

# FOTOGRAMETRÍA DE OBJETO CERCAÑO PARA LA REHABILITACIÓN ORNAMENTAL DE EDIFICIOS

**JORGE PADÍN DEVESA**

Director del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría.  
Universitat Politècnica De València. Mail: [jpadin@cgf.upv.es](mailto:jpadin@cgf.upv.es)

**FERNANDO FCO. BUCHÓN MORAGUES**

Profesor del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría.  
Universitat Politècnica De València. Mail: [fbuchon@upvnet.upv.es](mailto:fbuchon@upvnet.upv.es)

**DAVID SÁNCHEZ JIMÉNEZ**

Mail: [dasanjimenez@gmail.com](mailto:dasanjimenez@gmail.com)

## Resumen

Hoy día el uso de la información 3D está en auge. Solamente hemos de ver el interés que están despertando las últimas tecnologías en impresión tridimensional para darnos cuenta del gran mercado que se está creando. De esta manera se convierte en una necesidad para todos aquellos profesionales relacionados con el patrimonio, tanto en la conservación como en la restauración, en la escultura y modelado, en el diseño, en la creación de espacios virtuales, en la animación 3D aplicado a videojuegos, cine o publicidad. La proliferación del uso de este tipo de información es más que evidente, por este motivo, se hacen necesarias tener unas bases sólidas de conocimiento sobre las diferentes técnicas de adquisición y tratamiento de este tipo de datos tridimensionales que nos permiten transformar objetos reales a su variante digital manteniendo su rigor métrico. En esta comunicación se han aplicado estas distintas metodologías a la obtención de réplicas ligeras de ornamentos en fachadas de edificios.

Palabras-clave: FOTOGRAMETRÍA, LUZ LÁSER, LÁSER ESCÁNER, LUZ ESTRUCTURADA, CORRELACIÓN.

### Abstract

Today the use of 3D information is booming. We must only see the interest that are waking up the latest 3D printing technologies to realize the huge market that is being created. In this way becomes a necessity for all those professionals involved in the heritage, conservation and restoration, the sculpture and modeling, in design, in the creation of virtual spaces in 3D applied to video games, film or advertising animation. The proliferation of the use of this type of information is more than evident, for this reason, they are required to have a firm foundation of knowledge about the different techniques of acquisition and processing of this type of three-dimensional data that allow us to transform real objects to its digital Variant while maintaining its metric accuracy. In this paper these different methodologies have been applied to obtaining light ornaments replicas on facades of buildings.

Keywords: PHOTOGRAMMETRY, LIGHT LASER, LASER SCANNER,STRUCTURED LIGHT, CORRELATION.

# 1. INTRODUCCIÓN

En una reconstrucción tridimensional tan importante es la representación texturizada (foto realística), como la representación métrica del objeto, en esta comunicación se abordarán algunas de las técnicas actuales de obtención de datos submilimétricos para conseguir un exhaustivo



Fig. 1. Detalles de la fachada en su estado original

cartografiado tridimensional de cualquier tipo de objeto, (esculturas, ornamentaciones, utillaje,...). La aplicación de las distintas técnicas de medición se ha aplicado a la obtención de réplicas de elementos ornamentales de fachadas de edificios en fase de rehabilitación. El objetivo fue obtener copias completas en plástico con impresoras 3d a partir de datos tomados sobre los fragmentos de los elementos ornamentales en mal estado existentes en la fachada. (Fig.1)

Las metodologías a tratar para la obtención de datos 3d a partir de técnicas de luz no invasivas, son:

- Luz estructurada
- Escáner de triangulación
- Correlación fotogramétrica.

## 2. LUZ ESTRUCTURADA

La técnica de luz estructurada, luz blanca o luz pulsada, consiste en proyectar un patrón conocido de píxeles generados mediante luz en una escena, de manera que la deformación de dicho patrón al “golpear” sobre la superficie del objeto permite a los sistemas de visión calcular dicha deformación, y poder así obtener la información tridimensional.

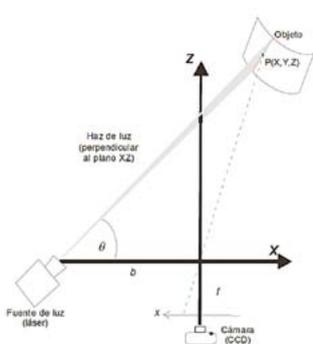


Fig. 2. Método de cálculo de coordenadas por triangulación fotogramétrica

Es un método directo, ya que se pueden obtener resultados calculando los datos obtenidos directamente de los escaneos y también en un sistema activo que, basado en triangulación, emplea un sistema generador de luz que proyecta energía al entorno del estudio, en la figura 2 se muestra el esquema de cálculo que se utiliza para la obtención de coordenadas con este sistema de triangulación.

Los elementos del sistema son dos (Figura 2):

- **Cámara de video:** hace uso de sensores CCD para convertir la luz incidente en voltaje análogo, cuantificándolo en valores de bits (puede ser incluso una webcam).
- **Fuente de luz:** proyectará el patrón de luz binario sobre el objeto para poder detectar la deformación de éste.

Las precisiones a las que se puede llegar con esta tecnología pueden ser del orden de los 0.05 mm (50 micras) con los instrumentos de menor coste del mercado, pudiendo llegar a una precisión en torno a las 10 micras con equipos de mayor coste.

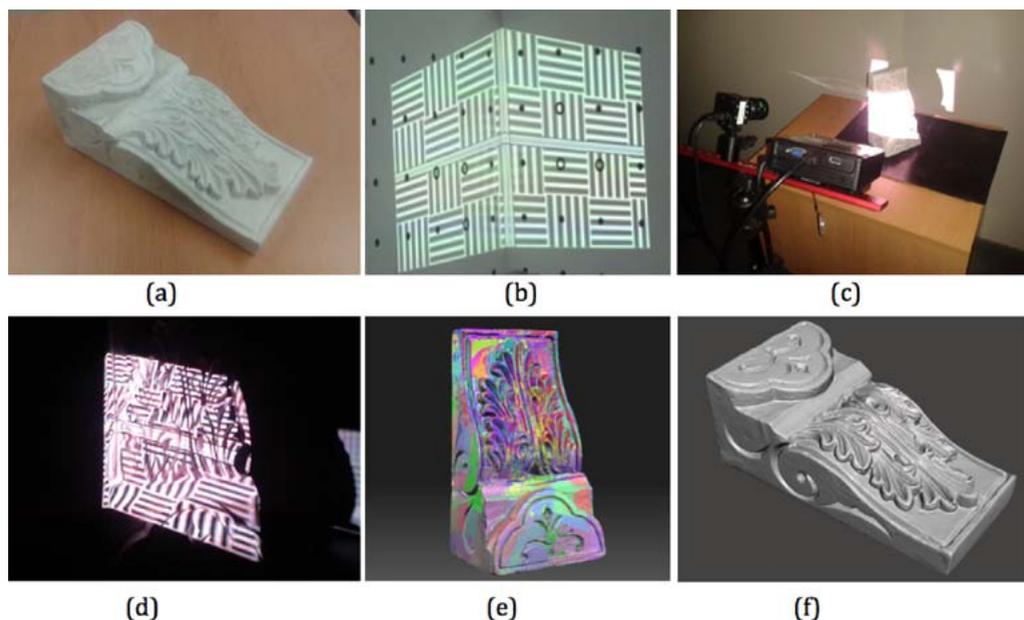


Fig. 3. Proceso de digitalización de un objeto con luz estructurada: a) Elección del objeto; b) Calibración del sistema; c) y d) Adquisición de imágenes con los distintos patrones proyectados; e) Cálculo de los distintos modelos 3d observados y registro en un mismo sistema de coordenadas; f) Resultado final de la digitalización

En la figura 3 se muestra el proceso de trabajo para la digitalización de una ménsula. Hay que tener en cuenta en el objeto a digitalizar (Fig. 3a) que ciertos colores oscuros y superficies brillantes o satinadas no sirven para este tipo de medición, ya que emplea el contraste blanco/negro, teniendo que matizarse previamente con lacas mates o aerosoles de teflón, los mejores resultados se obtienen con objetos de color blanco mate. El siguiente paso (Fig. 3b) es la calibración del equipo para conocer los parámetros necesarios para poder aplicar el método de cálculo de la triangulación descrito en la figura 2. En este proceso de calibración se consigue que todos los datos que se obtienen de la medición se encuentren a escala real. Este paso de la calibración no es necesario realizar en equipos de luz estructurada compactos con los parámetros fijos y predeterminados de fábrica. En las figuras 3c y 3d se muestra el proceso de adquisición de las tomas con los distintos patrones de luz proyectados sobre el objeto, este paso se repetirá las veces que sean necesarias moviendo el objeto hasta conseguir que esté totalmente fotografiado, obteniéndose el modelo 3d de cada una de estas tomas. El último paso (Fig. 3e) es el de registro o fusión en un mismo sistema de coordenadas de cada una de las tomas medidas en el proceso de adquisición de tomas, en la figura se pueden observar distintos colores, indicando cada uno que se ha tomado en escaneado distinto. El resultado de este registro es una copia tridimensional digitalizada (Fig. 3f) a la misma escala que el objeto original y en un formato de salida que puede ser tratado por cualquier software de modelado o impresión 3d.

Este método tiene como ventaja que es el más preciso de los que veremos en esta comunicación pero tiene como inconveniente la dificultad de medición sobre objetos situados en la fachada del edificio y que la toma tiene que realizarse sin apenas luz. Es un método totalmente válido para objetos que se puedan trasladar a un laboratorio para la realización de las tomas de datos en condiciones idóneas.

### 3. ESCÁNER DE TRIANGULACIÓN

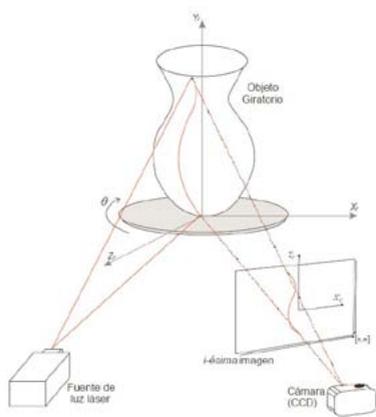


Fig. 4. Sistema de medición del escáner de triangulación

El fundamento teórico de este tipo de escáneres es el del principio de triangulación visto en el punto 2 e indicado en la figura 2. La diferencia con el método de luz estructurada, antes visto, es que en este sistema no se está proyectando de forma continua diferentes patrones de luz (característica de los sistemas activos), tan solo se emite un patrón fijo que puede variar, según el tipo de instrumento, desde una cuadrícula a una simple línea y esta puede ser proyectada desde un proyector de luz láser, microondas o infrarroja. En la figura 4 se muestra el esquema de un sistema gráfico de un sistema de escáner por triangulación.

La cámara puede ser de captura de imágenes fotográficas o de captura de video, los sistemas que trabajan imagen a imagen son bastante más precisos que los que trabajan con captura de video, pero hablando de precisiones, hasta con los sistemas más simples se pueden obtener datos con errores por debajo del milímetro, entre 0.9 mm para los sistemas

más económicos a las 15 – 20 micras para los sistemas de mayor coste. La posición proyector – cámara suele ser fija, siendo el objeto el que da vueltas para poder tomar las imágenes en todas sus posiciones, necesitándose en este caso de plataformas giratorias. También podemos tener la variante del objeto fijo, teniéndose que mover el escáner a su alrededor, este es el método que se ha empleado en la toma las ménsulas y florones de la fachada a rehabilitar mostrada en la figura 1. El escáner utilizado ha sido el SENSE de la firma 3d Systems (Fig.5). Para la adquisición de las imágenes se ha acoplado a una mira topográfica telescópica con objeto de evitar la colocación de andamios o la utilización de escaleras. El requisito para esta toma de datos es la adquisición de las imágenes a una distancia que puede oscilar entre 40 y 60 centímetros del objeto y realizar tantas imágenes como sea necesario para tener la totalidad del objeto fotografiado y por tanto con el modelo 3d obtenido. En la figura 6 se muestran los datos brutos de una ménsula tomada sobre la fachada y en la figura 7 los datos obtenidos con esta metodología de la ménsula medida en el laboratorio.



Fig. 5. Escáner SENSE de 3D Systems



Fig. 6. Toma de la fachada con escáner SENSE de 3D Systems



Fig. 7. Ménsula medida con escáner SENSE de 3D Systems

## 4. CORRELACIÓN FOTOGRAMÉTRICA

Con la aparición y difusión de la imagen digital ha cambiado la metodología de trabajo, pero no los principios matemáticos y geométricos de la fotogrametría, en la actualidad nos



Fig. 8. Modelo con Photoscan de Agisoft

encontramos en el mercado cámaras digitales con excelentes resoluciones geométricas con tamaños de pixel suficientemente pequeños para que tomando imágenes de objeto cercano podamos obtener mediciones del objeto a medir con errores submilimétricos. Programas informáticos como 123d Catch de Autodesk; ReCap de Autodesk; Photoscan de Agisoft; PhotoModeler Scanner; VisualsFm; etc, realizan de forma casi automática todo el proceso fotogramétrico clásico, detectando la posición de los puntos que definen tridimensionalmente el objeto fotografiado para poder modelarlo a continuación. En la figura 8 se puede comprobar la nube de puntos obtenida de la ménsula medida con las dos metodologías anteriores en donde podemos comprobar cómo la calidad de los resultados obtenidos es visiblemente inferior a las anteriores.

## 5. RESULTADOS

A partir de las metodologías vistas anteriores se puede obtener el modelo tridimensional de cualquier objeto físico. Estos modelos 3d permiten ser editados con programas específicos e impresos con impresoras 3d. Las ménsulas medidas han sido impresas en una impresora de plástico tipo PLA de la marca BQ WitBOX, figura 9. En la figura 10 se puede comprobar el resultado de la rehabilitación de la fachada con las replicas en plástico ya pintadas de las ménsulas medidas.



Fig. 9. Original y réplica en plástico

## 6. CONCLUSIONES

- De los tres métodos expuestos las mejores precisiones se han conseguido con la luz estructurada, pero tiene el inconveniente de que las tomas tienen que realizarse en unas condiciones de iluminación reducida y en un laboratorio ya que el instrumento empleado no es portátil.
- El sistema más adecuado para adquisición de modelos 3d directamente sobre la fachada se ha conseguido con el escáner de triangulación SENSE acoplado a una mira telescópica, obteniéndose una precisión por debajo del milímetro y siendo muy rápido en el proceso de toma.
- Los sistemas de correlación fotogramétrica son los más económicos con los que se puede realizar una digitalización de un objeto. Pero requieren de un gran número de fotografías y de un trabajo posterior muy costoso que requiere de equipos informáticos de grandes prestaciones para poder conseguir un modelo 3d óptimo.



Fig. 10. Resultado final