

# Uso de escáner laser para determinar las deformaciones en la geometría de una armadura mudéjar.

Aplicación en la iglesia del Convento de Madre de Dios de Sevilla

Miguel Angel Lopez-Lopez<sup>1</sup> y Francisco de Paula Montes-Tubío<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Sevilla

<sup>2</sup> Universidad de Córdoba

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7048>

## INTRODUCCIÓN

La Iglesia del *Convento de Madre de Dios* se concluye en 1572; aunque se desconozca el autor de las trazas, se sabe que en las primitivas fases estuvieron **Juan de Simancas** y **Pedro Díaz de Palacios**. Se trata de una única nave de planta rectangular, del tipo cajón puro sin capillas laterales y Capilla Mayor cuadrada separada de la nave principal por un gran arco toral.

La nave de la iglesia se cubre con una gran armadura mudéjar de ocho paños, cuadrada por arriba y ochavada por el centro y por abajo, igual que el presbiterio, que además cuenta con unas pechinas de magnífica laceria ataujorada de perímetro hexagonal. Las armaduras fueron ejecutadas por los carpinteros **Alonso Ruiz**, **Francisco Ramírez** y **Alonso del Castillo**. (Duclos 1992).

La gran altura de la nave y los empujes de la armadura han llevado al muro principal a grandes deformaciones hasta conseguir la posición de equilibrio en la que ahora se encuentra. El presente trabajo pretende definir de forma precisa esas deformaciones.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El láser escáner es un sistema de medición que, al igual que la fotogrametría, no necesita contacto directo con el modelo a levantar. El sensor está compuesto por un elemento que genera un haz de luz láser, caracterizado por su baja dispersión, y un sistema de barrido, horizontal y vertical, de modo que efectuando una serie de perfiles paralelos se consigue cubrir toda la superficie

a levantar, en forma de rejilla de paso impuesto por el operador (Nuñez, Buill y de Mesa 2013).

Antes de comenzar con la toma de datos se ha de realizar un estudio previo del edificio a levantar, prestando atención, sobre todo a los siguientes aspectos:

- Número de estacionamiento y posición de los mismos
- Densidad de puntos requerida
- Sistemas de coordenadas a emplear.

### 2.1. NÚMERO DE ESTACIONAMIENTOS DEL ESCÁNER LÁSER Y SU SITUACIÓN

Es aparato utilizado es el modelo C-5 de *Leica*, propiedad de la Universidad de Córdoba, tiene un diseño compacto con una plataforma todo en uno. Incluye escáner, auto-nivelación con sensor de inclinación, controlador, almacenamiento de datos, auto-exposímetro de cámara y plomada láser.

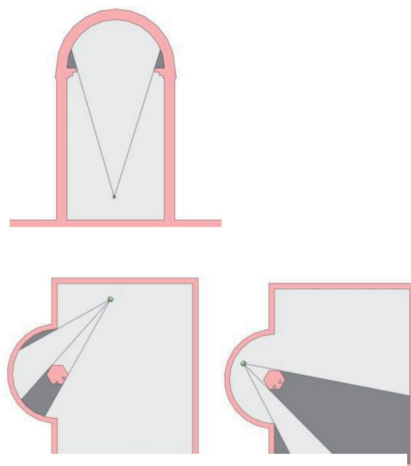


Fig. 1: Espacios en sombra según la posición del escáner laser, plantas y sección

Al basarse en la emisión de un haz de luz láser, el escáner no podrá registrar aquellas zonas no visibles desde su posición, o que queden ocultas detrás de una columna, mueble, muro, etc.

Para completar el levantamiento ha sido necesario, por tanto, realizar varios estacionamientos de forma que no queden zonas ocultas. Es importante tener en cuenta situaciones como la de la Fig. 1.

Esta contrariedad es fácil de resolver para los elementos que quedan en sombra desde la proyección radial horizontal en planta del posicionamiento. Pero el problema se plantea en altura ante la dificultad que se tiene de suspender el aparato y tomar los datos de los elementos que se encuentran en sombra desde los radiales verticales del alzado. Esto llevara a tomar determinadas decisiones sobre el uso de medios auxiliares, y representa el gran problema de la toma de datos con escáner laser para el patrimonio.

Otro aspecto a tener en cuenta es la oblicuidad de los rayos del haz con la superficie a registrar. Puesto que el escáner gira con incrementos de ángulo constantes, la densidad de los puntos registrados será mayor cuanto más se aproxime a 90 el ángulo de los rayos con la superficie. En un estacionamiento se tienen diferencias significativas de densidad de puntos registrados en una misma superficie plana, por lo que han sido precisos nuevos estacionamientos para mejorar la uniformidad de los resultados.

Ha sido necesario, por tanto, planificar previamente la ubicación de los estacionamientos del escáner, determinando el menor número de posiciones compatible con el registro completo del elemento.

En este sentido, un elemento diáfano, de planta convexa y con escasos obstáculos puede registrarse con un reducido número de estacionamientos. Por el contrario, en caso de elementos con numerosos quiebros, pasillos, estancias, escaleras, etc.; o con muchos obstáculos como mobiliario, columnas, vegetación, vehículos, etc. puede llegar a ser necesario un gran número de esta-

cionamientos (Mañara, Blanco y Rodríguez 2009)

Por otro lado, es conveniente establecer un cierto recubrimiento entre barridos, para evitar zonas huecas o sin datos. El porcentaje final dependerá de la complejidad del objeto y de la orientación del mismo con respecto al punto de estación, de manera que en superficies continuas el recubrimiento puede reducirse considerablemente.

## 2.2. DENSIDAD DE PUNTOS REQUERIDA

La resolución se ha determinado, en función de la distancia entre el escáner y el área a registrar, su oblicuidad, la densidad de puntos requerida y el tiempo disponible para la captura.

Se ha tratado de ajustar la densidad, puesto que una densidad muy alta multiplica el tiempo necesario para su captura, además de aumentar innecesariamente el volumen de la nube de puntos y, consecuentemente, el tiempo requerido para su procesamiento.

Debido al carácter de la investigación a realizar, ha sido trascendente determinar aquellas zonas en las que se necesita de una mayor información para conseguir el propósito de este estudio, esta ha sido una de las labores más delicadas, porque una falta de información o de precisión en la misma puede tener que obligar a una nueva visita al edificio.

En el presente trabajo se han discriminado las resoluciones, de forma que en un mismo estacionamiento se han realizado dos escaneos, uno con resolución menor para definición geométrica general y otro, en zonas localizadas, con resolución máxima, para el estudio detallado que desarrolla los puntos concretos del análisis.

En cualquier caso se debe tener en cuenta que, el uso de la tecnología 3D debe estar supeditado a un análisis crítico de las necesidades y objetivos reales de cada investigación (Olmo, Castro y Lopez 2012).

## 2.3. SISTEMA DE COORDENADAS A EMPLEAR

El escáner láser determina las coordenadas de los puntos registrados referidas a un sistema de referencia del propio aparato (sistema de referencia instrumental). Este sistema de coordenadas es diferente en cada estacionamiento, por lo que cada barrido debe

referenciarse a un sistema global para el conjunto de ellos.

Para tal fin se emplean diversas señales de puntería diseñadas específicamente para enlazar, registrar o referenciar distintos sistemas de coordenadas, en este estudio se han utilizado dianas giratorias.

El control del escáner se efectúa a través del software mediante el cual se define qué partes del objeto a levantar se escanean y con qué resolución. Durante la toma de datos en campo es muy conveniente disponer de información fiable sobre el progreso y la integridad del levantamiento. Ello puede resultar muy complicado en caso de áreas complejas con muchas zonas ocultas, por lo que se debe disponer de una aplicación que permita registrar las nubes de puntos de los diferentes barridos y visualizar la nube completa. Para el registro y limpieza de la nube de puntos se ha utilizado el *software* del fabricante, el programa *Cyclon*.

En este trabajo no se ha considerado importante la georreferenciación del monumento a estudiar, por lo que se ha ido al registro de las nubes de puntos por dianas, siendo las coordenadas las globales del fichero BIM que se ha creado.

## 2.4. PROCESADO DE LOS DATOS

La fase de procesamiento de la información se desarrolla en general de acuerdo con los pasos siguientes:

- Preparación de cada toma. Si la toma es demasiado densa se puede proceder a una simplificación antes de su registro. También es preferible proceder, antes del registro, a la eliminación de puntos no deseados o erróneos correspondientes a vegetación, transeúntes, mobiliario, vehículos, etc.
- Registro de cada barrido al sistema de referencia elegido, ya sea local o global.
- Eliminación, mediante filtrado, de la información duplicada en áreas de solape.

A continuación se describen los aspectos fundamentales de cada uno de estos pasos.

### 2.4.1. Eliminación de puntos no deseados

La eliminación de puntos no deseados puede efectuarse por dos sistemas:

Manual. Localizando y eliminando los puntos de la nube correspondientes a elementos no deseados, como: mobiliario, personas, automóviles, etc. Ante la gran variedad de elementos no deseados que pueden presentarse parece complicado implementar un proceso automático capaz de identificar estos puntos y eliminarlos.

Automático. Los puntos erróneos (ruido de la nube de puntos) pueden ser identificados mediante un algoritmo que determina los puntos que cumplen unas determinadas condiciones de distancia mínima, cantidad, etc. (Nallig et al. 2009). Hoy en día hay gran variedad de *plugins* para esta labor (Martínez et al. 2012)

Para este trabajo no se ha utilizado la eliminación automática, dado que los datos que se necesitan pueden ser considerados ruido y consecuentemente ser eliminados por los *plugins* de limpieza.

Este método se ha utilizado para simplificación y homogeneización del registro de nubes en zonas de solape, de forma que se obtenga una distribución de puntos uniforme.

### 2.4.2. Registro de los barridos

La operación de registro tiene la finalidad de combinar las nubes de puntos obtenidas en los sucesivos barridos desde diferentes estacionamientos, así como, en su caso, la referenciación de la nube de puntos al sistema de coordenadas elegido.

El registro se ha realizado de forma indirecta mediante puntos de control. Se fijan una serie de puntos de referencia que se materializan en unas dianas, estas se detectan con el escáner después de cada estacionamiento y sirven para el registro de las distintas nubes de puntos. Para conseguir un registro preciso es conveniente que se compartan, al menos, tres dianas, sin embargo, para un registro automático realizado por el software utilizado, solo es necesario que existan entre cada escaneo dos dianas comunes y que estas no se encuentren próximas en la vertical. En cualquier caso el software utilizado, una vez realizado el registro, permite listar la precisión del mismo, En este trabajo se han encontrado errores inferiores a 0.001 metros, que es una muy buena precisión para el objetivo que se persigue. Esta precisión se ha obtenido porque se han realizado los solapes siempre con, al menos, tres dianas comunes.

2.4.3. Filtrado de información duplicada en las zonas de solape

Los solapes entre barridos suponen una duplicidad de datos que es conveniente filtrar para no sobrecargar la nube con puntos que no proporcionan información adicional. En esas zonas pueden encontrarse también puntos erróneos debidos a la deficiente incidencia de los rayos o a elevadas distancias entre el escáner y la superficie escaneada.

También, a través de software puede realizarse una reducción del volumen de la nube de puntos basada en el hecho de que las superficies lisas pueden quedar definidas con menos puntos que las zonas con más aristas.

Para la definición de las deformaciones se ha utilizado un programa de modelado BIM, debido a la facilidad de gestión y visualización de los modelos 3D que ofrecen.

3. RESULTADOS

Mediante el uso de la nube de puntos obtenida con el escáner laser, se pueden determinar las deformaciones que han sufrido los elementos constructivos, hasta adaptarse en el proceso de acción reacción que se ha ido produciendo a lo largo de la historia de la edificación, esto lo podemos ver de una forma simple con el estudio de una sección de la nave de la iglesia de Convento de Madre de Dios.

Para facilitar las conclusiones de este trabajo, se ha decidido estudiar las geometrías de la sección en una porción transversal de la nave de la iglesia definida por dos planos paralelos normales al eje longitudinal, las conclusiones se pueden hacer extensivas al conjunto del espacio, pero con determinadas reservas. En el coro alto de Madre de Dios, justo en la vertical de la reja que lo separa de la parte abierta al público, se realiza una doble sección de la nube de puntos, de esta forma se aísla un sector diferencial transversal de 20 cm. Sobre el que se realiza el estudio. Esto permite analizar la geometría con cierta seguridad.

Como ya se comentó en la introducción, la cubierta de la iglesia se resuelve con el artesonado mudéjar de cinco paños, cuadrado en el almizate y ochavado por el medio y por la base, siendo la luz teórica de este artesonado de 10.00

| MILÍMETROS                  | MEDIDA REAL | MEDIDA EN EL MODELO | DIFERENCIA |
|-----------------------------|-------------|---------------------|------------|
| Luz en cimentación          | 10.057,93   | 10.057,93           | 0,00       |
| Luz arranque de cubierta    | 10.057,93   | 10.607,67           | -549,74    |
| Altura de apoyo de armadura | 23.972,40   | 23.972,40           | 0,00       |
| Ancho peinazo A             | 3.215,72    | 3.151,98            | 63,74      |
| Ancho peinazo B             | 2.929,78    | 2.927,69            | 2,09       |
| Ancho almizate              | 2.859,32    | 2.859,32            | 0,00       |
| Ancho peinazo C             | 2.925,60    | 2.927,69            | -2,09      |
| Ancho peinazo D             | 3.151,98    | 3.151,98            | 0,00       |
| Ta                          |             |                     |            |

| COTAS INICIAL Y DEFORMADA DE LOS PUNTOS DE INTERSECCION DE LA CUBIERTA (MILÍMETROS) |           |             |         |           |             |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|---------|-----------|-------------|--------|
| Punto                                                                               | X INICIAL | X DEFORMADA | Δ(X)    | Y INICIAL | Y DEFORMADA | Δ(Y)   |
| 1                                                                                   | -105,95   | 0,00        | -105,95 | 0,00      | -4,30       | 4,30   |
| 2                                                                                   | 1.529,11  | 1.405,73    | 123,38  | 2.756,23  | 2.770,70    | -14,47 |
| 3                                                                                   | 3.599,30  | 3.772,60    | -173,30 | 4.823,42  | 4.489,75    | 333,67 |
| 4                                                                                   | 6.458,62  | 6.630,97    | -172,35 | 4.823,42  | 4.462,07    | 361,35 |
| 5                                                                                   | 8.528,81  | 9.012,95    | -484,14 | 2.756,23  | 2.756,23    | 0,00   |
| 6                                                                                   | 10.057,92 | 10.501,72   | -443,80 | 0,00      | -94,49      | 94,49  |

Tabla 1: Costa Inicial y Deformada de los puntos de intersección de la cubierta²

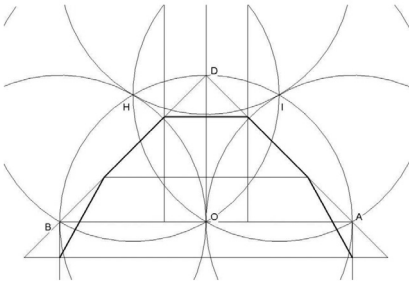


Fig. 2: Trazado geométrico de la cubierta mudéjar de cinco paños

metros que son muy aproximadamente los 37,00 pies que se definen en el manuscrito del contrato de ejecución, la luz real de la armadura es de 10.60 metros y la altura real de la nave hasta el almizate es de 18.43. Todas estas medidas se refieren a la sección diferencial de 20 cm que se ha estudiado, justo en la posición de la reja del coro alto, próximo al centro de la nave.

Se comienza con la reconstrucción de la sección ideal, partiendo de una serie de premisas que son las siguientes:

1. Se supone que el plano de arranque de los muros, en el plano de asiento sobre la cimentación no ha sufrido variación desde su construcción.
2. Como se demostrará más adelante, todo el movimiento de los

muros con respecto a la vertical se considera que se ha producido con la estructura completamente terminada.

3. El trazado original considerado, es el que se define en la tratadística de la época.

Ateniéndose a los procedimientos geométricos que describen los tratadistas de carpintería de lo blanco se obtiene la sección transversal ideal de la cubierta. Aplicando a esta sección ideal, la luz real de la nave, se puede comprobar que la medida real de los peinaos coincide con gran exactitud en todos los paños, excepto en el peinazo D¹.

¹ Esta no coincide a consecuencia de la deformación del arrocabe, puesto que el peinazo ha deslizado, en mayor medida, del muro que se acerca al convento y ha acompañado más en el movimiento al muro que separa de la calle San Jose y que no se encuentra contrarresto; esto ha ocasionado una deformación del arrocabe, que puede aparentar una extensión del peinazo, por eso se toma como inicial el valor de la anchura del peinazo A, que se utiliza también para el peinazo D

² INICIAL hace referencia a la coordenada de construcción del edificio y DEFORMADA a la coordenada hoy Los puntos se identifican en la Fig. 4



Para obtener con mayor claridad la deformación de este elemento se plantea una tabla con las coordenadas de los puntos de quiebro de la sección y sobre ella se concluye.

Se parte de las siguientes medidas como originales, obtenidas directamente de la sección de la nube de puntos.

El trazado de la geometría inicial se realiza partiendo de las luces y medidas anteriores de los elementos. Se observa que la concordancia es prácticamente total, las diferencias entre el trazado y las medidas reales no supera los 15 mm, por tanto es un error admisible que garantiza la calidad del resultado y ratifica que la decisión de tomar la medida del peinazo A ha sido acertada.

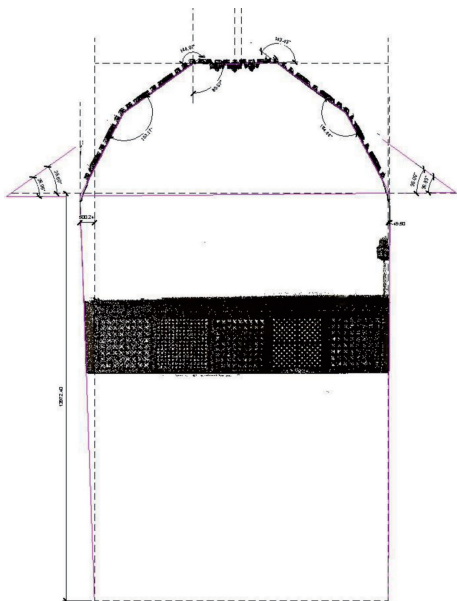


Fig. 3: Sección de la nave de Madre de Dios por la Reja del coro, desplomes

En la Fig.4 se grafia en azul el estado en el momento de la construcción y en magenta el estado deformado de la armadura a día de hoy.

A la vista de la sección y con los datos obtenidos se pueden realizar las siguientes afirmaciones:

1. La deformación es perfectamente compatible con la rigidez de la estructura. Hay que tener en cuenta que el cuchillo resistente principal es una cubierta de par e hilera, que la conforman el tirante y los pares de los peinazos B y C y también que los nudillos del almizate con los pares de los peinazos A y D, acompañan al desplazamiento pero no giran porque la rigidez del cuchillo principal no se lo permite.
2. La deformación, manteniendo la horizontalidad del almizate, es compatible con el desplazamiento general, baja 170 mm. Pero lo hace paralelo a su ubicación.
3. Por último, se ve claramente el efecto de que los pares de la estructura principal asumen en mayor medida el giro de la sección. Este punto lleva a meditar sobre la actuación de los tirantes, puesto que estos son los que han elongado, y además han producido una fenda en la solera de apoyo, ya que ha cedido la posición de sus apoyos iniciales la cantidad de 538,29 mm ( $443.80+94.49$ ). Esta medida no se debe, solo, a la deformación del tirante por la

tracción, sino que la fijación de este ha cedido para permitir el desplazamiento, y después de esta cesión ha encontrado una nueva posición de equilibrio que garantiza su estabilidad.

4. También se puede concluir sin dudas que estas deformaciones se han producido desde que se terminó la construcción en el siglo XVI, además queda corroborado por la geometría de los elementos, como se puede comprobar con la reja del coro alto.

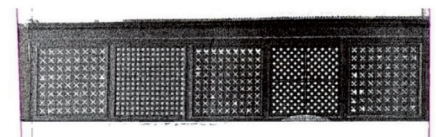


Fig. 5: Parcial de la nube, reja del coro alto de Madre de Dios

La Fig.5 corresponde con la nube de puntos de la reja del coro alto de la iglesia, que separa la zona de clausura de la nave de la iglesia y se colocó con la construcción inicial y la Fig. 6 tiene la misma orientación que el resto de secciones de la iglesia, es decir, a la izquierda está el mayor desplome por la calle de San José, donde no hay contrarresto, puesto que no está acodalado por edificaciones y por la derecha el resto de la fábrica del convento, por lo que ya se ha observado que no tiene tanto desplome.

Las imágenes parciales que siguen en la Fig.6 dan una imagen clara de los rellenos que han debido de hacerse para

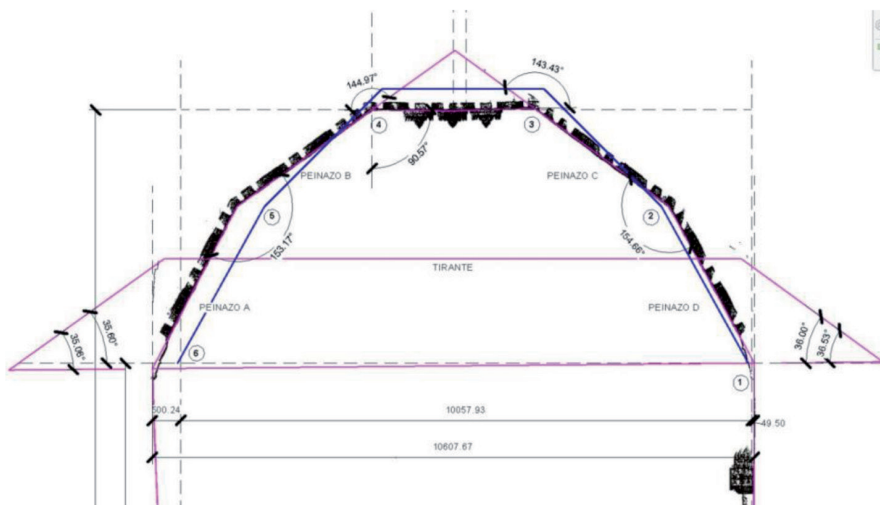


Fig. 4: Superposición de la geometría inicial (azul), con la real (magenta)

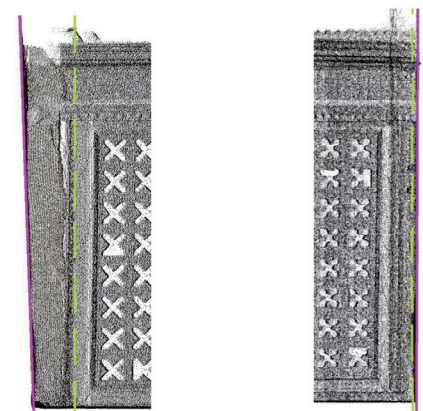


Fig. 6: Parciales de los extremos de la reja del coro de Madre de Dios

ir completando el espacio vacío que dejaba el desplome entre la reja y el muro de la calle San José, sin embargo se aprecia que la conexión con el muro que separa del convento prácticamente mantiene su geometría original. Estos rellenos se definen entre la línea verde de trazo y la línea magenta.

#### 4. DISCUSIÓN

El escáner láser permite obtener un gran número de datos en un breve periodo de tiempo.

La metodología adoptada aprovecha esta ventaja y optimiza de manera significativa la toma de datos con respecto a otros sistemas como la fotogrametría, que necesita de una iluminación adecuada y una distancia libre al objeto de estudio, requisitos complicados de obtener en los casos de rehabilitación de patrimonio.

Los datos obtenidos tienen una precisión óptima lo que permiten, el análisis de deformaciones en elementos complejos como en este caso de una cubierta mudéjar.

El tiempo del registro en post proceso se optimiza; realizándose la mayor parte del trabajo a través de programas de diseño asistido tipo BIM, generando orto imágenes de nubes de puntos densas, evitando el proceso de generación de polígonos y superficies, que complicaría el trabajo y aportaría imprecisiones por la interpolación con la que se construyen.

El *software* de registro permite en

todo momento conocer el error con el que se trabaja, garantizando la calidad del resultado.

La generación de orto imágenes (plantas, secciones, alzados) a partir de un único modelo global de puntos, evita los errores comúnmente generados por la topografía tradicional en la generación de planos de inmuebles complejos. La aplicación de esta tecnología en el levantamiento de inmuebles arquitectónicos y su precisión, supone una herramienta preciosa para la determinación de las pequeñas medidas de deformación y distorsión en procesos de readaptación de las edificaciones, como se ha demostrado en el presente trabajo.

La técnica del láser escáner está llamada a complementar o sustituir a otras técnicas de captura de datos.

El número de sistemas láser escáner terrestres existentes en el mercado hoy en día, permite obtener gran cantidad de puntos con una calidad elevada en las mediciones sobre el objeto; pudiéndose trabajar desde muy corta distancia, a pocos decímetros y a distancias que pueden alcanzar kilómetros.

Se observa en esta herramienta un potencial muy importante para el control del patrimonio construido por la superposición de las nubes de puntos de diferentes fechas. Esto permitirá detectar movimientos en las edificaciones y, por tanto, diagnosticar a tiempo las posibles patologías que puedan sufrir. También aplicable a la definición geométrica de los elementos estructurales durante la construcción. (Walsh y Borello 2013).

#### PARA SABER MÁS

- (1) Duclos, Guillermo. Carpintería de lo blanco en la arquitectura religiosa de Sevilla. Sevilla: Diputación Provincial de Sevilla, 1992.
- (2) Mañara, Patricia, Rebeca Blanco, y Anxo Rodríguez. «La documentación geométrica de elementos patrimoniales con láser escáner terrestre. La experiencia del Lapa en Galicia.» Cuadernos de Estudios Gallegos LVI (122): 33-65 (2009), 2009: 33-65.
- (3) Nallig, E., I. Leal, A. Esmeride, y J. Branch. «Simplificación robusta de nubes de puntos usando análisis de componente principal y algoritmos genéricos.» Avances de sistemas e informática, 2009: 45-50. ISSN 1657-7663
- (4) Martínez, Joaquín, Alex Soria-Medina, Pedro Arias, y Alzir Felipe Buffara-Antunes. «Automatic processing of Terrestrial Laser Scanning data of building façades.» Automation in Construction, 2012: 298-305.
- (5) Nuñez, M.A., F. Buill, y A. de Mesa. «Levantamiento arquitectónico de la Puerta de Antioquía (Alepo).» Informes de la Construcción, 2013: 487-496. DOI 10.3986/ic.11.090
- (6) Olmo, Manuel, Manuel Castro, y Miguel Lopez. «La utilización del Láser Scanner en el registro arqueológico: La experiencia de la Universidad de Alcalá.» Virtual Archaeology Review, 2012: 93-97. ISSN:1989-9947.
- (7) Walsh, Sara B., y Daniel J. Borello. «Data Processing of Point Clouds for Object Detection for Structural Engineering Applications.» Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 2013: 495-508.

#### BREVE GLOSARIO DE TERMINOS Y EXPRESIONES ARQUITECTONICAS

**Almizate:** Paño horizontal plano formado por el conjunto de los nudillos.

**Armadura mudéjar:** Conjunto formado por elementos de madera unidos entre sí para cubrir o techar una estancia resuelta mediante laceria basada en ruedas (estrelladas).

**Arrocabe:** Pieza de madera generalmente decorada que cubre el encuentro de la armadura mudéjar y el muro por el interior

**Artesonado:** Techo que se resuelve con artesones. (Recuerda la forma de artesa)

**Carpintería de lo blanco:** Oficio de carpintero dedicado a realización de estructuras de edificación e ingenios de guerra.

**Contrarresto:** Elementos arquitectónicos (muros, contrafuertes, arbotantes, etc.) utilizados para compensar los empujes horizontales de las estructuras de fábrica.

**Hilera:** Viga de madera que se coloca en el punto más alto de la armadura, que la recorre longitudinalmente y sobre ella ensamblan los pares (justo debajo de la cumbrera)

**Laceria:** Adorno formado por bandas entrelazadas rectas o angulosas dispuestas de un modo particular, formando ruedas estrelladas.

**Nudillo:** Pieza horizontal que conecta los pares en las cubiertas de par y nudillo, todos definen un plano llamado almizate.

**Par:** Cada una de las maderas que forman los faldones.

**Peinazo:** Conjunto de pares ensamblados, o cada una de las piezas que ensamblan los pares.

**Tratadística:** Conjunto de tratados que tienen relación con un determinado ámbito cultural o que pertenecen a un período histórico específico.