

MAPPING

VOL. 24 • Nº 172 • JULIO-AGOSTO 2015 • ISSN: 1131-9100

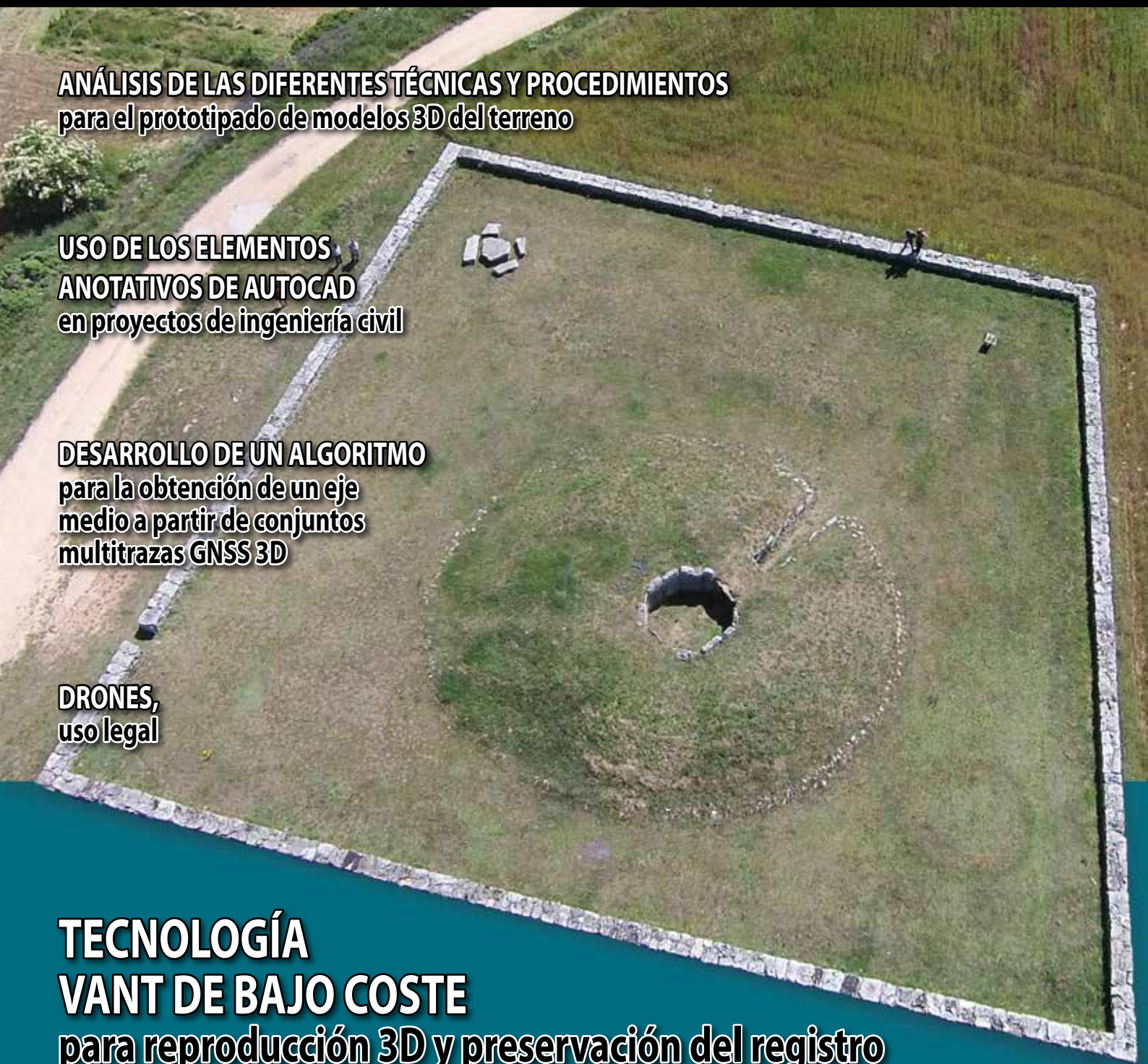
ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS
para el prototipado de modelos 3D del terreno

USO DE LOS ELEMENTOS
ANOTATIVOS DE AUTOCAD
en proyectos de ingeniería civil

DESARROLLO DE UN ALGORITMO
para la obtención de un eje
medio a partir de conjuntos
multitrazas GNSS 3D

DRONES,
uso legal

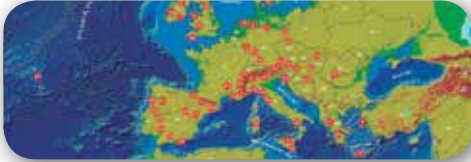
TECNOLOGÍA
VANT DE BAJO COSTE
para reproducción 3D y preservación del registro
arqueológico del proyecto de Geoparque las Loras
(Palencia-Burgos)



MAPPING

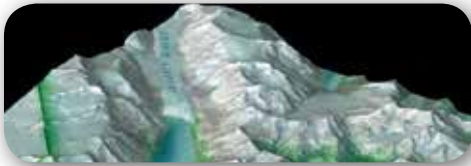
VOL.24 Nº172 JULIO-AGOSTO 2015 ISSN 1131-9100

Sumario



Pág. 04

Tecnología VANT de bajo coste para reproducción 3D y preservación del registro arqueológico del proyecto de Geoparque las Loras (Palencia-Burgos). *Low-cost UAV technology for 3D-imaging and preservation of geoarcheological record in the las Loras Geopark project (Palencia-Burgos).* Javier Fernández Lozano, Gabriel Gutiérrez Alonso, Karmah Salman Monte, José Ángel Sánchez Fabian, Fernando G. García



Pág. 14

Análisis de las diferentes técnicas y procedimientos para el prototipado de modelos 3D del terreno. *Analysis of different techniques and procedures for prototyping 3D terrain models.* J. Espinosa Payer, L. Romero y M. Domínguez



Pág. 26

Uso de los elementos anotativos de AutoCAD en proyectos de ingeniería civil. *Using AutoCAD annotative elements in civil engineering projects.* Gaspar Mora-Navarro y Carmen Femenia-Ribera



Pág. 34

Desarrollo de un algoritmo para la obtención de un eje medio a partir de conjuntos multitrizas GNSS 3D. *Development of an algorithm for obtaining a mean axis from GNSS 3D multitracks.* Paula Gil de la Vega, Francisco Javier Ariza-López, Antonio T. Mozas-Calvache



Pág. 42

Uso legal de drones. RPAS legal use. Efrén Díaz Díaz



Pág. 56

Mundo Blog



Pág. 60

Mundo Tecnológico



Pág. 64

Noticias

Pág. 68

Agenda

El conocimiento de hoy es la base del mañana

MAPPING es una publicación técnico-científica con 23 años de historia que tiene como objetivo la difusión de las investigaciones, proyectos y trabajos que se realizan en el campo de la Geomática y las disciplinas con ella relacionadas (Información Geográfica, Cartografía, Geodesia, Teledetección, Fotogrametría, Topografía, Sistemas de Información Geográfica, Infraestructuras de Datos Espaciales, Catastro, Medio Ambiente, etc.) con especial atención a su aplicación en el ámbito de las Ciencias de la Tierra (Geofísica, Geología, Geomorfología, Geografía, Paleontología, Hidrología, etc.). Es una revista de periodicidad bimestral con revisión por pares doble ciego. MAPPING está dirigida a la comunidad científica, universitaria y empresarial interesada en la difusión, desarrollo y enseñanza de la Geomática, ciencias afines y sus aplicaciones en las más variadas áreas del conocimiento como Sismología, Geodinámica, Vulcanología, Oceanografía, Climatología, Urbanismo, Sociología, Planificación, Historia, Arquitectura, Arqueología, Gobernanza, Ordenación del Territorio, etcétera.

La calidad de la geotecnología hecha revista

MAPPING is a technical- scientific publication with 23 years of history which aims to disseminate the research, projects and work done in the framework of the disciplines that make Geomatics (GIS, Cartography, Remote Sensing, Photogrammetry, Surveying, GIS, Spatial Data Infrastructure, Land Registry, Environment, etc.) applied in the field of Earth Sciences (Geophysics, Geology, Geomorphology, Geography, Paleontology, Hydrology, etc.). It is a bimonthly magazine with double-blind peer review. MAPPING is aimed at the scientific, academic and business community interested in the dissemination and teaching of Geomatics and their applications in different areas of knowledge that make up the Earth Sciences (Seismology, Geodynamics, Volcanology, Urban Planning, Sociology, History, Architecture Archaeology , Planning, etc.)

MAPPING

VOL.24 Nº172 JULIO-AGOSTO 2015 ISSN 1131-9100

DISTRIBUCIÓN, SUSCRIPCIÓN Y VENTA

eGeoMapping S.L.
C/ Linneo 37. 1ºB. Escalera Central
28005. Madrid. España
Teléfono: 910067223
info@mappinginteractivo.es
www.mappinginteractivo.es

MAQUETACIÓN

Atlis Comunicación - atlis.es

IMPRESIÓN

Podiprint

Los artículos publicados expresan sólo la opinión de los autores. Los editores no se identifican necesariamente con las opiniones recogidas en la publicación. Las fotografías o imágenes incluidas en la presente publicación pertenecen al archivo del autor o han sido suministradas por las compañías propietarias de los productos. Prohibida la reproducción parcial o total de los artículos sin previa autorización y reconocimiento de su origen. Esta revista ha sido impresa en papel ecológico.



FOTO DE PORTADA:

Imagen aérea de la necrópolis de La Cabaña situada en las proximidades de Sargentos de la Lora (Burgos, España).
Autor: Javier Fernández Lozano

Depósito Legal: M-14370-2015

ISSN: 1131-9100 / eISSN: 2340-6542

Los contenidos de la revista MAPPING aparecen en: CSIC/ICYT, GeoRef, Dialnet, Latindex, Geoscience e-Journals, REBIUN, Recolecta, Catálogo BNE, Copac, IN-RECS, CIRC, MIAR, DULCINEA

PRESIDENTE

Benjamín Piña Patón

DIRECTOR

Miguel Ángel Ruiz Tejada
maruiz@egeomapping.com

REDACTORA JEFA

Marta Criado Valdés
mcriado@egeomapping.com

CONSEJO DE REDACCIÓN

Julián Aguirre de Mata
ETSITGC. UPM. Madrid

Manuel Alcázar Molina
UJA. Jaén

Marina A. Álvarez Alonso
ETSII. UPM. Madrid

Carlos Javier Broncano Mateos
Escuela de Guerra del Ejército. Madrid

Joan Capdevilla Subirana
Área de Fomento de la Delegación del Gobierno. Cataluña

Daniel Emilio Carrasco Díaz
Indra Espacio. Madrid

Diego Cerda Seguel
KMLLOT.COM. Chile

Efrén Díaz Díaz
Abogado. Bufete Mas y Calvet. Madrid.

Mercedes Farjas Abadía
ETSITGC. UPM. Madrid

Carmen Femenia Ribera
ETSIGCT. UPV. Valencia

Javier Fernández Lozano
Fac. Ciencias. USAL. Salamanca

Mª Teresa Fernández Pareja
ETSITGC. UPM. Madrid

Florentino García González
Abogado

Diego González Aguilera
EPSA. USAL. Salamanca

Francisco Javier González Matesanz
IGN. Madrid

Luis Joyanes Aguilar
UPSAM. Madrid

Álvaro Mateo Milán
CECAF. Madrid.

Israel Quintanilla García
ETSIGCT. UPV. Valencia

Antonio Federico Rodríguez Pascual
IGN. Madrid

Roberto Rodríguez-Solano Suárez
EUITF. UPM. Madrid

Andrés Seco Meneses
ETSIA. UPNA. Navarra

Cristina Torrecillas Lozano
ETSI. US. Sevilla

Antonio Vázquez Hoehne
ETSITGC. UPM. Madrid

CONSEJO ASESOR

Maximiliano Arenas García
Acciona Infraestructuras. Madrid

Rodrigo Barriga Vargas
IPGH. México

Miguel Bello Mora
Elecnor Deimos. Madrid

Pilar Chías Navarro
UAH. Madrid

Ignacio Durán Boo
Informática El Corte Inglés. Madrid

Ourania Mavrantza
KTIMATOLOGIO S.A. Grecia

Julio Mezcua Rodríguez
Fundación J. García-Siñeriz

Ramón Mieres Álvarez
TOPCON POSITIONING SPAIN. Madrid

Benjamín Piña Patón
Área de Fomento de la Delegación del Gobierno. Cantabria

Jesús Velasco Gómez
ETSITGC. UPM. Madrid

Tecnología VANT de bajo coste para reproducción 3D y preservación del registro arqueológico del proyecto de Geoparque las Loras (Palencia-Burgos)

REVISTA **MAPPING**
Vol. 24, 172, 4-11
julio-agosto 2015
ISSN: 1131-9100

Low-cost UAV technology for 3D-imaging and preservation of geoaerchological record in the las Loras Geopark project (Palencia-Burgos)

Javier Fernández Lozano¹, Gabriel Gutiérrez Alonso², Karmah Salman Monte³,
Jose Ángel Sánchez Fabian³, Fernando G. García³

Resumen

Las plataformas de vehículos aéreos no tripulados (VANTS) permiten la obtención de datos encaminados a hacer reconstrucciones 3D de forma rápida y eficaz. En los últimos años su uso en trabajos de topografía y arqueología han permitido mejorar la técnica y metodología para la obtención de nubes de puntos, combinando técnicas fotogramétricas convencionales mediante el uso de herramientas informáticas de última generación. En este trabajo presentamos la combinación y comparación de datos LiDAR con la tecnología VANT para la obtención de información tridimensional de la necrópolis neolítica de La Cabaña, situada en las proximidades de Sargentos de la Lora (provincia de Burgos), dentro del Proyecto Geoparque de las Loras. El uso de estas tecnologías y los diversos métodos de procesado utilizados en este trabajo han permitido establecer una comparación entre los distintos sistemas de captura de datos, estableciendo así un marco de referencia con las resoluciones obtenidas, que permite conocer las limitaciones de cara al estudio y preservación de elementos geoarqueológicos. Los resultados obtenidos con la fotogrametría realizada con VANT de bajo coste permiten la obtención rápida y precisa de modelos 3D que facilitan su difusión al público general y promueven la protección del patrimonio. Este método proporciona una herramienta eficaz para la toma de datos arqueológicos.

Abstract

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) platforms allow the fast and accurate obtention of 3D reconstructions. In recent years its use in surveying and archeological works have improved the technique and methodology for obtaining point clouds, combining conventional photogrammetric techniques with powerful and advanced computer applications. We present an integration and comparison of LiDAR sensor technology with UAV platforms in order to obtain three-dimensional information from the Neolithic necropolis of La Cabaña, located in the vicinity of Sargentos de la Lora (Burgos Province), integrated in the Geopark project of las Loras. The use of these technologies and the different processing methods introduced in this work have enabled a comparison between the different systems of data acquisition, establishing a framework for data resolution, which characterizes the constraints facing the study of geoaerchological elements. The photogrammetry results obtained with a low-cost UAV allow the fast and accurate assembly of 3D models, assessing their dissemination to the general public and promoting the safeguarding of cultural heritage. This method provides an efficient tool for the acquisition of archaeological data.

Palabras clave: VANTS, patrimonio geoarqueológico, Geoparque, las Loras, Burgos.

Keywords: UAVs, Geoarqueological Heritage, Geopark, las Loras, Burgos.

⁽¹⁾Facultad de Ciencias, Dpto. de Geología,
Universidad de Salamanca (USAL)

jfl@usal.es

⁽²⁾Facultad de Ciencias, Dpto. de Geología,
Universidad de Salamanca (USAL)

Department of Geology and Geography, Tomsk State University
gabi@usal.es

⁽³⁾Asociación Argeol. Proyecto Geoparque las Loras, Aguilar de Campoo (Palencia)
igeoloras@gmail.com

Recepción 30/06/2015
Aprobación 21/07/2015

1. INTRODUCCIÓN

Desde su propuesta en 1999 por la UNESCO, la creación del programa de Geoparques europeos no ha dejado de crecer, estableciéndose una Red Global de Geoparques que alcanza a 64 zonas distribuidas por 22 países de la Unión Europea. En nuestro país ya son diez los territorios con la denominación de Geoparque: Lanzarote e islas Chinijo, El Hierro, Molina de Aragón, Cataluña Central, Villuercas-Ibores-Jara, Sierra Norte de Sevilla, Subbéticas, Sobrabe, Cabo de Gata, Parque Cultural del Maestrazgo (Figura 1).

Los Geoparques se caracterizan por formar parte de zonas del territorio con límites bien definidos que permitan el desarrollo económico y sostenible, desde un punto de vista de su patrimonio tanto geológico, como arqueológico, ecológico, histórico o cultural. En este sentido, en los últimos años, han surgido una serie de propuestas para la inclusión de nuevas zonas con potencial interés dentro de esta denominación (i.e. Proyecto Geoparque las Loras en Palencia). El proyecto de las Loras se desarrolla en el norte de las provincias de Burgos y Palencia, lindando con la Comunidad de Cantabria y se caracteriza por presentar un paisaje singular y un rico patrimonio geológico, humano e histórico. El proyecto desarrollado para elevar las Loras a la categoría de Geoparque centra su interés en impulsar el geoturismo y el desarrollo sostenible del territorio. Para ello se vienen llevando a cabo una serie de iniciativas en torno a la difusión y divulgación de su patri-

monio en colaboración con la población local, los grupos y organizaciones de acción social y las entidades, tanto públicas como privadas, del territorio.

La reciente aparición de tecnologías geomáticas, como los UAVs (del acrónimo inglés *Unnamed Aircraft Vehicles*), ha posibilitado el estudio sistemático y la recreación 3D de zonas con interés geoarqueológico (Nagai et al., 2009; Neitzel y Klonowski, 2011; Vallet et al., 2011; Nex y Remondino, 2014). Este tipo de tecnologías puede ayudar a la difusión y preservación del patrimonio, favoreciendo así el conocimiento de procesos geológicos o estructuras arqueológicas de una forma interactiva y cercana para el público general. En este trabajo se presenta una metodología de bajo coste basado en la restitución fotogramétrica, realizada con dron, para la obtención de datos encaminados a la reconstrucción de objetos de interés arqueológico en 3D y su posterior integración como material divulgativo, que permita la protección y preservación del patrimonio geoarqueológico del territorio. Asimismo, los resultados se comparan con otras técnicas de visualización 3D, como el LiDAR aerotransportado con resolución de 5 m (en formato ráster), y de 0.5 p/m², (interpolados a 0.2 m mediante tratamiento de nube de puntos en formato .LAZ). El objetivo es presentar una metodología versátil, rápida y de bajo coste para la obtención de reconstrucciones tridimensionales fieles de alta resolución, comparando los datos LiDAR con las técnicas convencionales de fotogrametría asistida por ordenador.

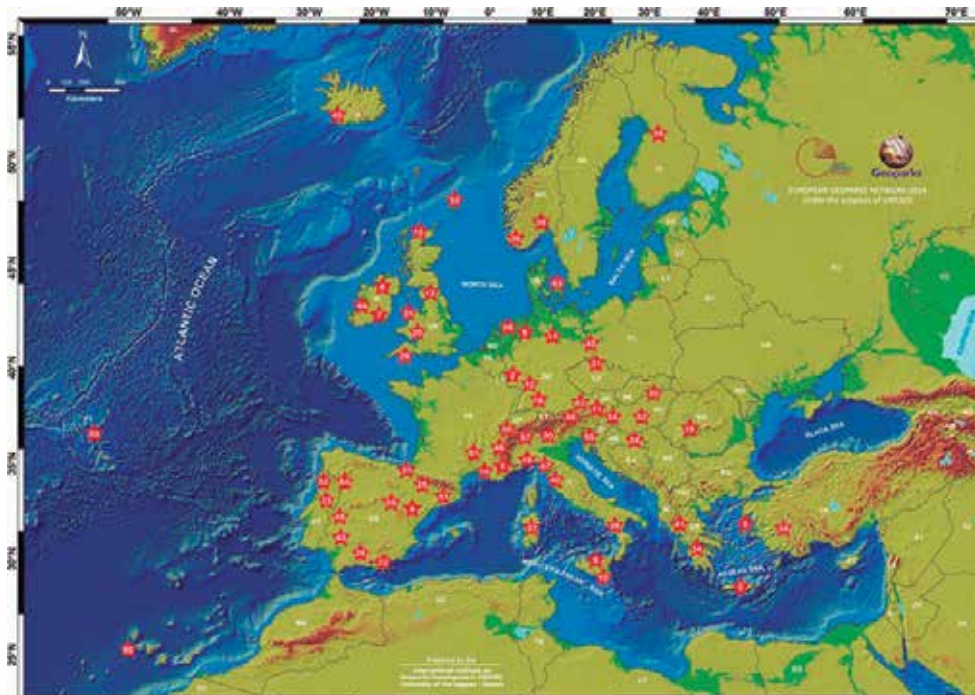


Figura 1. Red de Geoparques españoles integrados en el programa Global de Geoparques de la Unión Europea (<http://www.europeangeoparks.org/>)

2. EL DOLMEN DE LA CABAÑA

La necrópolis de La Cabaña, situada en las proximidades de la población de Sargentos de la Lora (provincia de Burgos), fue declarada Bien de Interés Cultural el 25 de agosto de 1993 por la Dirección General de Patrimonio de la Junta de Castilla y León (BOCYL, 1993). Los primeros trabajos desarrollados en la zona fueron realizados en 1985 por arqueólogos de la Universidad de Valladolid (Cidad, 1985). La necrópolis está compuesta por cuatro dólmenes del Neolítico (segunda mitad del IV milenio

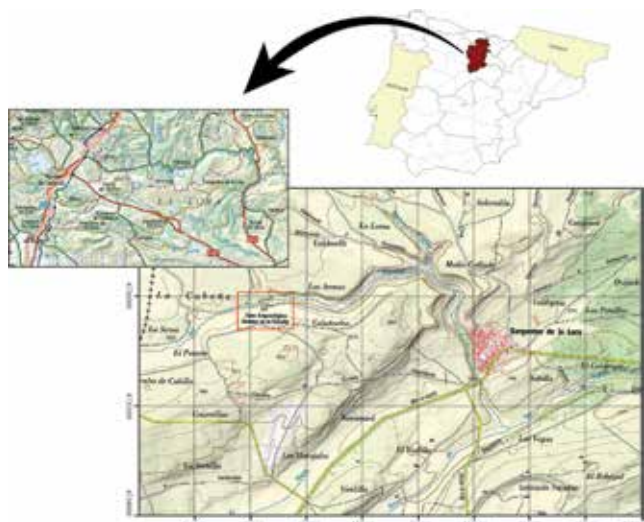


Figura 2. Localización geográfica de la zona arqueológica del Dolmen de La Cañada en Sargentos de la Lora (provincia de Burgos)

A.C., Delibes de Castro et al., 1993). El dolmen en el que se ha hecho el estudio constituye uno de los restos arqueológicos mejor conservados en la zona y ha sido objeto de reciente restauración y puesta en valor arqueológico (Figura 2). Se caracteriza por la presencia de un túmulo

con elementos de articulación interna reforzados con un peristalito de piedras verticales que configuran la cámara; y un corredor central, orientado al sureste, lo que parece indicar un carácter funerario (Guerra, 1990; Delibes de Castro et al., 1993; Gallo, 1999; Delibes de Castro y Rojo Guerra, 2002). En la necrópolis se han encontrado restos humanos y material compuesto de ajuares, como puntas de flecha y cuentas de collares (Etxeberria y Rojo, 1994). En la actualidad, el dolmen forma parte de un punto de interés geoarqueológico enmarcado en el entorno del Proyecto Geoparque las Loras.

3. METODOLOGÍA

En este trabajo se presenta una metodología que combina datos de LiDAR aerotransportado y fotogrametría de alta resolución obtenida con VANT.

3.1. LiDAR aerotransportado de alta resolución

Los datos LiDAR proceden del Instituto Geográfico Nacional-IGN (<http://www.ign.es/ign/main/index.do>). La resolución del ráster LiDAR-5 m se comparó con los datos

.LAZ de 0.5p/m² de resolución reprocesados a 0.2 m. Los datos .LAZ fueron obtenidos en cuadrículas de 2x2 km, realizándose un tratamiento previo y clasificado de la nube de puntos para la obtención del modelo digital del terreno (DTM) de alta resolución.

La clasificación de datos LiDAR se realizó mediante la estimación de parámetros de vegetación, edificaciones, etc., siguiendo la metodología propuesta para entidades del patrimonio geoarqueológico por Arranz-Justel (2013) y Fernández-Lozano y Gutiérrez-Alonso (2014). El tratamiento de la nube de puntos se realizó con Global Mapper® obteniendo

Datos LiDAR - IGN	Raster 5 m	.LAZ
Densidad de puntos	0.5p/m ²	0.5p/m ²
Resolución	25/50 cm/pix	25/50 cm/pix
RMSz	0.5 m	0.2 m
Paso de malla	5 m	0.2 m
Sistema de coordenadas	ETRS89	ETRS89
Datos de cámara		
Distancia Focal	5 mm	
Tamaño de sensor	1/2.3" = 6.17 mm x 4.55 mm	
Vuelo UAV		
Superficie	0.0066 km ²	
Nº de imágenes	57	
Velocidad	2 m/s	
Elevación	50 m	
Sistema de coordenadas	WGS84	
Resolución	2.36 cm/pix	
Sistema de coordenadas de salida	WGS84-UTM	
Error Medio 5 GCP Georeferenciación	0.17 m	
Error Medio de reproyección de puntos	0.2	
RMS (x)	0.10 m	
RMS (y)	0.10 m	
RMS (z)	0.33 m	

Tabla 1. Características de datos LiDAR proporcionados por el IGN y el vuelo realizado con dron



Figura 3. Planificación de vuelo con VANT y área cubierta en este trabajo

un grid de resolución de 0.2x0.2 m, mediante el método de triangulación con red de triángulos irregulares (TIN) de puntos. Una vez obtenido se procedió a realizar un remuestreo y filtrado con matrices de convolución para obtener un suavizado de la malla.

3.2. Fotogrametría aérea con VANT

Para la obtención de una fotogrametría detallada se procedió a la planificación previa del vuelo con dron de tipo cuadricóptero. Para ello se tuvo en cuenta las dimensiones de la superficie a cubrir, la altura del vuelo y otros parámetros como la velocidad del aparato (ver Tabla 1).

Gracias a la disponibilidad de ortofotografía aérea del Instituto Geográfico Nacional, en este caso se procedió a la estimación de puntos de control (GCP) de zonas bien identificadas desde la fotografía aérea. Se tomaron 57 imágenes y se estimaron cinco puntos de control que cubrían el área de interés y que sirvieron para apoyar y ortorectificar los mosaicos de imágenes tomadas con el dron (Figura 3).

Las fotografías aéreas tomadas presentan georreferen-



Figura 4. Porcentaje de solapamiento de imágenes en el área de estudio. Los puntos críticos se localizan en las zonas del perímetro externo de la zona de estudio

ciación a través del sensor GPS instalado en el aerodino. Los datos de errores cuadráticos y resolución, así como los parámetros de la cámara, pueden consultarse en la Tabla 1. El área de solape de las fotografías muestra valores altos para prácticamente toda la zona de estudio (>5 imágenes) con puntos críticos hacia los extremos (Figura 4), en zonas alejadas del objetivo a describir.

Para el procesado de las imágenes y la corrección de efectos de la lente de la cámara se utilizó el *software* Pix4D®, que presenta una extensión para los distintos tipos de cámaras de drones (Figura 5). El algoritmo que utiliza el programa proporciona la geometría de la imagen a través de la comparación pixel a pixel de los numerosos puntos comunes hallados en la fotografía, además de la posición de la cámara controlada por el GPS y de los parámetros de calibración.



Figura 5. A) Imagen aérea pre-procesada. B) La misma imagen procesada y con corrección de lente

4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En este trabajo se compararon los datos LiDAR de 5m y el remuestreado a 0.2 m de los archivos .LAZ de LiDAR aerotransportado con la fotogrametría aérea realizada con dron de bajo coste.

4.1. LiDAR aerotransportado

El modelo digital ráster obtenido del LiDAR a 5 m del IGN presentan una resolución baja para la obtención de una imagen precisa de la estructura del dolmen de La Cabaña (Figura 6A). Sin embargo, el procesado y clasificado de la nube de puntos extraída de los archivos .LAZ del IGN, mejora ostensiblemente los resultados (Figura 6B). Además, la aplicación de un remuestreo y filtrado de los datos para suavizar la malla del modelo digital, produjo una mejora de los resultados (Figura 6C).

Recientes trabajos llevados a cabo con LiDAR para la evaluación e identificación de elementos arqueológicos, ponen de manifiesto la necesidad de acotar la resolución de los datos de acuerdo con las características del objeto de estudio (Bewley et al., 2005; Corns y Shaw, 2009; Crutchley y Crow, 2010; Fernández-Lozano et al., 2015). En este caso, para poder identificar la estructura del dolmen y realizar una cartografía de los diferentes elementos que lo componen es necesaria una resolución superior, por debajo de los 5 m. Una resolución inferior no compromete la obtención de un modelo tridimensional realista del mismo, pero no permite obtener una imagen precisa de la estructura. La combinación con la ortofotografía muestra la pérdida de detalle en la reconstrucción del dolmen (Figura 6D).

En la actualidad, la tecnología de láser permite la obtención de nubes de puntos rápidamente y la generación de representaciones 3D de alta resolución (Bruno et al., 2010; García-Talegón et al., 2015; Kers-

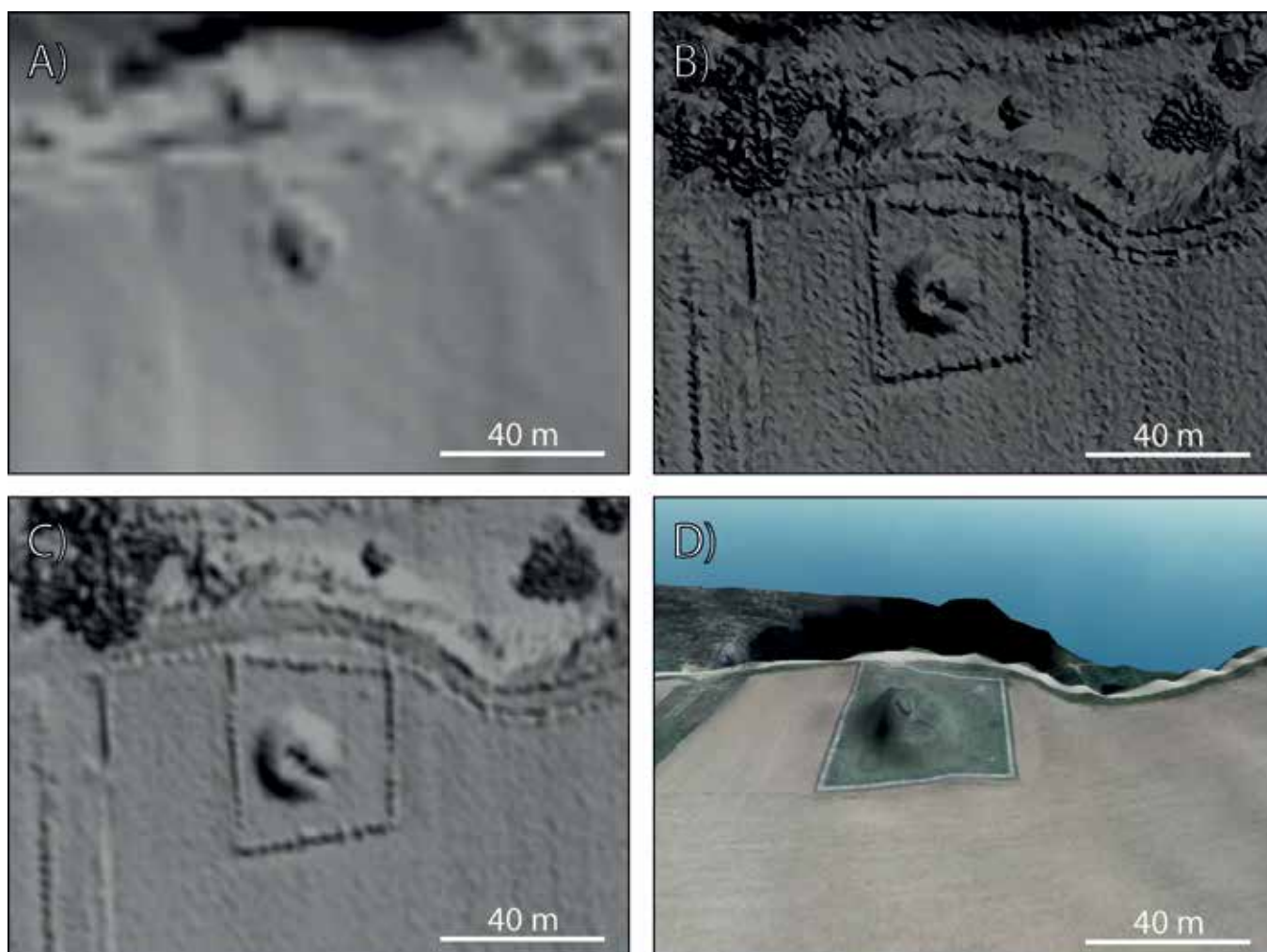


Figura 6. Imágenes procesadas de nubes de puntos LiDAR. A) Imagen ráster de LiDAR 5 m. B) Modelo digital del terreno obtenido del proceado LiDAR con paso de malla 0.2 x 0.2 m. C) Remuestreo y filtrado de imagen obtenida en B. D) Reconstrucción 3D a partir de ortofotografía y DEM LiDAR de 5m proporcionado por el IGN

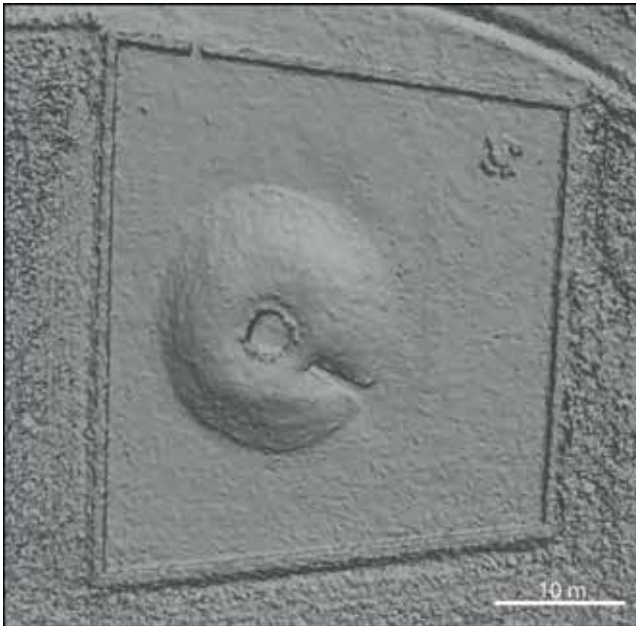


Figura 7. Modelo digital obtenido por triangulación de nube de puntos tras el procesamiento de las imágenes fotogramétricas

ten et al., 2015; Torres-Martínez et al., 2015). Además, la tecnología LiDAR permite obtener datos en zonas cubiertas con vegetación y el rápido clasificado de estos datos para la interpolación de los mismos y la generación de mallas DEM. Sin embargo, la toma de datos de grandes superficies y el trabajo de procesado de la nube de puntos es una labor ardua que consume grandes cantidades de tiempo y recursos informáticos. Este tipo de herramientas tecnológicas ha revolucionado el mercado de las aplicaciones de realidad virtual y ha hecho del LiDAR aerotransportado una de las herramientas más versátiles para la identificación y evaluación de elementos geoarqueológicos (Crutchley y Crow, 2010).

4.2. Fotogrametría realizada con VANT

Además de la revolución causada por el advenimiento del LiDAR, el uso de la tecnología de drones ha revolucionado el mundo de la topografía en los últimos años. Son numerosos los trabajos realizados para la cartografía y/u obtención de modelos digitales de alta resolución con diversas aplicaciones en el mundo de la cartografía, la ingeniería o la arqueología (Eisenbeiss y Zhang, 2006; Mancini et al., 2013; Ruíz et al., 2014).

La llegada al mercado de tecnología VANT de bajo coste permite la elaboración de trabajos fotogramétricos de detalle con la utilización de escasos recursos. Los resultados obtenidos en este trabajo están basados en el tratamiento de la nube de puntos obtenida mediante la fotogrametría. Los resultados obtenidos



Figura 8. Perspectivas reproducidas con un mosaico de 57 imágenes tomadas con VANT sobre modelo digital de superficie (MDS) obtenido por fotogrametría

han mejorado la resolución de los datos LiDAR (comparar Figura 6 y Figura 7).

Aspectos como la rapidez en la toma de datos y el procesado de la nube de puntos hacen de esta tecnología una herramienta eficaz para trabajos geoarqueológicos. Sin embargo, su uso presenta ciertas limitaciones, entre las que destacan: la restricción de la toma de datos a superficies pequeñas y la imposibilidad de tomar información en zonas de sombra o cubiertas por vegetación. Más allá de estas limitaciones, el método permite la obtención de mallas 3D de alta resolución con una elevada precisión (Figura 8).

Los resultados obtenidos permiten ilustrar de forma fiel y detallada la estructura del dolmen de La Cabaña, haciendo posible acercarse de forma realista su estructura al público a través de recursos virtuales. Los datos pueden ser manejados en plataformas de realidad virtual o como contenido web, aumentando las posibilidades de difusión del patrimonio geoarqueológico y su protección para disfrute de las generaciones futuras. Un ejemplo de cómo incorporar esta tecnología a la difusión del patrimonio arqueológico es la capacidad de reproducir representaciones gráficas que permiten al público general interactuar, ofreciéndole la posibilidad de visualizar el monumento en

cuestión desde cualquier perspectiva. Un ejemplo de una de dichas representaciones se puede encontrar en: <http://youtu.be/KjJepJx6DI8>

5. CONCLUSIONES

El rápido avance de tecnologías que recoge la Geomática en los últimos años ha facilitado la recogida de datos topográficos y su tratamiento con una precisión que permite la elaboración de cartografías detalladas de elementos del patrimonio. En esta ocasión y con motivo de la candidatura a Geoparque del Proyecto las Loras (que engloba territorios de Palencia y Burgos), se ha realizado una comparación entre diferentes técnicas de obtención de nubes de puntos para la elaboración de modelos digitales del terreno y de superficie, como son el LiDAR y la fotogrametría aérea realizada mediante vuelos con VANT. Estas técnicas permiten obtener datos 3D con diferente resolución. Presentamos una metodología rápida y eficaz para la obtención de datos 3D que faciliten la divulgación y permitan la protección de elementos del patrimonio gearqueológico en un Geoparque. Nuestro estudio revela la capacidad de los drones de bajo coste para la obtención de nubes de puntos de alta precisión espacial mediante técnicas fotogramétricas, poniendo de relevancia la limitación para cubrir grandes superficies con esta tecnología. Sin embargo, los datos fotogramétricos obtenidos presentan una mayor resolución que los datos LiDAR accesibles a través del IGN, presentándose como una tecnología de grandes posibilidades para la adquisición rápida y con bajo coste de información tridimensional de elementos gearqueológicos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto del Ministerio de Economía y Competitividad CGL2013-46061-P y por el proyecto del Programa de Financiación de Grupos de Investigación del Plan Estratégico de Investigación y Transferencia de Conocimiento de la USAL. Los autores desean agradecer a la Junta de Castilla y León por la financiación de Javier Fernández-Lozano. El trabajo fotogramétrico fue realizado con una versión de prueba proporcionada por Pix4D. El Proyecto Geoparque de las Loras desea agradecer la colaboración de la Universidad de Salamanca, así como de los organismos que han contribuido al desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS

- Arranz-Justel, J.J., 2013. *Diseño, optimización y análisis de sistemas basados en técnicas láser, para el modelado geométrico, registro y documentación, aplicados a entidades de interés patrimonial*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, 499pp.
- Bewley, R.H., Crutchley, S., Shell, C., 2005. *New light on an ancient landscape: lidar survey in the Stonehenge World Heritage Site*. *Antiquity* 79, 636-647.
- BOCYL, 1993. Boletín Oficial de Castilla y León. BO-CyL. 167.
- Bruno, F., Bruno, S., De Sensi, G., Luchi, M.-L., Mancuso, S., Muzzupappa, M., 2010. *From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition*. *Journal of Cultural Heritage* 11, 42-49.
- Cidad, J., 1985. *Monumento megalítico en Sargentos de la Lora*. *Diario de Burgos* 13-VII-85, p.11.
- Corns, A., Shaw, R., 2009. *High resolution 3-dimensional documentation of archaeological monuments & landscapes using airborne LiDAR*. *Journal of Cultural Heritage* 10, e72-e77.
- Crutchley, S., Crow, P., 2010. *The Light Fantastic: Using airborne lidar in archaeological survey*. English Heritage Swindon, UK.
- Delibes de Castro, G., Rojo Guerra, M.A., 2002. *Reflexiones sobre el trasfondo cultural del polimorfismo megalítico en la Lora burgalesa*. *Archivo español de arqueología* 75, 21-35.
- Delibes de Castro, G., Rojo, M., Represa, I., 1993. *Dólmenes de La Lora (Burgos)*. Colección Guías Arqueológicas. Salamanca: Junta de Castilla y León.
- Eisenbeiss, H., Zhang, L., 2006. *Comparison of DSMs generated from mini UAV imagery and terrestrial laser scanner in a cultural heritage application*. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XXXVI-5, 90e96.
- Etxeberria, F., Rojo, M., 1994. *Diente humano perforado procedente del megalito de La Cabaña (Sargentos de La Lora, Burgos): un ejemplo de tafonomía*. *Munibe. Ciencias naturales* 46, 117-122.
- Fernández-Lozano, J., Alonso, G.G., 2014. *Aplicación de LiDAR aerotransportado para la cartografía de las antiguas labores mineras romanas en el noroeste peninsular*. *Mapping*, 22-29.
- Fernández-Lozano, J., Gutiérrez-Alonso, G., Fernández-Morán, M.Á., 2015. *Using airborne LiDAR sensing technology and aerial orthoimages to unravel roman water supply systems and gold works in NW*

- Spain (Eria valley, León)*. Journal of Archaeological Science 53, 356-373.
- Gallo, M.A.M., 1999. *El megalitismo de La Lora burgalesa, Atapuerca y Jaramillo, un espacio continuo*. Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología: BSAA, 53-72.
- García-Talegón, J., Calabrés, S., Fernández-Lozano, J., Iñigo, A., Herrero-Fernández, H., Arias-Pérez, B., González-Aguilera, D., 2015. *Assesing pathologies on Villamayor stone (Salamanca, Spain) by terrestrial laser scanner intensity data*. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 1, 445-451.
- Guerra, M.Á.R., 1990. *Monumentos megalíticos en La Lora burgalesa: exégesis del emplazamiento*. Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología: BSAA, 53-63.
- Kersten, T., Mechelke, K., Maziull, L., 2015. *3D model of Al Zubarah fortress in Qatar- Terrestrial laser scanning vs. dense image matching*. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 1, 1-8.
- Mancini, F., Dubbini, M., Gattelli, M., Stecchi, F., Fabbri, S., Gabbianelli, G., 2013. *Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for high-resolution reconstruction of topography: The structure from motion approach on coastal environments*. Remote Sensing 5, 6880-6898.
- Nagai, M., Chen, T., Shibasaki, R., Kumagai, H., Ahmed, A., 2009. *UAV-borne 3-D mapping system by multisensor integration*. Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on 47, 701-708.
- Neitzel, F., Klonowski, J., 2011. *Mobile 3D mapping with a low-cost UAV system*. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci 38, 1-6.
- Nex, F., Remondino, F., 2014. *UAV for 3D mapping applications: a review*. Applied Geomatics 6, 1-15.
- Ruiz, J.J., Díaz-Mas, L., Pérez, F., Viguria, A., 2014. *Evaluación de la exactitud de algoritmos de generación de MDE de imágenes UAV*. Revista Mapping 165, 38-44.
- Torres-Martínez, J., Seddaiu, M., Rodríguez-González, P., Hernández-López, D., González-Aguilera, D., 2015. *A Multi-Data Source and Multi-Sensor Approach for the 3d Reconstruction and Visualization of a Complex Archaeological Site: the Case Study of Tolmo de Minateda*. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 1, 37-44.
- Vallet, J., Panissod, F., Strecha, C., Tracol, M., 2011. *Photogrammetric performance of an ultra light weight swinglet UAV, UAV-g*.

Sobre los autores

Javier Fernández Lozano

Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad de Utrecht y experto en cartografía, teledetección y láser 3D, así como técnico en cartografía y fotogrametría por la Universidad Politécnica de Madrid. Obtuvo el título de piloto de VANTS por el European Aviation College de Salamanca y es operador certificado de aeronaves no tripuladas por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA). En la actualidad trabaja como investigador en la Universidad de Salamanca, dedicado a los Sistemas de Información Geográfica y el estudio de los procesos geológicos responsables de la formación de montañas en la Península Ibérica mediante técnicas basadas en láser 3D, análisis espectral y gravimetría. Su actividad investigadora ha sido premiada con numerosas becas y premios de reconocido prestigio europeo, siendo sus trabajos publicados en revistas de alto impacto internacional. Durante los últimos años viene realizando una intensa labor de divulgación en temas relacionados con la topografía, la fotointerpretación del terreno y las aplicaciones SIG.

Gabriel Gutiérrez Alonso

Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad de Oviedo y profesor e investigador en la Universidad de Salamanca y Tomsk (Rusia). Es experto en geología estructural, tectónica y geocronología, así como en aplicaciones de escáner láser 3D aplicadas a la geología y arqueología. Durante su carrera profesional ha trabajado en geotecnia para la construcción de túneles y minería. Es director de varios proyectos de investigación de prestigio internacional y ha dirigido numerosas Tesis Doctorales. Recientemente ha recibido el reconocimiento de Miembro de Honor de la Sociedad Geológica Americana por su contribución a las Ciencias Geológicas.

Asociación Argeol

La Asociación de la Reserva Geológica de las Loras lleva más de una década trabajando en la investigación, divulgación, difusión y protección del patrimonio geológico del territorio. Así mismo ha diseñado un plan integral para su puesta en valor al tiempo que promueve el reconocimiento y declaración del mismo como Geoparque europeo, integrado en la Red Internacional European Geopark. Cuenta, entre sus integrantes y colaboradores, con geólogos, biólogos, técnicos en desarrollo local, arqueólogos, historiadores, artistas, etc. Pero además, y lo más importante en un proyecto de este tipo, cuenta con el apoyo de la población local y el tejido social que participa de cuantas actividades se organizan.

MAPPING



EN NUESTRA PÁGINA WEB PODRÁ ENCONTRAR:

Artículos técnicos

Boletines informativos


Números anteriores de la **Revista MAPPING**

Comunidad Científica

Y mucho **más**

Conéctese a nuestros canales de las Redes Sociales

 **Facebook**
<https://www.facebook.com/mapping.interactivo>

 **LinkedIn**
<https://www.linkedin.com/nhome/>

 **Twitter**
<https://twitter.com/MappingInteract>

 **Youtube**
<http://www.youtube.com/>

MAPPING INTERACTIVO

 91 006 72 23

 655 95 98 69 / 638 71 89 34

 C/ Arrastraria 21. Oficina 8. Edificio A
Madrid 28022
España

 www.mappinginteractivo.es

Análisis de las diferentes técnicas y procedimientos para el prototipado de modelos 3D del terreno

Analysis of different techniques and procedures for prototyping 3D terrain models

J. Espinosa Payer, L. Romero y M. Domínguez

REVISTA **MAPPING**

Vol. 24, 172, 14-25

julio-agosto 2015

ISSN: 1131-9100

Resumen

En este trabajo se analizan los métodos y técnicas actuales para el prototipado de modelos físicos del terreno. Se estudian los métodos controlados por ordenador y especialmente los métodos aditivos o impresión 3D y los métodos por eliminación de material por CNC.

También se resumen las principales aplicaciones del mapping 3D, pues es un mercado que está poco explotado y hay muchas áreas de trabajo que se pueden beneficiar de estos prototipos de mapas.

Finalmente se presenta una comparativa de los dos métodos analizados, destacando las ventajas de cada caso y se proponen las líneas de trabajo para reutilizar estos modelos mediante eliminación de material y darles un segundo uso, especialmente indicado para tareas de planeación y ver la evolución temporal de proyectos de arquitectura.

Abstract

In this work, we studied the available techniques for mapping prototyping.

The study focus on methods controlled by computer especially additive methods 3D print and material removal methods by machining.

It is necessary comment about the main applications of 3D mapping because it is a market that is not exploited and there are many working areas can benefit of those maps prototypes.

Finally, both methods are compared and analyzed watching advantage in each case and a working line for reusing those terrain models is proposed by removing material, especially indicated for planning works it allows to see the evolution of architecture projects.

Palabras clave: mapas 3D, modelado 3D, prototipado, impresión 3D, mecanizado.

Keywords: 3D mapping, 3D modeling, prototyping, 3D print, machining.

Ingeniería del Diseño,
Universidad Nacional de Educación a Distancia - UNED
jepinosa130@alumno.uned.es

Recepción 16/02/2015
Aprobación 25/03/2015

1. INTRODUCCIÓN

La generación de mapas 3D o modelos a escala del terreno es una técnica existente desde que aparecieron los modelos digitales del terreno, de hecho existen muchas formas de obtener modelos del terreno, de igual forma las aplicaciones que podemos dar a la representación del terreno a escala son variadas, desde educación, a estudios de fenómenos naturales, desastres naturales, expansión y planificación del territorio, etc. Las escalas que más se manejan para estos modelos son: 1:500 para anteproyectos generales, hasta 1:2.000 para planos de localización (Urbanismo, topografía, vías) y escalas entre 1:10.000 y 1:20.000 para mostrar regiones más grandes a modo de paisaje.

En lo que respecta a la obtención de mapas 3D, los métodos por eliminación todavía superan a los métodos aditivos, teniendo en cuenta la expansión de las impresoras 3D en los últimos años.

La principal diferencia entre los métodos aditivos y los de eliminación de material, se refiere al tamaño de los modelos, mientras que en la impresión 3D es necesario dividir el modelo en varias partes para completar un modelo de grandes dimensiones, con los métodos por eliminación es posible construir modelos más grandes. En contra la impresión 3D ofrece la posibilidad de representar cavidades del terreno y voladizos, circunstancia que no es posible conseguir con la eliminación de material.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MODELOS FÍSICOS DEL TERRENO

El modelo del relieve en definitiva es una representación en tres dimensiones a escala de una parte de la superficie de la tierra, que transmiten una impresión inmediata directa de un paisaje y son mucho más intuitivos para la mayoría de la gente que los de dos dimensiones. Un mapa plano de dos dimensiones solo puede retratar la tercera dimensión a través de soluciones cartográficas, tales como líneas de contorno, sombras del relieve y signos especiales. Por ello, en los últimos años encontramos diversos intentos de mostrar la cartografía de forma diferente, como por ejemplo las imágenes holográficas, que se están empezando a utilizar para visualizar entornos urbanos cambiantes (Groenendyk, M., 2013).

El mayor inconveniente de los modelos del terreno son el volumen requerido y las dificultades de transporte por la extensión y particularmente por su peso. Los primeros modelos en yeso estaban mayormente afectados por estos inconvenientes, mientras que los modelos en termoplástico son fáciles de transportar. Otra desventaja es su costo

de producción en ambos casos el tiempo y recursos. Las nuevas tecnologías basadas en control numérico pueden ser capaces de acortar los tiempos de producción y reducir los costes (Institute of Cartography and Geoinformation, 2014).

Uno de los condicionantes de un modelo del terreno a escala es el color (Stani & Lozo, 2010), como se comentará posteriormente el color es un factor fundamental que en los métodos actuales más avanzados todavía implica bastantes dificultades y condicionantes, pues no todas las máquinas de impresión o de eliminación de material añaden el color de forma automática en los modelos.

3. PRINCIPALES APLICACIONES DE LOS MODELOS FÍSICOS DEL TERRENO

Los modelos físicos del terreno por lo general, y dadas las dimensiones que tienen, suelen estar destinados a instituciones donde haya participación pública o el encuentro de diferentes profesionales por ejemplo: instituciones políticas, protección civil (fuego, policía, búsqueda y rescate) oficinas de gestión territorial (construcción, ingeniería civil, y actividades recreativas), promotores inmobiliarios, agencias de transporte, turismo, empresas de servicios públicos (aceite, gas, y agua), arquitectos, museos, fomento, comunidades autónomas y agencias municipales.

Además las áreas de ingeniería civil, arquitectura, pueden hacer un uso de estos modelos físicos con indudables ventajas (Ghawana & Zlatanova, 2013). En el caso de ingeniería civil y arquitectura la presentación de proyectos con la situación sobre una parte de la superficie de la tierra de los edificios e infraestructuras que describen el entorno del proyecto, pueden dar como resultado unos modelos de gran impacto visual, tanto para los clientes, a los que van dirigidos los proyectos, como para los propios directivos o en tareas de planificación (Polidoro, M., 2013).

Por otra parte estos modelos han encontrado en los Sistemas de Información Geográfica y colectivos afines como cartógrafos, geógrafos o profesionales de la Geomática, un área importante de trabajo. Esta área dispone de la mayor fuente de datos de modelos digitales del terreno, en la mayoría de los casos tienen a disposición la superficie de un país combinada con ortofotos, mapas vectoriales, etc. Lo más interesante en este caso es que la información del Modelo Digital del Terreno puede ser combinada con multitud de capas de cualquier tipología, para hacer análisis con diferentes aplicaciones. Otra metodología muy utilizada para planeación del territorio es la de analizar el entorno del pro-

yecto respecto a usos del suelo y cambios en la topografía, como pasos previos a cualquier actuación, los SIG son las herramientas más adecuadas para estos estudios previos (Esam, I., 2012).

4. TÉCNICAS CONTROLADAS POR ORDENADOR PARA LA GENERACIÓN DE MODELOS DEL TERRENO

Existen diferentes técnicas para la creación gestionada por ordenador para modelos del terreno. Se pueden dividir en técnicas subtractivas, aditivas o dinámicas.

Previo al análisis de las técnicas subtractivas y aditivas resulta conveniente destacar dos técnicas poco conocidas pero muy interesantes e innovadoras.

4.1. Técnicas dinámicas

Este método permite generar un modelo en un corto espacio de tiempo. En este método una malla de alfileres situados sobre una tabla, permiten a cada clavo desplazarse verticalmente. Una hoja de goma, descansa sobre este campo de alfileres y es presionado sobre las clavijas por medio de vacío. Los diferentes clavos verticales forman juntos una superficie aproximada del terreno representado, mientras un proyector, situado verticalmente sobre el modelo, proyecta una imagen (un mapa o una vista aérea o una imagen de satélite) de la región mostrada sobre la hoja de goma.

La precisión de tal modelo es baja, pero la capacidad de cambiar es muy rápida, lo que puede ser interesante para aplicaciones militares, en la Figura 1 podemos ver un ejemplo.

Otros métodos dinámicos que están cobrando importancia son las llamadas, camas de arena, donde por medio de proyectores se puede ver la proyección de curvas de nivel sobre una superficie de arena que puede ser modificada con las propias manos (Weaver, K., 2013).

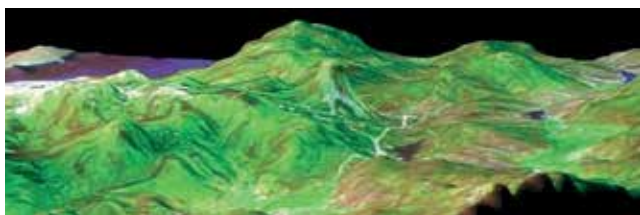


Figura 1. Mesa con terreno dinámico producido por Northtrop Grumman. (Institute of Cartography and Geoinformation, 2014)



Figura 2. Superficie 3D sobre bloque de vidrio con grabado láser. (Institute of Cartography and Geoinformation, 2014)

4.2. Grabado por láser bajo superficie

El grabado por láser bajo superficie (también conocido como grabado láser) es ejecutado por un dispositivo controlado por ordenador donde un rayo láser centrado funde una pequeña mancha dentro del bloque de vidrio, destruyendo localmente la transparencia del material. Las partes fundidas se convierten en una imagen 3D, la cual podría representar un edificio, un retrato humano, o una superficie cartográfica. El rayo láser y su centrado son movidos en relación al bloque de cristal usando datos derivados de una representación numérica del objeto. Es obvio que el proceso de fundido tiene que empezar con la capa más alejada hacia adentro, de otro modo el rayo láser estaría oculto por el material previamente fundido como vemos en la Figura 2.

5. MÉTODOS BASADOS EN LA ELIMINACIÓN DE MATERIAL

En este caso el material base es un bloque de yeso, resina, madera o composite, donde una fresadora crea un relieve eliminando todo el material en la capa superior del terreno. El material restante representa el modelo. Esta técnica por eliminación es la más clásica basada en métodos informáticos para crear modelos del terreno, y está en uso desde los primeros modelos digitales del terreno existen.

La maquinaria se guía mediante control numérico y software específico que en muchos casos está directamente integrado en la máquina de fresado. En otras ocasiones a partir de un programa de diseño se genera el código necesario para enviar las trayectorias de corte a la

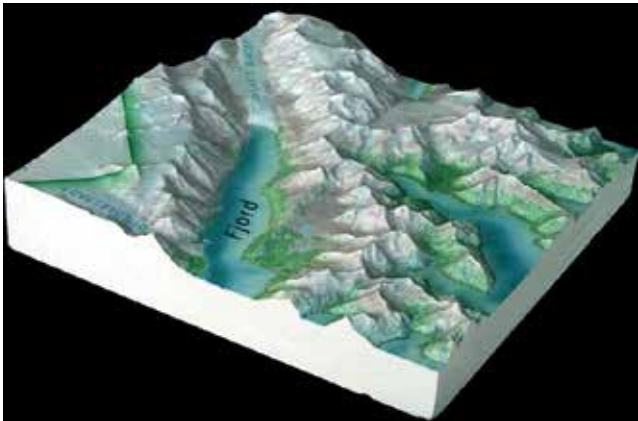


Figura 3. Modelos con color directamente impreso. (manufactured by solid terrain modeling)

máquina. El código G-Code es el que más comúnmente se utiliza para generar trayectorias en máquinas de fresado.

A continuación se presentan diferentes desarrollos comerciales para la generación de modelos físicos.

5.1. Solid Terrain Modeling STM

Los modelos del terreno ofrecidos por esta empresa están considerados como el estándar en el mercado de los mapas 3D físicos. La principal ventaja respecto a otras opciones y también respecto a la impresión 3D es el tamaño de los modelos, muy superior a los ofrecidos por las máquinas de impresión 3D cuya superficie de construcción está alrededor de 25 x 25 cm, las dimensiones de modelado de STM son de 90 x 120 cm.

Otro factor determinante de esta tecnología es la posibilidad de añadir color directamente sobre el modelo terminado mediante impresoras personalizadas con cabezales de inyección de tinta. Con este sistema de impresión de cabezales móviles se puede imprimir sobre el modelo imágenes de satélite de alta resolución sobre los modelos (SolidTerrainModeling, 2014). Podemos ver un ejemplo de uno de estos modelos impresos en la Figura 3 y 4.

5.2. 2Bot Corporation

Fabricación de modelos del terreno mediante eliminación de material.

Esta compañía centra su actividad en las aplicaciones 3D de Geomodelado, a partir de un nuevo *hardware* y *software* para la fabricación por eliminación de modelos a escala. Su *Modelmaker* es una máquina compacta de fresado, o de escritorio por control numérico con un sofisticado *software* adaptado para generar archivos de mapas en 3D desde el programa ArcGIS (2BotCorporation, 2014).

En vez de usar una resina propia como en la impresión 3D, la máquina 2Bot emplea materiales habituales como poliestireno extruido. El material para el *ModelMaker* es muy barato en torno a 0.30 € tablero de 30cm x 30cm de



Figura 4. Modelo de STL 91 x 137cm. Planificación y desarrollo de viviendas 91 x 137cm. (SolidTerrainModeling, 2014)

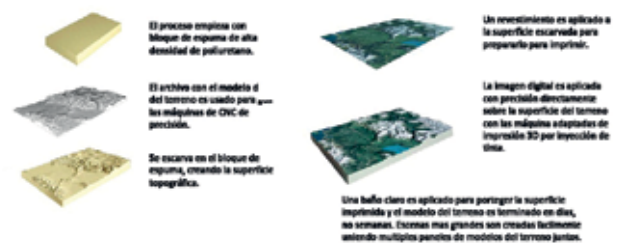


Figura 5. Proceso de STM. (SolidTerrainModeling, 2002)



Figura 6. Máquina de corte de STM. (SolidTerrainModeling, 2002)



Figura 7. Impresora personalizada de STM. (SolidTerrainModeling, 2014)

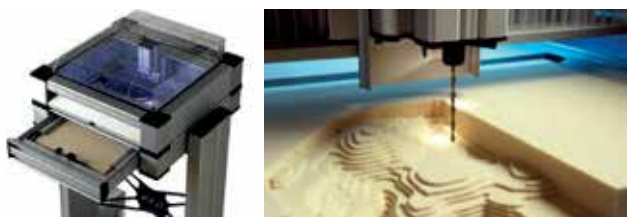


Figura 8. Máquina de escritorio de mecanizado Modelmaker. (2BotCorporation, 2014)



Figura 9. 2bot: proceso de mecanizado sobre espuma. (2BotCorporation, 2014)

lado, en contraposición a los 250-1500€ por tablero de las mismas dimensiones de los sistemas aditivos. El material es tan adecuado, que construir un modelo no es una decisión económica. La superficie actual de construcción es de 30 x 30 x 5 cm, como vemos en la Figura 8 el Model-Maker incorpora una carcasa para que la viruta quede en el interior de la cámara de construcción, favoreciendo su uso en entornos de oficina.

5.3. Gison3dmap

Otro interesante desarrollo en el mundo de los mapas 3D es la solución que ofrece esta empresa portuguesa, que combina modelos del terreno en 3D con proyectores situados sobre el techo que van mostrando imágenes sobre el mapa. El sistema está preparado para representar información geográfica, a través de clientes GIS (gison3dmap, 2014).

Como ocurre en estos grandes modelos los



Figura 10. Detalle de los proyectores y el cliente multimedia que suministra las imágenes. (2BotCorporation, 2014)

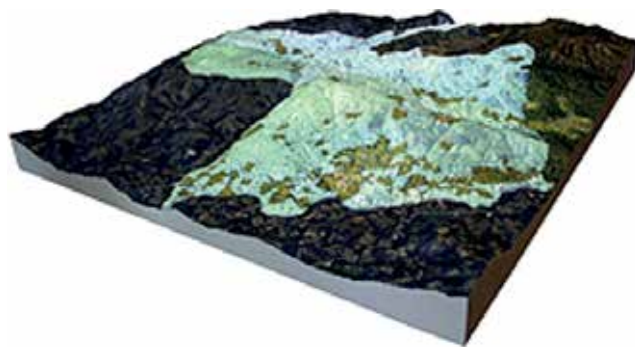


Figura 11. Parque natural de la región de Melgaco. (2BotCorporation, 2014)

Material	Fabricante	Tipo	Densidad	Dimensiones	Espesores	Resistencia a la compresión
Espuma rígida de poliuretano de alta densidad.	Poliuretanos	PUR D35	35 Kg/m ³	2500x200mm y 2000 x 1000mm	Cualquier espesor	100-180Kpa
Espuma rígida de poliuretano de alta densidad.	Poliuretanos	PUR D40	40Kg/m ³	2500x200mm y 2000 x 1000mm	Cualquier espesor	120-240Kpa
Espuma rígida de poliuretano de alta densidad.	Poliuretanos	PUR D70	70Kg/m ³	2500x1000mm	Cualquier espesor	300-460Kpa
Espuma rígida de poliuretano de alta densidad.	Poliuretanos	PUR D80	800Kg/m ³	2000x1000mm	Cualquier espesor	360-600Kpa
Espuma rígida de poliuretano de alta densidad.	Poliuretanos	PUR D100	100Kg/m ³		Cualquier espesor	800 Kpa
Poliestireno expandido	Poliuretanos	PUR D80	28Kg/m ³	1180x2-5m	50-60-80-100-125-150-175-200 mm	100 Kpa

Tabla 1. Materiales plásticos para modelado por eliminación de material. (www.poliuretanos.com)

principales clientes de esta tecnología son museos, centros de interpretación y organizaciones con participación pública.

Como los proyectores tienen una resolución limitada, y el tamaño del pixel proyectado se incrementa con la distancia de proyección que depende del tamaño del mapa, esto conlleva a mantener el tamaño del pixel proyectado dentro de límites aceptables, por lo tanto puede requerir múltiples proyectores dedicados a parte independientes del mapa como vemos en la Figura 10.

Destaca de esta tecnología el calibrador de *gison3dmap*, donde por medio de *software* el sistema es capaz de seleccionar varios archivos de imagen para cada proyector y seleccionar el área del mapa 3D donde se van a proyectar mediante chequeo de coordenadas e incorporando al software el DTM original a partir del cual fue creado el modelo físico 3D. El proceso de calibración se puede consultar con detalle en la WEB (<http://www.gison3dmap.com/>).

En la Tabla 1 se muestra la tipología y características de los materiales más comunes utilizados para el modelado del terreno por eliminación de material.



Figura 12. Detalle de Eiger (Suiza) 1:12.500 Mika Semann, Creado usando técnicas de prototipado rápido con capas de 0.15mm de espesor. (Swiss Alpine Museum)

6. MÉTODOS BASADOS EN ADICIÓN DE MATERIAL. IMPRESIÓN 3D

Se han desarrollado diferentes técnicas en los métodos aditivos que empiezan desde una capa base y construyen el modelo añadiendo una serie de capas superpuestas. En comparación con las técnicas sustractivas, estos métodos pueden crear cavidades y pueden representar modelos de edificios muy detallados.

Esta técnica, también conocida como prototipado rápido

	ADDITIVE MANUFACTURING		LAMINATED		FUSION LASER		EXTRUSION	INK PRINTED
	SLA	SEC	LOM	SDI	SLS	FDM		
Principales fabricantes	3D System, Formlabs, mUVe 3D LLC	Cubital Inc.	Helixis, Fabrisonic (Solidica)	Mcor's 3D print	DTM corp, Matsuba Machinery, EOS	3D system, Stratasys, RecRap project	Zcorporation, Voxyjet	
Precio	600€-5000€	500.000 €	20000€-130000€		400.000 €	200€ - 3000€	50.000 €	
Área de construcción cm	150 x 75 x 55	50.8 x 25.5 x 50.8	83.3 x 55.9 x 50.8	25.6 x 16.9 x 25.0	71.1 x 48.3 x 48.3	91.4 x 61.0 x 51.4	25.4 x 38.1 x 20.3	
Tipo de material	líquido	líquido	Sólido	Sólido	polvo	líquido	líquido	
Material	fotopolímero y resina	fotopolímero y resina	Papel, aluminio y PVC	Papel	Termoplástico, polvo de metal, polvo de cerámica	Termoplástico, polvo de metal y comita	Polvo a base de almidón y yeso	
Uso de Láser	Si	No	Si	No	Si	No	No	
Uso de soportes	Si	No	No	No	No	Si	No	
Uso postproceso	Si	No	No	Si	No	No	No	
Posibilidad de color	No	No	No	Si	No	No	Si	

Tabla 2. Métodos de impresión 3D. (Infante Martín, 2012)

o impresión 3D, añade capas verticalmente, y aunque podrían ser muy delgadas, normalmente permanecen visibles al final del proceso de producción como podemos ver en la Figura 12, lo que constituye la mayor desventaja de esta técnica. El principal inconveniente de la impresión 3D para el prototipado de mapas es el reducido tamaño de los modelos que no superan los 25 x 25 cm de área de construcción. Sin embargo tiene la posibilidad de añadir color a los modelos, variable muy importante en cartografía, aunque esta técnica resulta costosa.

En la Tabla 2 se muestra las características de los métodos de impresión 3D actuales. Estereolitografía SLA, fotopolimerización SGC por luz ultravioleta, fabricación por corte y laminado LOM, deposición selectiva de laminado SLS, modelado por deposición de hilo fundido FDM, sinterizado selectivo por láser SLS, 3Dprint.

La posibilidad de imprimir modelos del terreno es cada vez más asequible gracias a los Sistemas de Información Geográfica y las Infraestructuras de Datos Espaciales que ofrecen la posibilidad de descargar de forma masiva, modelos digitales del terreno de toda la superficie de un país.

Además el mundo de los SIG apuesta por el *software* libre, por ejemplo, existe una aplicación capaz de exportar ficheros STL para imprimir mapas, que funciona bajo el programa de SIG libre, Kosmo, esta aplicación permite controlar los parámetros de impresión de una máquina de FDM a partir de un modelo digital del terreno previamente cargado en el programa Kosmo (Venceslá, J., 2014). Básicamente lo que ofrece este programa es la posibilidad de convertir el modelo digital del terreno en un formato adecuado para la impresión 3D, en este caso el formato es el STL que es el estándar de los formatos de impresión 3D. En otras palabras, el programa convierte un modelo digital ráster en una malla de triángulos en un formato adecuado. Otros formatos de impresión utilizados son: VRLM, PLY, 3DS, ZPR.

El mundo de los SIG está cobrando importancia en los últimos años ya que suministran los mapas y datos necesarios a las nuevas tecnologías geoespaciales, tales como dispositivos móviles con sistemas de posicionamiento, portales WEB con cartografía online, imágenes georreferenciadas, etc. En el mundo del geomodelado hay trabajos importantes sobre cómo transformar los datos de los modelos digitales del terreno a los diferentes formatos de impresión 3D, en la mayoría de los casos desde programas SIG (Agrawal, S., Apr 2014).

7. IMPRESIÓN 3D EN COLOR

El color es una variable esencial en cartografía y en la visualización de modelos. Hasta hace unos años la aplicación directa de color durante la fase de construcción no estaba disponible, y el modelo en bruto tenía que ser coloreado

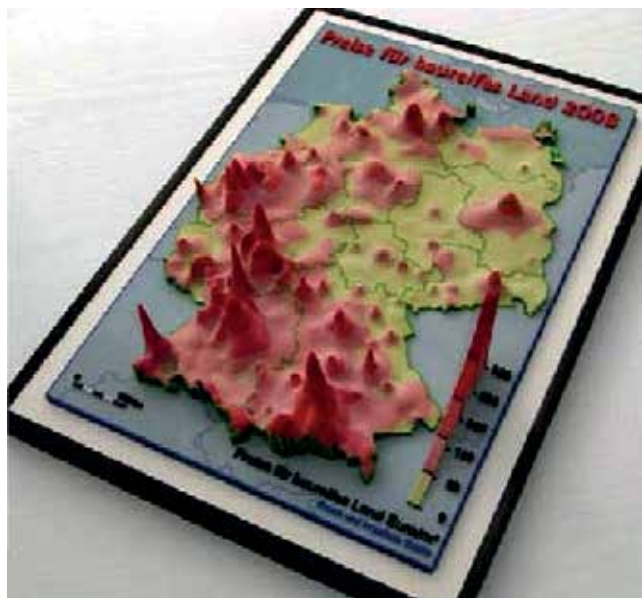


Figura 13. Precios medios por superficie para la construcción de viviendas en Alemania. Fuente: (Rase, W.D., 2009)



Figura 14. Modelo de una explotación minera. (minebridge, 2014)

manualmente.

El primer impresor 3D con capacidad integrada de color de alta resolución fue introducido en 2001 por la compañía *ZCorporation*.

Las impresoras de *ZCorporation* eran hasta hace poco los únicos dispositivos en el mercado que proveían piezas multicolor. En este sentido destaca la impresora 3D Z650, que aplica color CMYK real con una resolución de 600 x 540 dpi. La capacidad de añadir color integrada dentro del proceso de construcción abre muchas nuevas aplicaciones para el prototipado rápido aparte de para la cartografía y el SIG.

Recientes investigaciones han desarrollado metodologías para aplicar color en las impresoras de bajo coste por FDM, mediante la aplicación de color al hilo de material fundido en el momento de la deposición (LabsKikai, 2014).

Algunas consideraciones a tener en cuenta a la hora de imprimir en color se pueden consultar en Stanic, M. 2010 donde se desarrolla el procedimiento a seguir en la aplicación de color en 3D. Algunos ejemplos de la impresión 3D los podemos encontrar en el departamento de «*Federal Office for Building and Regional Planning, Bonn, Germany*» (RASE,



Figura 15. Impresión 3D de Mcor's: eliminando el material. (Mcors, 2013)



Figura 16. Mcor's 3D print: Naranja, Mapa y Calavera después del desbastado. (MacCormack, 2013)

W.D., 2006) donde se ofrece una visión de la impresión 3D bastante curiosa pues muestra información estadística típica de los SIG en 3D. Este autor se centra en ofrecer aplicaciones de modelos físicos para cartografía (RASE, W.D., 2006).

Otro ejemplo que utiliza la impresión a color para representación de modelos del terreno es *Minibridge*, que junto con *whiteclouds*, se centran en la obtención de modelos del terreno de explotaciones mineras, Figura 14, y combinan datos topográficos con imágenes de satélite para ofrecer a los potenciales clientes nuevas ubicaciones para explotaciones mineras. Utilizan la impresora *3DSystems full-color ProJet 660Pro*, y el software *Muck3D* (whiteclouds, 2014).

Una técnica novedosa de impresión 3D, que además es capaz de imprimir en color, es la que ofrece la empresa americana *Mcor's 3D Printing Technology*. El sistema es especialmente adecuado para la impresión de modelos del terreno de grandes dimensiones como se puede ver en la Figura 17 pues el material que utiliza es el papel.

El método de trabajo de esta impresora es el SDL, *Selective Deposition Laminated*, como comentan los fundadores de la empresa (Fintan and Conor MacCormack, 2013) el nombre se debe a que la máquina deposita material aglutinante en el borde del contorno de los objetos a construir, y en el interior de cada capa del modelo de forma más reducida. Por otro lado las hojas de papel se imprimen con la forma del contorno de cada capa y se aplica color por ambos lados, después



Figura 17. Imagen de la maqueta de Barehin impresa en papel. (MCS, 2014)

la máquina corta el contorno de la pieza a construir en cada capa. Finalmente la pieza debe ser desbastada eliminando el papel sobrante como vemos en la Figura 15.

A diferencia de otras tecnologías, *Mcor's 3D printers* no requiere de baño de la pieza en químicos o el empleo de instrumentos cortantes para eliminar las estructuras de soporte, aspirador de polvo, o infiltración. Un modelo de *Mcor* no se desmoronará o hará añicos.

Algunos ejemplos interesantes del uso de esta impresora para el prototipado de mapas es el que ofrece la empresa *Micro Cadd Services* (MCS, 2014). Además de crear modelos de edificios, MCS ha creado uno de los modelos más grandes del mundo de un país entero como Bahrain. El modelo a escala 1:10.000, de 5.4 metros de largo por 2.2 metros de ancho aparece en la Figura 17.

Por último otra de las aplicaciones de la impresión 3D muy novedosa, es la de las aplicaciones para Geología, como por ejemplo la impresión de secciones en mapas geológicos para ver los estratos. Por otro lado se ha empezado a introducir la impresión 3D para generar modelos de rocas con diferentes configuraciones respecto a fracturas y porosidad, para estudiar el interior de las rocas, ofreciendo indudables avances a la hora de modelizar el flujo y la retención de agua (Hasiuk, F., 2015).

8. APLICACIONES DE LA IMPRESIÓN 3D EN ARQUITECTURA

Una de las áreas que más impulso está dando a la impresión 3D se concentra en el campo de la arquitectura, ya que para sus maquetas y presentación de los proyectos es necesario utilizar las máquinas de impresión más precisas y los procesos más caros. Este área de trabajo está relacionada con el prototipado, porque en muchas ocasiones los proyectos de arquitectura necesitan mostrar el estado actual y futuro de los elementos constructivos respecto al entorno donde se sitúan,

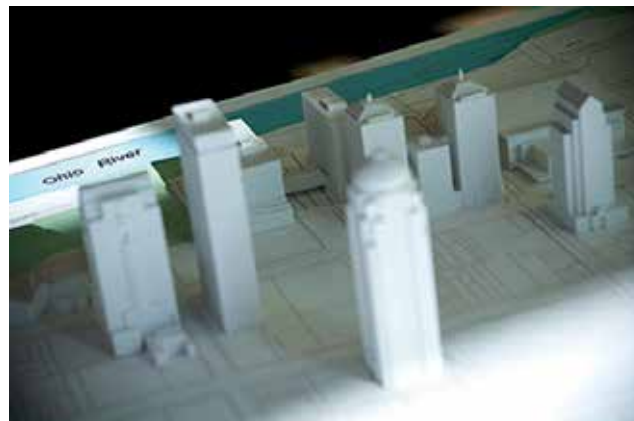


Figura 18. Modelos de edificios reales de la ciudad impresos en 3D a escala 1:1.000. (Festival de Ideas de Kentucky)

haciendo necesario la construcción de mapas en 3D para localizar y visualizar todos los elementos del proyecto como se muestra en la Figura 18.

Uno de los problemas más comunes en la impresión de maquetas es la necesidad de ampliar la escala de elementos, por ser demasiado pequeños, para ser definidos por las impresoras, en esos casos hay que modificar la escala de los elementos puntuales del modelo como pueden ser barandillas o escaleras. Manuel Domínguez propone una línea de trabajo para incluir módulos en los programas de diseño que sean capaces de cambiar la escala de elementos individuales del modelo que por las reducidas dimensiones deban ser exagerados. Para conseguir esto, el programa deberá conocer las características de la máquina impresora, en cuanto a sus limitaciones en precisión y resolución (Domínguez, M., 2013).

La importancia en cuanto a precisión de objetos a pequeña escala a la hora de imprimir maquetas, puede depender de varios factores, como por ejemplo imprimir una pieza de forma vertical u horizontal, da como resultado partes más estables que otras, además aspectos como el acabado superficial o anchura final de las capas son factores muy a tener en cuenta (Lemu, H.G., 2011).

Otro de los inconvenientes de las maquetas en arquitectura es la asociada a la hora de imprimir nuevos elementos sobre las maquetas existentes cuando el modelo ya está terminado, ya que cualquier modificación en el proyecto hace que sea necesario tener que volver a imprimir la maqueta completa.

La propuesta de imprimir nuevos elementos sobre maquetas existentes mediante brazos robotizados resulta muy interesante, aunque aún lo sería más si se pudieran eliminar partes del modelo construido, por problemas detectados antes de obtener el producto final, y de este modo no tener que imprimir de nuevo la maqueta entera (Domínguez, M., 2013).

En este sentido destaca la línea de trabajo que se plantea en este artículo sobre la reutilización de modelos físicos del terreno, ya sean impresos en 3D o moldeados con máquinas de mecanizado CNC. Para tal efecto se debe utilizar el mecaniza-



Figura 19. Maqueta de San Francisco (Steelblue)

do por CNC sobre los modelos originales, para después añadir nuevos elementos al mismo, ya sean edificios, puentes, o simplemente si queremos representar la evolución en el tiempo de algún fenómeno, como puede ser el avance de una mina a cielo abierto (Hicham, K., Kamal T.K., 2013). Como veremos en los ejemplos propuestos de trabajos posteriores, la posibilidad de hacer modificaciones en modelos de mapas 3D, es relativamente fácil con procesos de corte por fresado, sobre todo considerando que los materiales a eliminar son espumas de poliuretado, ABS, o similares y podemos utilizar software libre para las simulaciones de mecanizado (Visualmill, 2015).

En el caso de las maquetas en arquitectura, la posibilidad de eliminar elementos ya construidos es mucho más complicado, pues si bien se podrían utilizar cabezales de corte alargados para que la maquinaria no choque con los elementos de la maqueta, deberíamos tener en cuenta fresadoras de varios ejes para eliminar material en las zonas más complicadas. Otra posibilidad sería la de girar los modelos en diferentes posiciones para ayudar en las tareas de eliminación de material. Entre los inconvenientes de esta solución aparecerían problemas en la estabilidad del material en los elementos más finos, ya que al aplicar los elementos de corte sobre algunas partes del modelo, se desmoronarían otras partes, así que este método sólo serviría para ciertos modelos robustos. Otra opción sería la de hacer modificaciones sobre maquetas impresas al 100% de relleno, lo que les daría más estabilidad a la hora de realizar



Figura 20. Separación del modelo en 4 sectores. (<http://3dprinterlog.blogspot.co.uk>, 2013)

las tareas de mecanizado.

Se puede destacar en este sentido el modelo de la ciudad de San Francisco que la agencia de marketing creativo *Steelblue*, en la que cada manzana del mapa puede ser levantada y reemplazada para ayudar a los promotores a planificar nuevas construcciones en el entorno del proyecto. De hecho, una sección del mapa muestra el barrio de SOMA no como es ahora, sino como será en 2017 cuando un mayor número de proyectos haya finalizado, Figura 19.

El modelo cubre en total 115 manzanas de la ciudad del noreste de San Francisco unas 7 x 7 millas del distrito financiero y comercial. Fue impreso con dos impresoras *Objet Connex 500*, con una resolución de 16 micras, a escala 1:1.250. El modelo digital fue creado por el equipo de *Steelblue* a partir de fotogrametría, datos de planeamiento de la ciudad y dibujos arquitectónicos. La actual impresión llevo alrededor de dos meses en completarse, dos impresoras funcionando día y noche depositando capa sobre capa de resina.

9. COMPARATIVA DE LAS DOS TÉCNICAS DE PROTOTIPADO DE MODELOS DEL TERRENO, ADITIVAS Y SUSTRACTIVAS

Las dos técnicas basadas en ordenador para la generación de modelos del terreno en 3D ofrecen unas posibilidades muy interesantes para el *Mapping 3D* que no están explotadas a fondo en la actualidad, por ello se abre un interesante mercado ya que los mapas en 3D se pueden utilizar en muchas aplicaciones, como ingeniería civil, SIG, arquitectura, planeamiento, etc.

Mientras que los métodos sustractivos tienen la ventaja de ofrecer modelos más grandes realizados con materiales más ligeros y baratos, todavía subsiste el problema de añadir color



Figura 21. Modelo masivo de Berkeley. Se puede ver en este modelo cómo los edificios están situados sobre un modelo del terreno y se ha excavado sobre el modelo para situar los diferentes edificios. (Howarmodels, 2014)

a los mismos, variable fundamental en cartografía y que solo ofrece la empresa STM.

En este sentido la impresión 3D en concreto las impresoras ZCorp y Mcor's 3D printing Technology, ofrecen la posibilidad de aplicar color real a sus modelos, aunque está claro que la principal desventaja es el precio de esta tecnología a color y la dimensión de los modelos que nos obliga a realizar modelos de mapas en 3D en varios sectores puesto que las dimensiones de impresión no superan los 30 x 30 cm.

Otro factor determinante que posiciona al mecanizado por delante de la impresión 3D en el Mapping 3D, es el tiempo de construcción de los modelos, según presupuestos solicitados a empresas de mecanizado y de impresión 3D, mientras que un modelos de 40 x 40 x 10 cm tardaba en ser completado por una máquina de fresado menos de dos horas, el modelo impreso tardaba dos días.

Para tareas de planeamiento urbanístico, o territorial que engloba a la arquitectura y la ingeniería civil, el modelado de mapas por eliminación de material resulta muy adecuado para presentar proyectos de grandes dimensiones y ver cómo los elementos del proyecto se localizan sobre el entorno real. En la siguiente Figura 21 vemos un claro ejemplo del resultado para planeamiento urbanístico.

En el caso de las impresoras 3D, para generar modelos del terreno que sean adecuados para estos propósitos se requiere un desembolso importante de dinero, en tiempo de impresión, que es muy superior al mecanizado y resulta inevitable dividir el modelo en partes. Por ello la impresión 3D para modelos del terreno se reserva para representar pequeños fenómenos puntuales, ya sean naturales como vulcanología, zonas turísticas, Geología (Arantzazu, 2014), o parajes con importante atractivo natural. En la Figura 22 vemos un ejemplo.

Como vemos la impresión 3D en el campo de la geoimpresión se limita a mostrar fenómenos de manera pasiva, sin embargo se han desarrollado mapas en 3D para la interacción de personas ciegas con mapas donde además del relieve se imprimen caracteres y datos de localización y de la escala en lenguaje braille, (Autoridades cartográficas de Japón, 2014).

10. LÍNEAS DE TRABAJO PARA REUTILIZACIÓN DE PROTOTIPADO DE MAPAS

Como solución a la creación de modelos 3D del terreno y aprovechar su uso en sucesivos trabajos, se pueden combinar máquinas de fresado de bajo coste compactas como el ModelMaker o las fresadoras de escritorio Roland, con impresoras 3D de bajo coste.

El objetivo que se persigue es hacer modificaciones de los



Figura 22. Terremoto de Iwate-Miyagi impreso con impresión 3D a color. (TrustSystem, 2012)

modelos originales mediante eliminación de material, y después añadir nuevos elementos constructivos con impresión 3D o con mecanizado (Figura 23), de este modo se puede reutilizar los modelos del terreno generados previamente. Esta solución es muy recomendable para tareas de planificación urbanística (Qian, M., 2013). Otro ejemplo del uso de modelos del terreno para ser reutilizados en el tiempo es el de la minería (Barettino, D, 2009).

Las características de estas máquinas de fresado compactas son económicamente muy interesantes respecto a su precio, dimensiones de construcción y materiales de construcción. La espuma de poliuretano es muy barata comparada con los materiales que utilizan las impresoras 3D (Stotz, M.H, 2013). En ese caso lo ideal sería tener una máquina de fresado compacta para realizar los modelos base de mapas, y poder modificarlos, y tener cierta independencia. De esta forma se puede visualizar la evolución de proyecto a lo largo del tiempo (Quan, B., 2013) sin tener que imprimir los modelos del terreno partiendo de cero, Figura 23.

Algunos modelos de fresadoras compactas o de escritorio, adecuadas para pequeños estudios de ingeniería, son las que ofrece la marca Roland, la superficie de trabajo efectiva es de 30 x 30 x 10 cm de área de construcción e incorporan una cámara de mecanizado cerrada para que el polvo y la viruta del modelo se almacenen en el interior. Todas tienen asociado un

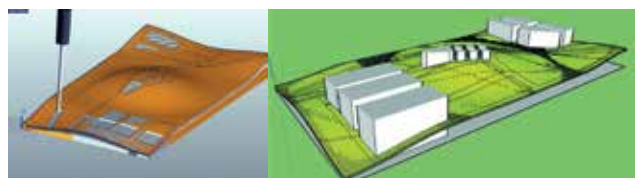


Figura 23. Simulación de mecanizado sobre modelo existente de una urbanización (izquierda), y posterior inserción de maquetas de edificios mediante impresión 3D al mismo modelo modificado (derecha). Simulación con (Visualmill, 2015). (Elaboración propia)

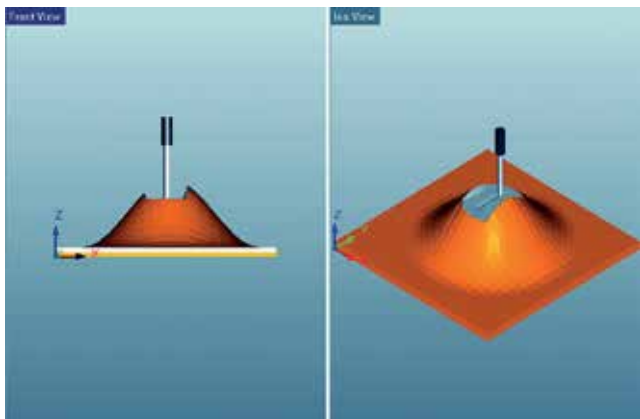


Figura 24. Reutilización de modelos. Mecanizado sobre stock box del terreno original, para situar una carretera en el modelo. Simulación con (Visualmill, 2015). (Elaboración propia)

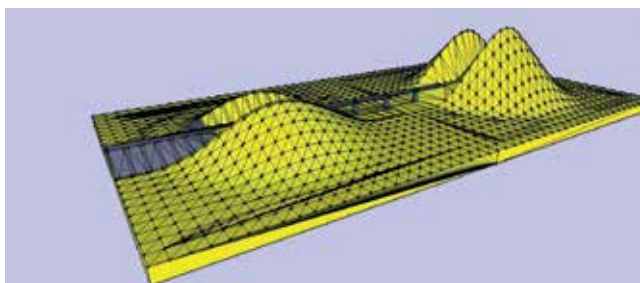


Figura 25. Unión de dos plataformas con terreno que han sido modificadas para el paso de una carretera. Además se pretende añadir un puente y un terraplén de tierra con impresión 3D. La plataforma de la derecha es la de la Figura 24. Simulación con Sketchup. (Elaboración propia)

software incluido y la precisión es óptima en todos los casos.

Por último destacar la máquina de fresado controlada por CNC a la que se le puede acoplar un cabezal extrusor para imprimir en 3D (fresadoras-cnc-mnova), la superficie de trabajo es bastante mayor que las impresoras estándar 3D del mercado, lo que lo hace especialmente indicado para nuestro proyecto, ya que al ser los modelos mecanizados en espuma la fresadora no es necesariamente potente por lo que es ideal para el prototipado de mapas. El área de trabajo de esta máquina depende del modelo adquirido 300 x 210 x 80 mm; 420 x 300 x 80 mm; 600 x 420 x 80 mm.

11. CONCLUSIONES

En este trabajo se han analizado las técnicas actuales respecto al prototipado de mapas físicos del terreno, con especial énfasis en los métodos por eliminación de material y por impresión 3D. Aunque los métodos por mecanizado son más adecuados que la impresión 3D para estos modelos, la solución óptima sería combinar los modelos físicos del terreno con elementos constructivos modelados con impresión 3D.

Se han señalado los materiales utilizados en ambos méto-

Marca	Modelo	Dimensiones	Material cortable	Software incluido	Precio
Roland	Monofab SRM-20	203,2 mm x 152,4 mm x 60,5 mm	Cera de Modelado, Madera Química, Espuma, Acrílico, Poliacetil, Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS), Circuitos impresos.	Si	4.995 €
Roland	MDX-40A	305 mm x 305 mm x 104 mm	Resinas, tal como productos químicos, madera y cera de modelado (el metal no es compatible)	Si	7.995 €
Roland	MDX-540	498 mm x 399 mm x	Plástico, resina, madera y metales no ferrosos	Si	20.995 €
28bot	Model Maker	300 mm x 300 mm x 50 mm	Espumas	Si	12.000 €

Tabla 3. Máquinas de fresado compactas. (Roland)



Figura 26. Fresadora para escritorio MDX-40A. (Roland)

dos, y también se analiza la posibilidad de aplicar color a los modelos, considerado de gran importancia en aplicaciones cartográficas.

Por otro lado se revisan las principales aplicaciones de estos prototipos de mapas en 3D especialmente en ingeniería civil, arquitectura, y SIG.

Por último se propone una línea de trabajo, donde se pretende reutilizar modelos del terreno físicos aplicando modificaciones mediante eliminación de material, para poder añadir nuevos elementos sobre estos modelos modificados.

REFERENCIAS

- Agrawal, S. (2006). *Physical modeling of catchment area by rapid prototyping using GIS data*. Rapid prototyping Journal, 12/2 (2006) 78-85.
- Agrawal, S. (Apr 2014). *Obtaining 3D PLY Part from DEM Surface*. International Journal of Engineering Science and Technology, Vol. 6 No.4.
- Agrawal, S. (July 2012). *Physical modelling of terrain directly from surfer grid and arc/info ascii data formats*. South African Journal of Industrial Engineering, Vol 23 (2): pp 230-241.
- Barettino, D. (2009). *Minería, Medio Ambiente y Ordenación del Territorio*. Reunión técnica sobre Ordenación Minero - Ambiental. Logroño.
- Domínguez, M. (2013). *Impresión 3D de maquetas y prototipos en arquitectura y construcción*. Revista de la construcción.
- Esam, I. (2012). *Land Use and Land Cover Changes of West Tahta Region, Sohag Governorate, Upper Egypt*. Journal of Geogra-

- phic Information System.
- Fintan and Conor MacCormack, C.-f. (2013). *How Paper-based 3D Printing Works The Technology and Advantages*. Mcor technologies.
- Ghawana, T., & Zlatanova, S. (2013). *3D printing for urban planning: A physical enhancement of spatial perspective*. Integrated Spatial Analytics Consultants, India; Delft University of Technology, GIS Technology Section, Delft, Netherlands.
- Groenendyk, M. (2013). *Emerging Data Visualization Technologies for Map and Geography Libraries: 3-D Printing, Holographic Imaging, 3-D City Models, and 3-D Model-based Animations*. Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada.
- Hicham, K., Kamal T.K. (2013). *Explotación de canteras en la costa de Kenitra y su área de influencia: estudio de impacto ambiental*. Revista de Estudios Andaluces, Nº 30 (2013) pp. 1-26.
- Lemu, H.G. (2011). *Study of Capabilities and limitations of 3D Printing Technology*. The 4th Manufacturing Engineering Society International Conference.
- MacCormack, F. a. (2013). *How Paper-based 3D Printing Works: The Technology and Advantages*.
- MCS. (2014). *MicroCadServices*.
- Polidoro, M. (2013). *Urban Sprawl and the Challenges for Urban Planning*. Journal of Environmental Protection.
- Qian, M. (2013). *Urban Spatial Expansion Characteristics in China's Rapid Urbanization Region—A Case Study of SXC Region*. International Journal of Geosciences.
- Quan, B. (2013). *Spatiotemporal Urban Land Use Changes in the Changzhutan Region of Hunan Province in China*. Journal of Geographic Information System.
- RASE, W.D. (2006). *Physical Models for Cartographic Applications*. Bonn: Federal Office for Building and Regional Planning.
- Rase, W.D. (2009). *Creating Physical 3D Maps Using Rapid*. Bonn, Germany: Federal Office for Building and Regional Planning.
- SolidTerrainModeling. (2002). *Less virtual... more reality*.
- Stani, M., & Lozo, a. B. (2010). *Color and Permanence Issues in 3D Ink-jet Printing*. Faculty of Graphic Arts University of Zagreb .
- Stotz, M.H. (2013). *3D CAD, CAM and Rapid Prototyping*.
- Weaver, K. (2013). *Exploring Topographic Change Impacts with a Tangible Geospatial Modeling System*. Tateosian1North Carolina State University.
- Sitios WEB consultados**
- 2BotCorporation. (2014). *2Bot*. Obtenido de <http://www.2bot.com/>
- arantzazu. (2014). *Geoimprimiendo*. Obtenido de <http://impresiontresde.com/blog/geoimprimiendo-impresion-3d-y-ciencias-de-la-tierra/>
- Autoridades cartográficas de Japón. (2014). Obtenido de <http://cyberjapandata.gsi.go.jp/3d/index.html>
- fresadoras-cnc-mnova. (s.f.). *fresadoras-cnc-mnova*. <http://www.fresadoras-cnc-mnova.com/impresora-3d-sobre-fresadora-entry.html>, .
- gison3dmap. (2014). *gison3dmap*. Obtenido de <http://www.gison3dmap.com/>
- Hasiuk, F. (2015). *Geofablab*. Obtenido de <http://www.public.iastate.edu/~franek/gfl/gfl.html>
- Howarmodels. (2014). *Howarmodels*. Obtenido de <http://www.howarmodels.com>
- Infante Martín, R. (2012). *Procesos de conformado de materiales poliméricos por prototipado rápido*. Obtenido de <http://tfmrimuned.wordpress.com/>
- Institute of Cartography and Geoinformation, E. Z. (2014). *terrainmodels*. Obtenido de <http://www.terrainmodels.com/index.html>
- LabsKikai. (2014). *graficosdehoy*. Obtenido de <http://www.graficosdehoy.com/content/nuevo-m-todo-de-bajo-costo-para-colorear-objetos-impresos-en-3d-de-kikai-labs#VGzuC2dpKpo>
- Mcors. (2013). *Mcor's 3D printing Technology*. Obtenido de <http://mcorstechnologies.com/>
- minebridge. (2014). *minebridgesoftware*. Obtenido de <http://www.minebridgesoftware.com/pricing>
- RASE, W.D. (2006). *wdrase*. Obtenido de <http://www.wdrase.de/SolidTerrainModeling>.
- SolidTerrainModeling. (2014). *Solid Terrain Modeling*. Obtenido de <http://www.solidterrainmodeling.com>
- TrustSystem. (2012). *trust-system*. Obtenido de www.trust-system.co.jp
- Venceslá, J. (2014). *DEMto3D*. Obtenido de <http://demto3d.com/>
- Visualmill. (2015). <http://mecsoft.com/visualmill/>. Obtenido de <http://mecsoft.com/visualmill/>
- whiteclouds. (2014). *whiteclouds*. Obtenido de <https://www.whiteclouds.com/>
- zcorp. (2014). *zcorp*. Obtenido de <http://www.zcorp.com/es/Products/3D-Printers/spage.aspx>

Sobre el autor

Javier Espinosa Payer

Ingeniero Técnico en Topografía en 2006 y Graduado en Geomática y Topografía en 2014 por la Universidad de Jaén. Profesional de la ingeniería civil con experiencia en grandes proyectos de ingeniería en el ámbito nacional. Actualmente realizando proyectos con Sistemas de Información Geográfica. Máster en Ingeniería del Diseño destacando en el área de diseño y desarrollo de productos, área de innovación. Publicaciones en la revista Topcart del Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, «Uso de técnicas GPS en trabajos de urbanización, integración de estas técnicas en sistemas de diseño asistido». Revista técnica Topcart 167.

Uso de los elementos anotativos de AutoCAD en proyectos de ingeniería civil

Using AutoCAD annotative elements in civil engineering projects

Gaspar Mora-Navarro y Carmen Femenia-Ribera

REVISTA **MAPPING**

Vol. 24, 172, 26-32

julio-agosto 2015

ISSN: 1131-9100

Resumen

Una de las tareas que más dificultad encuentran los usuarios de AutoCAD es sin duda adaptar los tamaños de los textos, acotaciones, sombreados y bloques a las diferentes escalas de impresión. Sobre todo si existen varias escalas de impresión en el mismo plano, se exige una correcta organización de estos tipos de elementos en el dibujo en diferentes capas y un correcto cálculo de su tamaño en el modelo, en función de la escala de impresión y del tamaño impreso que se quiere conseguir. Este trabajo ha quedado totalmente simplificado, desde que aparecieron los objetos anotativos en AutoCAD, disponibles desde la versión 2008.

Abstract

Doubtlessly one of the most difficult tasks faced by AutoCAD users is adapting sizes of texts, dimensions, hatches and blocks to different printing scales, which is especially true when there are various printing scales on the same plane. This entails arranging these types of elements in the drawing properly into different layers, and correctly calculating their size in the model according to the print scale and printed size to be achieved. This work has been absolutely simplified since annotative objects appeared in AutoCAD, which became available as of the 2008 version.

Palabras clave: AutoCAD, planos, automatización, elementos anotativos.

Keywords: AutoCAD, planes, automation, annotative elements.

Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia
y Fotogrametría. Universitat Politècnica de València
joamona@cgf.upv.es
cfemenia@cgf.upv.es

Recepción 20/05/2015
Aprobación 28/05/2015

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE LA IMPRESIÓN

En general, en ingeniería civil, se modelan objetos grandes, que se miden en metros. Esto hace que lo lógico sea establecer las unidades del espacio modelo de AutoCAD a metros. De esta forma una unidad medida en el terreno, se corresponde con una unidad del modelo. En otras palabras, si se pretende dibujar un edificio de dimensiones reales 100 por 50 metros, en el modelo de AutoCAD se dibujan 100 por 50 unidades. Esto tiene incuestionables ventajas:

- Al superficializar el edificio, se obtienen metros cuadrados.
- Al medir el perímetro del edificio, se obtienen metros lineales.
- Al acotar, se obtienen directamente las longitudes en metros.
- Las coordenadas del dibujo pueden ser utilizadas para el replanteo directamente por un equipo de topografía.
- No hay ningún problema a la hora de imprimir el modelo a cualquier escala, simplemente se reduce más o menos, en función de la escala.

$$\begin{aligned} \text{Escala} &= \frac{1}{\text{Denominador}} = \frac{\text{Plano}}{\text{Terreno}} \\ \text{Plano} &= \frac{\text{Terreno}}{\text{Denominador}} \\ \text{Terreno} &= \text{Plano} \times \text{denominador} \end{aligned}$$

Figura 1. Fórmulas para el cálculo de tamaños de dibujo

A la hora de modelar objetos existentes en el terreno, u objetos que se construirán en el terreno, como carreteras, edificios, puentes, etc., no suele existir ningún problema en su dibujo en el modelo de AutoCAD, ya que tienen un tamaño fijo en metros y se han de dibujar con ese tamaño en el modelo, **independientemente de la escala de impresión**. Es decir, en el ejemplo anterior, se dibuja el edificio siempre de 50 por 25 unidades, independientemente de si se va imprimir a 1:100, o a 1:200.

El problema de la impresión está en los objetos que se dibujan en el espacio modelo, cuyo tamaño sí depende de la escala de impresión. Estos objetos son: textos, sombreados, acotaciones, bloques y tablas. Este tipo de objeto, en realidad no existe en el terreno, son anotaciones que se hacen en el plano. **Estos objetos de dibujo no tienen un tamaño fijo**, como un edificio, **hay que calcularlo** para que, una vez impreso, se vea correctamente.

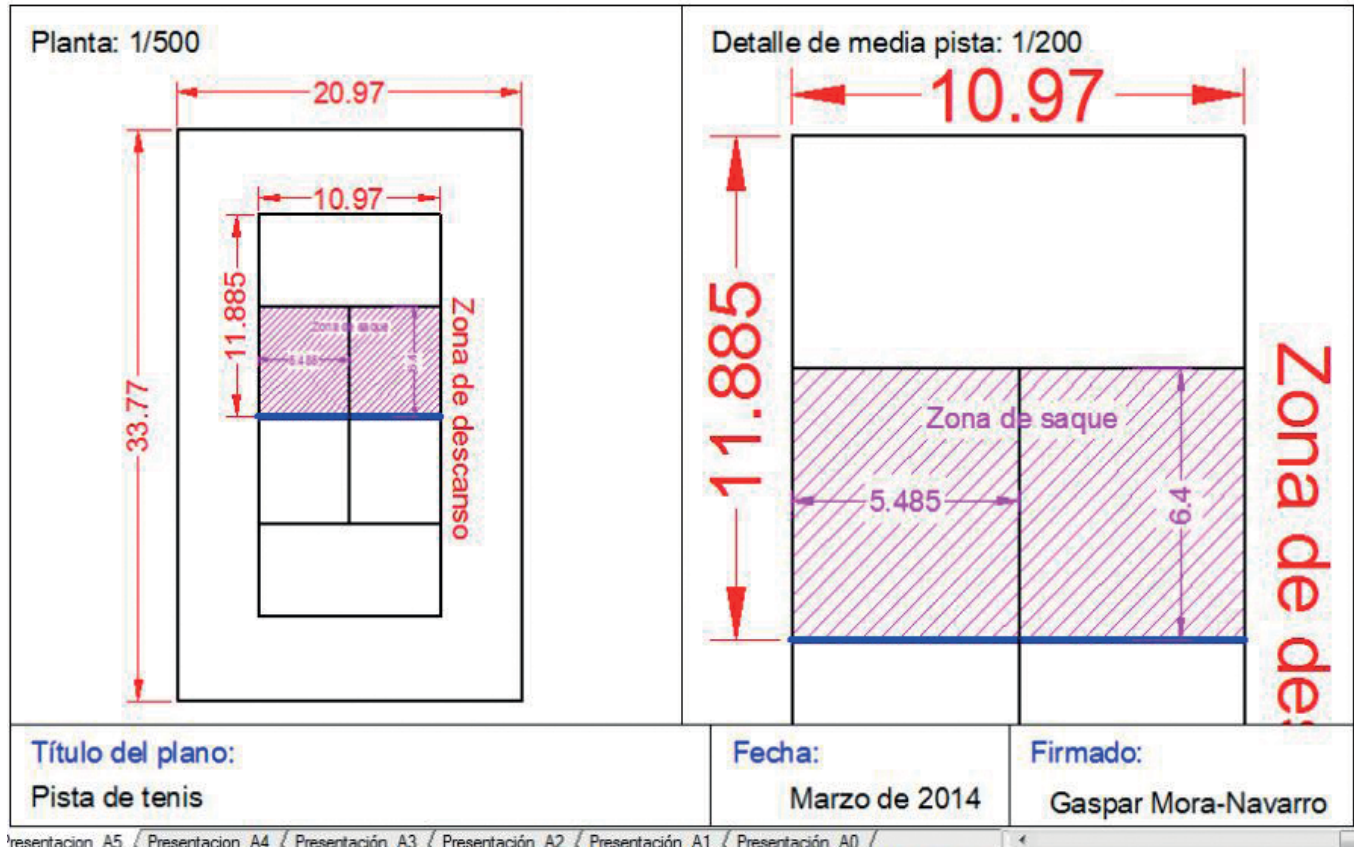


Figura 2. Plano de una pista de tenis

Para que el tamaño de estos objetos sea el esperado en el papel impreso es necesario, antes de dibujarlos, realizar dos pasos:

- Diseñar o decidir el tamaño impreso que se pretende.
- Calcular este tamaño en función de la escala.

Para calcular el tamaño de los objetos en el plano o en el terreno, o en el modelo, en función de la escala se emplean las conocidas fórmulas de la Figura 1.

2. SOLUCIÓN CLÁSICA

Veamos un sencillo ejemplo. En la Figura 2, se presenta un plano de una pista de tenis. El plano se encuentra en la presentación *Presentación_A5* del espacio papel, donde se han realizado dos *ventanas gráficas*. La ventana de la izquierda presenta una vista de planta general a escala 1:500 y, la ventana de la derecha, presenta una ampliación a escala 1:200 donde se muestran más detalles.

En el ejemplo se ha decidido que los textos, una vez impresos, tengan un tamaño de 2.5 mm, que aproximadamente se corresponde con el tamaño doce de un programa de edición de texto. Como se tienen dos escalas, resultan dos tamaños:

- Para la escala 1:500.
Tamaño en el modelo = $0.0025 \text{ m} * 500 = 1.25 \text{ m}$
- Para la escala 1:200.
Tamaño en el modelo = $0.0025 \text{ m} * 200 = 0.5 \text{ m}$

Aunque el cálculo de los tamaños, en el ejemplo de la Figura 2 ha sido correcto, se puede apreciar que ninguna de las dos ventanas tiene un tamaño correcto de todos sus textos y acotaciones. Esto es debido a que, por defecto, todos los elementos que se dibujan en el modelo de AutoCAD se ven en todas las ventanas gráficas. Es decir, en la ventana gráfica a escala 1:500, se ven los textos, acotaciones y sombreados, diseñados para verse correctamente a la escala 1:200 y, lógicamente, se imprimen a un tamaño menor a 2.5 mm.

En el caso de la ventana a escala 1:200 ocurre lo mismo pero a la inversa, los objetos cuyo tamaño se ha diseñado para la escala 1:500 se ven también en la ventana 1:200, y se imprimen a un tamaño superior a 2.5 mm.

La solución a este problema necesita una buena organización en capas de los elementos. Se necesita una capa diferente para cada escala de impresión y cada tipo de objeto anotativo. Y desactivar las capas no deseadas en cada ventana gráfica. En el ejemplo, se tendrían dos escalas de impresión y tres tipos de objetos anotativos: textos, acotaciones y sombreados. Se necesitan seis capas:

- Para la escala 1:500
 - Capa para las acotaciones: Acotaciones500
 - Capa para los textos: Textos500
 - Capa para los sombreados: Sombreados500
- Para la escala 1:200
 - Capa para las acotaciones: Acotaciones200
 - Capa para los textos: Textos200
 - Capa para los sombreados: Sombreados200

Con esta organización, se dibujan los elementos anotativos, cuyo tamaño se ha calculado para una escala determinada, en las capas correspondientes de cada escala. De esta forma es posible desactivar, en cada ventana gráfica, las capas que contienen elementos anotativos diseñados para otras escalas, diferentes de la escala de impresión de la propia ventana. En el ejemplo, de la Figura 2 todos los objetos que se diseñaron para la escala 1:500, se introdujeron en capas de color rojo, y los que se diseñaron para la escala 1:200, se introdujeron en capas de color magenta. La solución está pues en desactivar todas las capas que contienen objetos magenta en la ventana gráfica a escala 1:500 y todos los objetos rojos en la ventana gráfica a escala 1:200.

Para desactivar una capa solo en una ventana gráfica, es necesario introducirse en el espacio modelo a través de la ventana gráfica. Para ello se hace *dobles*



Figura 3. Capas a desactivar en cada ventana gráfica

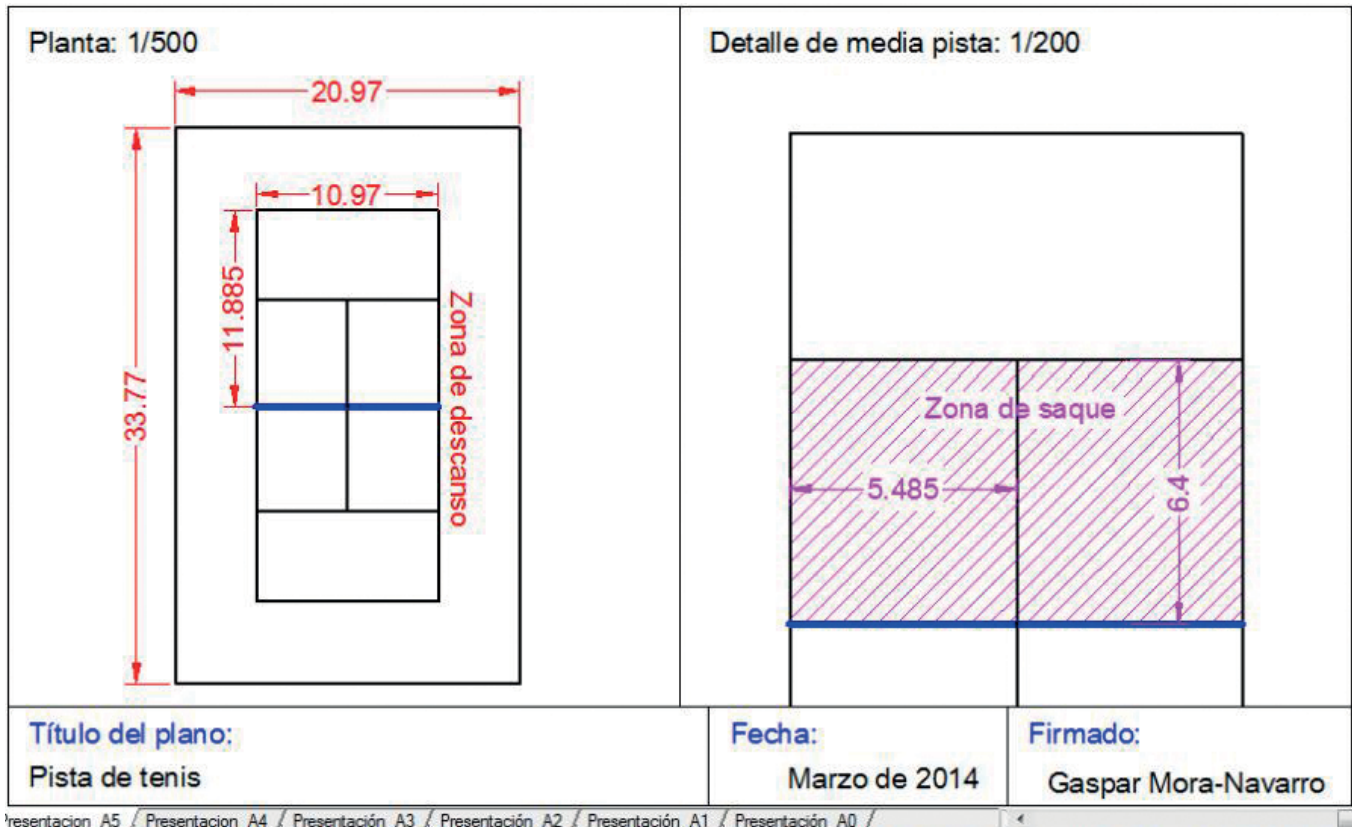


Figura 4. Plano donde se han desactivado las capas adecuadas en cada ventana gráfica

click en la ventana gráfica. El contorno de la ventana gráfica se hace más grueso. En ese momento, si se accede a la lista de capas de la barra de herramientas capas, es posible desactivar capas solo en la ventana actual. Para ello, se desactiva la tercera columna de la lista de capas, de cada capa que no se quería mostrar en la ventana actual. En la Figura 3 se muestra, en la parte a), las capas desactivadas en la ventana a escala 1:500, y, en la parte b), las capas desactivadas en la ventana a 1:200.

Hay que notar que, si se desactiva una capa de la primera columna, en la Figura 3, el contenido de la capa desaparece de todas las ventanas gráficas, y del espacio modelo.

El resultado es el que se muestra en la Figura 4.

3. SOLUCIÓN CON OBJETOS ANOTATIVOS

Según se ha dicho, los bloques (cuando éstos se utilizan para simbolizar) textos, sombreados y acotaciones se diferencian de los objetos del modelo en que no existen en el terreno, o no van a existir, y no tienen un tamaño fijo, sino que su tamaño depende

de la escala de impresión. Cuanto más se reduce al imprimir, mayor debe ser el tamaño de estos objetos, para que puedan verse con claridad. En AutoCAD, a partir de la versión 2008, estos objetos pueden ser anotativos o no anotativos. Convertir estos objetos en anotativos tiene las siguientes ventajas:

- El cálculo del tamaño de los elementos en función de la escala es automático.
- En el caso de los textos y acotaciones, se asigna un tamaño impreso y AutoCAD calcula su tamaño en el modelo, en función de la escala de impresión, que AutoCAD denomina escala de anotación.
- En el caso de los bloques y sombreados, al ser creados los primeros, y dibujados los segundos, se les asocia la escala de anotación actual y, si esta cambia, se calcula el nuevo tamaño en función de la proporción entre la escala anotativa asociada inicialmente y la nueva. El resultado final es que el tamaño de impresión diseñado inicialmente se conserva.
- No es necesario utilizar capas diferentes para las diferentes escalas de impresión, como en la solución clásica. AutoCAD puede ocultar de forma automática los objetos anotativos que no tengan asociada la escala de anotación de la ventana gráfica en la que se encuentran.

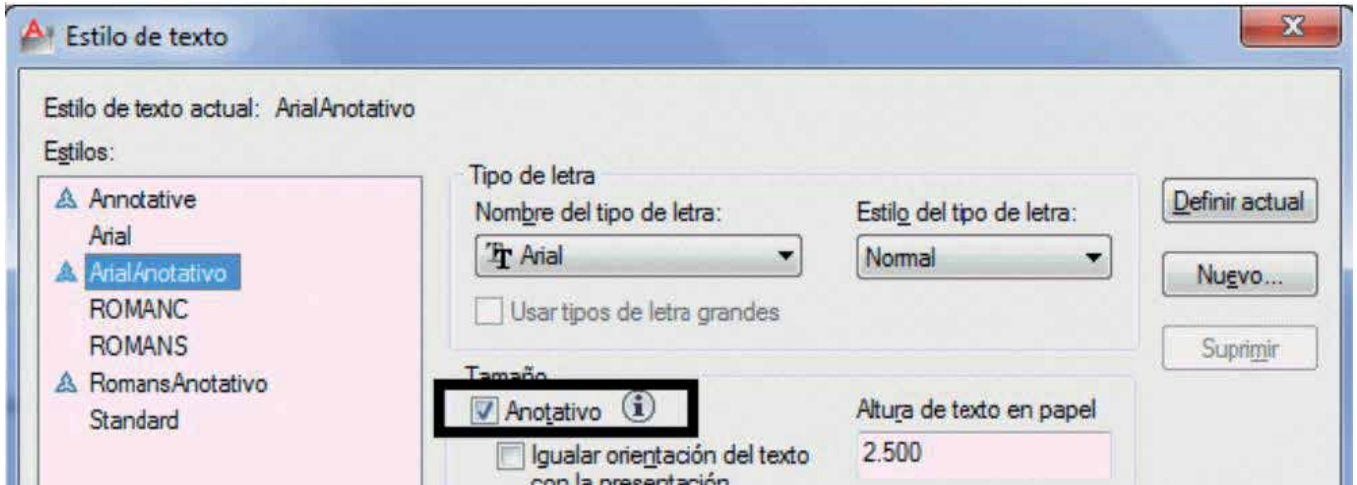


Figura 5. Crear un estilo de texto anotativo

Para definir un estilo de texto, un estilo de cota, o un bloque, como anotativo hay que seleccionar la casilla *Anotativo* en el momento de su definición. En la Figura 5 se presenta la definición de un estilo de texto anotativo. Nótese que se solicita la altura del texto en el papel.

Una vez definido el estilo de texto o estilo de cota como anotativo, su tamaño se calcula, al dibujarlo en el espacio modelo, en función de la escala anotativa

actual, siguiendo también las fórmulas de la Figura 1. Para establecer la escala anotativa actual, se selecciona de la lista de escalas anotativas en la barra de estado. Esto es lo que se muestra en la Figura 6.

Si se desea eliminar o añadir escalas anotativas, se selecciona la opción *Personalizado...* de la Figura 6. Aparece el cuadro de diálogo *Editar escalas de dibujo*, de la Figura 7, donde presionando el botón *Nuevo*, aparece el cuadro de *Añadir escala*, de la misma Figura. En este último cuadro de diálogo, si las unidades del modelo se consideran metros, como las unidades del papel son obligatoriamente milímetros, es necesario, en la sección *Unidades de papel*, poner siempre 1000, ya que 1000 milímetros son un metro. En la sección *Unidades de dibujo* se introduce directamente el denominador de la nueva escala. De esta forma, para la escala 1:100, se introduce 1000:100, es decir 1000 mm de papel son 100 m de terreno, que es la misma relación que la escala en su formato habitual 1:100.

Si se desea convertir un elemento ya dibujado a anotativo, se selecciona el elemento y, en la paleta *Propiedades*, que se muestra en la Figura 8, en la propiedad *Anotativo*, se establece el valor a *Sí*.

Al convertir un objeto a *anotativo*, se le asigna la escala anotativa actual. Esto es lo que se ha hecho en el ejemplo de la Figura 4. Donde se han realizado las siguientes acciones:

- Asignado la escala anotativa 1:500 a los objetos que se encuentran en las capas *Textos500* y *Acotaciones500*.
- Se ha asignado la escala anotativa 1:200 a los objetos que se encuentran en las capas *Textos200*, *Acotaciones200* y *Sombreados200*.
- Se han creado las capas *Textos*, *Sombreados* y *Acotaciones*, cambiando a estas capas todos los textos, el sombreado y las acotaciones, respectivamente.

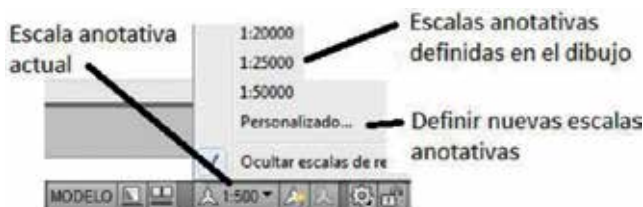


Figura 6. Escalas anotativas del dibujo

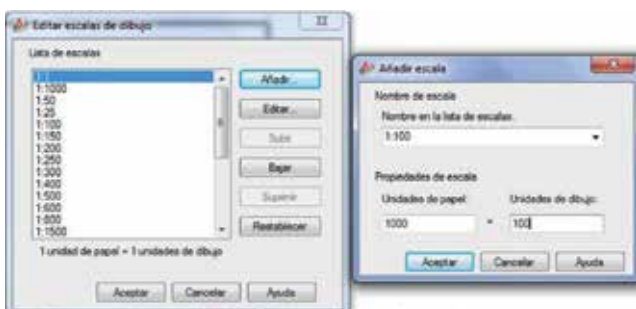


Figura 7. Definir nuevas escalas anotativas



Figura 8. Establecer la propiedad *Anotativo*



Figura 9. Configurar comportamiento de elementos anotativos

- Se han eliminado las capas Textos500, Acotaciones500, Textos200, Acotaciones200 y Sombreados200, que ya no son necesarias.

Con los cambios anteriores, en un primer momento, el resultado, en la *Presentación_A5*, es el mismo que

el que se muestra en la Figura 2. Pero, si en la barra de estado, que se muestra en la Figura 10, se desactiva la opción *Mostrar objetos anotativos en todas las escalas*, el resultado es el que se muestra en la Figura 4, con gran ahorro de trabajo en gestión de capas y cálculo de tamaños. Al desactivar la opción *Mostrar objetos anotativos en todas las escalas*, AutoCAD oculta los objetos anotativos en las ventanas gráficas, cuya escala anotativa no coincida con la escala anotativa de la ventana gráfica.

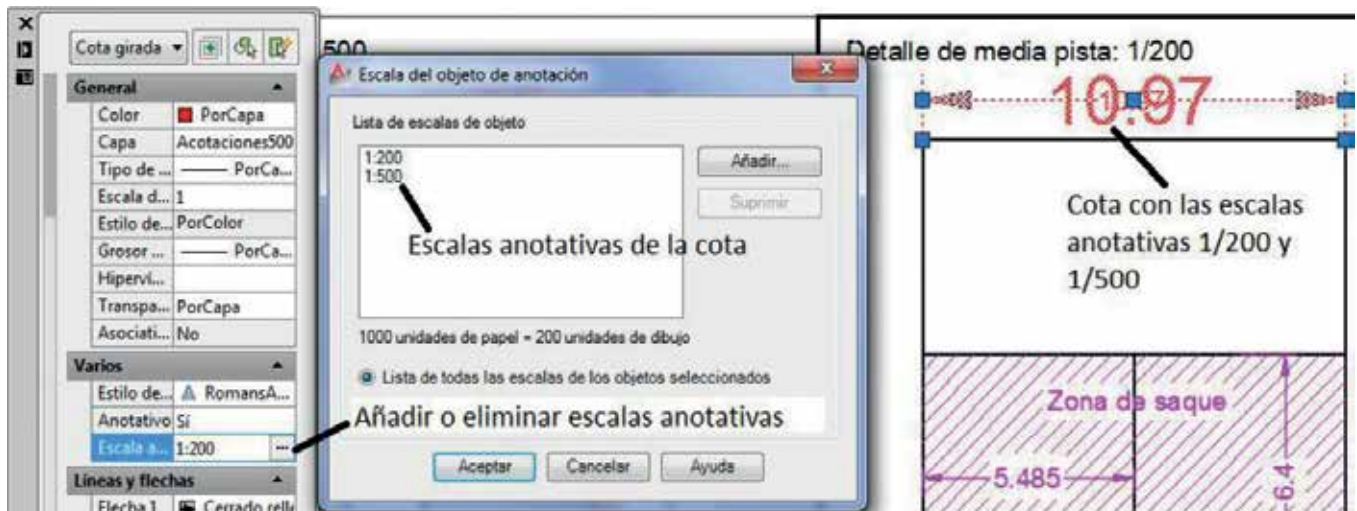


Figura 10. Varias escalas anotativas asignadas a la misma acotación

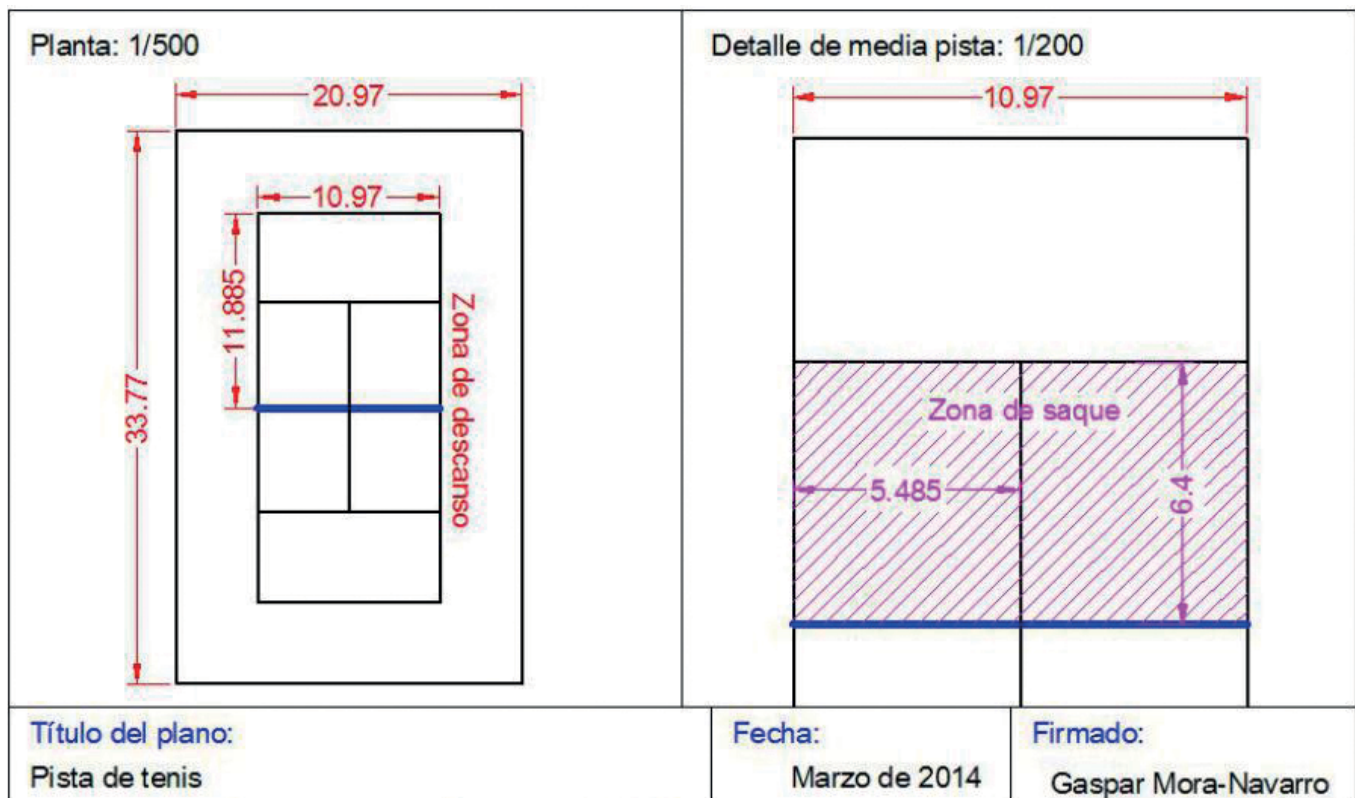


Figura 11. Resultado final, utilizando elementos anotativos

Para asignar una escala anotativa a una ventana gráfica, se selecciona la ventana gráfica y, en la paleta *Propiedades*, en la propiedad *Escala de Anotación*, es posible elegir la escala de la lista de escalas anotativas definidas en el dibujo. Lo lógico es que la escala de impresión de la ventana coincida con su escala anotativa, por lo que hay que asegurarse que la propiedad *Escala estándar* coincida con la escala anotativa. La propiedad *Escala estándar* de una ventana gráfica se puede modificar también desde la paleta *Propiedades*.

Un objeto anotativo puede tener varias escalas anotativas asignadas. Esto se consigue modificando la propiedad *Escala anotativa*, Figura 10. En la ilustración, se ha añadido a la acotación, cuyo valor es 10.97, dos escalas anotativas, la 1:200 y la 1:500.

Por lo tanto esta acotación se mostrará en las dos ventanas, la ventana con escala anotativa 1:500 y la ventana con escala anotativa 1:200. AutoCAD establece, en cada ventana, el tamaño adecuado en el modelo para que el tamaño de impresión sea el correcto. El resultado se muestra en la Figura 11.

Por último, si se activa, en la barra de estado, que se muestra en la Figura 9, el botón *Añadir escala automáticamente a objetos anotativos cuando cambia la escala de anotación*, cada vez que se seleccione una escala de anotación nueva, será asignada a todos los objetos anotativos. Esto significa que todos los objetos anotativos cambiarán de tamaño, para adaptarse a la nueva escala. Hay que tener en cuenta que si todos los objetos anotativos tienen asignadas todas las escalas anotativas, todos ellos se mostrarán en todas las ventanas gráficas, independientemente de la escala anotativa de cada ventana.

4. CONCLUSIONES

Los objetos anotativos no son imprescindibles. Con una adecuada organización en capas de los elementos y un cálculo adecuado de sus tamaños, es posible realizar los planos correctamente. Sin embargo, el uso de los objetos anotativos, ahorra tiempo y esfuerzo ya que:

- Evita el trabajo de tener que calcular el tamaño de los textos, bloques, acotaciones, tablas y la densidad de los sombreados.
- Evita tener que crear capas separadas, en función de la escala de impresión, ya que los objetos no adecuados en cada ventana son ocultados de forma automática.

REFERENCIAS

- López Fernández, J, Tajadura Zapirain, J. (2013). *AutoCAD 2013-2014 Avanzado*. McGraw-Hill/Interamericana de España. ISBN 9788448175344
- Montaño La Cruz, F. (2014). *AutoCAD 2015*. Editorial Anaya Multimedia. ISBN 9788441536081
- Mora-Navarro, G. (2011). *AutoCAD Aplicado a la Ingeniería Civil*. Editorial Universitat Politècnica de València. ISBN 9788483634226
- Reyes Rodríguez, A. (2014). *Manual imprescindible AutoCAD 2015*. Editorial Anaya Multimedia. ISBN 9788441536227

Sobre los autores

Gaspar Mora-Navarro

Ingeniero Técnico en Topografía y Doctor en Ingeniería en Geodesia y Cartografía. Profesor colaborador en la Universitat Politècnica de València desde hace más de 13 años, especialista docente e investigador en temas relacionados con información geográfica, bases de datos geoespaciales, sistemas de información geográfica, diseño asistido por ordenador y programación. Desde el año 2005 colabora con la profesora Carmen Femenia publicando conjuntamente artículos científicos, del mismo modo que colabora como coordinador y profesor de cursos de postgrado, fundamentalmente sobre temas relacionados con AutoCAD aplicado.

Carmen Femenia-Ribera

Ingeniero Técnico en Topografía y Doctora en Ingeniería en Geodesia y Cartografía. Profesora titular en la Universitat Politècnica de València desde hace más de 16 años, desde sus inicios ha dedicado sus labores de docencia e investigación a las temáticas de Catastro, Registro de la Propiedad, legislación territorial, deslindes, servidumbres, periciales topográficas, etc. Ha coescrito diversos libros de apuntes y con ISBN sobre Catastro y Registro desde el punto de vista de la información gráfica. Ha participado en congresos y escrito varios artículos en revistas tanto técnicas como jurídicas. Ha dirigido, coordinado y sido profesora desde el año 2006 de más de 40 cursos postgrado. Es miembro activo del Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica en temas de catastro y propiedad. Mantiene desde el año 2010 el blog «¿Cuánto mide mi parcela?» [<http://planosypropiedad.com>].

Desarrollo de un algoritmo para la obtención de un eje medio a partir de conjuntos multitrizas GNSS 3D

REVISTA **MAPPING**
Vol. 24, 172, 34-40
julio-agosto 2015
ISSN: 1131-9100

Development of an algorithm for obtaining a mean axis from GNSS 3D multitracks

Paula Gil de la Vega, Francisco Javier Ariza-López, Antonio T. Mozas-Calvache

Resumen

El uso de los sistemas de navegación se ha difundido mucho y por ello se puede disponer de voluminosos conjuntos de trazas GNSS procedentes de aportaciones de voluntarios (*Volunteered geographic information, VGI*). La explotación de estos conjuntos de datos permite extraer importante información para la actualización y/o creación de cartografía. Para aprovechar esta información lo primero que hay que conseguir es definir un eje promedio de esas trazas que permita disponer de una información espacial precisa, o relativamente precisa, a partir de las múltiples trazas, las cuáles no son suficientemente precisas como para considerarlas un producto cartográfico de calidad. En este trabajo se presenta un proceso semiautomático que permite trabajar con este tipo de información, el algoritmo «Núcleos espaciados». Este algoritmo permite la obtención de un eje medio a partir de un conjunto de multitrizas GNSS 3D tomadas sobre un tramo de carretera. La eficacia del algoritmo ha sido evaluada con un control de calidad posicional del eje obtenido mediante el método de control posicional por elementos lineales de las distancias medias.

Abstract

The use of navigation systems has spread widely, so we can dispose of large data sets of GNSS traces from contributions of volunteers. The exploitation of these data sets allows us to extract important information for updating and / or creating cartography. To exploit this information first thing to achieve is to define an average axis of these traces from the multiple traces, which are not precise enough to be considered a cartographic quality product. In this paper a semi-automatic process that can work with this type of information is presented, the "Núcleos espaciados" algorithm. This algorithm allows obtaining a middle axis from a set of 3D GNSS multitracks taken along a stretch of road. The effectiveness of the algorithm has been evaluated with a positional quality control obtained by the simple buffer method.

Palabras claves: VGI, exactitud posicional, multitrizas GNSS, cluster, eje, elementos lineales.

Keyword: VGI, positional accuracy, GNSS multitracks, cluster, axis, line feature.

Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica
y Fotogrametría, Universidad de Jaén
pgil@ujaen.es
fjariza@ujaen.es
antmozas@ujaen.es

Recepción 30/09/2014
Aprobación 31/01/2015

1. INTRODUCCIÓN

El uso de los sistemas de navegación se ha difundido mucho y por ello se puede disponer de voluminosos conjuntos de trazas GNSS procedentes de aportaciones de voluntarios (*Volunteered geographic information, VGI*). Esta es una importante fuente que, usada correctamente, puede reducir, e incluso eliminar, los costes asociados a la captura de datos en la producción cartográfica. Pero para ello habrá que establecer procesos automatizados destinados al aprovechamiento de la VGI para los fines que se pretenden.

La VGI puede ser una fuente valiosa para la creación y/o actualización de cartografía, dentro de la cual las vías de comunicación son una componente clave. El uso cada vez más frecuente de navegadores GNSS por parte de conductores para sus desplazamientos, hace que existan un gran número de trazas disponibles. Por lo tanto, para un mismo tramo de una vía de comunicación, se pueden disponer de cientos de trazas GNSS 3D. Sin embargo, para su incorporación dentro de una Base de Datos Geográfico (BDG), es necesario tener un dato único que represente dicho tramo. En esta situación, se plantea la necesidad de desarrollar algún mecanismo que permita reducir un conjunto multitrizas a una única traza que represente a todas las demás. El algoritmo de «Núcleos espaciados» (ANE) propone una solución a este problema.

La determinación del eje medio de un conjunto de n trazas es un proceso de minería de datos. Este tema se ha tratado mayoritariamente en 2D pero todas las soluciones ya desarrolladas son extensibles a 3D. Ariza et al. (2014) recoge diferentes propuestas planteadas por diferentes autores basadas en: rasterización (Davies, Beresford, & Hopper, 2006) (Chen & Cheng, 2008), inferencia geométrica (Agamennoni, Nieto, & Nebot, 2010), agrupamiento o *cluster* (Edelkamp & Schrödl, 2003) (Schroedl, Wagstaff, Rogers, Langley, & Wilson, 2004), condensación (Mozas-Calvache & Ariza-López), modelos físicos (Cao & Krumm, 2009) o basados en la teoría de la información.

El ANE se basa en la clasificación de los vértices de las trazas en *cluster* o grupos. Los datos se organizan en grupos o *clusters*, de tal forma que los elementos del mismo grupo son similares entre sí y diferentes de los otros (Cangrejo & Agudelo, 2011). El conjunto de datos se divide en un número de grupos que no se superponen (un dato se asigna al grupo más cercano basado en la proximidad). El ANE difiere de los propuestos por Edelkamp y Schrödl (2003) y Schroedl et al. (2004) en que la naturaleza de los datos que emplea es 3D, en que no usa una cartografía previa para la obtención de las semillas (lo cual no sería posible puesto que no siempre existe una cartografía que disponga de datos en 3D) y en que la disposición de las semillas iniciales no está equiespaciada, sino que procede del propio conjunto

de datos. Al no necesitar de una cartografía previa, permite no sólo la actualización de cartografía existente, sino que además sirve para la creación de nuevas BDG.

El ANE es un proceso semiautomático que permite el cálculo de un eje 3D a partir de un haz de trazas GNSS 3D de navegación capturadas sobre una misma calzada. El algoritmo se basa en la agrupación en grupos de los vértices que forman las trazas. Cada grupo tiene asignado un centroide, de manera que cada vértice está más próximo al centroide del grupo al que pertenece que a ningún otro centroide de los grupos restantes. Como centroides de partida se toman los vértices correspondientes a una de las trazas que forman el conjunto. La elección de dicha traza se lleva a cabo de forma manual previa visualización 3D de las mismas teniendo en cuenta dos aspectos; en primer lugar, que la traza seleccionada defina correctamente la geometría del tramo de carretera (prestando especial atención a la definición de las curvas), y en segundo lugar, que sea una traza central, es decir, no esté alejada de donde se concentran la mayoría de las trazas (aunque el análisis *cluster* es una técnica estadística consolidada que se basa en un proceso iterativo de aproximación y, en general, para un conjunto de datos dado, la «calidad» de las semillas afecta más a la convergencia (tiempo) que al resultado).

El algoritmo presentado en este trabajo ha sido aplicado a un caso real, concretamente a dos tramos de carretera. Así pues, se han determinado los ejes medios de dos conjuntos de trazas GNSS 3D tomadas con un navegador convencional (Columbus V990) y se han comparado con los ejes obtenidos de un levantamiento preciso con un equipo topográfico y geodésico (Leica 1200) para determinar la precisión posicional del eje obtenido por el algoritmo.

El artículo se estructura en las secciones siguientes. En primer lugar se realiza una definición de multitrizas GNSS 3D. En la sección 3 se explica la metodología que emplea el ANE. La sección siguiente presenta el conjunto de datos sobre los que se aplica el ANE. La aplicación sobre un conjunto de datos real se muestra en la sección 4. Los resultados de la aplicación se recogen en la sección 5. Por último, en la sección 6, se presentan las conclusiones extraídas del trabajo.

2. MULTITRAZAS GNSS 3D

Los elementos multitrizas GNSS 3D (Figura 1) son un conjunto (T) de trazas (t_i) formadas por vértices (V_j) tridimensionales. Las trazas pueden haber sido capturadas utilizando diferentes medios de transporte (coche, bicicleta, tren, etc.) sobre diversos elementos lineales (carreteras, caminos, vías de tren, carriles bici, etc.). Este artículo se centra en trazas capturadas con coche que se desplazan sobre una

carretera.

$$T \{t_1, \dots, t_n\}$$

$$t_i \{V_1, \dots, V_m\}$$

$$V_j \{X_j, Y_j, Z_j\}$$

Todas las trazas que forman el conjunto T han sido capturadas con equipos GNSS sobre el mismo elemento lineal, de modo que tienen un principio y un fin próximo. Estas trazas, en general, contienen la identidad del elemento, su posición y el tiempo, aunque la información sobre velocidad, aceleración y dirección del movimiento puede extraerse fácilmente de la información anterior. El algoritmo aquí desarrollado sólo tiene en cuenta la posición de las trazas.

La precisión alcanzada en la captura de las multitrizas depende del tipo de receptor GNSS que se utilice y de la zona de estudio. Mientras que los receptores conocidos como geodésicos alcanzan precisiones del orden del centímetro en la determinación de la posición, los receptores de navegación tienen una precisión de 5 a 30 metros. Éstos últimos son los que estarán disponibles, en la mayoría de los casos, en las Bases de Datos Geográficas (BDG) constituidas por VGI.

Considerando que las multitrizas han sido obtenidas a partir de VGI, éstas pueden verse afectadas por diversas circunstancias, entre las que podemos considerar (Ariza-López, Mozas-Calvache, & Gil de la Vega, 2014):

- **Equipo de captura:** existe una gran diversidad de equipos de captura (Garmin, Tom Tom, Columbus, Magellan) con distinta precisión posicional.
- **Ubicación del receptor:** el receptor puede ir colocado en diferentes posiciones. Si se considera la posición en un vehículo, el receptor suele ir colocado en diferentes puntos del salpicadero, e incluso incrustado en el mismo como equipamiento del vehículo. Además, la altura a la que se coloca el receptor con respecto a la carretera, no es conocida, de manera que existe una gran variabilidad en la coordenada Z en función del tipo de vehículo que se utilice.
- **Configuración del equipo:** aunque la mayoría de los

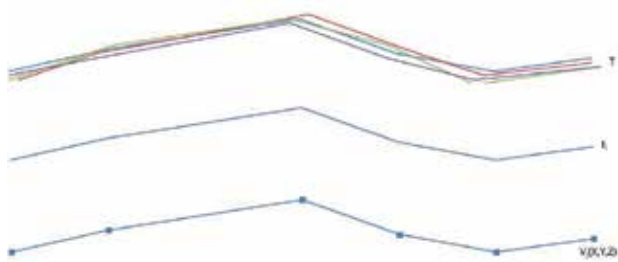


Figura 1. Multitrizas GNSS 3D

receptores de navegación funcionan un poco como «caja negra», algunos de ellos presentan algunas opciones configurables. Una de estas opciones es la frecuencia de captura, que puede ser en función del tiempo (p.e. cada segundo) o en función de la distancia recorrida (p.e. cada metro). Si la frecuencia elegida es baja, la carretera estará representada por un menor número de puntos, y esto puede presentar problemas en zonas de curvas.

- **Elementos externos:** la zona donde se encuentra la carretera capturada tiene un gran efecto sobre la señal. La presencia de taludes, zonas arboladas o edificios, puede producir el «efecto multicamino», es decir, que la señal llega a la antena por múltiples caminos debido a la reflexión de la señal en dichos elementos. También afectará el tipo de conducción, la velocidad, la hora, características de la vía, etc.

3. METODOLOGÍA

El ANE está diseñado para el cálculo del eje promediado obtenido a partir de un conjunto multitrizas GNSS 3D de navegación capturadas sobre un mismo elemento lineal (calzada). Las hipótesis de partida para la aplicación del algoritmo son:

- Todas las trazas que forman el conjunto T corresponden al mismo elemento lineal y tienen principio y un fin próximo.
- Las operaciones que se llevan a cabo sólo atienden a aspectos geométricos de los datos (no se tienen en cuenta la velocidad, la orientación, la calidad de las observaciones, etc.).

La metodología del ANE se recoge de forma esquematizada en la Figura 2. Los datos de entrada son los vértices de las multitrizas GNSS 3D. En primer lugar habrá que determinar una «traza semilla», a partir de la cual se establecen el número de grupos y los centroides de cada uno de ellos. Cada vértice de la «traza semilla» es un centroide y el número de vértices, por lo tanto, es el número de grupos o clusters. La selección de esta traza podría ser automática, o basarse en algún tipo de criterio (longitud de la traza cercana a la longitud promedio del conjunto T, mayor densidad de vértices, etc.). En nuestro caso, se han visualizado y la traza de inicio se ha seleccionado bajo el criterio de centralidad, por ello, en este caso el algoritmo se considera semiautomático.

Una vez se tienen los centroides de la iteración inicial, los vértices del conjunto multitrizas se agrupan, de manera que cada vértice forma parte del cluster

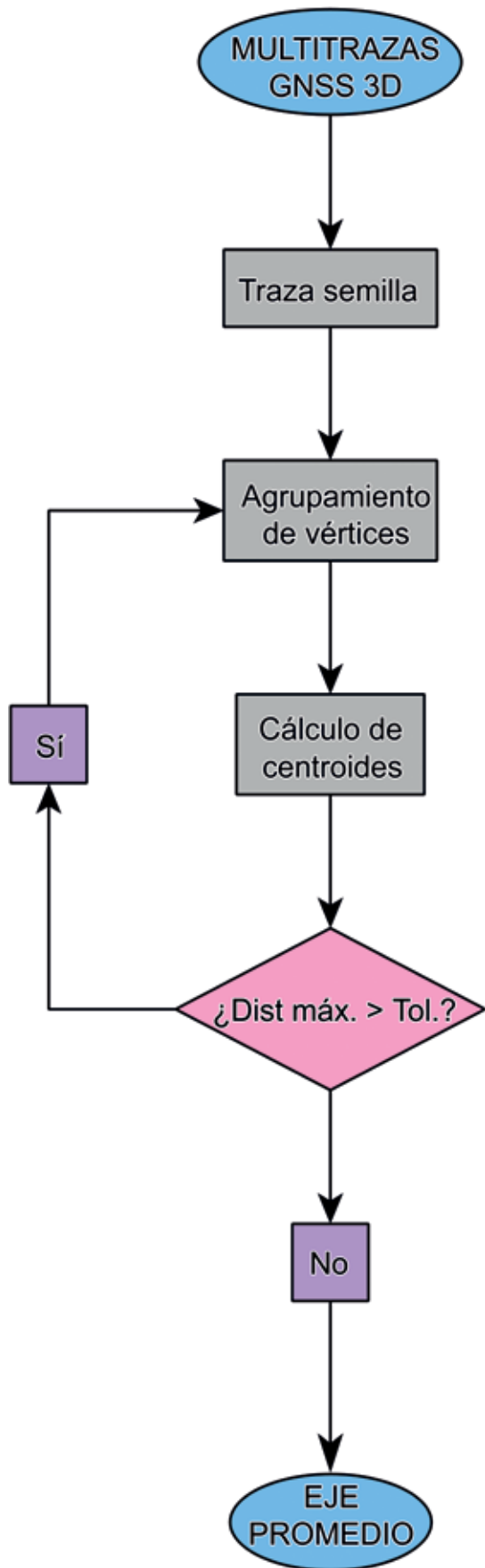


Figura 2. Metodología del ANE



Figura 3. Tramos de carretera utilizados en el ensayo metodológico

cuyo centroide es más próximo. En la asignación de los vértices a cada centroide, se tiene la siguiente consideración. Para evitar la influencia de los valores atípicos, se establece una distancia máxima entre los vértices y los centroides de los grupos. Si la distancia entre un vértice y un centroide es mayor que esa distancia máxima, el vértice no se clasifica dentro de ningún grupo.

El ANE es iterativo. Una vez se ha realizado la primera agrupación, se recalculan los centroides utilizando un valor medio de los vértices que forman cada *cluster*. El proceso de agrupación y cálculo de nuevos centroides se repite hasta que la distancia máxima entre los centroides de una iteración y los centroides de la iteración anterior es inferior a una tolerancia predeterminada (p.e. 20 cm). Una vez finalizadas las iteraciones, los centroides de cada *cluster* serán los vértices que forme el eje medio de la solución promediada.

4. APLICACIÓN

Este algoritmo ha sido probado mediante un ensayo sobre dos tramos de la carretera JV-2227 entre Cárcel y Carchelejo en la provincia de Jaén (Figura 3). Uno de los tramos define una recta de 124 m, mientras que el otro es una curva de 210 m de longitud. Estos dos tramos han sido capturados con un levantamiento cinemático con el navegador Columbus V990 (Tabla 1) instalado sobre un vehículo múltiples veces para obtener un conjunto multitrazas GNSS 3D.

Para evaluar la calidad del resultado del ANE, en este caso desde una perspectiva posicional 3D los dos tramos se capturaron con un método y con un equipo de mayor precisión. Se realizó un levantamiento RTK

EQUIPO	FRECUENCIA (Hz)	CORRECCIONES	POSTPROCESO	APLICACIÓN	PRECISIÓN*
Columbus V990	1	Ninguna	No	Levantamiento cinemático	3.0 m CEP 30-50% 5.0 m CEP 95%
Leica	20	Correcciones diferenciales	Sí	Levantamiento RTK	1cm (horizontal) 2cm (vertical)

*Precisión nominal de los equipos extraída de las especificaciones técnicas del fabricante.

Tabla 1. Características de los equipos GNSS

con el equipo topográfico y geodésico Leica 1200 (Tabla 1) recibiendo correcciones diferenciales a través de una conexión GPRS desde la estación de referencia UJAE de la Red Andaluza de Posicionamiento. Los datos obtenidos fueron procesados posteriormente con el software Leica Geo Office. El eje que se obtiene con este levantamiento preciso se toma como eje de control del eje medio obtenido con el ANE a partir del conjunto multitrizas y se aplica un método de control posicional por líneas (Mozas A. , 2007).

El método de control posicional utilizado es el de las distancias medias. Este método fue desarrollado por McMaster (1986) para analizar la calidad del proceso de generalización de líneas y, posteriormente, Mozas y Ariza (2010) lo emplearon para la evaluación posicional. La métrica consiste en la determinación

de todas las distancias entre los vértices de la línea a controlar y la línea de control y la determinación de un valor promedio de desplazamiento.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio son presentados en esta sección. El eje medio obtenido al aplicar el ANE sobre el conjunto multitrizas GNSS 3D se muestra en la Figura 4. Puede observarse que la geometría en sí de los ejes es correcta respecto al eje obtenido con el levantamiento preciso. Los ejes determinados con ANE se aproximan a la forma que la carretera toma en cada tramo.

En la Tabla 2 se recogen los resultados del control



Figura 4. Ejes obtenidos con el ANE. Imagen A

	Distancias medias
Tramo curvo	6.012 m
Tramo recto	1.307 m

Tabla 2. Resultados del control posicional de los ejes obtenidos con el ANE

posicional de los ejes obtenidos con el ANE. Se observa que la exactitud del eje en la curva es mucho peor que en la recta, dado que se trata de una geometría más compleja y, por lo tanto, es más difícil de modelar. Además, la zona de la curva presentaba un talud en uno de esos márgenes, lo que afecta al horizonte de satélites, haciendo que las coordenadas que se obtienen sean menos precisas al verse afectadas del efecto multicamino. Tales diferencias pueden apreciarse también en la Figura 4, donde se observa que el eje discurre por el centro de la carretera en recta, mientras que en la curva el eje está desplazado hacia el exterior.

Hay que indicar que con los navegadores convencionales como el que se ha utilizado para realizar el ensayo, las trazas presentan un gran número de valores atípicos, puesto que este tipo de equipo siempre están midiendo, independientemente de la precisión que pueda alcanzarse en cada momento. Aunque el algoritmo toma una medida para evitar que los valores atípicos afecten a los cálculos con la introducción

de una distancia máxima para la clasificación de los vértices en cada centroide, los valores próximos a dicha distancia máxima siguen introduciendo ruido en la determinación de los vértices que forman el eje.

6. CONCLUSIONES

Los algoritmos como el ANE permiten utilizar la abundante VGI para la actualización y/o creación de cartografía de vías de comunicación, tanto 2D como 3D, con un bajo coste. Estos algoritmos son de gran importancia cuando se trabaja con VGI donde, por lo general, se va a disponer de numerosas trazas correspondientes a un mismo tramo de carretera.

La aplicación del ANE sobre un tramo de carretera real, determinando su exactitud posicional respecto a un eje obtenido con un levantamiento de mayor precisión ha permitido comprobar la operatividad y viabilidad del ANE para la obtención de ejes medios a partir de conjuntos multitrizas GNSS, una información cada vez más abundante gracias a la VGI. S

A la vista de los resultados, cabría establecer tres mejoras para el algoritmo. Por un lado, sería interesante la detección y eliminación de valores atípicos previa a la aplicación del algoritmo, eliminando la posible influencia que estos pudieran tener en el resultado, ya que como ya se ha comentado, en los navegadores



Figura 4. Ejes obtenidos con el ANE. Imagen B

convencionales suelen ser habituales la presencia de este tipo de datos. Por otro lado, se debería plantear algún tipo de suavizado del eje obtenido para evitar las oscilaciones que, sobre todo en altimetría, se producen en las zona de curvas. Por último, como forma de dar continuidad al trabajo se están desarrollando criterios para la selección automática, en lugar de la selección manual de la traza semilla, en un entorno de trazas más diverso, donde puedan existir trazas conflictivas (p.e. con presencia de puntos y/o secciones atípicas, trazas con discontinuidades, etc.).

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha realizado dentro del proyecto de investigación «Evaluación 3D de elementos lineales de información geográfica (E3DLING)» del Ministerio de Economía y competitividad (BIA2011-23271). Igualmente, se agradece a la Junta de Andalucía la financiación económica del Grupo de Investigación Ingeniería Cartográfica (PAIDI-TEP-164) desde 1997 hasta la fecha.

REFERENCIAS

- Agamennoni, G., Nieto, J. I., & Nebot, E. M. (2010). *Technical Report: Inference of Principal Road Paths Using GPS Data*.
- Ariza-López, F. J., Mozas-Calvache, A. T., & Gil de la Vega, P. (2014). *Tratamiento de multitrizas GNSS 3D para la obtención de ejes medios*. XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica. Alicante.
- Biagioni, J., & Eriksson, J. (2012). *Inferring Road Maps from Global Positioning System Traces. Survey and comparative Evaluation*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board (2291), 61-71.
- Cangrejo, D., & Agudelo, J. G. (2011). *Minería de datos espaciales*. Avances en Sistemas e Informática, 8 (3), 71-77.
- Cao, L., & Krumm, J. (2009). *From GPS Traces to a Routable Road Map*. 17th ACM SIGSPATIAL GIS'11, (págs. 3-12). Chicago.
- Chen, C., & Cheng, Y. (2008). *Roads Digital Map Generation with Multi-track GPS Data*. Education Technology and Training, 2008. and 2008 International Workshop on Geoscience and Remote Sensing (págs. 508-511). Shanghai: IEEE.
- Davies, J. J., Beresford, A. R., & Hopper, A. (2006). *Scala-*

be, distributed, real-time map generation. Intelligent Transportation Systems, 47-54.

- Edelkamp, S., & Schrödl, S. (2003). *Route Planning and Map Inference with Global Positioning Traces*. En R. Klein, H. W. Six, & L. Wegner, Computer Science in Perspective (Vol. 2598, págs. 128-151). Berlin: Springer.
- McMaster, R. B. (1986). *A statistical analysis of mathematical measures for linear simplification*. The American Cartographer, 13 (2), 103-116.
- Mozas, A. (2007). *Control de la calidad posicional en cartografía por elementos lineales*. Jaén: Universidad de Jaén.
- Mozas, A., & Ariza, F. J. (2010). *Methodology for positional quality control in cartography using linear features*. The Cartographic Journal, 47 (4), 371-378.
- Mozas-Calvache, A. T., & Ariza-López, F. J. (en revisión). *Iterative method for obtaining a mean 3D axis from a set of GNSS traces for use in positional controls*.
- Schroedl, S., Wagstaff, S., Rogers, P., Langley, P., & Wilson, C. (2004). *Mining GPS Traces for Map Refinement*. Data Mining and Knowledge Discovery, 9 (1), 59-87.

Sobre los autores

Paula Gil de la Vega

Ingeniera Técnica en Topografía e Ingeniera en Geodesia y Cartografía por la Universidad de Jaén. Premio Extraordinario de Grado al mejor expediente en Ingeniería en Geodesia y Cartografía de la Universidad de Jaén. Experta Universitaria en Evaluación y Gestión de la Calidad de la Información Geográfica. Becaria FPI en el proyecto E3DLING del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Jaén.

Francisco Javier Ariza López

Dr. Ing. Agrónomo, Catedrático de Universidad. Desarrolla su investigación en el campo de producción cartográfica y en el de los Sistemas de Información Geográfica.

Antonio Tomás Mozas Calvache

Dr. en Cartografía, Ingeniería Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Jaén desde 2007. Su principal área de investigación es el control de calidad posicional en cartografía.



Universidad Politécnica de Valencia
Universidad Politécnica de Madrid



PROGRAMA DE DOCTORADO

Interuniversitario
en

INGENIERIA GEOMÁTICA



Modelización y Geo-computación
Geodesia y Geofísica
Observación del Territorio, Cartografía
y Aplicaciones Medioambientales

Resumen

Las aeronaves no tripuladas («drones») han atraído recientemente la atención y la actividad de la industria, con importantes desarrollos operacionales e innovaciones tecnológicas. Al mismo tiempo han interesado también a consumidores, legisladores y reguladores del espacio aéreo por sus múltiples usos y posibles riesgos e incidencias en la actividad aérea normal.

En un contexto de avance tecnológico, la utilización militar y sobre todo civil de drones es una realidad que requiere conocer la regulación en vigor para su utilización legal. Además del posible uso restrictivo, contrario incluso al progreso industrial, cabe plantear su utilización desde una perspectiva constructiva, consciente de sus importantes beneficios y ventajas a la par que sensible a los riesgos inherentes a un sistema que ha de respetar los derechos fundamentales de las personas y las libertades civiles. Por ello, desde nuestra experiencia profesional en materia de Derecho Geoespacial y Tecnológico, consideramos esencial una aproximación positiva e innovadora a la utilización legal de los drones.

Abstract

Unmanned aircraft («drones») have recently attracted attention and activity of the industry, with important operational developments and technological innovations. At the same time it interested consumers, legislators and regulators of airspace by its many uses and possible risks and incidents in normal air activity.

In a context of technological progress, especially military and civil use of drones is a reality that requires knowing the rules in force for its legal use. Besides the possible restrictive use, otherwise even the industrial progress, its use can be raised from a constructive perspective, aware of its important benefits and advantages at the same time sensitive to the risks inherent in a system that has to respect the fundamental rights of individuals and civil liberties. Therefore, from our professional experience in Geospatial and Technology Law, we considered essential a positive and innovative approach in the legal use of drones.

Palabras clave: Derecho Geoespacial, drones (RPAS, UAV), interoperabilidad jurídica, Unión Europea, Seguridad Aérea.

Keywords: Geospatial Law, drones (RPAS, UAV), legal interoperability, EU, Aviation Safety.

1. DE LAS AERONAVES TRIPULADAS A LOS «DRONES»

Las aeronaves no tripuladas o «drones» han acaparado recientemente la atención y la actividad de la industria, con importantes desarrollos operacionales e innovaciones tecnológicas. En poco tiempo han atraído también el interés de consumidores y, más especialmente, de legisladores y reguladores del espacio aéreo por sus múltiples usos y posibles riesgos e incidencias en la actividad normal que hasta ahora sólo ocupaba a las aeronaves.

Los términos RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*) y UAV (*Unmanned Aircraft Vehicle*) se ajustan a la normativa internacional de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). La OACI no utiliza el término «dron», pero esta denominación ya se ha establecido en el lenguaje popular.

La rápida evolución de los RPAS no ha dejado indiferente al legislador nacional ni europeo ante una pujante industria tecnológica y aeronáutica. Según datos oficiales, la inversión mundial en el sector de los RPAS alcanzará los 114.000 millones de dólares hasta 2023, con EEUU a la cabeza⁽¹⁾.

En este contexto de progresivo e imparable avance tecnológico, la utilización militar y sobre todo civil de los drones es ya una realidad presente⁽²⁾. Podría plantearse un uso tan restrictivo que incluso fuera contrario al progreso industrial o poco consecuente con la estrategia seguida por una industria altamente innovadora. Por ello, también se podría abordar su utilización desde una *perspectiva constructiva*, consciente de sus importantes beneficios y ventajas a la par que sensible a los riesgos inherentes a un sistema que ha de respetar los derechos fundamentales de las personas y las libertades civiles.

Por ello, desde nuestra experiencia profesional en materia de Derecho Geoespacial y Tecnológico, consideramos esencial una aproximación positiva e innovadora a la utilización legal de los drones, para lograr su empleo multi-propósito y optimizar jurídicamente la obtención oficial, fiable, interoperable y actualizada de información y datos espaciales, conforme al Derecho aplicable en cada caso y, por las citadas propiedades, aplicable en procedimientos administrativos y en procesos judiciales.

2. LA NORMATIVA SOBRE DRONES

El punto de partida hasta tiempos muy recientes ha sido la falta de regulación específica y sectorial en el ámbito de los sistemas aéreos pilotados remotamente, conocidos como RPAS o UAV por sus siglas en inglés.

Con el fin de lograr una efectiva integración de los RPAS en el espacio aéreo europeo, el Comité Económico y Social Europeo ha aprobado un Dictamen titulado «*Una nueva era de la aviación. Abrir el mercado de la aviación al uso civil de sistemas de aeronaves pilotadas de forma remota de manera segura y sostenible*»⁽³⁾, con el fin de ofrecer respuestas a la fabricación, la industria y los servicios europeos de los RPAS, de modo que se supriman las barreras a la introducción de los drones para uso civil en el Mercado Único de la Unión Europea.

Destacan las palabras empleadas por el propio Comité Económico y Social Europeo en el Dictamen citado: «*Europa goza de una posición muy favorable que le permite aprovechar las ventajas de la industria en expansión de los sistemas de aeronaves pilotadas de forma remota (RPAS), lo que fomenta el empleo y afianza el papel de Europa como centro de conocimientos en materia de tecnología y desarrollo. La financiación europea que ya existe para las pymes podría estimular aún más el desarrollo de la industria de los RPAS*».

La incorporación de los drones al mercado, y particularmente en el ámbito de su uso civil, requiere un marco regulatorio adecuado y la adopción, allí donde resulte necesario, de políticas nacionales y de estándares comunes europeos, que podrían ser desarrollados por la *European Aviation Safety Agency* (EASA). Esta imperiosa necesidad surge precisamente de la falta de una regulación adecuada en la mayoría de los Estados Miembros de la Unión Europea, de manera que es ineludible la armonización y la modernización de las regulaciones de aviación de los Estados Miembros en materia de drones.

Las autoridades europeas y nacionales no dudan de los beneficios económicos y sociales que comporta el uso civil de drones, así como de su potencial para el crecimiento y la generación de empleo. Es igualmente importante destacar las amenazas y riesgos que tal utilización, por el desarrollo a gran escala de la tecnología de los drones, comporta para la privacidad y la protección de datos personales, auténtico derecho fundamental reconocido en el artículo 8 de la Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea⁽⁴⁾.

En este sentido, es relevante subrayar, como ya ha hecho el Comité Económico y Social Europeo en su Dictamen sobre *Una nueva era de la aviación*, los aspectos de la privacidad y de la colaboración institucional en este sector innovador. Ciertamente no es casual que se destaque la privacidad entre las dimensiones a tener en cuenta en la nueva regulación con estos términos: «*El uso comercial de RPAS más pequeños (menos de 150 kilos), que permiten almacenar mucha información e imágenes, debe ir acompañado desde el principio por claras garantías para la protección de la vida privada. Entre otras cosas, se podría proponer bloquear las imágenes o conectar y desconectar las cámaras, así como*

Según el Derecho, de no haber normativa particular, siempre se puede recurrir a alguna normativa general. Y de no haberla, siempre se puede aplicar el principio de analogía. Y si tampoco se puede, entonces ya recurrir a los principios generales del Derecho.

proteger la información visual o de otro tipo. Existe una clara necesidad de normas nuevas o más estrictas que sean de aplicación para el uso tanto comercial como privado y que, por ejemplo, permitan identificar los RPAS pequeños, ofrezcan protección contra la piratería informática y eviten que terceros se hagan con el control».

Con igual detalle y concreción, se anticipa la oportunidad de incluir estas cuestiones entre las propuestas de adaptación de la regulación vigente de la UE en materia de protección de datos personales, reforma normativa que se encuentra en la actualidad en una fase avanzada de negociación⁽⁵⁾. En esas propuestas se clarifican, entre otras cosas, las responsabilidades y obligaciones de los fabricantes y usuarios de los RPAS. Está justificado esperar un enfoque proactivo por parte de la Comisión, sobre todo a la luz de si tales normas deberían elaborarse y aplicarse a escala europea o nacional, pues la propuesta de Reglamento general de protección de datos tendrá aplicación europea y claramente transnacional.

Esta reforma normativa de hondo calado europeo e internacional se desarrolla en un contexto en el cual «*los datos son la moneda de la economía digital de hoy*». Recopilados, analizados y transferidos a lo largo y ancho del mundo, los datos personales han adquirido una enorme importancia económica.

Según algunas estimaciones⁽⁶⁾, «*el valor de los datos personales de los ciudadanos europeos tiene el potencial de crecer hasta cerca de un trillón de euros anuales en 2020. El fortalecimiento de un alto nivel de protección de datos de Europa es una oportunidad de negocio*».

Por ello, en este marco compartimos que es crucial la denominada cooperación civil y militar, puesto que «*La utilización civil y militar del espacio aéreo por parte de vehículos tripulados y no tripulados y las normas de seguridad correspondientes representarán una carga mayor para los servicios de tráfico aéreo. Por consiguiente, se apoya la intención de la Comisión de adoptar iniciativas al respecto, así como la cooperación entre los ámbitos civil y militar, de modo que se*

puedan ensayar aplicaciones e innovaciones comerciales y se haga uso de las sinergias cuando sea posible. Asimismo, es indudable que también deberán tenerse en cuenta las prioridades regulatorias y la relación entre la legislación internacional y la europea»⁽⁷⁾.

El escenario actual sobre el uso de RPAS plantea numerosas cuestiones técnicas y tecnológicas en las que desafortunadamente ahora no podemos ahondar, sin perjuicio de poner de relieve las diferencias existentes en los diversos Estados de la Unión Europea y nuestro entorno comercial o tecnológico más próximo, concretamente Estados Unidos y los países de su entorno y cultura legislativa.

Nos centraremos en el análisis de algunas cuestiones jurídicas de interés para los agentes técnicos y los operadores jurídicos, desde una interesante perspectiva como la que representa la privacidad y la protección de datos, la cual permite vertebrar y contextualizar diversos aspectos de una materia compleja que ofrece aproximaciones poliédricas.

No todo es ni debe ser privacidad, pero quizá es un buen principio, una acertada aproximación. En especial si se comparte el presupuesto de que resultará mejor estar a los principios generales más que a legislaciones profusas y confusas, siempre particulares en cada lugar.

2.1. REGULACIÓN EN EUROPA

La regulación europea actual la conforma la Directiva 95/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de octubre de 1995, relativa a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos⁽⁸⁾, actualmente en proceso de revisión.

Asimismo, en materia de drones ha de tenerse en cuenta la Directiva 2002/58/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de julio de 2002, relativa al tratamiento de los datos personales y a la protección de la intimidad en el sector de las comunicaciones electrónicas (Directiva sobre la privacidad y las comunicaciones electrónicas)⁽⁹⁾.

En un futuro próximo se espera la aprobación de la Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos (Reglamento general de protección de datos)⁽¹⁰⁾, cuyas normas serán de directa aplicación a la información personal procesada por los drones en todo el espacio de la Unión Europea.

Como señalan su exposición de motivos y el considerando 5, y los drones no son ajenos a esta realidad sino que la ahondan, «*La rápida evolución tecnológica y la globalización han supuesto nuevos retos para la protección de los datos personales. Se ha incrementado de manera espectacular la magnitud del intercambio y la recogida de datos. La tecnología permite que tanto las empresas privadas como las au-*

toridades públicas utilicen datos personales en una escala sin precedentes a la hora de desarrollar sus actividades. Los individuos difunden un volumen cada vez mayor de información personal a escala mundial. La tecnología ha transformado tanto la economía como la vida social, y requiere que se facilite aún más la libre circulación de datos dentro de la Unión y la transferencia a terceros países y organizaciones internacionales, garantizando al mismo tiempo un elevado nivel de protección de los datos personales».

La integración progresiva de aeronaves no tripuladas en el espacio aéreo civil europeo y la aparición de numerosas aplicaciones de RPAS (que van desde el ocio, los servicios, la fotografía, la logística, la vigilancia de las infraestructuras, etc.) existe una verdadera necesidad de centrar jurídicamente los desafíos que un despliegue a gran escala de aeronaves no tripuladas y tecnología de sensores podría provocar para la intimidad y las libertades civiles y políticas, así como para evaluar las medidas necesarias para garantizar el respeto de los derechos fundamentales y la protección de datos con un enfoque —insistimos— constructivo, abierto a la innovación y favorable a la aplicación en entornos jurídicos.

Actualmente, puede ser de mucha utilidad conocer los criterios contenidos en la *Opinion 01/2015 on Privacy and Data Protection Issues relating to the Utilisation of Drones*⁽¹¹⁾, dado que ofrecen recomendaciones prácticas de directa incidencia en el uso legal de drones. Centraremos nuestro estudio en su análisis y añadiremos algunos aspectos o consideraciones fruto de nuestra experiencia jurídica y profesional en asuntos geoespaciales y tecnológicos.

2.2. REGULACIÓN EN ESPAÑA

En 2014 se aprobó el Real Decreto-ley 8/2014, de 4 de julio, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia⁽¹²⁾.

La norma legal sale al paso de los avances científicos y técnicos que, en los últimos años, han contribuido al progreso de la aviación permitiendo la aparición de nuevos usuarios del espacio aéreo, concretamente de los drones, RPAS o UAVs. Se reconoce en la exposición de motivos del texto normativo que «*estos avances tecnológicos han permitido, asimismo, una reducción considerable del coste de adquisición de este tipo de aeronaves, permitiendo una proliferación de su uso de manera casi indiscriminada con los consiguientes riesgos a la seguridad aérea que ello conlleva*». Constata así tanto las ventajas como los posibles inconvenientes.

Por ello, con el fin de garantizar una transición progresiva y un alto nivel de seguridad de la aviación civil, se afirma que «*es necesario establecer el régimen jurídico específico aplicable a estas aeronaves y a las actividades aéreas desarrolladas por ellas. Estas medidas normativas deben reflejar el*



Figura 1. Equipo Phantom

estado actual de la técnica, al mismo tiempo que recoger las necesidades de la industria del sector potenciando sus usos».

Este nuevo régimen jurídico, con rango de Ley, se establece en la Sección 6ª del Título II, sobre *Infraestructuras y transporte*, dentro de su Capítulo I, relativo a *Aviación civil*, bajo el precepto de «*Operación de aeronaves civiles pilotadas por control remoto*» (art. 50)⁽¹³⁾.

En resumen, esta disposición establece las condiciones de explotación de estas aeronaves para la realización de trabajos técnicos o científicos o, en los términos de la normativa de la Unión Europea, operaciones especializadas, así como para vuelos de prueba de producción y de mantenimiento, de demostración, para programas de investigación sobre la viabilidad de realizar determinada actividad con aeronaves civiles pilotadas por control remoto, de desarrollo de nuevos productos o para demostrar la seguridad de las operaciones específicas de trabajos técnicos o científicos, permitiendo, de esta forma, su inmediata aplicación.

Esta normativa muestra los límites y obligaciones para el uso de aeronaves no tripuladas en España. Sólo se pueden realizar trabajos aéreos como actividades de investigación; observación y vigilancia de incendios forestales; publicidad aérea u operaciones de emergencia, búsqueda y salvamento.

Hasta que no esté aprobada la reglamentación definitiva, las operaciones que se pueden realizar se limitan a zonas no pobladas y al espacio aéreo no controlado. La normativa permite grabar en exteriores, pero ha de hacerse de día y con buenas condiciones meteorológicas. Siempre será en zonas fuera de aglomeraciones, lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre, dentro del alcance visual del piloto y a una altura máxima de 120 metros.

Todos los drones, como ahora propone el regulador europeo, tienen que llevar fijada en su estructura una placa de identificación en la que deberá constar la identificación de la aeronave —mediante la designación específica—, número de serie, nombre de la empresa operadora y los datos de contacto. Además, los drones deben contar con seguro de responsabilidad civil por posibles daños a terceros.

3. INTEGRACIÓN DE DRONES EN EL ESPACIO AÉREO CIVIL DE EUROPA

3.1. DRONES Y SENSORES

3.1.1. Qué son los «drones»

La definición⁽¹⁴⁾, las características y las potencialidades de los drones han de estar presentes en la regulación de este sector industrial, especialmente para su mejor aplicación en procedimientos y actuaciones jurídicas o de componente legal u oficial.

En términos generales, y a los efectos que ahora interesa conocer, las aeronaves no tripuladas son vehículos aéreos que pueden pertenecer a diferentes categorías con una amplia variedad de especificaciones, características y capacidades. Los drones pueden ser diseñados para soportar una variedad de cargas útiles que varían en tamaño y capacidad técnica. El tipo más básico de las aeronaves no tripuladas, que consiste solamente en componentes vitales o meramente operacionales, no realiza ningún procesamiento de datos personales, aunque podría causar molestias y alteraciones sociales a las demás colectividades.

Sin embargo, la adición de otros sensores para fines diversos, como grabar datos de audio o vídeo, plantean preocupaciones obvias de protección de datos y de privacidad. Es importante recordar que los drones disponibles en el mercado no necesariamente están equipados con cámaras de a bordo u otros sensores de forma predeterminada y la elección del operador de aviones no tripulados puede no incluir tal capacidad en función del tipo de uso. No obstante, en la actualidad es inevitable que un RPAS pueda ser diseñado y construido por el propio operador y luego añadirle componentes de una amplia variedad de proveedores.

3.1.2. Ejemplos de equipos y sensores instalados

El Grupo de Trabajo del Artículo 29 de la Directiva Europea de Privacidad recoge algunos ejemplos de equipos y sensores que podrían tener un impacto directo en la privacidad y en la protección de datos, el cual además podría cuestionar el uso legal de los drones, especialmente si se pretende emplearlos con fines oficiales o jurídicos:

1. **equipo de grabación visual:** cámaras inteligentes con distancia focal fija o variable, capaz de almacenar y transmitir imágenes en vivo, con capacidades de reconocimiento facial en tierra, RPAS para identificar y rastrear personas, objetos o situaciones concretas, identificar los patrones de movimiento, leer las matrículas de vehículos, con garantía al mismo tiempo de una visión 360° o

con posibilidad de detectar la energía térmica emitida por un blanco, lo que permite el vuelo y la grabación de imágenes en condiciones de poca visibilidad (debido a la niebla, humo, o residuos) o durante las horas de la noche;

2. **equipos de detección:** sensores óptico-electrónicos, escáneres infrarrojos, radares de apertura sintética para identificar objetos, vehículos y embarcaciones y obtener información sobre su posición, incluso detrás de paredes, humo u otros obstáculos;
3. **equipo de radio-frecuencia:** como antenas que capturan la ubicación de los puntos de acceso Wi-Fi o estaciones celulares, femtoceldas y IMSI receptor utilizados por las fuerzas del orden para controlar los teléfonos y las redes móviles o el proveedor de servicios de enlaces de comunicaciones entre las redes y los usuarios de terminales;
4. **sensores específicos** para la detección de trazas nucleares, rastros biológicos, material químico, artefactos explosivos, etc.

3.2. VENTAJAS, MUCHAS. ALGUNOS RIESGOS

3.2.1. Beneficios

Las autoridades de la Unión Europea reconocen los beneficios sociales y económicos del uso civil de drones y su potencial de crecimiento y la posibilidad de su empleo con fines multipropósito en todos los niveles económicos, industriales y productivos.

Los drones tienen un gran potencial en áreas muy diversas, ya que pueden desplazarse rápidamente sobre un terreno irregular o accidentado y superar cualquier tipo de obstáculo ofreciendo imágenes a vista de pájaro y otro tipo de información recogida por diferentes sensores.

Como explican algunos proveedores⁽¹⁵⁾, un sistema con múltiples robots es más robusto aún, debido a la redundancia que esto ofrece. Permite la cooperación en paralelo entre los drones, ayudándose unos a otros para, por ejemplo, cubrir grandes áreas en exteriores o crear redes de sensores móviles. Estos enjambres de vehículos aéreos no tripulados pueden desplegarse para realizar tareas de búsqueda ante cualquier tipo de desastre natural, como terremotos o ataques terroristas, ayudando a localizar a personas que puedan necesitar ayuda.

A modo de ejemplo, cabría citar algunas de las aplicaciones donde los RPAS pueden ser muy útiles: búsqueda de personas desaparecidas, al permitir reducir considerablemente el tiempo de localización de personas desaparecidas en lugares abiertos o de difícil acceso como zonas montañosas o nevadas, especialmente por su reducido tamaño, por su menor coste y mayor capacidad de despliegue, con menor riesgo de vidas humanas y menor consumo

de combustible, etc.; fotografía, vídeo y cartografía aérea, para captar imágenes desde el aire de forma sencilla y rápida (recuento de árboles en una finca afecta a subvenciones, realización de fotografías y vídeos de inmuebles, infraestructuras longitudinales, etc.); prevención y control de incendios, mediante la supervisión constante, en horas de alto riesgo, de un área boscosa, en busca de puntos activos o conatos de incendio, sin riesgo de vidas humanas y reduciendo los costes comparado con los activos humanos necesarios para desarrollar la misma tarea, etc.

Los beneficios del uso de drones se concretan en numerosas aplicaciones a desarrollar para tareas concretas. Por ejemplo: *Medio Ambiente* (parametrización del índice de contaminación lumínica para elaborar mapas de polución lumínica y monitorizar la eficiencia de medidas ecoenergéticas; control y seguimiento de accidentes industriales con vertidos tóxicos en medios acuáticos y terrestres; control de áreas de depósito y almacenaje de residuos industriales y de su tratamiento); *Agricultura* (control y monitorización del estado de los cultivos mediante imágenes multispectrales, control de la eficiencia de regadíos, conteo y supervisión de producción agrícola subvencionada); *Geología* (realización de mapas geológicos sedimentológicos, mineralógicos y geofísicos, control y monitorización de explotaciones mineras y su impacto ambiental: movimientos de tierras, producción de áridos, residuos metálicos, balsas de decantación, etc.); *Determinación y control a escala centimétrica* de áreas con riesgos geológicos asociados o caracterización de zonas con riesgo de aludes utilizando imágenes multispectrales para determinar la humedad de la nieve, cámaras térmicas para determinar su temperatura y técnicas estereoscópicas para determinar grosores; *Construcción e inspecciones* (Inspección de obras desde el aire; estimación de impacto visual de grandes obras); *Control y análisis de multitudes* (manifestaciones, conciertos, etc.), *investigación de una escena de un crimen desde el aire* (accidentes de tráfico); exploración de lugares de difícil acceso, como cuevas, precipicios, etc.; *Movilidad y Tráfico* (grabación y monitorización de la situación del tráfico).

Entre las ventajas operativas y concretas, muchos proveedores destacan la reducción general de precio, en especial frente a alternativas pilotadas, la mejora de las prestaciones (mayor estabilidad que permite mejores fotografías, mayor dinamismo y posibilidad de vuelo a bajas velocidades y cerca del suelo o de obstáculos), simplificación del proceso, automatización del proceso cuando es necesario fotografiar un área más grande, obtención de mapas 3D de un terreno, reducción del tiempo de trabajo, reducción de los efectivos humanos necesarios, etc.

3.2.2. Riesgos para la privacidad

El reconocimiento de los beneficios del uso de drones



Figura 2. Estación de tierra del equipo Microdrone

en múltiples entornos y aplicaciones técnicas y jurídicas conduce, al mismo tiempo, a ponderar las amenazas y riesgos que, entre otros derechos y libertades fundamentales, puede comportar para la protección de datos y la privacidad.

Compartimos con las principales autoridades europeas que la integración de las aeronaves no tripuladas en el mercado europeo de la aviación y sus diferentes usos civiles (incluido el uso para la aplicación de Ley) plantea desafíos específicos que deben superarse con el fin de *respetar los derechos y principios consagrados en la Carta de Derechos Fundamentales de la Unión Europea, y en particular el derecho a la vida privada y la vida familiar* (artículo 7) y *la protección de datos personales* (artículo 8).

El Grupo de Trabajo del Artículo 29 de la Directiva de Privacidad destaca también que el tratamiento de datos personales por parte de aeronaves no tripuladas tiene una naturaleza peculiar, especialmente debido a tres factores: en primer lugar, por el punto de vista único que aumenta la eficacia de los sensores de a bordo; en segundo término, por la considerable *reducción de la transparencia* que conlleva la utilización de drones, y, en tercer lugar, por la *mayor intrusión en la privacidad* en comparación con sensores fijos similares, a pesar de las similitudes percibidas al considerar, por ejemplo, la videovigilancia mediante RPAS respecto del uso de una cámara de circuito cerrado de televisión fija.

La utilización legal de drones precisa aplicar las indicaciones prácticas de los legisladores y reguladores, tanto a nivel europeo como nacional, incluidas las Autoridades de Aviación Civil, para proteger y desarrollar con garantías la industria, las funciones y procedimientos judiciales y extrajudiciales y al público en general.

De manera particular, ante los riesgos que puede comportar la utilización de RPAS, es necesario estudiar de forma concreta y a través de los especialistas en la materia su impacto sobre la privacidad y la protección de datos, así como las consecuencias del uso prolongado de las diferentes

aplicaciones civiles de drones. En concreto, es pertinente valorar en cada caso las peculiaridades y las criticidades relacionadas con el cumplimiento de los requisitos específicos existentes en el marco jurídico de la protección de datos personales.

Este estudio previo habría de concluir con recomendaciones sobre la forma de evitar, mitigar o trasladar adecuadamente los riesgos que puedan surgir en relación con los RPAS y los efectos de su uso, especialmente con el fin de hacer que el procesamiento de los datos personales resulte lícito y compatible con el marco jurídico de protección de datos. En nuestra experiencia, también habría de tenerse en cuenta el cumplimiento de los estándares técnicos que aseguren la obtención fiable de la información, de manera que calidad y confiabilidad sean notas relevantes de los trabajos civiles realizados mediante drones.

3.2.3. Riesgos específicos para la protección de datos

A la luz de las numerosas aplicaciones existentes y de otras que previsiblemente pueden aparecer en el futuro, los riesgos que se ponen de manifiesto no se limitan a la seguridad o la responsabilidad civil, y también afectan directamente a la protección de datos.

La mayor incidencia en materia de privacidad resulta del hecho de que en una serie de casos, es probable o incluso inevitable que los titulares de los datos, los ciudadanos afectados, no sean conscientes de la actividad de los drones ni del procesamiento de sus datos personales llevado a cabo, en especial si se tiene en cuenta que estos dispositivos pueden ser difíciles de ver desde el suelo.

En cualquier caso, incluso si las personas fueran conscientes de que drones sobrevuelan la zona, ciertamente será difícil o imposible conocer a priori los datos recabados, los equipos de procesamiento a bordo, los fines para los que se recogen los datos, el responsable de ese tratamiento y los cesionarios de la información.

Esta situación provoca, además, el aumento de la sensación ciudadana de estar bajo vigilancia así como una considerable y posterior reducción de las garantías de las personas frente al inmediato y posible procesamiento de su información personal, incluso con limitación o restricción en el ejercicio legítimo de las libertades y los derechos civiles, más conocido como «efecto disuasorio» (en inglés denominado «chilling effect»).

Según destacan las autoridades europeas, la destreza de los drones facilita aún más su capacidad de alcanzar puntos de vista únicos, por ejemplo, para evitar los obstáculos y para no verse limitados por barreras, muros o cercas. Por tanto, los drones pueden entrar más fácilmente en recintos o locales privados, por lo que sencillamente pueden habilitar la recolección de una amplia variedad de información de fuentes diversas con escasa capacidad de control, prevención o reacción por parte de los propietarios y titulares de derechos.

En función de las tecnologías instaladas a bordo, la incidencia en la privacidad podría ser mayor en la medida en que los datos pueden ser recogidos sin necesidad de una línea de visión directa, es decir, a través de los techos, los muros o las nubes, y conservados durante largos períodos de tiempo y respecto de grandes superficie sin interrupción (con un alto riesgo de recolección masiva de datos

personales con posibles usos incompatibles o polivalentes ilegales).

La actividad de los drones puede afectar también a la privacidad por su alta capacidad de interconexión. En nuestra experiencia profesional, hemos tenido ocasión de comprobar la incidencia que podría representar la posibilidad de interconectar una serie de drones para el estudio de grandes áreas o infraestructuras. Enjambres de aeronaves no tripuladas, con canales de

comunicación en tiempo real entre ellas y las partes externas, podrían desencadenar riesgos aún más elevados de protección de datos, ya que fácilmente podrían permitir la vigilancia coordinada, como por ejemplo para el análisis de los movimientos y seguimiento de personas o vehículos en grandes áreas.

Desde estas perspectivas, es claro apreciar la existencia de un alto riesgo de tratamientos de datos personales desde y mediante aeronaves no tripuladas, en especial si dicho procesamiento tuviera lugar de manera encubierta, lo cual podría causar interferencias importantes en la esfera más íntima de las personas.

Al mismo tiempo, en razón de la finalidad del procesamiento de datos personales, es innegable que existe un riesgo de desviación superior, es decir, riesgos de cambio o ampliación de los usos para fines incompatibles o polivalentes ilegales. La intensidad de este riesgo de desviación de la finalidad depende del equipo potencialmente sofisticado de a bordo y la facilidad con que los datos personales reco-

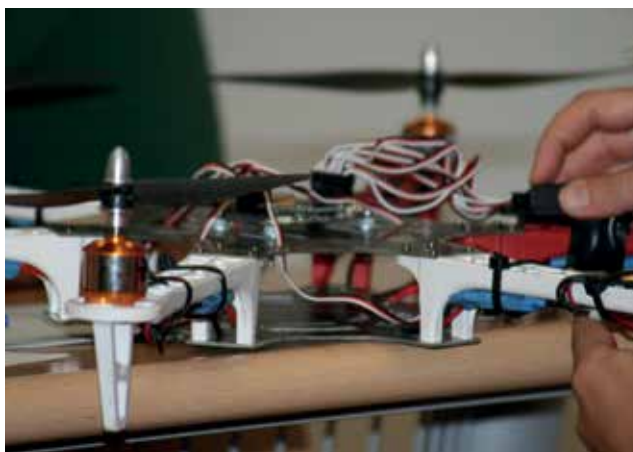


Figura 3. Montaje de un dron

gidos puedan vincularse con otras piezas de información, lo cual en el escenario del Big Data, del Internet of Things y de las Smart Cities puede agravarse sustancialmente, al requerirse necesariamente dicho procesamiento.

Además, las autoridades europeas subrayan que el impacto potencial de la intrusión en la privacidad se ve agravado por la *amplia constelación de actores y entidades implicadas en el uso de los drones*. Hasta los fabricantes de RPAS, por ejemplo, tienen un papel fundamental que desempeñar desde la fase de diseño, pues las características operacionales pueden, en mayor o menor medida, prestarse a aplicaciones de privacidad intrusiva (por ejemplo, en el caso de los drones pequeños o de micro-tamaño, capaces de volar y recabar información sensible dentro de edificios).

En este marco, la percepción de los drones por las personas está inextricablemente ligada a la propia sostenibilidad social. Desde nuestra experiencia profesional concreta, consideramos que la aplicación efectiva y con sentido común, además de jurídico, de la normativa de protección de datos puede contribuir a la aceptación del uso de los drones con carácter oficial y para aplicaciones jurídicas, además de reducir, mitigar o suprimir los riesgos inherentes en el uso civil de los drones.

3.3. MARCO JURÍDICO APLICABLE EN EUROPA

3.3.1. Aplicación de la Directiva de protección de datos

La Comisión Europea ha centrado su atención en el uso de aeronaves mediante control remoto y en materia de protección de datos no se ha diferenciado la autonomía o no de las aeronaves no tripuladas, pues se considera que este aspecto no es relevante de cara a la evaluación del impacto en la privacidad derivada de la utilización de este tipo de tecnología. Es más, desde la Unión Europea se considera que la aplicación de las Directrices dadas para el cumplimiento de la Directiva de Protección de Datos comprende el uso de cualquier clase de aeronave no tripulada para operaciones civiles.

Sin embargo, consideramos relevante indicar que algunos casos de tratamiento de datos personales derivados de la utilización de aeronaves no tripuladas para operaciones civiles podrían encontrarse fuera del ámbito de aplicación de las Directrices dada a la luz de las exenciones o excepciones que, de acuerdo con la Directiva⁽¹⁶⁾, pueden establecer los Estados miembros. Por tanto, convendrá estar a lo que determinen en cada caso las normas nacionales.

Desde el Grupo de Trabajo del artículo 29 se da la máxima importancia a la introducción de un marco adecuado a nivel nacional que asegure que el uso de aeronaves no tripuladas con fines estrictamente personales y recreativas y para fines periodísticos no afecte a los derechos funda-

mentales, a la intimidad o confidencialidad de las comunicaciones y que asegure el respeto de una expectativa razonable de protección de la vida privada, también en el caso de la recogida de los datos personales que se realizan en lugares públicos. Por consiguiente, esta premisa ha de inspirar el uso legal de drones en los diversos ámbitos en los que podría plantearse una colisión de derechos.

3.3.2. Tratamiento de datos personales con fines policiales

Los drones pueden comportar una transformación de hondo calado en el modo de aplicar la Ley, en concreto, el ámbito de la utilización de los datos obtenidos con fines policiales, que pueden incluir desde el seguimiento de un individuo hasta la monitorización de la vida y actividades de poblaciones determinadas basada en una vigilancia continuada, como señala el Grupo de Trabajo del artículo 29.

Por tanto, la utilización directa de aeronaves no tripuladas por la policía y otros cuerpos y fuerzas de seguridad, o incluso el acceso o la recogida de información obtenida desde drones mediante entidades privadas, crea un elevado riesgo para los derechos y libertades fundamentales de los ciudadanos, con la posible interferencia directa en su derecho a la vida privada y a la protección de datos, reconocidos ambos en los artículos 7 y 8 de la Carta Europea de Derechos Fundamentales.

En consecuencia, la policía y otras autoridades operadoras de drones deben asegurarse de disponer de una base jurídica válida para el procesamiento de datos personales. Más en particular, de conformidad con las normas y directrices de reciente aprobación en Europa, es preciso determinar la necesidad e idoneidad de la utilización de las aeronaves no tripuladas para los fines específicos de carácter policial que se persiguen.

Las autoridades policiales deberán justificar asimismo las razones por las cuales los instrumentos existentes a su disposición no alcanzan los fines de vigilancia que se pretenden con los drones y, en su caso, la motivación de que estas aeronaves constituyen la alternativa menos intrusiva. Las autoridades europeas sugieren que una evaluación previa de las autoridades de protección de datos puede ser aplicable y podría ser considerada una buena práctica en las normas nacionales.

En todo caso, las autoridades policiales y las entidades privadas que intervengan en su colaboración deben cumplir con los requisitos establecidos por la Directiva en caso de procesar datos recogidos por aeronaves no tripuladas para la detección, persecución, prevención y castigo de delitos. En particular, tales usos deben limitarse a los supuestos en que el tratamiento resulte necesario con el fin de proteger los intereses vitales del interesado o para el cumplimiento de una misión de interés público o inherente al ejercicio del



Figura 4. Equipo Microdrone

poder público conferido al responsable del tratamiento o a un tercero a quien se comuniquen los datos.

El Grupo de Trabajo del artículo 29 recuerda que el procesamiento de datos por drones por los servicios gubernamentales debe llevarse a cabo para los fines establecidos en la legislación sectorial vigente y no debe ser utilizado para la vigilancia indiscriminada, procesamiento masivo de datos ni para la puesta en común de datos y perfiles.

Con carácter general, las autoridades europeas recomiendan límites que deben imponerse en el uso de drones para actividades de vigilancia. El objetivo principal es evitar que su uso se generalice o que se utilice para la identificación de objetivos basados en el análisis de datos.

Por tanto, los drones sólo deben utilizarse para los fines estrictamente enumerados y justificados previamente tipificados y, en todo caso, su uso debe ser geográficamente restringido y limitado en el tiempo. Desde la perspectiva del impacto que el uso de aeronaves no tripuladas puede tener sobre los derechos a la libertad de expresión y a la libertad de reunión, se debe prestar especial atención a la necesidad de proteger, en la medida de lo posible, las manifestaciones públicas y reuniones similares de cualquier clase de vigilancia no autorizada o excesiva.

3.3.3. Legalidad del procesamiento y limitación de la finalidad

Para que sea lícito el tratamiento de datos personales que conlleva la utilización de la tecnología civil de drones, su uso debe fundamentarse en las normas establecidas en la Directiva Europea de Protección de Datos y en las normas nacionales de trasposición, para así garantizar el procesamiento legítimo y proporcionado de los datos personales, teniendo en cuenta las peculiaridades de que el tratamiento de datos se efectúe por medio de equipos de a bordo.

Entre otras bases jurídicas o títulos habilitantes para llevar a cabo dicho procesamiento de datos, habrían de considerarse como relevantes el consentimiento

libre, específico e informado, la necesidad del procesamiento para el cumplimiento de un contrato en el que el interesado sea parte o que resulte necesario para el cumplimiento de una obligación legal o necesario para el desempeño de una función de interés público o inherente al ejercicio del poder público conferido al responsable del tratamiento o a un tercero a quien se comuniquen los datos, además de que tenga como fin proteger el interés vital del interesado.

Por tanto, cualquier tratamiento posterior de los datos personales para un fin distinto de aquel para el cual hayan sido recogidos debe hacerse de conformidad con las disposiciones de la Directiva y, por consiguiente, debe tener una base jurídica autónoma y evaluarse caso a caso su compatibilidad con el propósito original.

De conformidad con el principio de legalidad (artículo 6.1.a de la Directiva), cualquier operación de drones que implique el tratamiento de datos personales debe cumplir con la legislación aplicable en general, incluyendo las regulaciones nacionales sobre videovigilancia y normas sectoriales similares.

3.3.4. Proporcionalidad, calidad y minimización de los datos: privacidad por diseño y por defecto

Sólo pueden tratarse los datos personales obtenidos de drones si éstos resultan adecuados, pertinentes y no excesivos en relación con los fines para los que se recaben. Por tanto, es pertinente una evaluación rigurosa de la necesidad y proporcionalidad de los datos a procesar. Asimismo, la regulación europea concreta que los datos personales sólo podrán tratarse si, y siempre y cuando, los fines no pueden cumplirse mediante el procesamiento de información que no implique datos personales.

Por otra parte, el principio de minimización de los datos puede ser cumplido mediante la elección de una tecnología de abordaje proporcionada y mediante la adopción de medidas de protección de datos y de *privacidad por defecto*, es decir, a través de una configuración de privacidad en los servicios y productos que de forma predeterminada evite la innecesaria recogida o tratamiento ulterior de datos personales.

En relación con las diversas tecnologías capaces de leer electrónicamente y procesar datos biométricos (reconocimiento facial, de identificación del comportamiento, etc.), las autoridades europeas recomiendan un análisis actualizado según las aclaraciones y recomendaciones ofrecidas en el dictamen sobre la evolución de tecnologías biométricas⁽¹⁷⁾.

La aplicación de la protección de datos a través de medidas predeterminadas implica que, a priori y como propone el grupo consultivo europeo, el principio de protección de

datos por diseño se respeta por los fabricantes y operadores. Compartimos igualmente que la protección de datos no es un lastre, sino un claro valor añadido de los productos y servicios que debe estar integrado dentro de todo el ciclo de vida de la tecnología, desde la etapa temprana del diseño y hasta su despliegue, uso y disposición final. En la actualidad es claro que dicha tecnología debe ser diseñada de manera que se evite el tratamiento de datos personales innecesarios (por ejemplo, en el caso de las infraestructuras estratégicas o críticas, ingeniería y programación de drones con el fin de inhibir la recogida de datos previamente definidos dentro de zonas de exclusión aérea, etc.).

Dada la variedad de aplicaciones de drones y las posibles tecnologías de abordaje, con el fin de evaluar su impacto en los derechos y libertades de las personas y, en particular, sobre el derecho a la privacidad y protección de datos, es muy recomendable realizar una evaluación de impacto de la protección de datos. Ayuda a los operadores a descubrir los riesgos de privacidad (si los hubiera) asociados al uso de nuevas aplicaciones y a evaluar si el tratamiento de datos personales a través de aeronaves no tripuladas es legítimo, necesario y proporcionado a la finalidad, al tiempo que asegura, entre otras, las cuestiones de transparencia y seguridad, documentación y medidas de seguridad a adoptar para hacer frente a los riesgos inherentes a la operación civil de drones.

4. RECOMENDACIONES PRÁCTICAS

La reciente entrada en vigor de la regulación en España y la falta de normas armonizadas en la Unión Europea nos llevan a suscribir las recomendaciones y orientaciones que ha publicado el Grupo de Trabajo del Artículo 29, sin perjuicio de las interesantes experiencias que se van conociendo y que, sin duda, contribuirán a la mejora y legalidad en el uso civil de drones.

Seguidamente sintetizamos las principales directrices para su mejor puesta en práctica por parte de los fabricantes de drones y equipos así como por los operadores y usuarios europeos y nacionales. Obviaremos las recomendaciones directamente dirigidas a los legisladores y reguladores, por exceder del ámbito de interés de fabricantes y operadores.

4.1. MEDIDAS PREVIAS AL USO DE DRONES

1. Confirmar si la legislación nacional autoriza el uso de drones y verificar, en cada caso, la necesidad de autorización de las autoridades administrativas. En España, el artículo 50.2 de la Ley 18/2014, de 15 de octubre, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia, determina a este efecto que «*las aeronaves civiles pilotadas por control remoto cuya masa máxima al despegue exceda de 25 kg deben estar inscritas en el Registro de matrícula de aeronaves y disponer de certificado de aeronavegabilidad, quedando exentas del cumplimiento de tales requisitos las aeronaves civiles pilotadas por control remoto con una masa máxima al despegue igual o inferior*».
2. Clarificar las funciones de actores diferentes: en tanto que el procesamiento de datos personales y de información no la realiza directa ni únicamente un solo responsable, conviene asegurar que el procesamiento se rige por un contrato o acto jurídico que vincule jurídicamente al *responsable* y al *encargado de tratamiento*, con garantía de que éste actúa sólo por instrucciones del *responsable*. En la regulación española (art. 50.1.2º de la Ley 18/2014), el operador es, y en todo caso, el responsable de la aeronave y de la operación, del cumplimiento del resto de la normativa aplicable, en particular en relación con el uso del espectro radioeléctrico, la protección de datos —que se menciona expresa y específicamente— y la toma de imágenes aéreas, además de tener una responsabilidad directa por los daños causados por la operación o la aeronave.
3. Evaluar el impacto de protección de datos teniendo en cuenta la finalidad de las operaciones y el tipo de aviones no tripulados (dimensión, visibilidad, etc.) y las combinaciones específicas de la tecnología de detección de a bordo; identificar el fundamento jurídico más adecuado (consentimiento de los titulares de los datos, cumplimiento de un contrato, la obligación legal, legítimo interés, etc.) y la posible necesidad de notificar o consultar las Autoridades Nacionales de Protección de Datos competentes conforme a la ley nacional de protección de datos. La Agencia Española de Protección de Datos ha publicado en 2014 la Guía para una Evaluación de Impacto en la Protección de Datos Personales (EIPD)⁽¹⁸⁾, y esta Autoridad Nacional de Control en su última Memoria de 2014⁽¹⁹⁾ ha destacado que «*En particular, la Guía indica situaciones en las que sería recomendable llevar a cabo este análisis. Entre ellas se pueden resaltar aquellos proyectos en los que se vayan a utilizar tecnologías que se consideran especialmente invasivas de la privacidad, como la videovigilancia a gran escala, el uso de drones, la minería de datos, el tratamiento de datos biométricos o genéticos, o la geolocalización*».
4. Seleccionar la tecnología a bordo más proporcionada a las finalidades y adoptar todas las medidas adecuadas de privacidad por defecto: establecer servicios y

productos de manera que se evite la recogida y el tratamiento posterior de datos personales innecesarios. Estas medidas de minimización del tratamiento de datos personales serán recogidas en el nuevo Reglamento General de Protección de Datos que puede llegar a ser aplicable en toda la Unión Europea. Su propia exposición de motivos lo expresa así: «El artículo 5 establece los principios relativos al tratamiento de los datos personales, que corresponden a los establecidos en el artículo 6 de la Directiva 95/46/CE. Se introducen nuevos elementos adicionales como el principio de transparencia, la aclaración del principio de minimización de datos y el establecimiento de una responsabilidad general del responsable del tratamiento de datos».

5. Encontrar la manera más adecuada para dar aviso previo a posibles afectados por el procesamiento de datos: informar a través de señales u hojas de información en caso de funcionamiento visual en zonas determinadas; en caso de un evento público, informar al público a través de medios sociales, periódicos, folletos o carteles; dar información clara siempre en el sitio web correspondiente: el anuncio de información debe contener una indicación clara del responsable de fichero a efectos de la regulación de protección de datos y los fines del tratamiento, y debe ofrecer a los ciudadanos afectados, sujetos de los datos indicaciones claras y específicas para el ejercicio de los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición, en particular respecto de los registros visuales y no visuales que les conciernen. En nuestra experiencia profesional, la complejidad de la cuestión puede simplificarse a través de la debida aplicación de los Principios de Protección de Datos:
- El principio de calidad de los datos.
 - El principio de información en la recogida de datos.
 - El principio de consentimiento (o título jurídico habilitante: ley aplicable, interés legítimo, etc.).



Figura 5. Prueba de vuelo de un prototipo de dron

- El principio de datos especialmente protegidos.
- El principio de seguridad de los datos.
- Deber de secreto.
- El principio de comunicación de datos.
- El principio de acceso a datos por cuenta de terceros.

6. Tomar las medidas técnicas y organizativas adecuadas para garantizar un nivel de seguridad adecuado a los riesgos que presente el tratamiento y a la naturaleza de los datos que deben protegerse, en particular, para evitar cualquier tratamiento no autorizado también durante la fase de «transmisión». En particular, es recomendable incorporar la privacidad desde el diseño y por defecto. En igual sentido se pronuncia el Considerando 61 de la Propuesta de Reglamento General de Protección de Datos: «(61) La protección de los derechos y libertades de los interesados con respecto al tratamiento de datos personales exige la adopción de las oportunas medidas de carácter técnico y organizativo, tanto en el momento del diseño del tratamiento como del tratamiento propiamente dicho, con el fin de garantizar que se cumpla lo dispuesto en el presente Reglamento. Con objeto de garantizar y demostrar el cumplimiento de lo dispuesto en el presente Reglamento, el responsable debe adoptar las políticas internas y aplicar las medidas adecuadas que cumplan especialmente los principios de protección de datos desde el diseño y por defecto».
7. Eliminar o anonimizar los datos personales innecesarios después de la recolección o tan pronto como sea posible.

Esta medida se enmarca en la identificabilidad de las personas físicas. La Propuesta de Reglamento General de Protección de Datos en su Considerando 23 determina que «Los principios de protección deben aplicarse a toda información relativa a una persona identificada o identificable. Para determinar si una persona es identificable deben tenerse en cuenta todos los medios que razonablemente pudiera utilizar el responsable del tratamiento o cualquier otro individuo para identificar a dicha persona. Los principios de protección de datos no deben aplicarse a los datos convertidos en anónimos de forma que el interesado a quien se refieren ya no resulte identificable».

4.2. RECOMENDACIONES PARA EL USO LEGAL DE DATOS PROCESADOS POR DRONES

- Insertar opciones de privacidad con diseño amigable y privacidad amigable por defecto como parte de un enfoque de privacidad desde el diseño.
- Involucrar a un Delegado de Protección de Datos (cuando sea posible) en el diseño e implementación de políticas relacionadas con el uso de aviones no tripulados.

3. Promover y adoptar códigos de conducta que puedan ayudar a la industria y las diferentes categorías de operadores a prevenir las infracciones y mejorar la aceptabilidad social de aviones no tripulados; tales códigos deben contener las sanciones en caso de que los firmantes no cumplen con el código.
4. Hacer que el avión no tripulado sea visible e identificable en lo posible (mediante emisión de señal inalámbrica, luces intermitentes o zumbadores, colores brillantes, etc.).
5. Hacer que el operador sea claramente visible e identificable con señalización como persona responsable del dron cuando esté en la línea de visión.
6. Evitar en la medida de lo posible volar sobre o cerca de áreas privadas y edificios al planificar y operar un vuelo, incluso cuando esté permitido operar el dron sobre áreas pobladas.

5. CONCLUSIONES

1. La integración progresiva de los drones en el espacio aéreo civil europeo y su utilización en múltiples aplicaciones requiere tener en cuenta no sólo los beneficios económicos y sociales, sino también los riesgos que para la protección de datos de las personas y la privacidad comporta su empleo a gran escala y el desarrollo de sensores de alta tecnología.
2. Los riesgos principales de los drones en materia de privacidad comprenden desde el incremento de procesamientos masivos de datos personales hasta la falta de transparencia de las finalidades y cesionarios de la información recogida, además de la amenaza al correcto ejercicio de derechos y libertades fundamentales.
3. La utilización legal de drones precisa verificar la necesidad de autorización específica de las Autoridades de Aviación Civil, la búsqueda de los criterios más adecuados para el tratamiento legítimo, con cumplimiento de los principios de limitación de finalidad, de minimización de los datos y de proporcionalidad (por la elección de la tecnología más proporcionada y las medidas más adecuadas para evitar la recogida de datos personales innecesarios) y el cumplimiento, de la manera más apropiada para cada caso, del principio de transparencia al operar aeronaves no tripuladas, con información a los interesados de las operaciones realizadas y los datos recabados, con adopción de todas las medidas de seguridad adecuadas y con eliminación o anonimización de los datos personales no estrictamente necesarios.

REFERENCIAS

- ¹La inversión mundial en el sector de los UAV alcanzará los 114.000 millones de dólares hasta 2023, con EEUU a la cabeza. Defensa.com. Viernes 02 de agosto de 2013. Disponible en: http://www.defensa.com/index.php?option=com_content&view=article&id=9760:la-inversion-mundial-en-el-sector-de-los-uav-alcanzara-los-114000-millones-de-dolares-hasta-2023-con-eeuu-a-la-cabeza&catid=56:industria&Itemid=164.
- ²Citamos un interesante estudio sobre las aplicaciones y facetas técnicas de los drones publicado en REVISTA MAPPING, VOL. 24 Nº 171 mayo-junio 2015, ISSN: 1131-9100. En la Sección Normativa, destacan los siguientes artículos: AESA. Agencia Estatal de Seguridad Aérea: Normativa; APROCTA. RPAS y la Navegación Aérea; COIAE. Análisis de la normativa de drones. En la Sección de pilotaje, cabe subrayar los siguientes artículos: COPAC. La seguridad operacional de los RPAS y DEURPAS. Sobre el pilotaje y las aplicaciones de los drones. Asimismo, en la sección de aplicaciones interesan particularmente los artículos: COIGT. Usos y aplicaciones de los drones; GALILEO GEOSYSTEM. Teledetección aerotransportada: caso de estudio de la agricultura de precisión y TOPCON. Fotogrametría con drones (aviones) sin puntos de apoyo.
- ³Cfr. Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre la Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo «Una nueva era de la aviación — Abrir el mercado de la aviación al uso civil de sistemas de aeronaves pilotadas de forma remota de manera segura y sostenible» [COM(2014) 207 final] (2015/C 012/14). Disponible en: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=uriserv:OJ.C_.2015.012.01.0087.01.SPA.
- ⁴La Carta fue proclamada el 7 de diciembre de 2000, en vigor por el Tratado de Lisboa.
- ⁵Cfr. la Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos (Reglamento general de protección de datos), COM/2012/011 final. En Luxemburgo, el 15 de junio de 2015, los ministros, reunidos en el Consejo de Justicia, han fijado un planTEAMIENTO global acerca de la propuesta la Comisión sobre el Reglamento general de protección de datos. Unas normas de protección de datos armonizadas y modernas contribuirán a una Europa preparada para la era digital y representan un avance hacia el mercado único digital de la UE. Las negociaciones tripartitas con el Parlamento y el Consejo darán comienzo en el mes de junio. El propósito común es alcanzar un acuerdo definitivo a finales de 2015.

⁶Cfr. European Commission, *Stronger data protection rules for Europe*, Luxembourg, 15 June 2015, MEMO/15/5170. Disponible en: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-5170_en.htm.

⁷Cfr. apartado 5.4 del Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre la Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo, [COM(2014) 207 final] (2015/C 012/14). Disponible en: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=uriserv:OJ.C_.2015.012.01.0087.01.SPA

⁸Diario Oficial n° L 281 de 23/11/1995, p. 31-50.

⁹Diario Oficial n° L 201 de 31/7/2002, p. 37-47,

¹⁰Cfr. Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos (Reglamento general de protección de datos). COM/2012/011 final - 2012/0011 (COD). Accesible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:52012PC0011>

¹¹Cfr. WP 231, del Article 29 Working Party (Art. 29 WP), publicado el 16 de junio de 2015.

¹²BOE núm. 163, de 5 de julio de 2014, páginas 52544 a 52715 (172 págs.). El Acuerdo de convalidación se publicó por Resolución de 10 de julio de 2014 (Ref. BOE-A-2014-7648).

¹³Cfr. una interesante explicación de este precepto en «Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA): Normativa», en REVISTA MAPPING, VOL. 24 N° 171 mayo-junio 2015, ISSN: 1131-9100, pgs. 6-14.

¹⁴Remotely-piloted aircraft system (RPAS): A set of configurable elements consisting of a remotely-piloted aircraft, its associated remote pilot station(s), the required command and control links and any other system elements as may be required, at any point during flight operation. Cfr. ICAO Cir 328, Unmanned Aircraft Systems (UAS), Order Number: CIR328, ISBN 978-92-9231-751-5, Disponible en: http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_en.pdf.

¹⁵Entre otros, Intelligencia Dynamics o la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (cfr. Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil, 2015, disponible en: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Los-Drones-y-sus-aplicaciones-a-la-ingenieria-civil-fenercom-2015.pdf>).

¹⁶Cfr. artículo 3 de la Directiva 95/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de octubre de 1995, relativa a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, sobre Ámbito de aplicación. El artículo 9 de la Directiva 95/46/CE regula el tratamiento de datos personales y libertad de expresión y determina: En lo referente al tratamiento de datos personales con fines exclusivamente periodísticos o

de expresión artística o literaria, los Estados miembros establecerán, respecto de las disposiciones del presente capítulo, del capítulo IV y del capítulo VI, exenciones y excepciones sólo en la medida en que resulten necesarias para conciliar el derecho a la intimidad con las normas que rigen la libertad de expresión. El artículo 13 de la Directiva 95/46/CE recoge las diversas excepciones y limitaciones, como por ejemplo las relativas a la seguridad del Estado, la defensa, la seguridad pública o la prevención, la investigación, la detección y la represión de infracciones penales o de las infracciones de la deontología en las profesiones reglamentadas.

¹⁷Cfr. Opinion 03/2012 on developments in biometric technologies, WP 193 (27.04.2012). Accesible en: http://ec.europa.eu/justice/data-protection/article-29/documentation/opinion-recommendation/files/2012/wp193_en.pdf.

¹⁸Guía publicada en formato electrónico, publicada en http://www.agpd.es/portalwebAGPD/canaldocumentacion/publicaciones/common/Guias/Guia_EIPD.pdf.

¹⁹Cfr. Memoria AEPD 2014, accesible en http://www.agpd.es/portalwebAGPD/LaAgencia/informacion_institucional/common/memorias/2014/Memoria_AEPD_2014.pdf.

Sobre el autor

Efrén Díaz Díaz

Abogado, Asociado Senior del Bufete Mas y Calvet (Madrid), Consultor-Auditor de Sistemas de Información y responsable del Departamento de Tecnología y Derecho Geoespacial. Especialista en Derecho Civil y Contencioso-Administrativo, desarrolla tareas en urbanismo, tecnología, fundaciones, negociación de contratos públicos y privados, contratación de dominios de Internet ante ICANN, propiedad intelectual y protección de datos, reputación corporativa y empresarial online. Actualmente es Miembro del Grupo de Trabajo de la IDEE España y Experto INSPIRE Maintenance and Implementation en la Infrastructure for Spatial Information in the European Community (European Commission). Es Miembro Corporativo del Centre for Spatial Law and Policy (United States of America) y Vocal del Comité Técnico de Normalización AEN/CTN 148 de Información Geográfica Digital de AENOR. Profesor en los Programas Máster en Derecho de Empresa, Fiscal y Acceso a la Abogacía de la Universidad de Navarra. Máster Internacional Universitario en Protección de Datos, Transparencia y Acceso a la Información (Universidad San Pablo CEU).

VISITA NUESTRO NUEVO PORTAL



www.obrasurbanas.es

SUSCRIBETE a nuestro Newsletter mensual

Toda la información actualizada en el portal más completo del sector

gráfica se democratizan y crecen en cantidad y calidad, mejorando la información espacial y por tanto ofreciendo mejores soluciones a problemas cada vez más complejos (hay que reconocer a Google Maps como la empresa que logró popularizar los mapas de una forma como nunca antes se había hecho).

Esto no para y aparecen cosas como la Realidad Aumentada y los códigos QR y un montón de aparatos denominados "wearables" como las Google Glass, los relojes inteligentes como el iWatch, los sistemas de pago con NFC, etc y en todos ellos la geolocalización tiene una importancia clave porque se habla de movilidad en el territorio y movilidad es igual a geografía.

Aparecen nuevas metodologías de trabajo como el modelo Canvas, el Lean Startup, el Design Thinking, las startups, los espacios de coworking, el trabajo desde casa, la información en la nube, etc, nuevas formas de trabajar adaptadas a un nuevo mundo. El conocimiento era algo escaso y eso tenía un precio, pero de repente el conocimiento se hace abundante, los servicios y productos se hacen abundantes y no es que baje el precio sino que desaparece, lo que vale es el servicio que se ofrece, el talento, el doing (el hacer), la experiencia, como leí hace poco en breve no nos preguntarán qué has estudiado sino que estás estudiando, el mundo a tiempo real. El mundo, la geografía, se ha vuelto líquida parafraseando al gran Bauman (sociólogo que debería ser lectura obligatoria en la Universidad), es flexible, la incertidumbre está detrás de todo, los cambios son constantes y continuos, la única forma de estar al día es estar atento a los cambios, estar alerta, "stay hungry" vaticinó Steve Jobs en su discurso de Stanford.

Y de repente me encuentro que los nuevos intelectuales no son los que están en los viejos libros (que también) sino personas anónimas que aportan mucho conocimiento y lo regalan ("eres lo que compartes"): Juan Sobejano, Marc Vidal, Dolors Reig, Oscar Carrión, Elena Benito, Javier Megías, Juan Boronat, Víctor Puig, Alfonso Alcántara, Néstor Guerra y cientos más que me dejo (que me disculpen pero hay tanta gente que aporta tanto en Internet...); puedes verlos en Youtube, escucharlos en Ivoox, seguir sus charlas por Streaming, leer sus tweets y, lo que es más importante, tienes acceso a ellos, imaginad que en su época se hubiera tenido la oportunidad de comunicarte con Humbolt, Reclus, Harvey, etc.

Por circunstancias de la vida siempre he estado combinando la faceta docente con la profesional como consultor, he estado trabajando como becario, en un ayuntamiento, en la diputación, como trabajador por cuenta ajena, como empresario, como autónomo, incluso como emprendedor, eso si, siempre como geógrafo y por tanto considero que tengo una visión bastante holística de todo que no es mejor que otra, pero algo aporta.

Y resulta que veo que la geografía se rompe, que en la Universidad no se conoce NADA de lo que he nombrado arriba y por tanto no se transmite un conocimiento práctico para el "mundo real", pero lo que es aún peor, los alumnos tampoco lo conocen ni tienen especial interés, puesto que igual que el investigador quiere publicar el alumno quiere aprobar, la innovación da miedo, porque lo desconocido da miedo, pero la realidad se impone y cuando la gente sale a trabajar tiene muchos conocimientos pero pocas habilidades sociales para moverse

en el nuevo mundo "no podemos descubrir un nuevo mundo usando mapas viejos".

Por tanto mi reflexión es que la geografía está más viva que nunca, tiene un pasado sólido, un presente dinámico y un futuro lleno de posibilidades, pero al mismo se está rompiendo, entre los que siguen anclados en la geografía antigua y los que innovan hacia una nueva geografía y no, no es una mejor que otra, la vida es un equilibrio y ambas partes son necesarias, pero unidas, no rotas, integradas donde la investigación llegue a la calle y donde la calle pida soluciones a la investigación, donde todos tienen su papel pero desde la humildad, no vaya a ser que acabemos como el geógrafo del principito que no salía del despacho porque se consideraba demasiado importante (aunque ahora podría no salir siempre que tuviera acceso a Internet).

No sé si se entenderá este mensaje porque últimamente la gente lee lo que quiere leer pero si no hacemos autocrítica seguiremos pensando que somos esos profesionales poco considerados (el "complejo de Calimero" al que hace referencia siempre David Mongil), cuando en realidad da lo mismo, "no existe la profesión del futuro sino el profesional del futuro", no es lo que sepas sino lo que hagas, el conocimiento ya no se acumula sino que es libre, así que hagamos entre todos lo posible por compartir el conocimiento sin miedo a que nos copien ("Copy is right") porque eso nos hará crecer como colectivo, la geografía está más viva y más rota que nunca pero no importa "Without geography you're nowhere", sin la geografía no estamos en ningún sitio.

Publicado por Gersón Beltrán en el Blog «Soluciones Geográficas»

El mapa del cielo, una guía en alta mar

Desde tiempos remotos, los movimientos de los astros suscitaron la curiosidad de los antiguos que, mirando al cielo misteriosamente intuían que la coreografía de las estrellas gobernaba el destino de las personas.

Un momento antes de huir en la luz de la luna, tras ser Heidelberg sitiada por la Liga Católica, hizo una pausa sobre las balaustradas. Conocía bien a «el monje con armadura». Fugaz como siempre observó de horizonte a horizonte aquellos cielos que lo habían amparado. Tomó una profunda bocanada de aire. Se preguntó por qué el frío universo, infinito y silencioso resplandecía indiferente a su soledad y sus temores. La Guerra de los Treinta Años amenazaba su vida y el maestro alemán Andreas Cellarius, aquella noche entre húmedos escalofríos ideó un cielo acorde... a salvarse de la hoguera. Fiel a su ideología, aunque decidiera pintar un firmamento «aceptable». De inmediato se puso en movimiento.

Un magnífico legado se ha conservado de él. Quien intentó catalogar aquel campo ininterrumpido de estrellas en una obra que reuniría todas las ideas hasta entonces conocidas sobre el Universo. En 1660 recopiló los mapas del cielo



Figura 1. Detalle atlas

más bellos de su tiempo, los llamó *Harmonia Macrocósmica*, siendo su editor, Johannes Janssonius, convirtiéndose en el primer Atlas Celestial. Un hombre, que hizo soñar al mundo revelándole que el firmamento estaba habitado por constelaciones que nos guiarían allí donde estuviésemos, sus ideas surgieron aquella noche, escapándose de su temor a morir. Hoy existe una reedición que incluye una introducción profusamente ilustrada a cargo de Robert van Gent, uno de los principales expertos en Cellarius, en la que se resume la historia de la cartografía de los cielos.

El cielo había sido estudiado, lo sabía bien. Desde un cubo con varias capas, el esquema de los zigurats, los templos en forma de pirámide desde donde los sacerdotes babilonios se hicieron astrónomos. La primera sospecha acerca de un cosmos con forma de esferas imbricadas surgió hace 2.600 años. Entonces, Pitágoras ya sabía que la Tierra era redonda como una naranja y Eudoxo de Cnido, matemático de la Academia de Platón, formuló la doctrina que suponía una Tierra inmóvil. Estas esferas concéntricas, como capas de cebolla, girarían con velocidades constantes transportando los cuerpos celestes.

Incluso se imaginó la «música de las esferas», Atanasio Kircher, en su *Musurgia Universalis* en 1650 recreó a cada cuerpo celeste emitiendo en su periplo un sonido continuo, de forma que las distintas proporciones de las esferas se traducían en notas diferentes produciendo una armonía sublime. Es una imagen ingenua, pero también el primer intento de expli-

car el movimiento de los astros sin invocar causas sobrenaturales.

Aristarco de Samos había deducido un sistema heliocéntrico, en el cual la Tierra tenía movimientos de traslación y de rotación. Lo injuriaron por ello, y la idea de que la Tierra era el ombligo del cielo sobrevivió hasta el siglo XVI.

El griego Claudio Ptolomeo, que vivió en Alejandría en el siglo II, recopiló ese tinglado geocéntrico en un libro clásico que los árabes llamaron *Almagesto*. En su mecánica celeste, el griego presumía una Tierra fija sobre la que orbitaban los demás cuerpos celestes. Luego nuestro cielo quedó hibernando sin demasiadas observaciones, hasta que en 1543, el polaco Nicolás Copérnico publicó *La revolución de las esferas celestes*. Postulaba que la Tierra no era el centro de nada, sólo permanecía



Figura 2. Hipótesis de Ptolomeo



Figura 3. La Tierra como ombligo del Universo (S. II)



Figura 4. Sistema copernicano y las estaciones terrestres (1542)

orbitando alrededor del Sol y sobre su propio eje en ciclos de 24 horas. Pasamos unas décadas y el danés Tycho Brahe solo precisó la posición de 777 estrellas para dibujar una nueva carta celeste. Invertió 25 años en su catálogo y un año después de su muerte, en 1600, su discípulo Johannes Kepler publicó los resultados. Con la ayuda del telescopio, Galileo Galilei, que había descubierto las lunas de Júpiter y documentado las fases de Venus, ofreció las pruebas inatacables de la validez del sistema copernicano. Cellarius lo sabía, pero bastante había sufrido huyendo de las persecuciones religiosas por Alemania, Polonia y Flandes como para meterse en camisa de once varas. Finalmente, él era más un dilettante que un científico, por eso hizo de su *Harmonia* una compilación, más que un tratado, una historia de la evolución de la astronomía.

Su obra registra 29 planchas que reflejan la bóveda celeste, la mayoría muestra un universo geocéntrico. A



Figura 5. Plano de Braheum

pesar de esta miscelánea en la que tanto vale lo antiguo como lo moderno, la *Harmonia* resulta una de las obras más excepcionales del XVII, por su grandiosidad y belleza, especialmente de sus escenografías: planchas que muestran la Tierra en cuatro perspectivas diferentes. Pero para el astrónomo profesional aportaba pocas novedades, ni cuadros con cifras, ni ejemplos de cálculo. Eran tiempos del Barroco, y en el gusto de la época, los grabadores se esmeran tanto en la pureza de las figuras mitológicas que apenas se distinguen las estrellas. La estética se impone a la utilidad.

Cellarius realizó su *Atlas* en 1660 salvándose de la inclusión en el índice de libros prohibidos gracias al sabio jesuita Athanasius Kircher, que abogó ante la Curia diciendo que se trataba de un libro de Historia. Los coleccionistas llaman a esta delicada joya tipográfica «albo corvo rarior». La distinguen como más rara que un cuervo blanco.

La Astronomía y el desarrollo de los mapas celestes, constituyen un apartado de la historia estrechamente ligado al mismo de la navegación en alta mar. Tan apasionante como lo es el firmamento. Antes de 1610 se inventa el telescopio, posiblemente un invento de Hans Lippershey, alemán fabricante de lentes, a partir de aquí, la imaginación científica como la popular se cautiva por la astronomía. Se activó entonces un mercado sediento de esferas celestes y sus conocimientos, sistemas cosmológicos y calendarios. En la ciencia, con la Cosmografía y sus instrumentos, se pudo determinar la posición de las estrellas sobre la bóveda celeste, valiéndose del astrolabio que durante los siglos XVI al XVIII, fue utilizado como el principal instrumento de navegación, hasta la invención del



Figura 6. El espectáculo del hemisferio boreal (1660)



Figura 7. Esfera Armillar

sextante, en 1750. Tecnologías que favorecieron el arte náutico y las exploraciones transoceánicas.

El cielo quedó representado en nuestro atlas de Andreas Cellarius y allí en 1660, hubo quienes prefirieron seguir mirando hacia él, donde quizás se dibujaban los sueños que podían hacer más hermosas sus vidas.

Se sentía un historiador del firmamento al servicio de navegantes y otros mansos contempladores de la noche. Estaba seguro de que había creado, el Atlas con las más espectaculares ilustraciones en la historia de la astronomía.

Hombre de aficiones variadas y ocupaciones plurales, principalmente maestro de latines y constructor de fortificaciones. Permanece neutral, por si la hoguera... de todos modos el Universo seguiría en armonía su curso ineluctable, frío, infinito y silencioso. Resplandecería indiferente a su soledad y a sus temores. Aunque esta vez lo había pintado, transformándolo en un cielo divino.

Publicado por Andrea Zucas en el Blog «Espejo de Navegantes»

Un dron para construir mapas de variables ambientales de los invernaderos



Un estudio realizado por investigadores del Grupo de Robótica y Cibernética (RobCib) del Centro de Automática y Robótica (CAR) —un centro mixto de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)— ha utilizado un dron para medir la temperatura, humedad, iluminación y concentración de dióxido de carbono de un invernadero. La capacidad del robot aéreo para desplazarse en las tres dimensiones y colocar los sensores en cualquier punto supone una ventaja sobre otras alternativas como las redes de sensores. Así, la utilización de esta tecnología puede ayudar a mejorar los sistemas de control del clima y la monitorización de los cultivos.

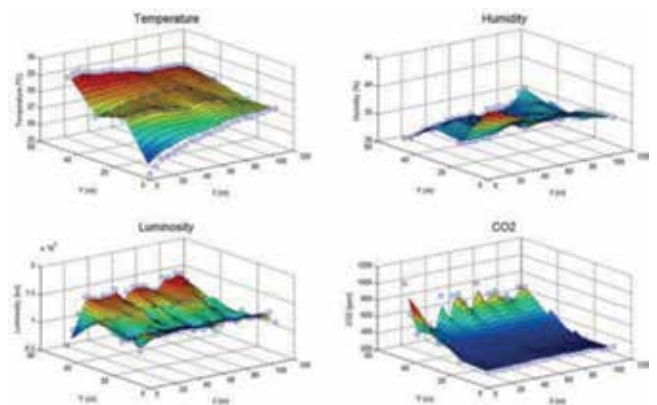
La agricultura en invernadero es un terreno propicio para aplicar las nuevas tecnologías. A día de hoy, muchos invernaderos poseen sistemas avanzados para controlar el clima o suministrar agua o nutrientes a las plantas. Los principales objetivos de la agricultura bajo plásticos son el control del clima, tanto a nivel global como a nivel local, y la monitorización de los cultivos. Por tanto, hay una ne-

cesidad de medir ciertas variables ambientales del invernadero de forma continua y precisa.

Muchos invernaderos poseen sistemas avanzados para controlar el clima o suministrar agua o nutrientes a las plantas.

En el trabajo realizado se ha empleado un robot aéreo impulsado por cuatro hélices que se denomina cuadricóptero (quadcopter) o cuadrirrotor (quadrotor). El uso de estos robots aéreos se está extendiendo por su tamaño reducido (su envergadura puede variar desde unos decímetros hasta uno o dos metros), su bajo coste (algunos están disponibles por unos pocos cientos de euros), su capacidad de maniobra y la gran cantidad de equipos que pueden transportar (por ejemplo, cámaras o sensores).

El quadrotor ha sido equipado con sensores de temperatura, humedad, iluminación y concentración de dióxido de carbono, así como un controlador para recoger sus medidas y enviar los valores a través de una red inalámbrica. Los investigadores han realizado un completo análisis de mecánica de fluidos computacional, que ha determinado la posición óptima para estos sensores y demostrado

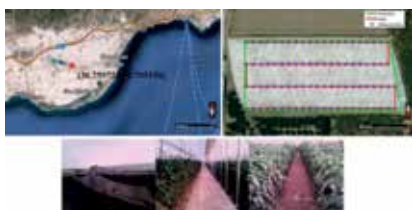


Mapas de temperatura, humedad, luminosidad y dióxido de carbono generados en el invernadero

que los flujos de las hélices no producen interferencias en sus medidas. El quadrotor puede seguir de forma autónoma recorridos programados por el invernadero o desplazarse libremente en busca de anomalías en sus mediciones.

Finalmente, todos los sistemas han sido probados en un experimento en un invernadero situado en el mar de plásticos de Almería. El robot ha realizado vuelos que recorren el invernadero completo en alrededor de veinte minutos y ha generado mapas de temperatura, humedad, iluminación y concentración de dióxido de carbono. Estos mapas se pueden utilizar, entre otras cosas, para asegurar que las condiciones ambientales son idóneas para el crecimiento de las plantas o para detectar fugas de temperatura y humedad debidas a defectos en las cubiertas.

Fuente: <http://www.iagua.es/>



Invernadero en el que fueron realizados los experimentos. UPM

Trimble Nomad Serie 1050

Trimble ha actualizado su popular serie Nomad 900G con la llegada de la serie Trimble Nomad 1050. Se trata de la siguiente generación de colectores de mano móviles GPS ruggedizados con mejoras consistentes en un procesador más rápido, más memoria de disco y una mayor duración de la batería en campo, junto con la última versión del sistema operativo WEEH.

Trimble Serie 1050 es perfecto para los profesionales GIS que necesitan movilidad en campo para la captura de datos, así como de trabajos de inspección y control industrial.

Con el colector de mano Nomad 1050, sus usuarios pueden:

- Trabajar en entornos que exigen dispositivos ultraruggedizados IP68 y norma militar MIL-STD-810G
- Procesar datos de campo de una manera veloz, con su procesador de 1GHZ
- Trabajar con cantidades sustanciales de datos, gracias a los 512 MB RAM Y 8GB de memoria disco.
- Utilizar en modo continuo más de 15 horas, por su batería de larga duración

El colector de mano 1050 integra un receptor GPS con una precisión en tiempo real y fijación de posición rápida, de 2 a 4 metros, ideal para captura de datos en entornos arbolados y edificios altos.

Totalmente compatible con el software Trimble Mapping&GIS, con lo que provee a sus usuarios de una completa solución para trabajo en campo y oficina.

Desde el año 2008 Eptisa TI es el distribuidor único autorizado por Trimble en España para la familia de soluciones GPS Trimble de Cartografía y GIS. De esta manera, EPTISA TI

complementa sus más de 12 años de experiencia en servicios de consultoría y proyectos en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica (GIS), con la inclusión en su catálogo de las soluciones GPS Trimble para toma de datos en campo, las cuales son ampliamente utilizadas por usuarios de todo el mundo y son la

referencia del mercado por su fiabilidad, robustez, flexibilidad, compatibilidad, así como garantía y facilidad de uso por el personal de campo y trabajo en gabinete.

Puede encontrar más información en www.trimble.com o bien en <http://tienda.eptisa.com>



El 57% de empresas de agricultura invertirá a medio plazo en este tipo de tecnologías basadas en Internet de las Cosas (IoT)

En la era en la que vivimos, ya no solo nos comunicamos entre las personas, sino que también lo hacemos con las máquinas. Las tecnologías del «Internet de las Cosas» (IoT), la red de objetos de nuestra vida cotidiana que están interconectados y se comunican, puede llegar a cualquier parte y se pueden aplicar a ámbitos tan dispares como la medicina o incluso, la agricultura, para convertirla en una herramienta con el objetivo de conseguir una mayor productividad, eficiencia, ahorro de costes y sostenibilidad medioambiental.

La idea del IoT es que todos los objetos físicos puedan estar conectados entre sí y con las personas, que funcionen de manera autónoma con su entorno, y reciban y envíen información útil. Las TIC, aplicadas al ámbito de la agricultura, pueden ayudarnos a conseguir más producción y con más calidad. El 30% de las empresas del sector agrícola ha implantado soluciones de automatización de riego y el 57% de las mismas invertirá a medio plazo en este tipo de tecnologías. No solo eso, un

18% plantea que hará esas inversiones este mismo 2015, según datos de un estudio llamado «Las soluciones digitales en la empresa española» elaborado por Movilforum.

Dentro del campo del medio ambiente, existen dispositivos que valoran, en tiempo real, la calidad del aire y comunican esos datos, lo que podría usarse para evitar la contaminación urbana. Ya se controla el impacto de las condiciones oceánicas y el cambio climático en los ecosistemas marinos, y los datos se envían a través de tecnologías inalámbricas, como satélite y redes móviles.

La tecnología Smart Agro de Telefónica se basa en sensores inteligentes, económicos, y con muy bajo consumo eléctrico, capaces de captar información como temperatura, radiación solar, pH, conductividad y humedad del terreno, entre otros. Gracias a este proyecto se permite conocer los parámetros de producción, de la transformación, de la comercialización, e incluso se pueden preparar calendarios de cultivo. Estos sensores envían la información a una plataforma «en la nube» en la que se procesa y presenta la información

para que los expertos puedan tomar decisiones y actuar eficazmente. Aunque sea desde muchos kilómetros de distancia, para incluso, anticiparse a lo que puede suceder en el lugar en el que se producirá la venta del producto.

Asimismo esta solución también es aplicable a la ganadería, con la monitorización de silos para harinas de alimentación animal en granjas, lo cual permite la optimización de los procesos de reabastecimiento de comida y fabricación de los piensos animales además de conocimiento de cuánto está consumiendo la cabaña. Además la solución permite el control de temperatura y humedad en granjas para la vigilancia de la cría y el buen desarrollo de los animales en la misma.

La «agricultura de precisión» no solo requiere la información que el Big Data pueda proporcionarla, y su análisis, si no que requiere también el uso de las tecnologías de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), satélites e imágenes aéreas junto con Sistemas de Información Geográfica (SIG) para estimar, evaluar los posibles cambios y predecir con más exactitud la producción de los cultivos. Este tipo de sistema se traduce en la optimización de la calidad y cantidad de un producto agrícola, minimizando su coste a través del uso de tecnologías más eficientes y de una manera más sostenible.

Fuente: Tendencias21



La española Alpha Unmanned Systems vende su UAV Sniper en Israel

Alpha Unmanned Systems ha firmado un acuerdo con el Centro de Investigación agrícola Volcani del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Israel para el suministro de sus helicópteros no tripulados Sniper. La empresa madrileña suministrará dos helicópteros no tripulados del modelo Sniper para su uso como herramienta de investigación en programas agrícolas.

Se trata de la primera vez que Alpha Unmanned Systems vende sus productos en Israel, precisamente un país que lidera el mercado de aeronaves no tripuladas. El Centro Volcani ha seleccionado el helicóptero Sniper para emplear tecnologías relacionadas como el análisis de imágenes para el estudio de superficies agrícolas. El Sniper puede volar de manera autónoma durante dos horas portando una carga útil de 2,5 kilos a una distancia de entre 15 y 30 kilómetros.

Fuente: Defensa.com



Jornada de Cartografía en la Biblioteca Nacional de España

Difundiendo la cartografía antigua 29 de octubre de 2015

El día 29 de octubre de 2015 se celebrará, en el salón de actos de la Biblioteca Nacional de España, una Jornada de Cartografía con el título Difundiendo la cartografía antigua que, coordinada por Carmen García Calatayud, Jefe del Servicio de Cartografía de la BNE, tiene una doble finalidad: por un lado, dar a conocer el importante Patrimonio cartográfico que custodia la Biblioteca y, por otro, reunir a los bibliotecarios especialistas en cartografía de la propia BNE y a otros expertos dedicados al estudio cartográfico, tanto investigadores como representantes de instituciones y universidades.

La Jornada, dedicada a la cartografía antigua y a su difusión a través de las nuevas tecnologías, se divide en dos partes. La primera realiza un recorrido por la historia de la cartografía desde la Edad Media hasta el siglo XVII, a través de distintas ponencias. Se destacarán aspectos históricos importantes relacionados con la cartografía resaltando, al mismo tiempo, las principales obras conservadas en la Biblioteca Nacional de España que marcaron cada uno de los periodos examinados. La segunda parte, se desarrolla en una Mesa redonda donde se analizará, desde



Figura 1. Prioris Hemispherii totiusque Geographici huius operis métrica dedicatio. Christian Sgrooten. 1592

cuatro puntos de vista diferentes, la importancia que actualmente tienen las nuevas tecnologías para el estudio, conocimiento y sobre todo para la difusión de la cartografía antigua.

Desde un punto de vista cartográfico, el periodo histórico analizado es muy interesante ya que representa un cambio radical en la manera de concebir el mundo y en la forma de hacer cartografía.

La Jornada está dirigida a profesionales del ámbito de la cartografía, así como a todos los que quieran conocer y aprender más sobre el apasionante mundo de los mapas. La inscripción, imprescindible, se realizará a través de la página web de la BNE: www.bne.es a partir de la última semana de septiembre.

PROGRAMA PROVISIONAL

9:00 Recepción y recogida de Documentación

9:30 Acto de apertura

Ana Santos Aramburo, Directora de la BNE

Irene Pintado Casas, Directora Departamento de Bellas Artes y Cartografía de la BNE

10:00 – 11:30 Cartografía de la Edad Media

10:00 – Cartografía de la Alta Edad Media: la concepción geográfica del mundo a través de los mapas, conferencia a cargo de Sandra Sáenz-López Pérez, Museo Cartográfico Juan de la Cosa, investigadora.

10:30 – Cartografía de la Baja Edad Media: la cartografía para navegantes, conferencia de José M^a Moreno Martín, Museo Naval, Responsable Sección de Cartografía y Archivo fotográfico

11:00 – El fondo cartográfico de la Edad Media en la BNE, conferencia a cargo de Eloísa Esteban Roldán, BNE, Jefa de la Sección de Cartografía antigua

11:30 – 12:00 Pausa café

12:00 – 13:30 La cartografía desde el Renacimiento al siglo XVII

12:00 – El nacimiento de la cartografía moderna y su evolución en España. Reyes y cartógrafos, conferencia a cargo de Antonio Crespo Sanz, Universidad de Valladolid.

12:30 – La cartografía ibérica del Atlántico, el Padrón Real y la producción de mapas en la Casa de la Contratación de Sevilla, conferencia a cargo de Antonio Sánchez Martínez, Universidad de Lisboa, Centro Universitario de História das Ciências e da Tecnologia, Investigador

13:00 – La cartografía de los siglos XVI y XVII. Las grandes empresas familiares europeas, conferencia a cargo de Carmen Líte Mayayo, ex Jefe de Servicio de Cartografía de la BNE

13:30 – El fondo cartográfico desde el Renacimiento al siglo XVII en la BNE, conferencia a cargo de M^a Carmen García Calatayud, BNE, Jefe de Servicio de Cartografía

14:00 – 16:00 – Pausa

16:00 – 17:00 Mesa redonda Nuevas tecnologías aplicadas a la cartografía antigua, presenta y modera Pablo Carbajosa, Universidad Pontificia de Comillas, Coordinador del Club de Debate de ICAI / ICADE, con las siguientes intervenciones:

BDH, FLICKR, a cargo de Óscar García Viñas y Juan José Sogo Aldamendi, BNE, Servicio de Cartografía

Proyecto Beatos, a cargo de M^a José Rucio Zamorano, BNE, Jefe del Servicio de Manuscritos e Incunables

Georeferenciación, a cargo de Judith Sánchez González, Instituto Geográfico Nacional, Servicio de Documentación Geográfica y Biblioteca, Jefe de la Sección de Sistemas Informáticos

Digitalización y facsímiles, a cargo de Adam Lowe, editorial Factum Art.

17:00 – 18:00 – Debate

18:00 – Clausura

Programa de Doctorado en Ingeniería Geomática

El Programa de Doctorado de Ingeniería Geomática es un programa conjunto de la Universidad Politécnica de Madrid y la Universitat Politècnica de Valencia, cumpliendo con la normativa del Real Decreto 99 de 2011.

Si quieres realizar la tesis doctoral en alguna de las temáticas propias de la ingeniería geomática o geotecnología, trabajando en un grupo de investigación consolidado, en proyectos innovadores y de relevancia, esta puede ser tu oportunidad.

La duración será de un máximo de tres años a tiempo completo y el programa te capacitará como profesional en la investigación del campo de estudio elegido.

Entre las actividades formativas que deberás realizar se encuentran: publicación en revistas científicas, generación de patentes o copyrights, participación en congresos y estancias en centros de investigación o empresas. Además participarás en un encuentro bianual donde todos los alumnos del programa de doctorado deberán presentar su investigación.

Las principales líneas de investigación del programa son: Modelización y



Geocomputación, Geodesia y Geofísica, y Observación del Territorio, Cartografía y Aplicaciones Medioambientales.

Actualmente, las instituciones y empresas colaboradoras con el programa son: Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Instituto Geográfico Nacional y Centro Nacional de Información Geográfica, Leica Geosystems S.L., Topcon Positioning Spain, S.L.U., Trimble Navigation Ibérica y Centro Tecnológico de Telecomunicaciones de Catalunya.

Cartografía sin precedentes de las fallas del Mar de Alborán

Las fallas del Mar de Alborán están situadas en el límite entre las placas de Eurasia y de África, que se mueven muy lentamente -apenas unos 4 ó 5 milímetros cada año- ejerciendo presión la una contra la otra.

Científicos del Instituto de Ciencias del Mar han cartografiado las fallas del Mar de Alborán, la zona más occidental del Mediterráneo, con una resolución sin precedentes.

Las imágenes se han tomado durante la campaña SHAKE (acrónimo de Searching The Record of Past Earthquakes in South Iberia), en la que también han participado científicos internacionales, según ha explicado el Consejo Superior de Investigaciones Científicas

(CSIC), del que depende el Instituto barcelonés de Ciencias del Mar.

El objetivo del proyecto es caracterizar distintos sistemas de fallas activas en el Mar de Alborán a través de la obtención de sus parámetros sísmicos, la detección de escarpaduras de falla en el fondo marino y la identificación de rupturas o depósitos asociados a seísmos pasados, lo que se conoce como paleosismología marina.

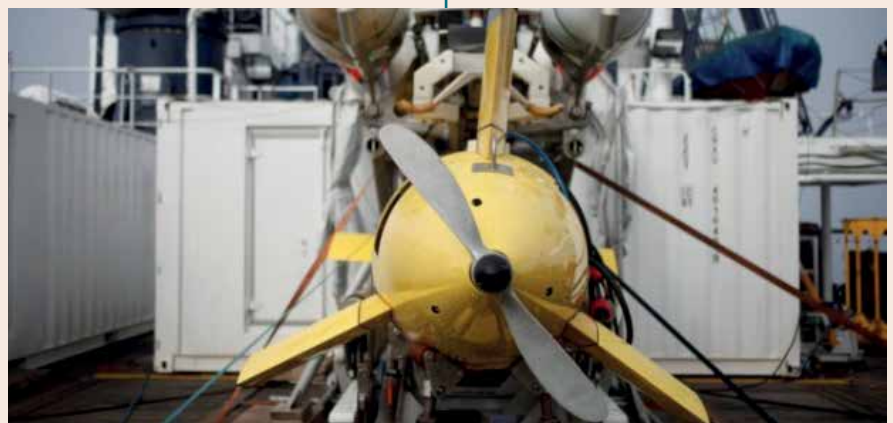
A través de estos parámetros se pueden evaluar los riesgos geológicos de la zona.

Desde el barco oceanográfico Sarmiento de Gamboa, del CSIC, se han sumergido dos vehículos autónomos submarinos y uno operado remotamente con los que se han tomado imágenes en alta resolución.

Estos vehículos pueden trabajar a profundidades de entre 2.000 y 3.000 metros.

«Aunque estas fallas estaban bien caracterizadas gracias a anteriores trabajos realizados por nuestro grupo en la última década, el nivel de resolución era menor, ya que todas las medidas se habían tomado desde el barco», explica Eulalia Gracia, del Instituto de Ciencias del Mar y responsable del proyecto SHAKE.

«En esta campaña, al disponer de vehículos submarinos de control remoto, hemos podido acercarnos a las fallas y examinarlas con un detalle sin precedentes. Hemos obtenido un cartografiado con una resolución de decenas de centímetros», añade.



Vehículo usado en el proyecto Shake para cartografiar las fallas del mar de Alborán. Foto del CSIC

Las fallas del Mar de Alborán están situadas en el límite entre las placas de Eurasia y de África, que se mueven muy lentamente -apenas unos 4 ó 5 milímetros cada año- ejerciendo presión la una contra la otra.

No obstante, y dada su gran longitud, tienen el potencial de generar grandes terremotos pero, al no existir registros de movimientos sísmicos anteriores asociados a esas fallas, se desconoce su recurrencia.

A ello contribuirá el cartografiado de las fallas realizado durante esta campaña ya que permitirá conocer los terremotos que se han producido a lo largo de la historia.

Fuente: Agencia EFE

Cádiz es el lugar idóneo para ser la sede del Instituto Hidrográfico

En este organismo de la Armada trabajan 200 personas en la producción de la cartografía náutica nacional.

Juan Antonio Aguilar Cavanillas tomó el mando del Instituto Hidrográfico el pasado día 19 de junio.

-Hace un mes fue nombrado director del Instituto Hidrográfico de la Armada, ¿cómo se enfrenta a esta nueva etapa?

Evidentemente con mucha ilusión, con la tarea de continuar la transformación que se está llevando a cabo en el Instituto para adaptarlo a las nuevas necesidades en el campo de la cartografía náutica y a las nuevas tecnologías disponibles.

-¿Cuáles son los principales retos que afronta?

Precisamente el lograr que el IHM, en una época de restricciones presupuestarias y de disminución del personal de plantilla, sea capaz de responder a la tarea que tiene encomendada por

ley, tanto en el campo de la producción cartográfica como en el de formación del personal especialista.

-Sus anteriores labores en la Armada, ¿pueden entenderse como un paso previo para desarrollar su trabajo actual?

Sin duda alguna, mi experiencia previa de nueve años a bordo de buques hidrográficos y oceanográficos, seis de los cuales como Comandante sucesivamente de los buques Pollux, Malaspina y Hespérides, así como los cuatro años en los que ocupé el puesto de Secretario Técnico del IHM, me facilitan encarar esta nueva etapa con conocimiento profundo de los medios tanto humanos como materiales que tendré a mis disposición para llevar a cabo esta tarea.

-Quizá este organismo sea un poco desconocido para la ciudadanía, ¿puede resumirme cuáles son sus funciones principales? ¿Cuántas personas trabajan en este espacio?

El IHM tiene la misión fundamental que recoge la Ley 7/86 de Ordenación de la Cartografía, de la formación y conservación de la cartografía náutica básica nacional, así como las publicaciones náuticas que las complementan como son los Derroteros, Libros de Faros y Radioseñales y Anuario de Mareas, todo ello encaminado a conseguir la seguridad en la navegación en las aguas bajo jurisdicción española. Este trabajo se desarrolla gracias a la labor que lleva a cabo, en primer lugar, el personal destinado en la flotilla de buques y lanchas transportables para la recogida de datos, y del personal destinado en el IHM propiamente dicho para el procesado posterior de los datos de campo obtenidos y la producción final de la cartografía náutica. En conexión directa tanto con el IHM como con los buques hidrográficos, la Escuela de Hidrografía de la Armada forma al personal especialista tanto nacional como extranjero, siguiendo el plan de estudios reconocido oficialmente por la Organización Hidrográfica Internacional y refrendado por el Ministerio de Defensa.

Una cifra que ronda las 200 personas y que comprende tanto al personal militar como civil, son los responsables de la producción de la cartografía náutica en España.

-¿Qué papel juegan las nuevas tecnologías en la compilación de datos hidrográficos y en la cartografía náutica?

Fundamental, me atrevería a decir. La informática, como en tantos otros campos de nuestra actividad en la actualidad, juega un papel fundamental tanto en la recogida de datos de batimetría o de variación de la altura de marea como en su procesado posterior, en la compilación de la cartografía y en su edición final, ya sea en formato papel o en formato electrónico. A su vez, las nuevas ecosondas multihaz que nos permiten obtener información completa de la orografía del fondo marino, con mucha mayor eficiencia que las antiguas ecosondas monohaz, así como los sistemas de posicionamiento por satélite de mucha mayor exactitud, nos permiten ser más rigurosos y más eficientes a la hora de llevar a cabo nuestro trabajo.

-¿Qué le parece la ciudad?

Conozco Cádiz desde hace más de 25 años y he sido testigo de una transformación que le ha llevado a convertirse en una ciudad francamente agradable para vivir, por su gente, por su clima y por sus costumbres. Su historia y su relación no solo con la Armada sino con el mundo de la náutica en general, creo personalmente que hacen de ella el lugar idóneo para ser la sede del Instituto Hidrográfico de la Marina.

Fuente: Diario de Cádiz



El comandante, en su despacho.



Estas VI Jornadas se desarrollan a lo largo de tres días, del 4 al 6 de noviembre, en la ciudad de Sevilla, e incluyen la realización de talleres, presentaciones y un espacio técnico con exposiciones de una amplia variedad de empresas relacionadas con todo este campo de actividad.

Las sesiones técnicas estarán compuestas por las comunicaciones presentadas bajo el lema:

«Interoperabilidad y armonización: compartiendo conocimiento y fomentando innovación»

Los temas sobre los que deberán versar las comunicaciones son:

- Implementación y Seguimiento de la Directiva Inspire
- Políticas de datos y licencias. Datos abiertos
- Implementación de servicios
- Interoperabilidad de conjuntos de datos espaciales
- Gestión de metadatos y catálogos
- Aplicaciones web y móviles en las IDE
- Desarrollos e innovación tecnológica
- Las IDE en las Ciudades inteligentes
- Semántica y datos enlazados
- Proyectos IDE en la Administración y el sector privado
- IDE, Neocartografía y cooperación
- Formación y difusión
- Impacto y análisis coste/beneficio

El plazo de presentación de resúmenes y calendario de fechas a tener en cuenta es:

- 15 de septiembre 2015: fecha límite de recepción de resúmenes
- 29 de septiembre 2015: finaliza la evaluación de resúmenes y se comunica la aceptación como ponencia oral
- 26 de octubre 2015: fecha límite de recepción de artículos
- 2 de noviembre 2015: fecha límite de recepción de artículos para la presentación (PPT, ODP, PDF)

INTERGEO 2015

INTERGEO[®]

Conference and trade fair for geodesy,
geoinformation and landmanagement

15-09-2015 / 17-09-2015

■ Stuttgart, Alemania

■ Contact: dkatzer@hinte-messe.de

■ Website: <http://www.intergeo.de/>

12th Symposium on Location Based Services



16-09-2015 / 18-09-2015

■ Augsburg, Múnich

■ Contact: jukka.krisp@geo.uni-augsburg.de

■ Website: <http://www.lbs2015.tum.de/index.php?id=3>

SPIE Remote Sensing 2015

SPIE
CONNECTING MINDS.
ADVANCING LIGHT.

21-09-2015 / 24-09-2015

■ Toulouse, Francia

■ Contact: <http://spie.org/spieremotesensing>

■ Website: <http://spie.org/spieremotesensing>

VII Convención de Agrimensura



23-09-2015 / 26-09-2015

■ La Habana, Cuba

■ Contact: silvia@unaicc.co.cu

■ Website: <http://www.agrimensuracuba.com/>

DIGITAL HERITAGE 2015

**DIGITAL
HERITAGE**

28-09-2015 / 02-10-2015

■ Granada, España

■ Contact: info@digitalheritage2015.org

■ Website: <http://www.digitalheritage2015.org/>

ASPRS UAS Technical Demonstration and Symposium



29-09-2015 / 30-09-2015

■ Reno Nevada, Estados Unidos

■ Contact: <http://www.asprs.org/About-Us/Staff-Email-Voice-Directory.html>

■ Website: <http://www.asprs.org/ASPRS-Conferences.html>

XVII Jornadas Internacionales de Patrimonio Industrial



30-09-2015 / 04-10-2015

■ Gijón, Asturias

■ Contact: incuna@telecable.es

■ Website: <http://incuna.es/>

9th Symposium of the International Society for Digital Earth



05-10-2015 / 09-10-2015

■ Nueva Escocia, Canadá

■ Contact: info@digitalearth2015.ca

■ Website: <http://digitalearth2015.ca/>

COIBRECOPA 2015



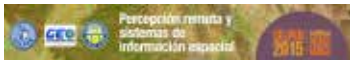
07-10-2015 / 09-10-2015

■ La Plata, Argentina

■ **Contact:** direccion@lemit.gov.ar

■ **Website:** <http://www.coibrecopa.com.ar/index.html>

XXI Reunión Nacional SEL- PER-México 2015



12-10-2015 / 16-10-2015

■ Ciudad Juárez, México

■ **Contact:** selpermexico@ciga.unam.mx

■ **Website:** <http://www.uacj.mx/SC/Paginas/SEL-PER-Mexico-UACJ-2015.aspx>

Geospatial Techniques in Geosciences



21-10-2015 / 22-10-2015

■ Taza, Marruecos

■ **Contact:** taza.gcg@yahoo.fr

■ **Website:** <https://sites.google.com/a/usmba.ac.ma/gt-geosciences/home>

15th International Scientific and Technical Conference "From imagery to map: digital photogrammetric technologies"



26-10-2015 / 29-10-2015

■ Yucatán, México

■ **Contact:** conference@racurs.ru

■ **Website:** www.racurs.ru

DroneShow 2015



28-10-2015 / 29-10-2015

■ Sao Paulo, Brasil

■ **Contact:** atendimento@mundogeo.com

■ **Website:** <http://www.droneshowla.com/>

XXIV Congreso de la Asociación de Geógrafos Españoles



28-10-2015 / 30-10-2015

■ Zaragoza, España

■ **Contact:** secreage@unizar.es

■ **Website:** <http://congresoage.unizar.es/>

Joint International Geoinformation Conference 2015



28-10-2015 / 30-10-2015

■ Kuala Lumpur, Malasia

■ **Contact:** alias@utm.my

■ **Website:** <http://www.geoinfo.utm.my/jointgeoinfo2015/index.html>

1st ICA European Symposium on Cartography



10-11-2015 / 12-11-2015

■ Viena, Austria

■ **Contact:** info@eurocarto.org

■ **Website:** <http://eurocarto.org/>

1. Información general

MAPPING es una revista técnico-científica que tiene como objetivo la difusión y enseñanza de la Geomática aplicada a las Ciencias de la Tierra. Ello significa que su contenido debe tener como tema principal la Geomática, entendida como el conjunto de ciencias donde se integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica, y su utilización en el resto de Ciencias de la Tierra. Los trabajos deben tratar exclusivamente sobre asuntos relacionados con el objetivo y cobertura de la revista.

Los trabajos deben ser originales e inéditos y no deben estar siendo considerados en otra revista o haber sido publicados con anterioridad. MAPPING recibe artículos en español y en inglés. Independientemente del idioma, todos los artículos deben contener el título, resumen y palabras claves en español e inglés.

Todos los trabajos seleccionados serán revisados por los miembros del Consejo de Redacción mediante el proceso de «Revisión por pares doble ciego».

Los trabajos se publicarán en la revista en formato papel (ISSN: 1131-9100) y en formato electrónico (eISSN: 2340-6542).

Los autores son los únicos responsables sobre las opiniones y afirmaciones expresadas en los trabajos publicados.

2. Tipos de trabajos

- **Artículos de investigación.** Artículo original de investigaciones teóricas o experimentales. La extensión no podrá ser superior a 8000 palabras incluyendo resumen, tablas y figuras, con un máximo de 40 referencias bibliográficas. Cada tabla o figura será equivalente a 100 palabras. Tendrá la siguiente estructura: título, resumen, palabras clave, texto (introducción, material y método, resultados, discusión y conclusiones), agradecimientos y bibliografía.
- **Artículos de revisión.** Artículo detallado donde se describe y recopila los desarrollos más recientes o trabajos publicados sobre un determinado tema. La extensión no podrá superar las 5000 palabras, incluyendo resumen, tablas y figuras, con un máximo de 25 referencias bibliográficas.
- **Informe técnico.** Informe sobre proyectos, procesos, productos, desarrollos o herramientas que no supongan investigación propia, pero que sí muestren datos técnicos interesantes y relevantes. La extensión máxima será de 3000 palabras.

3. Formato del artículo

El formato del artículo se debe ceñir a las normas

expuestas a continuación. Se recomienda el uso de la plantilla «Plantilla Texto» y «Recomendaciones de estilo». Ambos documentos se pueden descargar en la web de la revista.

- A. Título.** El título de los trabajos debe escribirse en castellano e inglés y debe ser explícito y preciso, reflejando sin lugar a equívocos su contenido. Si es necesario se puede añadir un subtítulo separado por un punto. Evitar el uso de fórmulas, abreviaturas o acrónimos.
- B. Datos de contacto.** Se debe incluir el nombre y 2 apellidos, la dirección, el correo electrónico, el organismo o centro de trabajo. Para una comunicación fluida entre la dirección de la revista y las personas responsables de los trabajos se debe indicar la dirección completa y número de teléfono de la persona de contacto.
- C. Resumen.** El resumen debe ser en castellano e inglés con una extensión máxima de 200 palabras. Se debe describir de forma concisa los objetivos de la investigación, la metodología empleada, los resultados más destacados y las principales conclusiones.
- D. Palabras clave.** Se deben incluir de 5-10 palabras clave en castellano e inglés que identifiquen el contenido del trabajo para su inclusión en índices y bases de datos nacionales e internacionales. Se debe evitar términos demasiado generales que no permitan limitar adecuadamente la búsqueda.
- E. Texto del artículo de investigación.** La redacción debe ser clara y concisa con la extensión máxima indicada en el apartado «Tipos de trabajo». Todas las siglas citadas deben ser aclaradas en su significado. Para la numeración de los apartados y subapartados del artículo se deben utilizar cifras arábigas (1. Título apartado; 1.1. Título apartado; 1.1.1. Título apartado). La utilización de unidades de medida debe seguir la normativa del Sistema Internacional.

El contenido de los **artículos de investigación** puede dividirse en los siguientes apartados:

- **Introducción:** informa del propósito del trabajo, la importancia de éste y el conocimiento actual del tema, citando las contribuciones más relevantes en la materia. No se debe incluir datos o conclusiones del trabajo.
- **Material y método:** explica cómo se llevó a cabo la investigación, qué material se empleó, qué criterios se utilizaron para elegir el objeto del estudio y qué pasos se siguieron. Se debe describir la metodología empleada, la instrumentación y sistemática, tamaño de la muestra, métodos estadísticos y su justificación. Debe presentarse de la forma más conveniente para que el lector comprenda el desarrollo de la investigación.

- **Resultados:** pueden exponerse mediante texto, tablas y figuras de forma breve y clara y una sola vez. Se debe resaltar las observaciones más importantes. Los resultados se deben expresar sin emitir juicios de valor ni sacar conclusiones.
- **Discusión:** en este apartado se compara el estudio realizado con otros que se hayan llevado a cabo sobre el tema, siempre y cuando sean comparables. No se debe repetir con detalle los datos o materiales ya comentados en otros apartados. Se pueden incluir recomendaciones y sugerencias para investigaciones futuras.
En algunas ocasiones se realiza un único apartado de resultados y discusión en el que al mismo tiempo que se presentan los resultados se va discutiendo, comentando o comparando con otros estudios.
- **Conclusiones:** puede realizarse una numeración de las conclusiones o una recapitulación breve del contenido del artículo, con las contribuciones más importantes y posibles aplicaciones. No se trata de aportar nuevas ideas que no aparecen en apartados anteriores, sino recopilar lo indicado en los apartados de resultados y discusión.
- **Agradecimientos:** se recomienda a los autores indicar de forma explícita la fuente de financiación de la investigación. También se debe agradecer la colaboración de personas que hayan contribuido de forma sustancial al estudio, pero que no lleguen a tener la calificación de autor.
- **Bibliografía:** debe reducirse a la indispensable que tenga relación directa con el trabajo y que sean recientes, preferentemente que no sean superiores a 10 años, salvo que tengan una relevancia histórica o que ese trabajo o el autor del mismo sean un referente en ese campo. Deben evitarse los comentarios extensos sobre las referencias mencionadas.
Para citar fuentes bibliográficas en el texto y para elaborar la lista de referencias se debe utilizar el formato APA (*American Psychological Association*). Se debe indicar el DOI (*Digital Object Identifier*) de cada referencia si lo tuviera. Utilizar como modelo el documento «**Como citar bibliografía**» incluido en la web de la revista. La exactitud de las referencias bibliográficas es responsabilidad del autor.
- **Curriculum:** se debe incluir un breve curriculum de cada uno de los autores lo más relacionado con el artículo presentado y con una extensión máxima de 200 palabras.

En los **artículos de revisión e informes técnicos** se debe incluir título, datos de contacto, resumen y palabras claves, quedando el resto de apartados a consideración

de los autores.

F. Tablas, figuras y fotografías. Se deben incluir solo tablas y figuras que sean realmente útiles, claras y representativas. Se deben numerar correlativamente según la cita en el texto. Cada figura debe tener su pie explicativo, indicándose el lugar aproximado de colocación de las mismas. Las tablas y figuras se deben enviar en archivos aparte, a ser posible en fichero comprimido. Las fotografías deben enviarse en formato JPEG o TIFF, las gráficas en EPS o PDF y las tablas en Word, Excel u Open Office. Las fotografías y figuras deben ser diseñadas con una resolución mínima de 300 pixel por pulgada (ppp).

G. Fórmulas y expresiones matemáticas. Debe perseguirse la máxima claridad de escritura, procurando emplear las formas más reducidas o que ocupen menos espacio. En el texto se deben numerar entre corchetes. Utilizar editores de fórmulas o incluirlas como imagen.

4. Envío

Los trabajos originales se deben remitir preferentemente a través de la página web <http://www.mappinginteractivo.es> en el apartado «**Envío de artículos**», o mediante correo electrónico a info@mappinginteractivo.es. El formato de los archivos puede ser Microsoft Word u Open Office y las figuras vendrán numeradas en un archivo comprimido aparte.

Se debe enviar además una copia en formato PDF con las figuras, tablas y fórmulas insertadas en el lugar más idóneo.

5. Proceso editorial y aceptación

Los artículos recibidos serán sometidos al Consejo de Redacción mediante «**Revisión por pares doble ciego**» y siguiendo el protocolo establecido en el documento «**Modelo de revisión de evaluadores**» que se puede consultar en la web.

El resultado de la evaluación será comunicado a los autores manteniendo el anonimato del revisor. Los trabajos que sean revisados y considerados para su publicación previa modificación, deben ser devueltos en un plazo de 30 días naturales, tanto si se solicitan correcciones menores como mayores.

La dirección de la revista se reserva el derecho de aceptar o rechazar los artículos para su publicación, así como el introducir modificaciones de estilo comprometiéndose a respetar el contenido original.

Se entregará a todos los autores, dentro del territorio nacional, la revista en formato PDF mediante enlace descargable y 1 ejemplar en formato papel. A los autores de fuera de España se les enviará la revista completa en formato electrónico mediante enlace descargable.

Suscripción a la revista MAPPING

Subscriptions and orders

Datos del suscriptor / Customer details:

Nombre y Apellidos / Name and Surname: _____
Razón Social / Company or Institution name: _____ NIF-CIF / VAT Number: _____
Dirección / Street address: _____ CP / Postal Code: _____
Localidad / Town, City: _____ Provincia / Province: _____
País - Estado / Country - State: _____ Teléfono / Phone: _____
Móvil / Mobile: _____ Fax / Fax: _____
e-mail: _____ Fecha / Order date: ____/____/____

PAPEL

SUSCRIPCIÓN ANUAL / SUBSCRIPTION:

- España / Spain : 60€
- Europa / Europe: 90€
- Resto de Países / International: 120€

Precios de suscripción por año completo 2015 (6 números por año) *Prices year 2015 (6 issues per year)*

NÚMEROS SUELTOS / SEPARATE ISSUES:

- España / Spain : 15€
- Europa / Europe: 22€
- Resto de Países / International: 35€

Los anteriores precios incluyen el IVA. Solamente para España y países de la UE *The above prices include TAX Only Spain and EU countries*

DIGITAL

SUSCRIPCIÓN ANUAL / ANNUAL SUBSCRIPTION:

- Internacional / International : 25€

Precios de suscripción por año completo 2015 (6 números por año) en formato DIGITAL y enviado por correo electrónico / *Prices year 2015 (6 issues per year)*

NÚMEROS SUELTOS / SEPARATE ISSUES:

- Internacional / International : 8€

Los anteriores precios incluyen el IVA. Solamente para España y países de la UE *The above prices include TAX Only Spain and EU countries*

Forma de pago / Payment:

Transferencia a favor de eGeoMapping S.L. al número de cuenta CAIXABANK, S.A.:

2100-1578-31-0200249757

Bank transfer in favor of eGeoMapping S.L., with CAIXABANK, S.A.:

IBAN nº: ES83-2100-1578-3102-0024-9757 (SWIFT CODE: CAIXAESBXXX)

Distribución y venta / Distribution and sale:

Departamento de Publicaciones de eGeoMapping S.L.

C/ Linneo 37. 1ºB. Escalera central. 28005-Madrid

Tels: (+34) 91 006 72 23; (+34) 655 95 98 69

e-mail: info@mappinginteractivo.es

www.mappinginteractivo.es

Firma _____

Visión instantánea en su lugar de trabajo +++



+++ CONSTRUCCIÓN · AGRICULTURA · MINERIA +++



Alta precisión y fotografías aéreas
precisas utilizando GNSS RTK
para ahorrar tiempo.

www.topconpositioning.es

MINISTERIO DE FOMENTO
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

cartografía digital



Oficina central y comercialización:
General Ibáñez de Ibero, 3 • 28003 MADRID
Teléfono: +34 91 597 94 53 • Fax: +34 91 553 29 13
e-mail: consulta@cnig.es

CENTRO DE DESCARGAS DE DATOS

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

BASE CARTOGRÁFICA NUMÉRICA (BCN 1000, 50, 200, 25),

MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL (MTN50,25),

MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT1000, 200, 25),

LÍNEAS LÍMITE, BASE DE DATOS DE POBLACIÓN, MAPA DE USOS DEL SUELO,
ATLAS NACIONAL DE ESPAÑA, CARTOGRAFÍA TEMÁTICA.