

NUEVAS TÉCNICAS DE RELEVAMIENTO: EL PHOTO SCANNING.

Defranco, Gabriel H.; Fuertes, Laura L.; Gavino, Sergio J. L.;
Lopresti, Laura A.; Lara, Marianela; Barba, Salvatore.

Unidad de Investigación y Desarrollo – Grupo de Ingeniería Gráfica Aplicada (UID-GIGA)
Departamento de Mecánica – Facultad de Ingeniería
Gabriel Horacio Defranco – UID GIGA – Facultad de Ingeniería UNLP – Av. 1 y 47 La Plata
CP 1900 - ghdefran@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN

El relevamiento por medios manuales empleando el dibujo de croquis, es una práctica habitual para el registro de piezas en el ámbito de la Ingeniería Mecánica y el Diseño Industrial. La técnica del llamado “croquis de avería” viene siendo utilizada desde muy antiguo y mantiene su vigencia, constituyen un paradigma consolidado. Sin embargo, actualmente se dispone de técnicas más modernas que permiten otro tipo de relevamiento para iguales objetivos. Ellas son la fotogrametría y el láser scanner.

La fotogrametría, ampliamente utilizada en aplicaciones territoriales y de arquitectura, en orden a la preservación del patrimonio, resulta ser, en una escala distinta, de utilidad en aplicaciones industriales. Es así, que con algunas fotografías adecuadamente tomadas y algunas dimensiones utilizadas como patrones, pueden obtenerse modelos digitales equivalentes a los croquis. Procesando el registro fotográfico digital con software específico, se puede arribar a una nube de puntos en tres dimensiones y arribando luego a un modelo 3D. El modelo obtenido, puede ser utilizado para el re-modelado de la pieza relevada o para ser materializado bajo el circuito productivo del CAD-CAM (CNC).

El presente trabajo tiene por propósito presentar los pasos iniciales dados por la Unidad de Investigación y Desarrollo- Grupo de Ingeniería Gráfica Aplicada (UID-GIGA), a partir de haber sido invitada a participar del Proyecto de Cooperación Internacional Interuniversitario Laboratorio “*Drawing and Structural Analysis*” del grupo de investigación dirigido por el Dr. Salvatore Barba de la Universidad de Salerno, Italia. Con el objeto de adquirir la técnica, las primeras experiencias se hicieron no sobre modelos mecánicos sino sobre una obra arquitectónica significativa, como es el portal de acceso de la Catedral de la Ciudad de La Plata utilizando técnica del *photo scanning* [1]. Ya en una segunda fase se plantea seguir con prácticas en fotogrametría convergente, técnica apropiada en Ingeniería Inversa [2]. La experiencia se ha realizado con el objeto de familiarizarse con la técnica de relevamiento, el instrumental y software específico para la reconstrucción digital y para evaluar la precisión de los modelos 3D obtenidos.

Palabras Claves

Fotogrametría, Ingeniería Inversa, Modelos 3D.

[1] Barba, Salvatore. (2008). *Tecniche digitali per il rilievo di contatto*. Fisciano, Salerno, Italia. Editorial Cues, Salerno, Italia.

[2] Schnakovszky, Ganea; Raveica, Herghelgiu. (2008). “Reverse engineering for automotive industry”, *Annals of the Oradea University. Fascicle of Management and Technological Engineering*, Volume VII (XVII). Rumania.

1. INTRODUCCION

La fotogrametría, según Guidi, Russo y Beraldin (2010), "... es la ciencia que permite obtener una medida precisa de la característica geométrica de un objeto... a través del empleo conjunto de fotografías capturadas desde distintas posiciones..." [1]. Los conceptos fundamentales en los cuales se basa están relacionados con la geometría descriptiva y más precisamente con la perspectiva inversa. [1]

Los alcances de esta técnica, junto con un sistema de información geográfica (SIG) y teledetección, van desde disciplinas que abordan el análisis del territorio, relevamiento arquitectónico, tanto sea para la conservación del patrimonio cultural como en el proceso de proyecto, hasta aplicaciones en agronomía y arqueología [2]

En el presente trabajo se utiliza una nueva metodología fotogramétrica basada en un algoritmo de análisis multifocal de la imagen. Esta técnica utiliza tres fotografías denominadas *tripleas* capturadas con el eje óptico paralelo entre sí en las tres tomas y esta redundancia de la información permite eliminar muchos de los problemas de oclusión y reduce los errores de *mismatching* o falso procesamiento de algunos puntos, dando la oportunidad de verificar la correspondencia que se obtuvo en un par de imágenes a través de la verificación con la tercera fotografía [3]. Esta técnica se encuentra dentro de la fotogrametría de objeto cercano o *Close Range* que se diferencia de la fotogrametría aérea por la mayor proximidad de la toma fotográfica y la considerable menor escala del objeto de estudio.

La experiencia relatada forma parte de un trabajo más extenso presentado en el TERCER CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERIA MECANICA (III CAIM 2012), realizado en la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRBA).

2. APLICACIÓN DE TÉCNICA FOTOGRAMÉTRICA DIGITAL SOBRE UN EDIFICIO HISTÓRICO: LA CATEDRAL DE LA PLATA

El objeto de estudio es el portal de ingreso de la Catedral de la Inmaculada Concepción de la ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina. Este templo es de diseño Neogótico y está inspirado en las catedrales góticas de Amiens (Francia) y de Colonia (Alemania). Se encuentra ubicada en el Eje Cívico Platense que une al Palacio de Gobierno, la Legislatura, el Teatro Argentino y el Palacio Municipal. En el portal de ingreso se encuentran 13 de las 56 imágenes religiosas que están representadas en el frente.

Su importancia como primer elemento para estudiar radica por un lado, en que existe variada bibliografía con trabajos referidos al relevamiento de obras arquitectónicas de carácter singular [4, 5] con fines de registro y conservación patrimonial y por otro lado, la particularidad constructiva del portal relevado, tanto en lo pertinente a su material de base, el ladrillo el cual genera de por sí una textura visual significativa, como la disposición de las imágenes que se encuentran ubicadas en un plano oblicuo respecto del plano que contiene al portal.

2.1. Equipo utilizado.

Para el desarrollo de este caso se ha utilizado un equipo de Menci Software de Italia compuesto por una cámara digital réflex Nikon D100, un objetivo de 28 mm calibrado, un trípode profesional con una regla calibrada y dos software, el Zscan y el Z-Map¹.

¹ Este equipamiento es propiedad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Salerno, Italia, donde fue desarrollado el algoritmo luego codificado por MENCI. Por acuerdos de colaboración entre el Departamento de Ingeniería Civil de dicha facultad y la UID GIGA de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, el equipo estuvo en carácter de préstamo en este último grupo a los efectos de llevar a cabo experimentación como la que se relata en este trabajo.

El elemento que asegura una captura de eje paralelo es la regla calibrada o *Baseline*. La misma mide 900 mm de largo y sobre ella se desliza el cabezal sobre el que se fija la cámara fotográfica. El cabezal tiene puntos de traba o “estaciones” dispuestos simétricamente respecto del centro de la regleta que garantizan la equidistancia de cada posición de toma respecto de la anterior. Las posiciones o “estaciones” van desde 1, 0, 1 hasta 12, 0, 12 siendo esta posición la que posibilita un relevamiento de hasta 10-12 metros del objeto de estudio [6]. Además, se dispone de una tabla de datos, resultado de la calibración, donde se establece desde que puntos se deben tomar las fotografías considerando la distancia al objeto de estudio y la precisión que se puede o se quiere lograr.

El módulo Zscan permite pasar de cada píxel de las fotografías al punto con coordenadas X, Y y Z y valores de RGB. El Z-Map, en cambio, permite georeferenciar los resultados obtenidos del Zscan para obtener un solo modelo 3D.

Una vez establecido el objeto de estudio y considerada las condiciones de contorno del mismo se pauta la distancia de captura de tres fotografías denominada *tripleta*, de izquierda a derecha como se muestra en la Figura 1. Luego se completa con la cantidad de *tripletas* necesarias para incluir toda la información que se necesita relevar.



Figura 1 Esquema, en vista superior, con la posición de la cámara para la generación de tripletas.

2.2. Toma de muestras.

Considerando que se utiliza una óptica de 28 mm y teniendo en cuenta la altura del portal, la toma de fotografías fue realizada a una distancia de 6 metros aproximadamente de la puerta principal. Para ello se establecieron tres puntos alineados para la toma: dos laterales y uno central (A, B y C). En cada uno de ellos tres posiciones del eje óptico: horizontal, con una inclinación aproximada de 20° y una tercera posición a 45°. En cada posición de la cámara se tomaron tres fotografías. El resumen de la toma se puede observar en la Tabla 1 y en la Figura 2.

Tabla 1 Tripletas capturadas según el lugar de captura.

Angulo del eje óptico	Posiciones de la toma		
	A (izq.)	B (central)	C (der.)
0°	Tripleta 1	Tripleta 4	Tripleta 7
20°	Tripleta 2	Tripleta 5	Tripleta 8
45°	Tripleta 3	Tripleta 6	Tripleta 9
Total 27 fotografías con una resolución de 3008 x 2000 píxeles.			



Figura 2 Ejemplo de tripleta 1.

2.3. Procesamiento de muestras.

Las fotografías se procesan con la aplicación Zscan, Figura 3. El modo de tratamiento es por *tripletas*. Los pasos se detallan a continuación:

- Configurar la distancia utilizada para la captura de fotografías, término ya mencionado *Baseline*.
- Eliminar distorsiones propias de la cámara fotográfica a través de un algoritmo multifocal con el proceso de rectificación.
- Establecer la zona de interés y especificar los valores de las variables a tener en cuenta en el procesamiento:

Step: es la unidad que determina cada cuántos píxeles genera un punto en tres dimensiones.

Alpha: es la variable que define la dimensión máxima que puede tener el lado de cualquiera de los triángulos que componen la malla. El triángulo se forma al unirse los puntos 3D obtenidos mediante un proceso automático. Esta estipulada como diez veces la distancia entre puntos denominada *Ground Sample Distance (GSD)*. Este valor queda determinado al pautar el *Step*.

Noise Reduction: se estipula de acuerdo a la característica superficial del objeto a relevar y se puede visualizar en la continuidad de un punto con otro. Puede tomar los valores de: *Very High*, *Media*, *Low* y valores intermedios.

Una vez establecidos los parámetros se procesan las *tripletas* buscando características homóloga aprovechando los componentes cromáticos RGB. Para asegurar un mejor resultado debe tenerse una superposición aproximada del 60% entre cada toma.

- Visualización: la nube de puntos 3D coloreada, malla o malla con textura puede ser visualizada con Scanview, un complemento del Zscan.

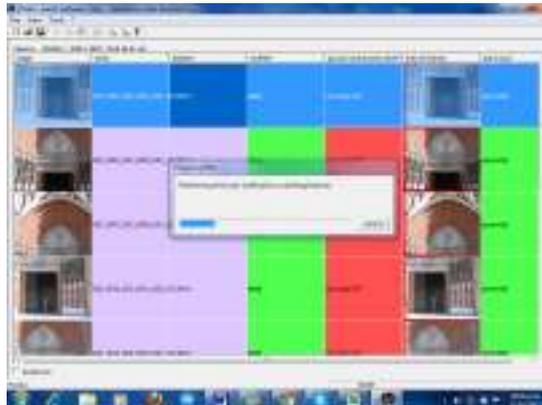


Figura 3 Tratamiento de las tripletas en Zscan de Menci Software.

La *Baseline* utilizada es de 900 mm. El *Step* es 7, valor que fue luego reducido a 4 para obtener mayor precisión del modelo final pero aumentando considerablemente los tiempos de procesamiento. Un *Step* de 7 por *tripleta* da como resultado 800.000 puntos en 3D y uno de 4 genera aproximadamente un millón y medio de puntos. Por tal motivo no se utiliza en el relevamiento un *Step* menor. El valor de *Alpha* se estipuló en 0.07, resultado de multiplicar un GSD de 0.007 m x 10 y seleccionando el valor de *Noise Reduction* para un primer resultado *Medio* y luego *High*. Hecho el procesamiento se obtienen 9 modelos 3D.

2.4. Procesamiento de modelos.

Los modelos de nube de puntos RGB obtenidos son insertados en la aplicación Z-Map para georeferenciarlos. Para ello es necesario colimar puntos homólogos de un modelo con otro. Durante este proceso se determina el error medio cuadrático para verificar la superposición de los modelos.

Este procedimiento se lleva a cabo considerando los ángulos de las tomas fotográficas, primero se georeferencian los modelos 1, 2 y 3 resultantes de las tripletas 3, 6 y 9; y así sucesivamente. Posteriormente se unen los tres modelos que se observan en la Figura 4, para la obtención de un único modelo final. Esto también se realiza colimando puntos homólogos. El modelo así obtenido, Figura 5, se puede visualizar como modelo de nube de puntos coloreados, modelo *mesh* y modelo *mesh* con textura o ser exportado a una aplicación CAD.

El error medio resultante se ubica dentro de los parámetros recomendados por el fabricante del software.

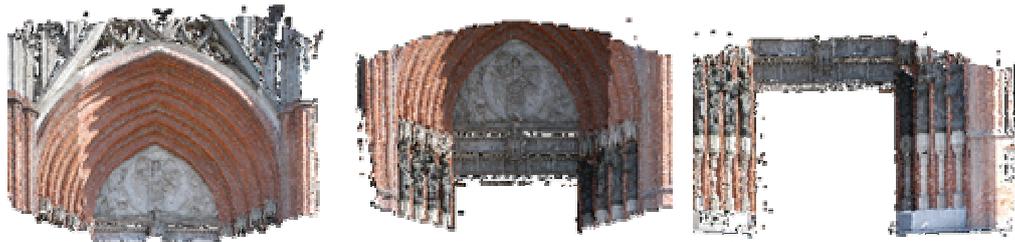


Figura 4 Modelos 3D resultado de, de izq. a der., tripletas 45°, tripletas 20° y tripletas 0°.

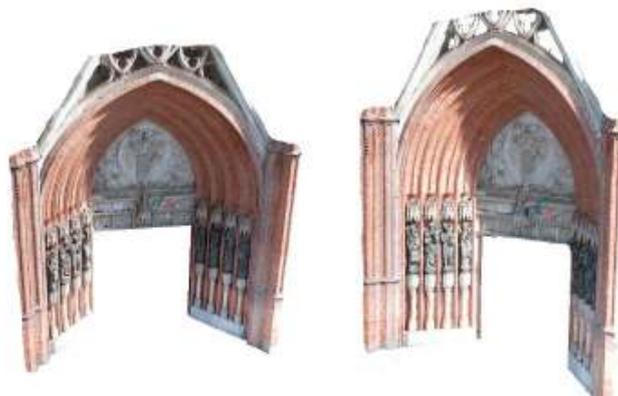


Figura 5 Modelo 3D final.

3. CONSIDERACIONES GENERALES DEL PROCEDIMIENTO Y DEL RESULTADO.

Para futuras experiencias, ya con piezas mecánicas, será conveniente tener en cuenta algunas consideraciones que tienen influencia en los resultados:

- En la toma fotográfica hay que evitar oclusiones y considerar que las partes donde llega poca luz, por ejemplo agujeros, no podrán ser reconstruidos en 3D.
- Todo el contorno del objeto puede ser relevado y los modelos parciales se ensamblan por software generando un modelo cerrado que es posible ser trabajado en una aplicación CAD.
- La calibración del equipo permite conocer con antelación los parámetros que luego se utilizan para el procesamiento. Se mejora el procedimiento y los resultados ajustando esas variables.
- La textura esta ligada a la resolución de las fotografías, textura que se aplica luego de la reconstrucción del modelo. El ruido de la superficie afecta la textura [7]. En esta técnica el punto 3D adopta el color de modo que si se ha utilizado un *Step* de 1 por cada píxel de la fotografía se obtiene un punto 3D con valor de RGB. El punto es la unidad mínima. Condición óptima de trabajo.

- La precisión obtenida en el relevamiento, considerando las dimensiones del portal relevado y la distancia de la toma fotográfica, es menor que del valor teórico dado por la empresa fabricante (valor dado 8.5 mm). Considerando que la distancia de la toma fotográfica para piezas mecánicas será de 300 mm la precisión teórica estaría en el orden de +/- 0.25 mm, valor de referencia para futuras experiencias.

4. CONCLUSIONES

Se ha presentado un caso de aplicación de la fotogrametría con finalidades de conservación del patrimonio. Se ha utilizado la técnica fotogramétrica basada en equipamiento específico y software *ad hoc*. Los resultados muestran que el método es capaz de dar solución al problema.

Se concluye que el método puede resultar de utilidad y puede ser aplicado al relevamiento de piezas mecánicas. Se plantea seguir con esta técnica en experiencias de esa característica e indagar en técnicas que no requieren el uso de equipo específico y software propietario.

5. REFERENCIAS

- [1] Guidi, Gabriele; Russo, Michele; Beraldin, Jean-Angelo. (2010). "Acquisizione 3D e modellazione poligonale". Milano, Italia. Editorial McGraw-Hill. Italia.
- [2] Lopresti, Laura; Defranco, Gabriel. (2007). "Croquizado Rápido Usando Técnicas Fotogramétricas Computarizadas". *II Congreso Internacional de Expresión Gráfica en Ingeniería y Arquitectura*; ISBN: 978-950-33-0628-4. Argentina.
- [3] Menci, Luca; Nex, Francesco; Rinaudo, Fulvio. (2007). "Zscan Menci Software: un nuovo strumento per le elaborazioni fotogrammetriche multimmagine", *Conferenza Nazionale ASITA, Centro Congressi Lingotto*. Turín, Italia.
- [4] Mora García, Raúl; Céspedes López, María; Cereceda, Miguel. (2009). "Aplicación de la fotogrametría en el levantamiento gráfico de la Iglesia de San José en Elche". *Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Alicante*. Alicante, España.
<http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/11364/1/02_PROCEEDINGS_M2_02_0005.pdf>
[Consulta: abril 2012].
- [5] Arias, Pedro; Caamaño, Carlos. (2004). "Fotogrametría digital de objeto cercano: una técnica alternativa para el conocimiento y conservación del patrimonio rural". *VII Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación*. Lanzarote, España.
<http://webs.uvigo.es/grupotf1/research/Arias_Caamano_Lorenzo_Badaoui.pdf>
[Consulta: abril 2012].
- [6] Barba, Salvatore. (2008). "Tecniche digitali per il rilievo di contatto". Fisciano, Salerno, Italia. Primera edición. Editorial Cues, Salerno, Italia.
- [7] Nex, Francesco; Rinaudo, Fulvio. (2008). "Multi-image matching: an "old and new" photogrammetric answer to Lidar techniques". *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B5*. Beijing, China.

Agradecimientos.

A Marco Limongiello, estudiante de la Universidad de Salerno de Italia, quien durante su pasantía en esta UID realizó las tomas fotográficas.