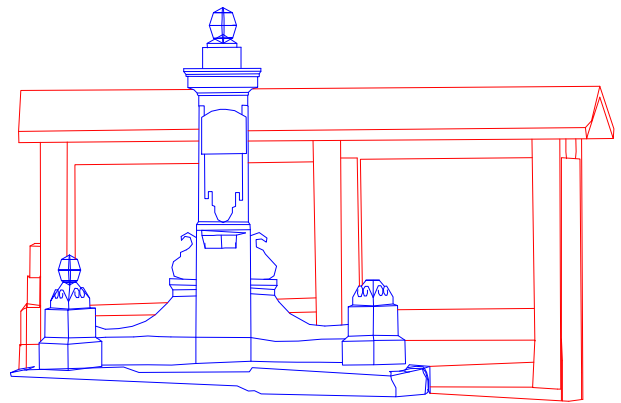
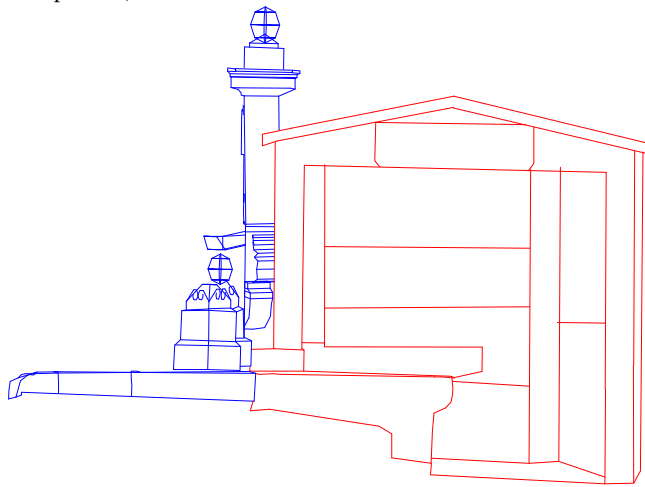
### 5.1 Coordenadas calculadas

Según lo descrito en el apartado de Metodología, se hace necesario el cálculo de las coordenadas de una serie de puntos distribuidos de forma aleatoria sobre el objeto que serán utilizados para estimar la precisión de cada uno de los métodos. Estos son calculados a partir de los ángulos y distancias medidos con una estación total, obteniendo posteriormente sus coordenadas rectangulares. Como origen de *coordenadas terreno* se tomo arbitrariamente el punto (100, 100, 100). Las *coordenadas terreno* obtenidas para estos puntos se resumen en la siguiente tabla:

PUNTO	x (m)	y (m)	z (m)	PUNTO	x (m)	y (m)	z (m)
1	100,001	103,133	101,996				
2	100,483	102,626	101,178	14	102,114	102,775	102,315
3	100,584	102,597	100,828	15	101,630	102,852	102,221
4	101,339	102,938	101,023	16	101,534	102,771	102,332
5	101,537	102,963	101,295	17	103,134	102,437	100,828
6	101,663	102,873	101,734	18	103,161	102,379	100,619
7	101,796	102,869	101,502	19	102,411	103,139	101,978
8	101,824	102,894	100,799	20	103,762	103,140	101,970
9	102,120	102,952	101,305	21	102,727	103,239	101,855
10	102,194	102,937	100,901	22	104,785	103,133	101,980
11	102,282	102,934	100,095	23	104,705	103,235	101,801
12	101,833	102,851	102,032	24	104,745	103,042	100,575
13	102,007	102,856	102,215	25	104,860	103,047	100,447

## 5.2 Planos

Con las tomas fotográficas y las *coordenadas terreno* de los puntos de control, el restituidor digital calcula las coordenadas objeto, lo que ya permite restituir, obteniendo como resultado los planos del objeto, se podrá obtener tanto vistas parciales (plantas, alzados y perfiles) como vistas 3D del elemento.



### 5.3 Precisiones obtenidas

En la tabla siguiente se presentan los errores cometidos para cada punto en el sistema de referencia considerado, así como su error medio cuadrático **d**, cuyo significado geométrico no es más que el módulo del vector distancia entre la posición de los puntos medida con la estación total y la obtenida tras la orientación de los fotogramas. Se calcula la media de estos vectores y su desviación típica

Número Punto	TOMAS ANALÓGICAS B/N				TOMAS ANALÓGICAS COLOR				TOMAS FORMATO DIGITAL				
	$\nabla_x$ (cm)	$\nabla_y$ (cm)	$\nabla_z$ (cm)	<b>d (cm)</b>	$\nabla_x$ (cm)	$\nabla_y$ (cm)	$\nabla_z$ (cm)	<b>d (cm)</b>	$\nabla_x$ (cm)	$\nabla_y$ (cm)	$\nabla_z$ (cm)	<b>d (cm)</b>	
1	0,6	0,1	1,3	<b>1,5</b>	0,3	0,3	1,3	<b>1,4</b>					
2	1,2	3,5	0,4	<b>3,7</b>	1,6	3,6	0,5	<b>4,0</b>	4,1	1,5	1,7	<b>4,7</b>	
3	1,6	2,7	2,5	<b>4,0</b>	2,0	3,2	2,8	<b>4,7</b>	4,1	3,6	4,6	<b>7,1</b>	
4	0,1	3,8	0,6	<b>3,8</b>	0,3	4,2	0,5	<b>4,2</b>	1,0	0,4	0,3	<b>1,1</b>	
5	0,3	0,6	0,8	<b>1,1</b>	0,5	0,3	0,8	<b>1,0</b>	0,2	3,2	0,6	<b>3,3</b>	
6	0,1	0,4	1,3	<b>1,4</b>	0,2	0,3	1,4	<b>1,5</b>	0,1	0,7	3,0	<b>3,1</b>	
7	0,8	1,0	0,5	<b>1,3</b>	0,6	0,9	0,4	<b>1,1</b>	0,9	0,9	4,0	<b>4,2</b>	
8	0,6	2,4	1,2	<b>2,7</b>	0,7	2,8	1,4	<b>3,2</b>	0,0	2,0	0,1	<b>2,0</b>	
9	0,1	0,3	0,8	<b>0,9</b>	0,1	0,3	0,8	<b>0,9</b>	0,3	1,5	0,3	<b>1,6</b>	
10	0,7	1,0	0,0	<b>1,2</b>	0,6	1,2	0,1	<b>1,4</b>	0,5	1,8	0,6	<b>1,9</b>	
11	0,4	0,6	0,1	<b>0,7</b>	0,4	0,9	0,1	<b>1,0</b>	0,8	2,6	0,3	<b>2,7</b>	
12	0,5	1,6	1,6	<b>2,3</b>	0,7	2,0	1,6	<b>2,6</b>	0,1	1,9	0,0	<b>1,9</b>	
13	1,0	0,3	1,2	<b>1,6</b>	1,1	0,8	1,4	<b>2,0</b>	1,3	0,1	2,3	<b>2,6</b>	
14	0,2	0,6	1,3	<b>1,4</b>	0,0	0,0	1,7	<b>1,7</b>	0,0	0,8	3,7	<b>3,8</b>	
15	0,1	0,7	1,0	<b>1,2</b>	0,2	1,1	1,2	<b>1,6</b>	0,2	0,7	2,6	<b>2,6</b>	
16	0,6	3,1	0,1	<b>3,2</b>	0,3	3,9	0,5	<b>3,9</b>	0,8	3,2	5,2	<b>6,2</b>	
17	1,1	2,8	1,7	<b>3,4</b>	1,6	3,2	2,0	<b>4,0</b>	0,3	2,2	1,9	<b>2,9</b>	
18	0,1	1,6	1,8	<b>2,4</b>	0,4	2,0	1,9	<b>2,8</b>	0,5	5,6	0,4	<b>5,7</b>	
19	0,5	0,4	0,5	<b>0,8</b>	0,3	0,7	0,6	<b>1,0</b>	0,6	0,3	0,4	<b>0,8</b>	
20	0,2	0,3	0,2	<b>0,4</b>	0,7	0,3	0,3	<b>0,8</b>	0,7	1,6	0,8	<b>1,9</b>	
21	1,8	0,9	2,1	<b>2,9</b>	2,1	1,0	2,2	<b>3,2</b>	3,1	0,9	0,0	<b>3,2</b>	
22	1,2	1,1	0,8	<b>1,8</b>	1,3	1,5	0,8	<b>2,1</b>	1,9	1,1	0,6	<b>2,3</b>	
23	0,3	1,2	2,2	<b>2,5</b>	0,0	1,3	2,5	<b>2,8</b>	2,1	0,1	0,7	<b>2,2</b>	
24	0,2	3,2	0,3	<b>3,2</b>	0,4	4,0	0,0	<b>4,0</b>	4,4	2,5	3,1	<b>5,9</b>	
25	1,7	2,8	0,2	<b>3,3</b>	1,6	3,5	0,2	<b>3,8</b>	3,7	4,2	1,3	<b>5,8</b>	
MEDIA (cm)				<b>2,1</b>					<b>2,4</b>				
DESVIACIÓN TÍPICA (cm)				<b>1,1</b>					<b>1,3</b>				

### 6 CONCLUSIONES

A partir del análisis de los resultados obtenidos se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Como metodología, se propone dotar de coordenadas a los puntos de control simultáneamente a la realización de las tomas fotográficas, pues supone una reducción en el tiempo empleado en los trabajos de campo al capturarse en una sola salida todos los datos necesarios.
2. Es aconsejable la utilización de dianas como elementos auxiliares para la identificación de puntos comunes en las distintas tomas, pues simplifica y facilita en gran medida esta labor.
3. Se recomienda el diseño de diana utilizado frente al diseño en "cruz filar". Este diseño permite una óptima definición de la posición de estos puntos, lo que resulta fundamental al no disponer de visión estereoscópica en el modelo.
4. El nivel de precisión obtenido con la cámara analógica ha sido en ambos casos, fotografía B/N y color, muy similar, pero siempre superior al alcanzado con la cámara digital, aún teniendo en cuenta que el restituidor digital manejado no soporta imágenes *escaneadas* a más de 1200 dpi.
5. La comparación entre los resultados obtenidos para la cámara analógica con película BN y color confirman que bajo condiciones meteorológicas adversas (nubosidad, falta de luz, etc) existentes durante la toma de las fotografías condicionan

la elección de uno u otro tipo de film. De esta forma, la fotografía en color resulta menos adecuada para realizar tomas en días grises, pues la escasez de luz impide ver ciertos detalles y/o la posición exacta de las dianas, al contrario de lo que sucede con la fotografía en blanco y negro.

6. Las desviaciones obtenidas en la determinación de las coordenadas de las dianas en las imágenes adquiridas con la cámara digital, indican que difícilmente se podrá alcanzar una precisión superior a 3-4 cm en la determinación de la posición espacial de los puntos del objeto. Sin embargo, para determinados trabajos en los que la precisión final requerida no sea excesivamente alta los resultados alcanzados resultan más que aceptables.
7. Comparando los resultados obtenidos con ambas cámaras y teniendo en cuenta el coste de uno y otro equipo, la utilización de cámaras digitales para levantamientos fotogramétricos simples se presenta como una buena solución que universalice el método en casos como la obtención de un inventario general de construcciones rurales que forman parte del patrimonio cultural.

## 7 AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación *Manejo y uso de la Fotogrametría cercana para la realización de levantamientos: puesta a punto de una metodología de trabajo. Aplicación al levantamiento de estructuras y construcciones*, financiado por la Xunta de Galicia, código PGIDT 00INN303, en colaboración con la empresa Proyestegal, S.L. La cámara digital empleada fue financiada a cargo del proyecto de investigación *Aproximación a una metodología de reutilización de construcciones rurales* subvencionado por el Ministerio de Educación y Cultura, cuyo Investigador Principal es el Dr. Ignacio cañas de la Universidad Politécnica de Madrid. Queremos hacer patente nuestro sincero agradecimiento al Catedrático D. José Herráez de la Universidad Politécnica de Valencia por la calibración de la citada cámara y por sus consejos e indicaciones sobre adquisición de datos y metodología.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Atkinson, K.B., 1989. Close Range Photogrammetry and Machine Vision. Department of Photogrammetry and Surveying. University College London. 371 p.
- Patias, P. and Rossikopoulos, D., 1992. SNAP: a system for non-metric architectural photogrammetry. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol XXIX, Part B5, Commission V, pp 123-129.
- Peters, J.E.C., 1981. Discovering traditional farm buildings. Shire Publications Ltd, Buckinghamshire, United Kingdom, 80 p.
- Kraus, K., 1997. Photogrammetry, vol. 2. Advanced Methods and Applications. Bonn, Germany, 466 p.
- Llano Cabado, P. 1979. \*As causas do proceso de desaparición da arquitectura popular". Revista de estudos agrarios I
- Llano Cabado, P. 1981. \*Arquitectura popular en Galicia. A casa-vivenda". COAG. Santiago de Compostela.
- Waldhäusl, P., Ogleby, C, 1994: 3-by-3- Rules for Simple Photogrammetric Documentation of Architecture. In: J.G.Fryer (Editor): Close Range Techniques and Machine Vision. Proceedings of the Symposium of Commission V of ISPRS in Melbourne, Australia, 1-4 March 1994.