

Topometría láser 3D y cartografía inversa en el tómbolo de Gijón

REVISTA **MAPPING**
Vol. 22, 157, 20-32
enero-febrero 2013
ISSN: 1.131-9.100

José Antonio Suárez García
Pelayo González-Pumariiega Solís
Ramón Jesús Argüelles Fraga
Beatriz Rodríguez Fernández (*)

Resumen:

Los trabajos presentados se insertan en el marco de un convenio de actuaciones sobre patrimonio y arqueología que el Equipo Investigador en Geomática, Topografía y Cartografía de la Universidad de Oviedo (Gtc) desarrolló con el Ayuntamiento de Gijón (Asturias), a través de su Fundación Municipal de Cultura, entre 2007 y 2011. Consisten en la elaboración y tratamiento de información métrica con el objetivo de permitir la prospección arqueológica de una parte del tómbolo de Cimadevilla y servir de base fehaciente para el Proyecto Internacional de Remodelación de la Antigua Fábrica de Tabacos de Gijón, ubicada en un convento del siglo XVII desamortizado. Los principios que rigen esta actuación son la búsqueda de precisión y el establecimiento de un protocolo de autenticación. Es por ello que, frente a las masivas capturas de puntos que proporcionan los láser-scanner, se ha optado por aplicar una "Topometría discreta láser 3D", fundamentada en la captura de datos mediante estación total, distanciómetro láser portátil y cámara fotográfica digital. En conjunto, las actuaciones geomáticas desarrolladas han dotado a la corporación municipal gijonesa de un material cartográfico singular que permite documentar estados originales de poblamiento, ayuda a la comprensión de su evolución temporal y propiciará una mejor implantación de nuevas realidades espaciales.

Palabras clave: Topometría láser; Fotogrametría; Cartografía histórica; Cartografía jerarquizada; Prospección, documentación y restauración arquitectónica; Urbanismo; Análisis de la evolución territorial.

Abstract:

The works presented are inserted in the framework of a Convention of performances on heritage and archaeology that the Research Team in Geomatics, Topography and Cartography of the University of Oviedo (Gtc) developed with the City of Gijón (Asturias), through its Municipal Foundation of Culture between 2007 and 2011. They consist of the development and treatment of metric information with the aim of allowing the archaeological prospection in the tombolo of Cimadevilla and serve as a reliable basis for the international project of remodeling the ancient factory of tobaccos of Gijón, located in a 17TH century reconverted convent. The principles underlying this performance are the search for precision and the establishment of an authentication protocol. That is why, rather than massive catches of points which provide the laser-scanner, we chose to implement a "Discrete 3D laser survey", based on the capture of data using total station, portable laser EDM and digital camera. Overall, the Geomatic performances developed have endowed the Gijon municipal corporation a unique cartographic material that allows document original states of occupation, helps the understanding of its temporal evolution and will lead to a better implementation of new spatial realities.

Keywords: Laser survey; Photogrammetry; Historical cartography; Hierarchical cartography; Prospecting, documentation and architectural restoration; Urbanism; Analysis of the territorial evolution.

José Antonio Suárez García
Universidad de Oviedo.
Equipo Investigador en Geomática,
Topografía y Cartografía (Gtc)
jsuarez@uniovi.es

Ramón Jesús Argüelles Fraga
Universidad de Oviedo.
Equipo Investigador en Geomática,
Topografía y Cartografía (Gtc)
mon@uniovi.es

Pelayo González-Pumariiega Solís
Universidad de Oviedo.
Equipo Investigador en Geomática,
Topografía y Cartografía (Gtc)
pelayogs@uniovi.es

Beatriz Rodríguez Fernández
Equipo Investigador en Geomática,
Topografía y Cartografía (Gtc)
beatopo@gmail.com

Recepción 19/02/2012
Aprobación 30/06/2012

Introducción

La información georreferenciada, precisa y veraz de bienes y servicios municipales, ya sean rústicos o urbanos, es una realidad consolidada desde hace tiempo en países como Suiza o Alemania y representa un objetivo pendiente de lograr aún en el conjunto de España. Además de proporcionar la necesaria garantía jurídica, constituye un elemento economizador del gasto público, pero también un método eficaz para salvaguardar lo irremplazable cuando su aplicación se extiende a elementos del patrimonio histórico.

La ciudad de Gijón es el mayor núcleo urbano del Principado de Asturias. Situada en el centro de la rasa costera asturiana, entre los cabos Torres y San Lorenzo, ocupa un espacio geográfico singular que atesora vestigios de ocupación humana desde tiempos paleolíticos. Un lugar privilegiado que merced a su puerto natural, a su geomorfología y a su clima ha propiciado tanto el tráfico marítimo



Figura 1. Plano Hidrográfico y Topográfico de la Costa entre los Cabos de Torres y San Lorenzo por Fernando García Arenal, 1886. Autoridad Portuaria de Gijón.



Figura 2. Ortofotomapa de Gijón. PNOA, 2006.

como la permanente ocupación de su litoral. (Figuras 1 y 2) Afortunadamente, estas condiciones han sido tenidas en cuenta desde antaño por las autoridades municipales gijonesas. Ello ha propiciado que en las últimas décadas

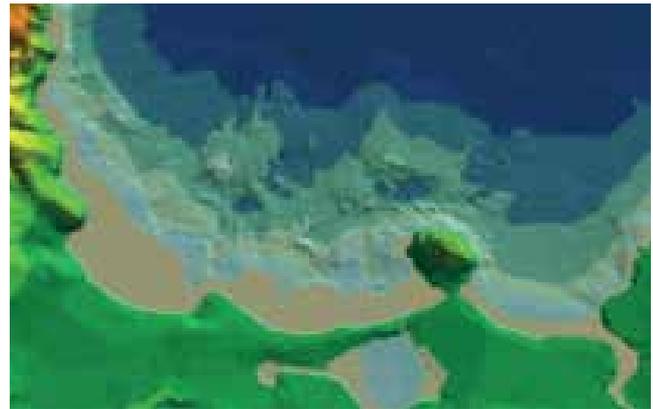


Figura 3. Reconstrucción 3D del estado originario de la Bahía de Gijón. Elaboración propia.

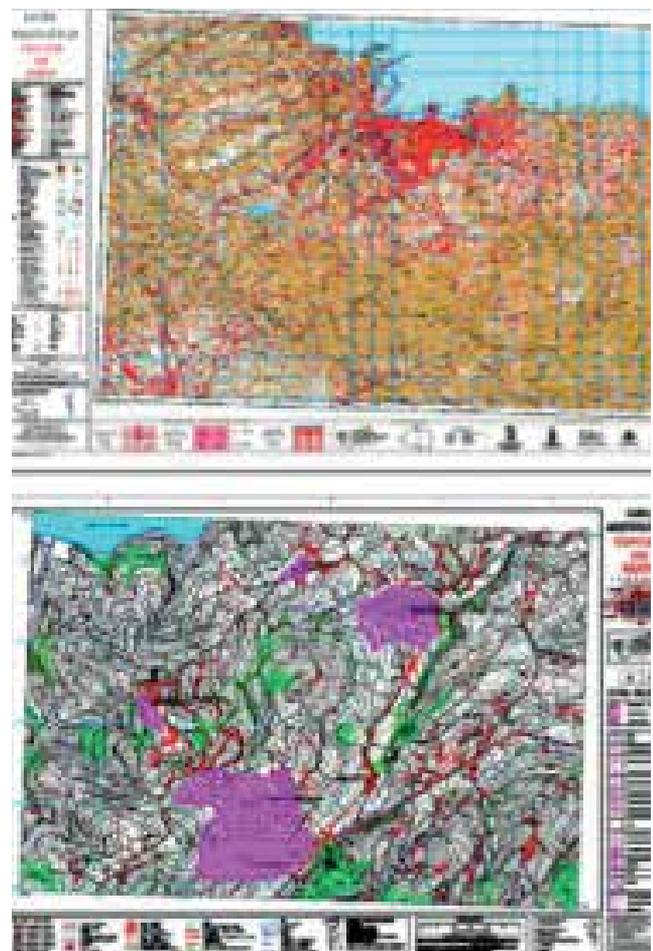


Figura 4. Carta arqueológica de Gijón. Hoja 1:5.000 y Planta General del Inventario a escala 1:25.000. Elaboración propia.

se hayan desarrollado en todo el término municipal, y de manera especial en el tómbolo de Cimadevilla, una amplia serie de intervenciones arqueológicas. Estas actuaciones han permitido desvelar la existencia de concheros asturianos, ocupaciones castreñas, restos romanos, medievales, barrocos...; hallazgos que cuentan historias

de religiosidad, de fortificación, de expansión urbana, de recios procesos desamortizadores, de influencias coloniales, de pragmatismo mercantil e industrial...

En este contexto, el Grupo Investigador en Geomática, Topografía y Cartografía de la Universidad de Oviedo (Gtc) ha desarrollado entre los años 1997 y 2011 un convenio de actuaciones sobre patrimonio y arqueología con el Ayuntamiento de Gijón, a través de su Fundación Municipal de Cultura. Se trata de actuaciones geomáticas que procuran reproducir topografías del pasado (Figura3).

En conjunción con la Carta Arqueológica Digital de Gijón, (Figura 4) pretenden dotar a la corporación gijonesa de un material cartográfico singular que haga posible documentar estados originales de poblamiento y ayude a la comprensión de la evolución temporal de su territorio.



Figura 5. Estado de la bahía gijonesa tras la ampliación del Puerto de El Musel. Fuente: Autoridad Portuaria de Gijón, 2011.



Figura 6. Plano perspectivo, a vista de pájaro, de la Bahía de Gijón con su tómbolo por Fernando Valdés, 1635. AGS. MDP.XXIX-24

Se han podido llevar a cabo aprovechando las sinergias de los más recientes planes de ordenación, de la obra pública, de acciones prospectivas asociadas a la edificación, a la ampliación portuaria, (Figura 5) etc., y se espera de ellas que propicien una mejor implantación de nuevas realidades espaciales.

Los trabajos descritos a continuación consisten en la elaboración y tratamiento de información métrica con el objetivo de permitir la prospección arqueológica de una parte del **tómbolo de Cimadevilla** y servir de base fehaciente para el Proyecto Internacional de Remodelación de la Antigua Fábrica de Tabacos de Gijón, ubicada en un convento de monjas agustinas recoletas del siglo XVII desamortizado

Los principios que rigen esta actuación son la búsqueda de precisión y el establecimiento de un protocolo de autenticación.

Es por ello que, frente a las masivas capturas de puntos que proporcionan los láser-scanner, se ha optado por aplicar una "Topometría discreta láser 3D", fundamentada en la captura de datos mediante estación total, distanciómetro láser portátil y cámara fotográfica digital. Nuestro trabajo, una solutio problematis ad geometriam situs pertinentis, se inspira, pues, en las premisas expuestas con la intención de producir información gráfica georreferenciada, precisa y veraz. En definitiva, pretende documentar, proteger y compartir un PATRIMONIUM, entendido como conjunto de bienes heredados.

En las siguientes secciones se describe el espacio de intervención y los fines a los que está destinado; la red de control métrico establecida como soporte de todas las actuaciones topográficas desarrolladas; la instrumentación empleada y el modus operandi; las peculiaridades de las representaciones gráficas obtenidas; el análisis metrológico de los resultados, así como unas conclusiones y recomendaciones a modo de epílogo.

Espacio de intervención y fines a los que está destinado

La actuación desarrollada por el Gtc tuvo por objeto la obtención de un levantamiento topográfico 3D integral del antiguo convento de monjas agustinas recoletas. Emplazado en el histórico barrio de Cimadevilla de la ciudad de Gijón, el vasto edificio –uno de los referentes de la arquitectura conventual barroca asturiana– ocupa un solar de 7.500 m² en la vertiente sur del Cerro de Santa Catalina, o de La Atalaya (Figuras 6, 7 y 8).

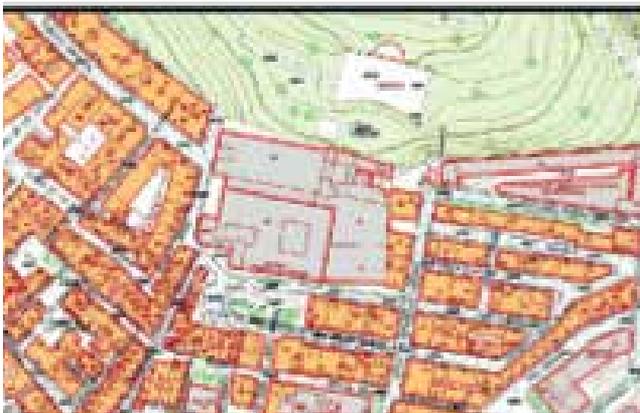


Figura 7. Estado del ámbito de intervención previo a las labores de evaluación y demolición de los añadidos de Tabacalera S.A. Ortofoto B y N y Planta 1:5.000.

El inicio de su construcción data de 1670, siendo rematada en 1679 la parte correspondiente al convento y cinco años después la iglesia. Las obras se realizaron bajo la dirección de los maestros de cantería Ignacio de Palacio y Juan San Miguel. En 1733 se llevó a cabo la ampliación de una planta, completándose así las tres con las que cuenta en la actualidad. Tras la desamortización de los bienes



Figura 8. Fotopanoramas. Aspecto de la zona de intervención tras las labores de demolición parcial ejecutadas. Elaboración propia.

eclésiásticos decretada por Mendizábal, las instalaciones fueron acondicionadas para acoger la Fábrica estatal de Tabacos, que se puso en marcha en 1837 y mantuvo su actividad durante 165 años. Esta reconversión alteró bastante la traza original del conjunto arquitectónico, lo que sin embargo no impidió su declaración como Bien de Interés Cultural.

La información cartográfica obtenida por el Gtc debería servir como documentación de partida en el concurso para la redacción del proyecto y dirección de obra de la rehabilitación del Convento/Fábrica de Tabacalera, con el que se pretende su conversión en Museo de Gijón; el acondicionamiento exterior de la parcela y la construcción de un edificio anexo, que formará parte del complejo museístico albergando la sede del Museo Nicanor Piñole.



Figura 9. Red de Control Métrico (RCM).

Esta intervención está considerada como una de las grandes operaciones urbanísticas de Gijón, por los cambios que introducirá en el paisaje y en los hábitos del barrio alto. Los objetivos perseguidos por esta reforma son preservar la identidad de la edificación, reordenar las colecciones artísticas municipales, interpretar la historia social y cultural de la ciudad y recuperar su memoria industrial y obrera.

Pero los trabajos topográficos también deberían proporcionar soporte a la campaña de prospección arqueológica que se desarrolló simultáneamente para tratar de localizar restos del pasado romano de Gijón, dada la ubicación de este espacio en el centro de lo que fue la ciudad original, y cuyos resultados determinarían las actuaciones urbanísticas que se podrían acometer dentro del futuro plan de usos.

Esta intervención está considerada como una de las grandes operaciones urbanísticas de Gijón, por los cambios que introducirá en el paisaje y en los hábitos del barrio alto

Finalmente se documentaron las 27 catas arqueológicas realizadas, con las que se prospectó una superficie de 770 m². Estas excavaciones dieron buenos frutos, ya que bajo el patio del claustro se descubrió un depósito de agua, o cisterna, de 36 m² de planta y 4 m de altura, formado por muros de argamasa y piedras de unos 60 cm de ancho,

ANTIGUA FÁBRICA DE TABACOS DE GIJÓN
Red de Referencia Topográfica (RRT)

Coordenadas de puntos localizadas por la Unidad de Topografía Experimental

43° 32' 52,6" N
8° 29' 45,6" W

Figura 10. Listados de coordenadas y parámetros de transformación de la RCM.

Figura 10. Listados de coordenadas y parámetros de transformación de la RCM.

que los expertos datan entre los siglos II y IV d.C. También se sacó a la luz un trozo de calle empedrada, monedas y abundantes muestras de cerámica vidriada del siglo XVIII,

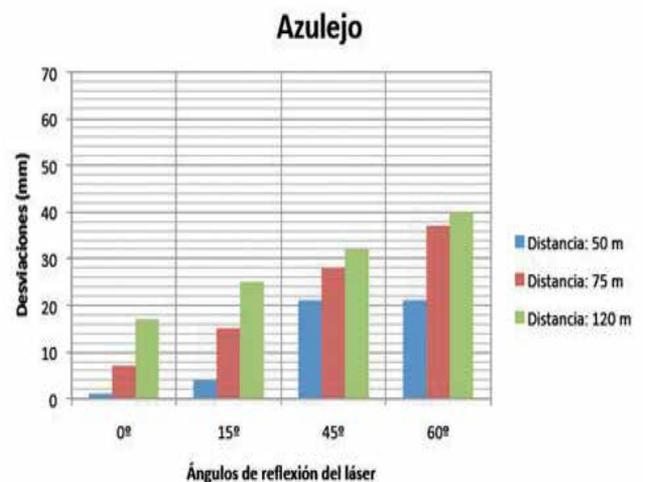
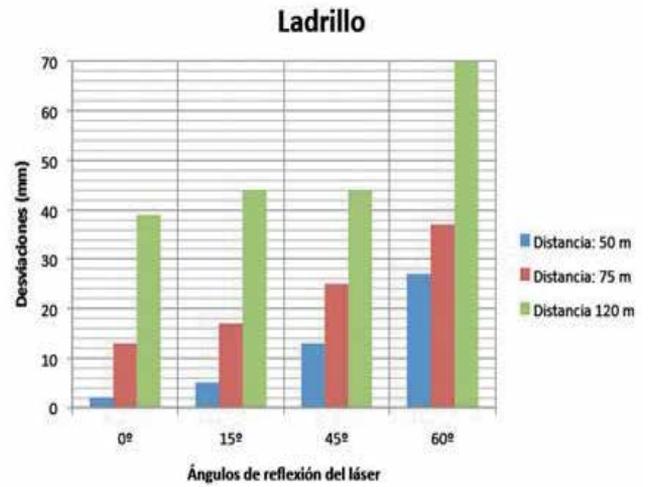


Figura 11 y 12. Resultados obtenidos en el análisis de precisiones del distanciómetro láser sobre diferentes materiales. Gráficos de respuesta del azulejo y del ladrillo.

así como restos óseos humanos en una tumba reutilizada en distintos momentos.

Red de control métrico (RCM)

Para georreferenciar con precisión la Antigua Fábrica de Tabacos de Gijón y su entorno inmediato se ha establecido una Red de Control Métrico –en adelante RCM–. Dicha red está constituida por un total de 74 bases topográficas materializadas en suelos y paredes mediante clavos de acero especiales, mojonos prefabricados o pintura. Se ubican tanto dentro del inmueble –en todas sus plantas–,

como fuera de él –solar y calles adyacentes–, permitiendo así la toma de datos interna y externa de los paramentos que lo integran y facilitando ulteriores replanteos (Figuras 9 y 10).

En color azul las bases y altitudes de la planta baja, en marrón las de la primera y en verde las de la segunda.

De todas ellas se han obtenido sus coordenadas X, Y y Z con precisión subcentimétrica. Las coordenadas planimétricas (X,Y) están referidas a la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) utilizando, al igual que la cartografía catastral urbana de Gijón, el datum astrogeodésico ED50 sobre el huso 30. Al objeto de no limitar la precisión interna de la RCM, en el ajuste por mínimos cuadrados de su estricto ámbito de aplicación se ha prescindido de la anamorfosis

longitudinal. Por tanto, y a diferencia del resto de la base cartográfica numérica gijonesa (BCNG) que opera con un factor de escala (k) de 17 cm/km, en nuestro caso $k=1$. Es por ello que las distancias que se miden en campo son exactamente iguales a las que se obtienen en el modelo digital confeccionado e, inversamente, lo proyectado sobre él podrá ser, sin más, replanteado.

La Z no es una cota arbitraria, sino la altitud que, en este caso, indica la distancia vertical en la dirección de la gravedad –cota ortométrica– al cero hidrográfico, o de máxima bajamar escorada, que utiliza la Autoridad Portuaria de Gijón.

Instrumentación empleada y modus operandi

Atendiendo a las precisiones requeridas, así como al tipo de destinatarios que habrían de hacer uso de la documentación cartográfica generada –técnicos municipales, arquitectos y arqueólogos–, se optó por prescindir de las masivas e indiscriminadas capturas de puntos que proporcionan los modernos láser-scanner, para aplicar una “Topometría discreta láser 3D”, fundamentada en la captura de datos mediante estación total provista de

distanciómetro de reflexión directa, distanciómetro láser portátil y cámara fotográfica digital, complementando ocasionalmente las medidas con un flexómetro de clase II. Previamente a los trabajos de documentación, se evaluó la capacidad de medición de las estaciones totales disponibles con el fin de determinar los errores esperables en función

de la distancia al punto a determinar y del ángulo de incidencia del haz láser sobre la superficie de medición. Asimismo, se analizó la respuesta del distanciómetro láser sobre diferentes materiales empleados habitualmente en construcción (cemento, granito, ladrillo, madera, azulejo, etc). Las Figuras 11 y 12 muestran los resultados obtenidos para los casos del azulejo y el ladrillo y la Figura 13 el croquizado de la toma de datos en fachada. Como conclusión de este

estudio previo, se establecieron dos recomendaciones a seguir en la captura de datos coordenados 3D:

- La distancia máxima de medición debe ser inferior a 50 m
- El ángulo de incidencia máximo debe ser inferior a 45°

Los equipos finalmente elegidos para llevar a cabo las operaciones fueron:

- Una estación total computerizada Leica TPS 700, de 10cc de precisión en la medida de ángulos y ± 2 mm ± 2 ppm en la de distancias. La altura del instrumento en cada punto se obtuvo con el accesorio específico GMH007. Se utilizaron prismas retrorreflectantes GPR121 y miniprismas GMP101 y GMP111 sustentados por trípode para la medición infrarroja de distancias en la observación de las poligonales, y láser de reflexión directa para las medidas sobre paramentos, techos y puntos no accesibles tales como aleros, limatesas y limahoyas de las cubiertas, etc. La toma de datos y su volcado se realizó por medios electrónicos, mediante el programa Leica Geo Office, para evitar errores de anotación.
- Un distanciómetro láser portátil Leica Disto PRO-4a, de $\pm 1,5$ mm de precisión, rango de medida de 0,3 a 100 m y capacidad para calcular áreas y volúmenes, realizar medición continua –tracking– y función Pitá-

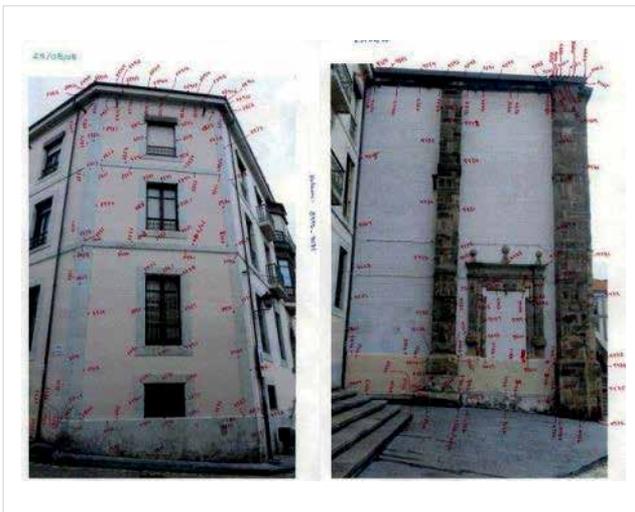


Figura13. Croquización: puntos singulares en alzado.



Figura 14. Vista parcial del interior de la iglesia (después almacén de hoja tabaco) y diana de control métrico. de la RCM.

goras, entre otras.

- Una cámara fotográfica profesional Nikon D-700 dotada de objetivos 17-35 mm y 28-80 mm.

La infraestructura topográfica básica consistió en una red poligonal compuesta por varias poligonales cerradas y encuadradas, itinerarios dobles y verificaciones de bondad mediante puntos multirradiados.

Todos los ejes se observaron reiteradamente aplicando la maniobra de Bessel –círculo directo e inverso–

Desde los vértices de la red poligonal se llevó a cabo la radiación de los puntos de detalle y de relleno, en una única posición del anteojo –círculo directo– pero auxiliándose siempre de la compensación automática de doble eje.

Dada la imposibilidad de materializar puntos en el suelo de la iglesia, ya que éste fue levantado para la realización de prospecciones arqueológicas en área abierta, la toma de datos en el interior de la nave se llevó a cabo desde puntos cuyas coordenadas se obtuvieron por estacionamiento libre a partir de medidas angulares y distanciométricas sobre varias dianas de control convenientemente ubicadas en las juntas de sillería de las paredes (Figura 14). Las distancias parciales, fondos de edificación, secciones y algunos detalles particulares fueron medidas con el dis-

tanciómetro láser portátil.

Todos los cálculos y ajustes por mínimos cuadrados se ejecutaron utilizando el programa Galitop de la casa Galileo. Como complemento a la toma de datos puntual, se realizó un barrido fotográfico del edificio, tanto por el exterior como por el interior de todas sus dependencias.

Representaciones gráficas obtenidas

La información gráfica se ha organizado para obtener una cartografía jerarquizada de manera multiescalar que permita alcanzar diferentes niveles de interpretación, cubriendo así un amplio abanico de objetivos y necesidades. Las pautas seguidas para su construcción se detallan seguidamente, poniendo así de manifiesto tanto las precisiones internas esperables de cada documento como las claves de interpretación de algunas formas consignadas en los planos, especialmente en las secciones, que pudieran resultar chocantes.

Planta General 1/200 en 3D

Desde la RCM se radió una nube de puntos que describe las calles, las edificaciones, los servicios y el mobiliario urbano existente en el entorno de la zona de intervención, cubriendo una zona aproximadamente rectangular de unos 160 x 125 m, lo que representa 2 ha de extensión superficial. La toma de datos se realizó utilizando prismas sobre jalón y también por medio de reflexión directa sobre paramentos. La escala de desarrollo de este plano es 1/200, si bien su precisión interna corresponde a 1/100. En lo referente a dicha captura y a su codificación ulterior se ha de tener en cuenta que:

- Las aceras se describen a partir de la cota superior del bordillo.
- La cotas de los registros se refieren a su centro, en el caso de figuras regulares, o a su esquina, según dibujo, representándose los tamaños de las tapas y arquetas en su verdadera magnitud.
- Las cotas de portal están tomadas sobre el propio portal, no sobre la acera, es decir, que si el portal tiene un peldaño, la cota es la de la parte superior del peldaño.
- Los edificios se definen por la intersección de la caja de muros con el suelo y los muros a partir de su arranque.
- En el plano figuran los números de policía y las alturas de las edificaciones.

- El programa informático utilizado para el dibujo y la gestión cartográfica ha sido Microstation J + con las aplicaciones Terramodeler y Descartes rodando sobre él.
- Los puntos capturados en campo se han vertido en las capas 1 (identificador de punto), 2 (nº de punto), 3 (altura) y 4 (altura acotada). El resto de la información ocupa niveles diferenciados y se codifica en 3D siguiendo criterios de color, tipo de línea y peso o grosor.
- Los registros, arquetas, mobiliario urbano, etc. se representan mediante células gráficas planas –bloques en Autocad– y se insertan también en 3D.
- La radiación y las líneas estructurales de calles y edificios sirven de base para la creación de una base detallada de información tridimensional que se malla y curva por interpolación con una equidistancia de 0,5 metros.

Esta planta (Figura 15) no incorpora ni formato de plano ni información marginal alguna ya que su único cometido es servir de base para ulteriores operaciones.

Modelo alámbrico 1/200 en 3D y Sec. por plantas 1/100

Sobre la Planta General 1/200 en 3D se volcaron las nubes discretas de puntos correspondientes a los alzados del edificio. A partir de ellos se dibujaron en 3D las líneas estructurantes del mismo –esquinas, huecos de ventana, molduras, escaleras, etc.–.

El modelo alámbrico generado se intersectó mediante planos horizontales dando lugar a secciones que conformaron la cara exterior de las Plantas de Pisos a escala 1/100. Los planos horizontales de corte elegidos corresponden a las altitudes 26

m, 29,50 m y 32,50 m que permiten describir pormenorizadamente los huecos de puertas y ventanas. Figuras 16 y 17. La sección interior de las respectivas plantas se obtuvo de forma independiente, midiendo con estación total desde las bases de la RCM interior sobre los paramentos verticales. Se tomaron además las cotas de suelos y techos así como otros puntos notables.



Figura 15. Planta general 3D del ámbito de intervención.

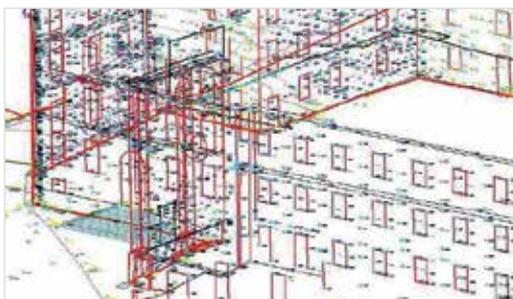


Figura 16. Modelo alámbrico exterior.

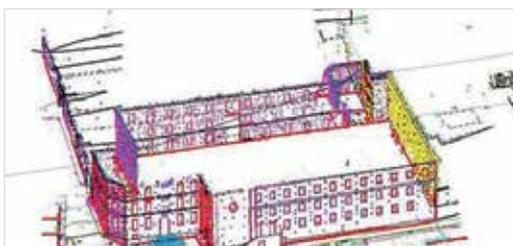


Figura 17. Modelo alámbrico exterior seccionado en la parte superior a cota 32,50.

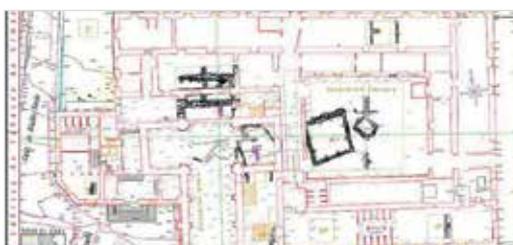


Figura 18. Planta baja a escala 1:100.

Para la descripción de la planta de cubiertas se midieron las cotas de los aleros, limatesas y limahoyas visibles desde las bases de la RCM, completándose el resto de los elementos a partir de la información proporcionada por la ortofotografía aérea del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).

Las Plantas exteriores e interiores se proyectaron en 2D y se superpusieron para generar los Planos de Planta 1/100 (Plantas nº 3, 4, 5 y 6 de 6). Figura 18. El formato de dibujo elegido para estas representaciones fue el DIN A-1.

La vista se rotó en MS para adaptarse a los márgenes de la página y a los ejes originales del convento, pero el fichero mantiene la integridad de las coordenadas originales X, Y.

Planta 1/200 en 2D

A partir de la Planta General 3D y del interior de Planta Baja 3D se realizó una exportación ortogonal conjunta a 2D, obteniéndose así la Planta General 2D (Planta nº 2 de 6). La información detallada se completó mediante la adición de los sondeos arqueológicos, la compartimentación interna de la planta –tabiques, muros de carga, escaleras, etc.–, una selección de puntos acotados y de textos, así como la leyenda y la carátula correspondientes. Figura 19.



Figura 19. Planta General 2D a escala 1:200.

Planta del entorno 1/1.000 en 2D

Comprende la información georreferenciada de las excavaciones realizadas en el tómbolo de Cimadevilla y la Planta 1/200 de Tabacalera (Planta nº 1 de 6).

Las coordenadas mantienen la integridad de las cifras UTM. Se reseña la convergencia de meridianos y la cuidada orientación a la estrella polar de la cisterna romana hallada en las excavaciones arqueológicas. Figura 20.

Alzados 1/100

Partiendo del modelo alámbrico general 3D se crearon cuatro ficheros independientes. En todos ellos se eliminó la información vectorial que no iba a formar

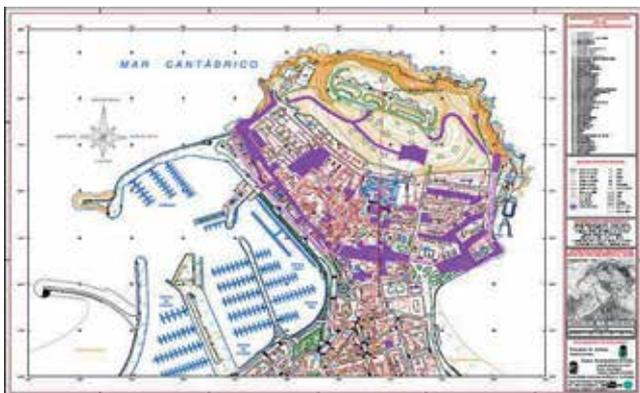


Figura 20. Planta de entorno a escala 1/1.000. Reseñados en magenta los lugares prospectados siguiendo el método arqueológico, la muralla, las termas, etc.

parte del alzado correspondiente y se definió un plano de proyección vertical que contuviera los extremos de la fachada correspondiente. Cada fichero se proyectó ortogonalmente sobre dicho plano, creándose un nuevo fichero en 2D. La coordenada Y de estos nuevos ficheros coincide exactamente con la coordenada Z, o altitud oficial del Puerto de Gijón. La coordenada X se estableció

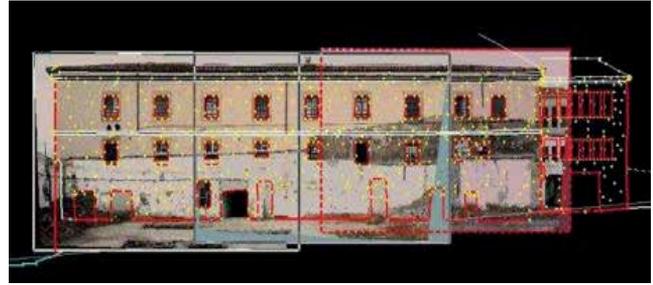


Figura 21. Foto alzado de la fachada este del monasterio.



Figura 22. Alzados Norte y Este.

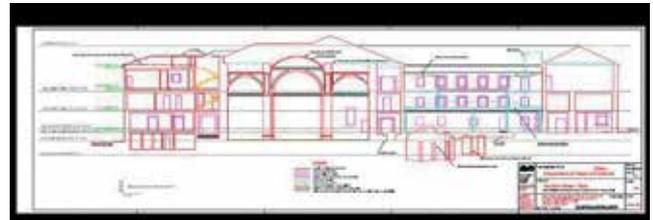


Figura 23. Secciones transversales.

a partir de la esquina izquierda del inmueble, a la que se asignó el valor 100. La información detallada se completó mediante la vinculación de fotografías rectificadas monoscópicamente y las medidas parciales realizadas con el distanciómetro láser portátil. Figura 21

De esta forma se obtuvieron cuatro planos a escala 1/100 (Alzados 1 a 4) que comprenden el alzado propiamente dicho más una sección significativa del terreno y de las calles inmediatas. Figura 22.

Secciones 1/100

A instancias del Servicio de Arquitectura Municipal, y partiendo de cuatro pares de puntos coordenados, se definieron dos planos verticales que seccionan el modelo 3D. Al igual que en el caso de los alzados, se crearon dos nuevos ficheros 3D, que se depuraron y proyectaron ortogonalmente para crear ficheros 2D. En cada uno de ellos se establece un origen coordenado X=100 en su esquina lateral izquierda.

Mediante vinculación como "ficheros de referencia" en MicroStation, se extrajo de las plantas y de los alzados la información métrica relativa a muros, huecos de ventana, suelos, etc. Esta información se complementó y verificó con datos tomados in situ mediante el distanciómetro láser portátil. El resultado son dos planos de sección (Secciones 1 a 2) en los que se discriminan por capas y colores: la sección propiamente dicha, los elementos huecos y proyectados, los suelos originales, las estructuras metálicas y de madera, etc. Figura 23.

Otros documentos generados

Como complemento a los trabajos descritos, se obtuvieron los siguientes documentos:

- Planta detallada a escala 1/100 de los restos arqueológicos aparecidos.
- Alzados y fotoalzados a escala 1/40 de la cisterna romana. Figura 24.
- Reportaje fotográfico del estado actual del inmueble.
- Planta detallada de los suelos de la iglesia a escala 1/50. Figura 25.
- Planta de las cubiertas interiores y exteriores de la iglesia a escala 1/100 y detalles de cubiertas, de pechinas, columnas, etc. Figuras 26 y 27.

Formatos

Todos los planos han sido generados en formato v7 de

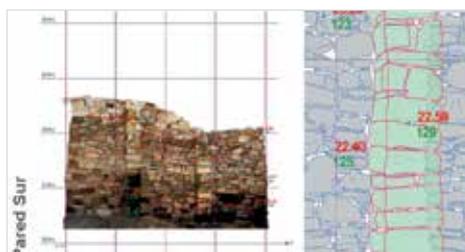


Figura 24 Fotoalzado y dibujo proyectado mediante transparencias sustractivas.



Figura 25 Planta detallada de los suelos de la iglesia mediante rectificación monoscópica de fotografías.

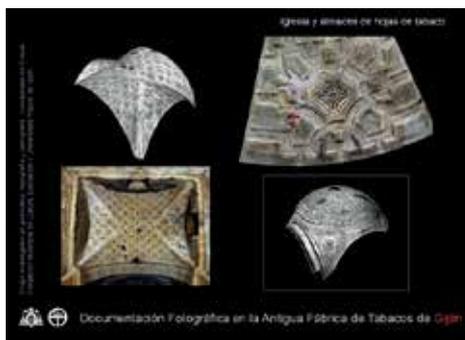


Figura 26. Modelización 3D de techos y elementos decorativos de la iglesia.



Figura 27 Planta de cubiertas sobre distribución de muros y espacios de la segunda planta.

MicroStation y desde éste se han exportado a .dwg de AutoCad, .cdr de Corel y .pdf de Adobe.

Análisis metrológicos de los resultados

La determinación precisa de las plantas de los elementos arquitectónicos históricos y su vinculación con las unidades de medida empleadas en la época correspondiente a su construcción, permite en muchos casos obtener la modulación que emplearon los diseñadores para llevar a cabo su proyecto. Asimismo, un riguroso posicionamiento absoluto de las estructuras permite comprobar si estas se encuentran orientadas, o no, conforme a alguna de las direcciones cardinales.

Por último, las desalineaciones entre distintos elementos o la utilización de diferentes patrones de medida proporcionan a menudo indicios sólidos para diferenciar etapas co

Dimensiones

En el caso que nos ocupa, y asumiendo un valor para el pie romano comprendido entre 295 y 300 mm, las dimensiones de la cisterna romana descubierta bajo el patio del claustro barroco son las siguientes:

- Exterior cuadrado de 24 x 24 pes romanos.
- Interior de 20 x 20 pies, o también de 4 x 4 passus romanos.
- Modulación interior: 6, 1, 6, 1, 6 pies.
- Pilarillos o contrafuertes de 1 x 1,5 pies.

La cisterna, por tanto, mide de ancho tantos pies como horas tiene el día, se asienta sobre roca y permite el almacenamiento de 108 metros cúbicos de agua –unas 4.114 ánforas–. Figura 26.

Por su parte, el convento se organiza modularmente en relación a una vara corregida de 83 cm –muy próxima a la unificada de Burgos– y a una proporción formal de 2 x 3, que indirectamente vuelve a subrayar valores duodecimales. Dado que una vara equivale a tres pies, resulta que el pie empleado en la construcción del edificio religioso es de unos 27,6 cm, sensiblemente más pequeño que el de los restos romanos, y por ello ambos pueden constituirse en una buena herramienta para la diferenciación de elementos constructivos. El resto de añadidos que se acumulan en el tiempo, en aras de un irreverente utilitarismo industrializador, son métricos y decimales en su mayoría.

Orientación

Mientras que el antiguo convento de la Madres Agustinas Recoletas huyó de la característica disposición Oeste-Este de las iglesias medievales para acostarse, utilitariamente,



Figura 28. Aspecto y ubicación de la cisterna romana.

sobre la ladera sur del tómbolo de Cimadevilla, las paredes de la cisterna romana se orientaron en su momento siguiendo los cuatro vientos clásicos principales. El Norte utilizado coincidiría con la dirección de la Stella Maris en época romana¹. Figura 28.

Fue interesante constatar el hecho de que una paralela trazada en dirección Norte-Sur desde los restos del pavimento del pasillo adyacente al claustro por el Oeste, conducía a los restos de la puerta romana de la ciudad, pudiendo constituir, con toda probabilidad, el cardo

¹ Se debe recordar que tanto la posición de la Polar como del resto de los astros de la esfera de las fijas varían periódicamente a consecuencia de los movimientos de precesión y nutación terrestres.

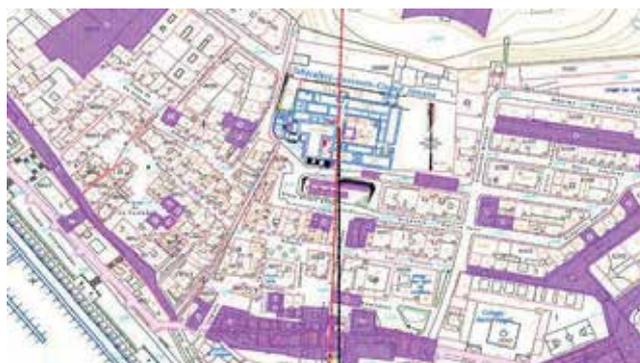


Figura 29. Planta general con indicación del norte verdadero y de los restos arqueológicos excavados.

máximo originario². Figura 29.

La prolongación de éste eje en dirección Norte coincide –¿casual y afortunadamente? – con la ubicación del Elogio del Horizonte, emplazamiento singular del Cerro de Santa



Figura 30. Ubicación de las direcciones apreciadas en los restos arqueológicos analizados ¿cardo y decumanus originarios? sobre el Plano de Diego Cayón de 1819.

Catalina en el que con anterioridad a dicho monumento está datada la existencia de una capilla puesta bajo la advocación de la venerable mártir y, posteriormente, un faro construido en 1853³.

- 2 La expansión del imperio romano se sustentó en el establecimiento de colonias en los territorios conquistados, en los que se fundaba una nueva ciudad –civitas–, como en su momento fue Gijón, o Gigia. La planta de éstas era tradicionalmente ortogonal y se articulaba en torno a dos grandes ejes: el decumanus maximus orientado en sentido Este-Oeste, y el kardus maximus en dirección Norte-Sur.
- 3 Santa Catalina de Alejandría fue martirizada en la ciudad que constituyó el principal puerto de Egipto y donde se encontraba el mítico faro que durante siglos fue identificado como una de las Siete Maravillas del Mundo. Asimismo, con el nombre de Santa Catalina se conoce el macizo montañoso situado al Sur del Sinaí, cuyo punto culminante constituye la montaña sagrada de la Biblia, en la que Moisés recibió la revelación del nombre de Yahvé y recibió las tablas de la ley. El monasterio de Santa Catalina, en el que supuestamente se encuentra su tumba, fue mandado construir en el siglo VI por Justiniano al pie de la montaña sagrada y subsiste en la actualidad.

Conclusiones y recomendaciones

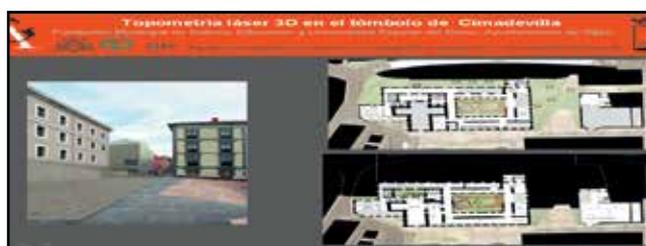
A modo de colofón y a la luz de lo descrito con anterioridad, nos gustaría subrayar finalmente la importancia del trabajo coordinado en Arqueología y Arquitectura sobre las sólidas bases georreferenciadas, precisas y fidedignas que proporciona hoy la Geomática.

La moderna tecnología nos permite conocer, crear y recrear virtualmente espacios y lugares de modo impensable hace tan sólo dos décadas

Y la cuestión de conservar o destruir edificios del pasado no es algo de simple oportunidad o pensamiento pues no son nuestros, pertenecen en parte a quienes los construyeron, en parte a todas las generaciones que nos seguirán⁴. Accedamos a esos espacios mediante Redes de Control Métrico precisas, materialicemos la información de lo existente siguiendo principios geomáticos contrastados y llevemos al terreno nuestros proyectos apoyados en esas mismas redes.

*Nihil nimirum falsum pro vero supponere
et ad omnium cognitionem pervenire.*

DISCOURS DE LA MÉTHODE. René Descartes.



⁴ Se debe recordar que tanto la posición de la Polar como del resto de los astros de la esfera de las fijas varían periódicamente a consecuencia de los movimientos de precesión y nutación terrestres.

Sobre los autores

José Antonio Suárez García:

Ingeniero Técnico en Topografía. Diplomado en SIG. Licenciado en Geografía. Master en técnicas avanzadas de investigación histórica, artística y geográfica. Profesor Titular de Escuela Universitaria del Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Oviedo. Miembro del Equipo Investigador en Geomática, Topografía y Cartografía (Gtc).

Pelayo González-Pumariega Solís:

Ingeniero Técnico en Topografía. Doctor en Geografía. Profesor Titular de Escuela Universitaria del Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Oviedo. Miembro del Equipo Investigador en Geomática, Topografía y Cartografía (Gtc).

Ramón Jesús Argüelles Fraga:

Ingeniero de Minas. Profesor Asociado del Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Oviedo. Miembro del Equipo Investigador en Geomática, Topografía y Cartografía (Gtc).

Beatriz Rodríguez Fernández:

Ingeniera Técnica en Topografía. Becaria del Equipo Investigador en Geomática, Topografía y Cartografía (Gtc) de la Universidad de Oviedo.