

# Fomento



► En servicio el tramo Jaca (Oeste)-Santa Cilia de la autovía A-21

► Tren de Noé: el ferrocarril contra el cambio climático

► PNOA-Lidar, modelos del terreno que mejoran la seguridad aérea

► El Instituto Hidrográfico de la Marina y los mapas del fondo del mar




GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE FOMENTO

Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Centro de Publicaciones <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones

Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Centro de Publicaciones <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza



# Centro de Publicaciones

Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Centro de Publicaciones <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones

# Sumario

## taff

Edición y coordinación de contenidos:  
Centro de Publicaciones.

Página web:  
[www.fomento.gob.es/publicaciones](http://www.fomento.gob.es/publicaciones).

Colaboran en este número:  
Jesús María Garrido Sáenz de Tejada, Jorge  
Martínez Luceño, Javier R. Ventosa y Julia Sola

Comité de redacción:  
Presidencia:  
Jesús M. Gómez García.  
(Subsecretario de Fomento).

Vicepresidencia:  
Angélica Martínez Ortega  
(Secretaria General Técnica).

Vocales:  
Alfredo Rodríguez Flores  
(Director de Comunicación),  
Francisco Ferrer Moreno  
(Director del Gabinete de la Secretaría  
de Estado de Infraestructuras,  
Transporte y Vivienda),  
Belén Villar Sánchez  
(Jefa del Gabinete de la Subsecretaría),  
Mónica Marín Díaz  
(Directora del Gabinete Técnico de la  
Secretaría General de Infraestructuras),  
Roberto Angulo Revilla  
(Jefe del Gabinete Técnico de la Secretaría  
General de Transportes)  
y María Isabel Badía Gamarra  
(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría  
General de Vivienda).

Dirección:  
Nuevos Ministerios. Paseo de la Castellana, 67.  
28071 Madrid.  
Teléf.: 915 970 000. Fax: 915 978 470.

Suscripciones:  
91 597 72 61  
Esmeralda Rojo.  
E-mail: [cpublic@fomento.es](mailto:cpublic@fomento.es)

Dep. Legal: M-666-1958  
NIP0: 161-15-005-0  
ISSN: 1577-4589  
ISSN: 1577-4929  
NIP0e: 161-15-006-6

Esta publicación no se hace  
necesariamente solidaria con las  
opiniones expresadas en las  
colaboraciones firmadas.

Esta revista se imprime  
en papel FSC o equivalente.

2

### Alternativa en el Pirineo

En servicio el tramo Jaca (Oeste)-Santa Cilia  
de la autovía A-21 en Huesca



12

### Una nueva arca contra el cambio climático

El tren de Noé, una iniciativa europea para dar  
a conocer las ventajas medioambientales del  
transporte ferroviario de mercancías



20

### Modelos de precisión

PNOA-LiDAR en el ámbito de la seguridad aérea:  
Directrices técnicas para los Datos Electrónicos sobre  
el Terreno y Obstáculos en Aviación Civil (eTOD)



28

### Los mapas del fondo del mar

El Instituto Hidrográfico de la Marina mantiene  
al día la cartografía náutica de referencia



36

### Después de Magallanes

Juan Ladrillero y Pedro Sarmiento de Gamboa,  
los otros "descubridores" del estrecho



44

### La huella del tren que nunca llegó

Camino natural Vía Verde del Segura



52

Lecturas

En servicio el tramo Jaca (Oeste)-Santa Cilia de la autovía A-21 en Huesca

# Alternativa en el Pirineo

El Ministerio de Fomento ha puesto en servicio este verano el tramo de la autovía A-21 (Jaca-Pamplona) entre Jaca (Oeste) y Santa Cilia, que forma parte del eje que conectará el Cantábrico con el Mediterráneo a través de Cataluña, de gran importancia para las comunicaciones de Aragón. El nuevo tramo de autovía, de casi 9 kilómetros de longitud, es una alternativa de altas prestaciones a la carretera convencional N-240 que ha mejorado la movilidad en la comarca oscense de la Jacetania y la potencialidad de esta zona pirenaica como destino turístico y de ocio.

**El tramo, puesto** en servicio el pasado 11 de julio, constituye la alternativa de gran capacidad para el actual y único itinerario de la carretera N-240 que une Jaca con Pamplona, una infraestructura que soporta un elevado número de vehículos, sobre todo en festivos y fines de semana y especialmente en la temporada invernal para acudir a las pistas de esquí del Pirineo oscense. Con el nuevo tramo de autovía no solo se mejoran la seguridad vial, la comodidad de los usuarios, los tiempos de desplazamiento y la accesibilidad en esta zona, sino que también aumenta la sostenibilidad del transporte de mercancías al optimizar los tiempos de recorrido y, por tanto, reducir las emisiones contaminantes.

A una escala mayor, el tramo es un paso más en el proyecto del Ministerio de Fomento para conectar la cornisa cantábrica y Cataluña al norte del valle del Ebro mediante un eje de gran capacidad formado por las autovías A-21 (Pamplona-Jaca), A-23 (Sagunto-Jaca) y A-22 (Huesca-Lleida), que afronta sus últimas fases de construcción en el Alto Aragón y que ha registrado avances recientes en la A-23. Como parte de este gran eje, la A-21 o autovía de los Pirineos, infraestructura de 102 ki-





▶ Viaducto de Estarrún (608 metros de longitud), que cruza el valle del río del mismo nombre.



lómetros de longitud, tiene ya en servicio el tramo navarro (45 kilómetros), mientras que el tramo aragonés (57 kilómetros divididos en nueve subtramos) presenta cinco subtramos en servicio y otros dos en obras, de los que el correspondiente a Puente la Reina-Santa Cilia abrirá al tráfico en el último trimestre. De esta forma, la A-21 en Aragón cerrará el año con más de 30 kilómetros operativos.

La inversión total del Ministerio de Fomento en el tramo Jaca (Oeste)-Santa Cilia ha ascendido a 86,5 M€, cantidad que engloba el presupuesto del contrato de obras (80,8 M€), las asistencias técnicas de redacción de proyecto (0,8 M€) y de control y vigilancia (2,5 M€) y el importe de las expropiaciones de terreno (2,3 M€). La obra, bajo dirección de ingenieros de la Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón, ha sido ejecutada por la empresa FCC Construcción, la redacción del proyecto corrió a cargo de Acciona Ingeniería y el control y vigilancia ha sido llevado a cabo por la consultora Tyspa.

## Trazado

El tramo se desarrolla por la Canal de Berdún, antiguo valle de origen glaciar con sentido este-oeste situado entre las sierras prepirenaicas y el Pirineo propiamente dicho, a lo largo del cual discurre el río Aragón, a altitudes entre 650 y 750 metros, que ha sido históricamente, y sigue siendo hoy en día, una importante vía de comunicación entre los valles pirenaicos. De hecho, por este pasillo natural discurre, además de la nueva autovía, la carretera N-240 y el ramal original de la ruta francesa del Camino de Santiago, principal vía de comunicación medieval de la Península con el resto de Europa. El tramo Jaca-Santa Cilia se desarrolla por la margen derecha del valle del río Aragón, en la parte norte de la Canal, con objeto de recibir las máximas horas de luz solar y minimizar de esta forma las heladas y nevadas invernales.

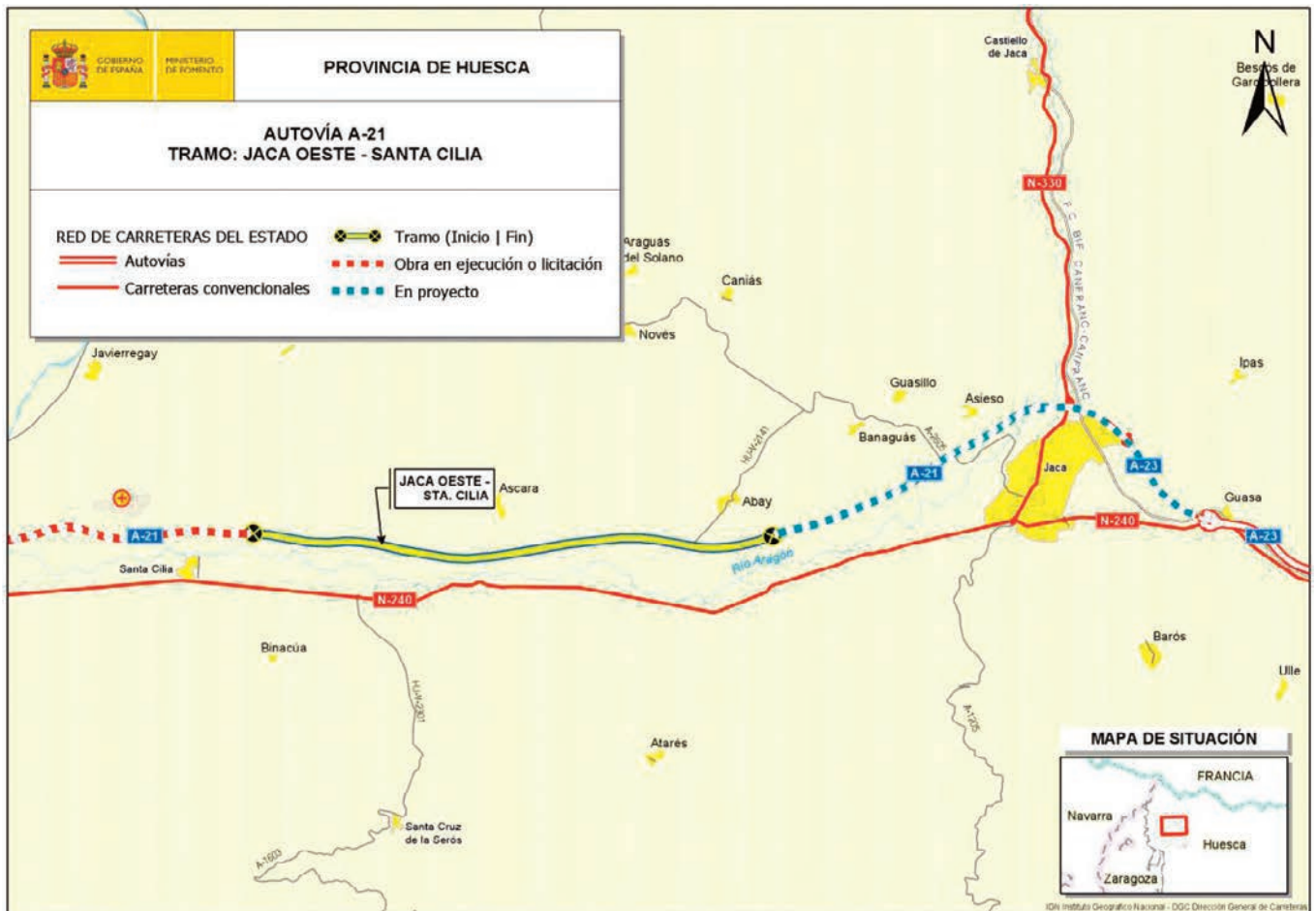
El trazado tiene su origen en la meseta de la terraza alta del río Aragón, próxima a la Corona de Abay,

► La obra ha incluido la construcción de una docena de estructuras, entre ellas un único paso superior.

donde se sitúa el enlace de Jaca Oeste, que conectará con el tramo contiguo de la autovía Jaca (Oeste)-Jaca (Norte) y provisionalmente con la carretera N-240 mediante un ramal que salva el río Aragón con un viaducto. Y mantiene en todo momento la dirección oeste-este, en paralelo al río Aragón y a la carretera N-240. En los primeros 2,5 kilómetros, a través de campos situados al sur y al oeste de Abay, discurre por una sucesión de terraplenes y desmontes, salvando sucesivamente mediante viaductos el barranco de Paulambra y el valle del río Lubierre, principal obstáculo geográfico del tramo. Posteriormente el tronco comienza a ascender, con una pendiente máxima del 3,3%, para acceder a la cota apropiada de la ladera del cerro de Ascara, donde se sitúa el enlace del mismo nombre, que incluye un viaducto que sirve de cruce sobre el barranco de la Fuente y el propio enlace.

**La autovía, como el Camino de Santiago y la N-240, discurre por la Canal de Berdún, pasillo natural básico para las comunicaciones entre valles pirenaicos**

Más adelante, discurre a media ladera a lo largo de la vertiente sur del cerro localizado entre Ascara y el río Aragón, en una zona en la que la altura de relleno se ha limitado a un máximo de 10 metros por motivos estéticos. Posteriormente se sitúa el valle del río Estarrún, que es cruzado por completo mediante el último viaducto del trazado, y sigue ascendiendo desde la ladera del cerro de Ascara hasta la parte superior del alto de la zona de la Pardina Fosfato Alto, donde se sitúa el desmonte de mayor importancia del recorrido. A partir de aquí, el trazado comienza a descender con una pendiente del 3%, ligeramente en terraplén, hacia la terraza baja del río Aragón, para finalizar en el enlace de Santa Cilia, que ya forma parte del tramo contiguo Santa Cilia-Puente la Reina. Uno de los ramales del enlace conecta la autovía con la carretera de Santa Cilia a Somanés, a través de la cual se accede a la carretera N-240.



## Características técnicas

El tramo Jaca Oeste-Santa Cilia tiene una longitud de 8.972 metros de autovía propiamente dicha y un ramal de carretera convencional del enlace de Jaca Oeste de 1.080 metros, que permite la conexión provisional inicial con la carretera N-240. La sección transversal es la típica de las vías de gran capacidad: dos calzadas, una para cada sentido de la circulación, con dos carriles de 3,5 metros de anchura cada uno, arcenes exteriores de 2,5 metros e interiores de 1 metro y bermas de 1,5 metros. La mediana entre calzadas tiene una anchura de 7 metros y a lo largo del trazado se han dispuesto seis pasos de mediana que permiten la comunicación entre las dos calzadas en situaciones especiales.

Como características geométricas, el trazado presenta una pendiente máxima del 3,3% y mínima del 0,5%, y un radio máximo de 5.000 metros y mínimo de 1.900 metros, siendo la velocidad de proyecto de 120 km/h. Respecto al firme, en el tronco está formado por 30 centímetros de suelo estabilizado *in situ* S-EST 3, sobre el que se ha dispuesto una capa de suelo cemento de 20 centímetros de espesor y un paquete de 15 centímetros de mezclas bituminosas en caliente (3 centímetros de M-10 en la capa de rodadura, 5 centímetros de S-20 en la capa intermedia y 7 centímetros de G-25 en la capa base).

Desde el punto de vista geológico, los materiales presentes en el trazado son una serie de margas grises (margas de Pamplona) recubiertas por un importante manto superficial de terrazas de gravas, arenas y arcillas, producto de los procesos de erosión y sedimentación fluvial del río Aragón.



### La A-21 en Aragón

Tramo	Longitud (en km)	Estado
Límite Provincial Navarra/Aragón-Tiermas	4,4	En servicio (2013)
Tiermas-Sigües	6,6	En obras
Sigües-A 1601	2,5	En servicio (2015)
A 1601-Barranco de Colladas	2,9	En servicio (2011)
Barranco de Colladas-LP Zaragoza/Huesca	5,4	En servicio (2011)
LP Zaragoza/Huesca-Puente de la Reina de Jaca	11,3	Pendiente licitación
Puente de la Reina de Jaca-Santa Cilia	7,2	En obras
Santa Cilia-Jaca (Oeste)	9,0	En servicio (2019)
Jaca (Oeste)-Jaca (Norte)	5,3	Pendiente licitación

► Vista del tronco a su paso por el desmante de La Pardina Fosfato Alto, con una altura máxima de 21,5 metros.



► Viaducto de Lubierre (816 metros), el de mayor longitud del trazado

Para la construcción del tramo se han aprovechado materiales procedentes de los desmontes del trazado (margas para los rellenos y el material de las terrazas para la explanada, la capa de subbase y la coronación de terraplenes), aunque otra parte (áridos para las capas de mezclas bituminosas del firme y para los hormigones) ha procedido de focos externos al trazado, como canteras, graveras y plantas de aglomerado locales.

A lo largo del trazado se han ejecutado cinco desmontes, con una longitud máxima de 1.050 metros y una altura máxima de 21,5 metros, y tres terraplenes, siendo el que discurre al final del trazado el que presenta mayor longitud (2 kilómetros) y altura (12 metros). El capítulo de movimiento de tierras ha comprendido la excavación de 1,9 millones de metros cúbicos y el relleno de otros 1,1 millones.

## Avances en la A-23

La A-23 (Sagunto-Jaca), integrante junto a las autovías A-21 y A-22 del eje que conectará el Cantábrico con el Mediterráneo a través de Cataluña, ha registrado en los últimos meses nuevos avances hacia el objetivo de culminar el tramo Huesca-Jaca, del que solo faltan por licitar dos tramos. Estos avances son los siguientes:



- ✓ En septiembre, el Ministerio de Fomento adjudicó, por 70,9 M€, la obra del tramo Sabiñánigo (Este)-Sabiñánigo (Oeste), de 8,6 kilómetros, nuevo trazado que circunvala la capital del Alto Gállego por el este y el norte, dejando la carretera N-330 como vía de servicio. El tramo incluye la ejecución de 18 estructuras (entre ellas el viaducto sobre los ríos Gállego y Aurín, de 936 metros de longitud, con vanos de luces importantes para garantizar la mínima afección) y tres enlaces.
- ✓ En octubre entrará en servicio la segunda calzada del tramo Congosto de Isuela-Arguis, de 3,3 kilómetros, lo que permitirá completar el trazado de la A-23 en el puerto de Monrepós, principal obstáculo geográfico de la autovía en su camino hacia el Pirineo. Este tramo ya tenía abierta una calzada de nueva construcción en modo bidireccional mientras se acondicionaba la carretera N-330 como segunda calzada de la autovía, actuación que incluía la adaptación a la normativa de tres viaductos sobre el río Isuela.

## Enlaces y estructuras

A mitad del trazado se ha ejecutado un enlace completo, identificado como enlace de Ascara, que presenta tipología de diamante con dos pesas y un viaducto que sirve de cruce sobre el barranco de la Fuente y sobre la carretera de Ascara. Asimismo,

al inicio del tramo se han construido las dos glorietas, el paso inferior para el ramal de unión que las conecta y dos de los cuatro ramales del futuro enlace de Jaca Oeste, de la misma tipología que el ya mencionado. El tramo finaliza en el enlace de Santa Cilia, perteneciente, como se mencionó, al tramo contiguo.





► Enlace de Ascara, con tipología de diamante con pesas y un viaducto que cruza sobre el barranco de la Fuente.

Uno de los rasgos destacables del tramo es la gran longitud de las estructuras ejecutadas, que suman cerca de 3.500 metros solo en el caso de los cinco viaductos. Los dos de mayor longitud y altura de pilas cruzan sobre los valles de los ríos Lubierre (816 metros, divididos en 18 vanos) y Estarrún (608 metros, divididos en 15 vanos), con luces de 45 metros, salvo los vanos que cruzan los ríos, que son de 49 metros. Cada uno de sus tableros está formado por dos vigas artesas de 2,50 metros de canto y una losa de compresión de 0,25 metros de espesor; las pilas son de hormigón armado con un único fuste central de sección rectangular hueca y dintel de hormigón armado en la parte superior. Los otros dos viaductos, sobre los barrancos de Paulambra y de la Fuente, tienen menor longitud

(161 metros cada uno) y altura, con cinco vanos de 35 metros. Cada tablero está formado por dos vigas artesas de canto 1,80 metros y losa de compresión de 0,25 metros. En los cuatro casos la cimentación es directa. El quinto viaducto de la obra, denominado de Jaca Oeste (262 metros), que permite el cruce del ramal del enlace de Jaca Oeste sobre el río Aragón, es una estructura continua formada por un cajón de canto variable y losa superior.

Además de los viaductos, se han construido siete estructuras más: dos puentes, cuatro pasos inferiores y un paso superior. Los dos puentes permiten el paso de dos ramales del enlace de Ascara sobre el barranco de la Fuente y discurren en paralelo al



viaducto que salva el mismo barranco. Se trata de estructuras de un solo vano, de 27 metros de longitud y 8 de anchura, formadas por un tablero a base de cuatro vigas doble T prefabricadas y losa de hormigón armado, con estribos de muros de hormigón armado con aletas, y cimentadas mediante zapatas de hormigón armado. Los cuatro pasos inferiores, que permiten el cruce de caminos bajo la autovía, son marcos de hormigón armado y aletas para la contención de tierras, con longitudes entre 61 y 36 metros, ancho interior de 9-10 metros y altura interior de 6,30 metros. El único paso superior del tramo es una estructura de 63 metros de longitud formada por un tablero

**El tramo, que se desarrolla en paralelo al río Aragón, incluye un vial de conexión con la N-240 que cruza ese cauce fluvial mediante un viaducto**

de hormigón postesado con sección de losa maciza, con pilas que presentan un único fuste central cilíndrico de 7,6 metros de altura máxima y estribos de tipo cargadero.

Fuera de la traza se está acondicionando la conexión entre el enlace de Ascara y la carretera N-240 a través del vial de acceso a esa pedanía. Esta actuación incluye la construcción de un nuevo puente sobre el río Aragón que, además de conectar la autovía con la N-240 de manera adecuada para el nuevo tráfico generado, mejorará la conectividad con las poblaciones del entorno y con el monasterio de San Juan de la Peña, declarado Bien de Interés Cultural y destino turístico de primer nivel.

El sistema de drenaje está constituido por una red longitudinal y un sistema de drenaje profundo que permiten evacuar las aguas pluviales. Se dispone de cunetas de desmonte, cunetas de mediana, cunetas de guarda o de terraplén, colectores, desagües de arquetas, bordillos de coronación de terraplenes

► Enlace de Jaca Oeste, origen del trazado. En la parte inferior; ramal de conexión con la carretera N-240.



► Izado para el montaje de viga artesa en uno de los viaductos del tramo.

y bajantes. El cruce de la autovía con los cauces de arroyos existentes se ha resuelto mediante 11 obras de fábrica, entre ellas marcos unicelulares (destacan por sus dimensiones, de 5 x 2,5 metros, los construidos para los barrancos de La Canalera y Babila) y tubos de hormigón de 1.800 milímetros de diámetro para los cauces más pequeños.

## Medidas ambientales

En cuanto a las actuaciones de integración ambiental, el proyecto ha incluido medidas de ordenación ecológica, estética y paisajística, destacando la realización de un programa de plantaciones y de revegetación de taludes y márgenes en las épocas del año climatológicamente más favorables. En total, se han plantado 22.056 especies arbóreas autóctonas e hidrosembrado una superficie de 284.361 metros cuadrados. Además, entre las medidas ambientales figura la reposición del Camino de Santiago bajo la estructura de Jaca Oeste y la reposición de la vía pecuaria Cañada Real a Santa Cruz de la

Serós a través de uno de los pasos inferiores. En la fase de explotación, el seguimiento de los impactos futuros de la autovía sobre el entorno y de la implementación de las medidas preventivas y correctoras previstas en los estudios ambientales del tramo ha quedado encomendado a un programa de vigilancia ambiental que será gestionado por el Ministerio de Fomento y la empresa constructora.

Finalmente, el proyecto ha incluido diversas obras complementarias, entre ellas la reposición de los servicios afectados (básicamente líneas eléctricas de altura), la construcción de canalizaciones a lo largo de todo el trazado –en previsión de tendido de cableado para telecomunicaciones y servicios de la autovía– y el cerramiento mediante vallas metálicas, así como la señalización, el balizamiento y sistemas de contención de vehículos.

Javier R. Ventosa.  
Información e imágenes facilitadas por  
Lorenzo Plaza Almeida, Ingeniero director de la obra.  
DCE de Aragón.

El Tren de Noé, una iniciativa europea para dar a conocer las ventajas medioambientales del transporte ferroviario de mercancías

# Una nueva arca contra el cambio climático





El tren de Noé, que con sus cerca de 200 metros de longitud se ha convertido en la obra de arte móvil más grande del mundo, es una iniciativa europea que busca impulsar el transporte de mercancías por ferrocarril llamando la atención sobre la eficacia de este medio en la reducción de emisiones contaminantes.

**Si, según el** relato bíblico, Noé y su arca consiguieron salvar las especies del planeta de la gran extinción que significó el diluvio universal, ¿qué sería preciso hacer hoy para evitar la seria amenaza que para la pervivencia de muchas de las especies está suponiendo el cambio climático? Quizá, en primer lugar, sin duda, tomar conciencia de las graves consecuencias de esa amenaza. Y luego, de modo cada vez más apremiante, actuar. Precisamente, para ayudar en esa toma de conciencia, un grupo europeo de operadores de transporte de mercancías por ferrocarril ha sumado esfuerzos y ha puesto en marcha la iniciativa denominada el Tren de Noé, cuyos vagones han sido pintados por artistas urbanos de prestigio de los distintos países participantes.

► El tren de Noé estacionado en la estación de Francia (Barcelona) y, al lado, en el momento de partir de la estación polaca de Katowice.





El Tren de Noé, que ha sido transportado en nuestro país por Renfe Mercancías, llegó a la estación madrileña de Príncipe Pío el pasado 5 de septiembre. Allí permaneció cinco días antes de trasladarse a la estación de Francia, en Barcelona, donde también se pudo visitar entre los días 13 y 15 de septiembre. El tren forma parte de una amplia campaña de concienciación puesta en marcha por la alianza Rail Freight Forward (RFF), formada por 16 empresas europeas especializadas en el transporte de mercancías y en la que está integrada Renfe Mercancías. Uno de los

principales objetivos de la campaña es divulgar y hacer ver las enormes ventajas de ahorro energético, medioambientales y económicas que comporta la utilización del tren y, más concretamente, como sistema para el transporte de mercancías. En España, las empresas Transfesa Logistics y Captrain España también colaboran con Renfe Mercancías en la iniciativa. Tras su periplo por Europa uno de los vagones será embarcado con destino a Chile, donde está previsto que una empresa ferroviaria chilena tome el testigo de la iniciativa.

► Dos de los vagones del tren pintados con especies amenazadas en Europa.





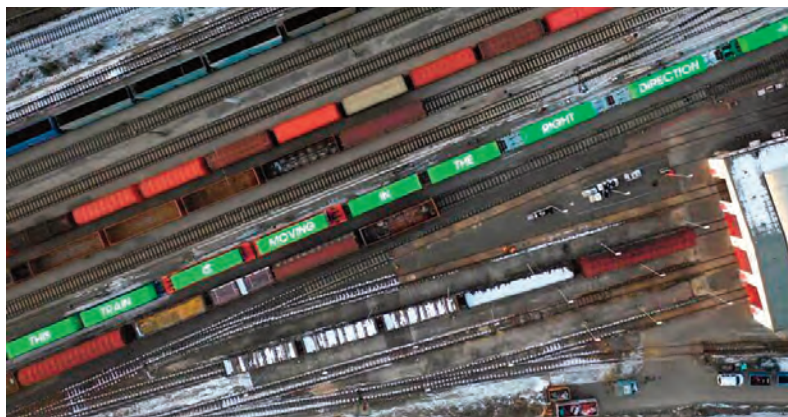
► El tren de Noé en la estación belga de Schaebeek y, debajo, a vista de pájaro.

## Reducción de emisiones

El Tren de Noé partió de la ciudad polaca de Katowice el pasado 14 de diciembre de 2018, tras la clausura allí de las jornadas de la 24 Conferencia Mundial sobre el Clima (COP24), impulsada por la ONU con el objetivo de profundizar en los Acuerdos de París de 2015 (COP21) sobre cambio climático. A raíz de esa cumbre de París (COP21), la Unión Europea acordó promover una amplia serie de iniciativas dirigidas a lograr que el incre-

mento medio de la temperatura en el planeta se mantenga dentro de unos márgenes no superiores a 1,5 °C respecto a los niveles preindustriales. El transporte, como responsable de alrededor de la tercera parte de todas las emisiones contaminantes a la atmósfera, fue señalado como uno de los sectores prioritarios en los que intervenir, incentivando la descarbonización y mejorando su eficacia mediante la sustitución de fuentes de energía derivadas del petróleo por otras más limpias.

Tras partir de Katowice y antes de llegar a Madrid, el Tren de Noé ha recorrido diversos países y ciudades europeas, entre otras: Viena, Berlín, París, Bruselas, Roma, Múnich y Luxemburgo. El Tren de Noé está formado por contenedores pintados con imágenes de animales representativos de distintos ecosistemas cuya supervivencia se halla hoy en peligro. Los contenedores que forman el tren han sido pintados por artistas urbanos de todos los países involucrados en la iniciativa. En el caso de España, Renfe Mercancías ha sumado al tren dos contenedores pintados por Sabe y Misterpiro, dos artistas urbanos españoles de reconocido prestigio.



La campaña iniciada con el Tren de Noé busca poner en valor el uso del tren como medio de transporte y dar a conocer sus múltiples ventajas frente a otros modos más contaminantes. En especial, frente a la carretera, la importante reducción de emisiones contaminantes que conllevaría un au-

mento en Europa de la cuota del ferrocarril. Así, se estima que incrementando tan solo un 12% más su cuota modal, desde el 18% actual hasta el 30% en la próxima década, se evitaría la emisión de unos 290 millones de toneladas de CO2 a la atmósfera.

## Tortuga, quebrantahuesos, urogallo y lince en el Tren de Noé

Los operadores de transporte ferroviario Renfe Mercancías y Transfesa Logistics se sumaron a la campaña del Tren de Noé con dos vagones pintados por los artistas urbanos Misterpiro y Sabek. Misterpiro, con una sólida trayectoria a sus espaldas, entre la que destacan las pinturas que decoran las paredes del World Trade barcelonés, pintó uno de los vagones escogiendo para ello dos de las especies de nuestra fauna que afrontan desde hace ya bastante tiempo un grave riesgo de desaparición como consecuencia de las múltiples amenazas que pesan sobre sus ecosistemas más característicos: una tortuga y un quebrantahuesos. En la obra se aprecian claramente los rasgos más distintivos de su estilo y de sus técnicas, con las que ha logrado fusionar la viveza y tersura colorista del spray junto a la suavidad tonal de la acuarela. La personalidad de su estilo se hace especialmente patente en la mezcla de colores, una gama que va desde los rojos más cálido hasta los azules y turquesas más eléctricos.



Misterpiro explicó así la satisfacción que le ha supuesto participar en la pintura del vagón: “ha sido un honor que me hayan pedido que colabore en este proyecto. Creo que es muy importante concienciar a la sociedad sobre este tipo de cuestiones que afectan al medio ambiente y, por lo tanto, a todos los que vivimos en el planeta. Para mí, además, ha sido todo un reto pintar sobre la superficie de un vagón de carga que me ha permitido recrearme en mi faceta menos abstracta”.

En el segundo de los vagones, un urogallo y un lince fueron las otras especies amenazadas elegidas por el artista madrileño Sabek. Sus pinturas ponen una vez más de manifiesto su habilidad en la composición y la sabia utilización de una amplia gama cromática en la que predominan los verdes, ocre y azules, con clara inspiración en la naturaleza. Habitado a representar animales con una fuerte carga simbólica, sus características siluetas negras se acompañan de otros elementos –hojas, gotas, ondas– que refuerzan los contrastes y la sensación de profundidad en sus murales.

Para Sabek, creador, entre otras, de obras como los murales en La Tabacalera de Madrid, su intervención en uno de los vagones del Tren de Noé le ha deparado una nueva oportunidad de expresar sus inquietudes más personales: “Para mí ha sido un placer participar en este proyecto, intentando promover el transporte renovable en un discurso tan necesario en la actualidad, me parece una iniciativa valiente e ingeniosa trabajando con los animales, algunos en peligro de extinción”.

► El tren de Noé ha recibido una cálida acogida a su paso por las principales capitales europeas



## Cuantificando el ahorro

En términos de rentabilidad, el transporte por ferrocarril, tanto de mercancías como de viajeros, supone una serie de ahorros cuantificables que comprenden desde la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, el consumo energético, la siniestralidad, la contaminación acústica o hasta una menor saturación del tráfico en carretera. Así, las externalidades positivas, el ahorro que hasta 2030 generaría el transporte ferroviario de mer-

cancías en Europa si contara con una cuota modal del 30%, alcanzaría en total la nada despreciable cantidad de 100.000 millones de euros. Buena parte de ese ahorro sería posible porque, gracias al mayor uso del ferrocarril, se consumiría seis veces menos energía y, además, se reducirían las muertes por accidentes de tráfico, ya que el ferrocarril ocasiona 85 veces menos accidentes que la carretera. Además, su contribución en 290 millones de toneladas de dióxido de carbono menos emitidas a la atmósfera, supondría otros casi más de 8.400 millones de euros de ahorro en costes de derechos de emisión de carbono en el mercado actual.

Comparativamente, en términos absolutos, el ferrocarril entraña unos costes por factores externos cifrados en torno a ocho euros cada mil kilómetros por tonelada transportada, mientras que el de la navegación fluvial se calcula en torno a los once euros, frente a unos 34 euros para los camiones de gran tonelaje y cerca de 145 euros los del camión ligero.

Con una cuota a nivel mundial estimada en torno al 7%, el transporte de mercancías por ferrocarril emite en el planeta menos del 2 por ciento del total de gases de efecto invernadero del total del transporte. Ello se debe a que hoy el ferrocarril eléctrico representa más de un 70 por ciento y permite implementar energías renovables sin necesidad de cambiar de tecnología.





►Detalle de los vagones pintados por los artistas urbanos españoles Misterpiro y Sabek (debajo).

En este contexto, la política de Responsabilidad Social Corporativa de Renfe se encuentra alineada con la agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible auspiciados por la ONU, en especial con los que se enuncian con los números 7 y 13: Energía asequible y no contaminante y Acción por el Clima respectivamente.

---

**Incrementar la cuota del transporte ferroviario en Europa hasta el 30% supondría un ahorro de casi 100.000 M€ hasta 2030**

---

La cuota modal del ferrocarril en el transporte de mercancías se sitúa actualmente en el 18% en Europa, y en España apenas supera el 4%. Según se anticipaba ya en el Libro Blanco del Transporte en Europa, elaborado por la Comisión Europea en 2011, el sistema de transporte no es sostenible: “si pensamos en los próximos cuarenta años, es evidente que el transporte no puede desarrollarse por la misma vía. Si nos quedamos con el planteamiento de *business as usual*, la dependencia del crudo

del transporte podría seguir siendo algo inferior al 90% (3), con fuentes de energía renovables que superasen solo de forma marginal el objetivo del 10% establecido para 2020. Para el año 2050, las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) procedentes del transporte seguirían estando una tercera parte por encima de su nivel de 1990. Los costes de la congestión aumentarán en cerca del 50% para 2050. El desequilibrio de accesibilidad entre las zonas centrales y periféricas se hará más marcado. Seguirán aumentando los costes sociales de los accidentes y del ruido”.





► El tren de Noé, con sus casi 200 metros de contenedores, se ha convertido en la obra de arte móvil más grande del mundo.

Hoy, la propia Comisión de la UE estima que en la próxima década el transporte general de mercancías se va a incrementar un 30%. Desarrollar nuevas alternativas a los modos de transporte más contaminantes es, pues, una necesidad cada vez más apremiante.

Por lo que concierne a España, como se puso de relieve en la presentación del Tren de Noé aún es mucho el camino por recorrer. En 2018, Renfe Mercancías transportó 18,4 millones de toneladas de carga lo que supuso un ahorro de costes externos de 258 millones de euros. La mayor parte de estos ahorros, 204 millones (el 75,9%) corresponden a la tracción eléctrica. También la tracción diésel genera ahorros en concepto de externalidades: 53,8 millones, un 24% del total.

En cuanto la emisión de gases de efecto invernadero, la actividad de Renfe Mercancías evitó la circulación de 4.800 camiones diarios y la consiguiente emisión a la atmósfera de 404.924 toneladas de CO<sub>2</sub>. En términos de ahorro energético,

la aportación de Renfe Mercancías fue de 1.631 GWh, una cifra similar al consumo eléctrico de todos los hogares de una población de 1,4 millones de habitantes (similar a la de la Región de Murcia). Según destacó el presidente de Renfe Mercancías, Abelardo Carrillo, durante el acto de presentación del tren de Noé el objetivo, en el caso de nuestro país “a muy largo plazo”, debe ser “situar la cuota modal del ferrocarril en España entre un 10% y un 15%. Eso sería lo ideal”.

En el mundo, el transporte de mercancías por ferrocarril, que cuenta con una cuota de mercado del 7%, emite menos del 2% de gases de efecto invernadero del total del transporte. Por lo que respecta al tipo de energía, el ferrocarril electrificado representa más de un 70% en el mundo y cuenta con la ventaja de poder implementar energías renovables sin necesidad de cambiar de tecnología.

Antonio Recuero / Fotos: Rail Freight Forward

## PNOA-LiDAR en el ámbito de la seguridad aérea: Directrices Técnicas para los Datos Electrónicos sobre el Terreno y Obstáculos en Aviación Civil (eTOD)

# Modelos de precisión

La navegación aérea requiere de sistemas de ayuda de gran precisión cuya eficacia depende, en última instancia, de una información rigurosa y fiable del terreno y de cualquier posible obstáculo en la trayectoria de las aeronaves. A fin de obtenerla y mantenerla al día, tanto la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) como la Unión Europea dentro de la iniciativa para el Cielo Único Europeo (SES) están trabajando en diferentes propuestas y desarrollos normativos. El proyecto PNOA-LiDAR, desarrollado por el Instituto Geográfico Nacional, adscrito al Ministerio de Fomento, ha hecho posible la obtención de datos electrónicos del terreno y obstáculos que satisfacen con creces los requisitos de seguridad establecidos, lo que ha convertido a nuestro país en uno de los primeros en disponer de ellos.

### Introducción

La información precisa sobre el terreno y sus obstáculos constituye un elemento de vital importancia para la seguridad en vuelo, especialmente en la fase de aproximación en la que las aeronaves deben poder disminuir su altitud manteniendo intactos los niveles de seguridad. Por ello, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) introdujo los Estándares y Prácticas Recomendadas relacionados con la generación de obstáculos para la aviación civil internacional. La complejidad de estos estándares ha hecho que los estados miembros de

la Unión Europea se enfrenten a un gran reto para cumplir sus requisitos.

Se trata de un enorme desafío que comprende tanto aspectos técnicos como de coordinación institucional y de implementación. A fin de superarlo, la Unión Europea con el apoyo técnico de la Organización Europea para la Seguridad de la Navegación Aérea (Eurocontrol) creó un grupo de trabajo específico, con diferentes expertos especializados, el *Electronic Terrain and Obstacle Data Working Group (eTOD WG)* que, tras analizar los principales retos, comenzó a elaborar una metodología de trabajo.

En el caso de España, la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) creó el “Grupo de trabajo eTOD”, que contribuyó en la redacción de las “Directrices Técnicas para los Datos Electrónicos y Obstáculos en Aviación Civil (Directrices eTOD)”. Este grupo cuenta con la participación de diversos organismos del Ministerio de Fomento, entre ellos la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (IGN) como organismo con competencias en la producción, actualización y explotación de Modelos Digitales del Terreno. Estas directrices establecen el marco general para que el Estado disponga de unos datos electrónicos sobre el terreno y obstáculos, alineándose con las políticas y directrices emanadas de los principales organismos del sector de la aviación civil.

El objetivo último de las Directrices Técnicas eTOD es proveer de datos electrónicos sobre el terreno y obstáculos acordes a los estándares internacionales, con la calidad requerida, fiables y actualizados que contribuyan a la seguridad, regularidad y eficiencia de la aviación civil además de apoyar el desarrollo de nuevos conceptos operacionales.

## El proyecto PNOA-LiDAR

El IGN cuenta con un Plan para la monitorización de nuestro territorio, conocido como Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT). Este plan se estructura en otros planes, entre ellos el Plan Nacional de Teledetección (PNT) y el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) que tienen por objetivo obtener imágenes y/o Modelos



► Superficie limitadora de obstáculos aeródromos

Digitales del Terreno mediante satélites o sensores aéreos.

En el año 2009, tras realizar una serie de pruebas piloto y atendiendo a la necesidad por parte de algunos de los socios del proyecto de poder disponer de modelos digitales del terreno con mayor precisión, surge la oportunidad de incorporar la tecnología LiDAR al proyecto PNOA. En este sentido España ha sido uno de los primeros países en abordar una cobertura completa del territorio.

Este logro está siendo posible gracias al esfuerzo coordinado, técnico y humano, de varios organismos públicos, que han aunado recursos para llevar a cabo la cobertura de todo el territorio nacional. La primera cobertura se realizó entre los años 2009 y 2015. La segunda cobertura se inició en el año 2015 y está previsto que los trabajos de captura de datos LiDAR se finalicen en el año 2020.

El proyecto PNOA-LiDAR, como todos los proyectos que se agrupan bajo el paraguas del PNOT, es un proyecto colaborativo y en él han participado el Ministerio de Fomento por medio de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional y el Centro Nacional de Información Geográfica, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, por medio de la Dirección General del Agua, las confederaciones hidrográficas y el Fondo Español de Garantía Agraria, el Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas, por medio de la Dirección General del Catastro, así como las Comunidades Autónomas.

## La tecnología LiDAR

El LiDAR (Light Detection and Ranging) es una técnica de teledetección activa basada en un sensor que emite pulsos de luz ininterrumpidamente y capta sus retornos, también denominados ecos o rebotes. El tiempo que tarda en regresar la luz, permite calcular la distancia y, de esa forma, obtener la información tridimensional de los elementos.

Una de las principales características de esta tecnología es que puede penetrar la vegetación. El pulso emitido al llegar a la superficie llega con una “huella”. Todas las superficies reflectantes dentro de la huella del pulso generan una onda de retorno. El número de retornos dependerá del tipo de superficie.



► Huella sensor LiDAR

Los sensores LiDAR pueden ir instalados en diferentes tipos de plataformas dependiendo de la aplicación a la que van a ser destinados:

- a) **Satélites:** dedicados a trabajos y estudios a nivel global, análisis de masas forestales globales, evolución de casquetes polares...
- b) **Aerotransportados (Avión):** dedicados a trabajos de grandes superficies hasta nivel nacional.
- c) **Aerotransportados (UAV):** análogo a los sensores instalados en avión, pero para trabajos en pequeñas escalas y locales. Es una plataforma emergente.
- d) **Móviles:** plataformas terrestres de vehículos en movimiento (coches, trenes y hasta barcos). Para trabajos lineales, inventariado de ciudades, líneas ferroviarias...
- e) **Terrestres fijos:** conocido tradicionalmente con láser escáner; los sensores LiDAR son instalados en una plataforma fija tipo trípode. Para modelado tridimensional de edificios, estructuras...
- f) **Móviles:** transportados por el ser humano, como pueden ser las mochilas-LiDAR.

En el caso del proyecto PNOA-LiDAR se utilizan sensores LiDAR aerotransportados. El objetivo de este proyecto es obtener información tridimensional de todo el territorio español generando una nube de puntos con coordenadas (X, Y, Z) con una densidad mayor a 0,5 puntos/m<sup>2</sup> y una precisión altimétrica mejor de 20 cm (RMSE<sub>z</sub>).

Los datos obtenidos a través de sensores LiDAR tienen múltiples aplicaciones, dando solución a problemas de gran complejidad y atendiendo demandas nuevas tanto de los servicios que prestan las Administraciones Públicas, como del sector pri-

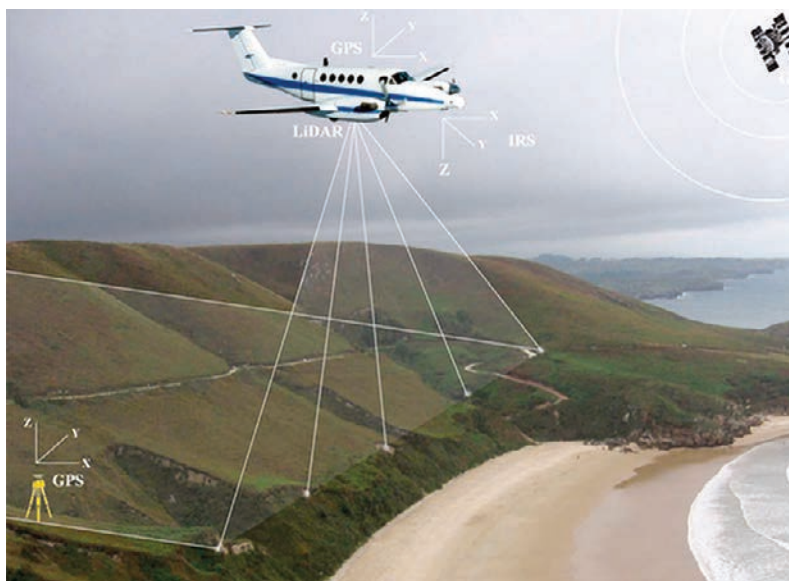
vado y las universidades. Los ámbitos que abarcan son tan variados como: forestal, agrícola, hidrografía, catastro, urbanismo, ingeniería, medio ambiente, cartografía...

Los productos básicos que se obtienen a partir del proyecto PNOA-LiDAR son:

- **Nube de puntos:** clasificada y con información radiométrica (RGB y NIR) en el caso de vuelos combinados con fotogrametría.
- **Modelo Digital del Terreno (MDT):** modelización en formato raster de los puntos clasificados como suelo. Cada píxel tendrá un valor de altitud; este se puede obtener con diferentes criterios (altura media, mínima, máxima...).
- **Modelo Digital de Superficie (MDS):** modelización en formato raster de todos los puntos. Cada píxel tendrá un valor de altitud; este valor será por lo general el de la altura máxima.

Las aplicaciones principales de los datos capturados en el proyecto PNOA-LiDAR se describen a continuación:

- a) **Aplicaciones forestales:** Dentro del campo forestal la tecnología LiDAR tiene una gran aceptación gracias a que permite obtener diferentes retornos de la señal emitida, obteniendo de esta manera la información altimétrica tanto de copas de los árboles, del terreno y de vegetación intermedia. Los sensores ópticos no permiten este tipo de uso.
  - a. Modelado de incendios, cartografía de vegetación, Inventario Forestal Nacional, seguimiento de evolución de sistemas forestales...
- b) **Zonas urbanas:** detección de cambios a partir de series multitemporales, detección de edificios no registrados...



► Sensor LiDAR aerotransportado

c) **Aplicaciones hidrográficas:** definición de la red hidrográfica de manera automática a partir del MDT, estudio de inundaciones, mapas de peligrosidad de inundación costera y fluvial....

d) **Aplicaciones aeronáuticas:** elaboración de MDTs y detección de obstáculos para aviación.

e) **Arqueología:** La tecnología LiDAR está revolucionando las investigaciones arqueológicas, permitiendo desvelar ruinas ocultas ya sean ruinas escondidas bajo la vegetación (LiDAR penetra la vegetación) y ruinas enterradas (estas ruinas influyen en la formación del terreno y a partir de análisis del MDT se pueden detectar).

f) **Medio Ambiente:** detección de cambio (evolución de dunas, glaciares, líneas de costa...)

g) **Otros:** ingeniería, cartografía, comunicaciones....

Como todo proyecto de ingeniería, el proyecto PNOA-LiDAR se rige por unas especificaciones técnicas en las que se recogen los requisitos que deben de cumplir los datos y productos obtenidos en él. Una de las fases más importantes que se llevan a cabo en este proyecto son los controles de calidad de los datos capturados que garantizan el correcto cumplimiento de los requisitos recogidos en las especificaciones técnicas. Las precisiones altimétricas fijadas para datos proporcionados por el proyecto PNOA-LiDAR (2ª Cobertura) se recogen en las siguientes tablas:

Características técnicas de la nube de puntos LiDAR (2ª cobertura)	
Densidad nube de puntos	0,5 a 4 puntos/
Exactitud altimétrica	$RMSE_z \leq 0,15$ m
Precisión altimétrica	$RMSE_z \leq 0,15$ m
Error máximo altimétrico	$\leq 0,30$ m en el 95% de los casos No podrá haber ningún punto con un error superior a 0,60 m
Precisión planimétrica estimada	0,30 m
Error máximo planimétrico	$\leq 0,60$ m en el 95% de los casos No podrá haber ningún punto con un error superior a 1,20 m

► Características técnicas nube de puntos LiDAR

Características técnicas de los modelos digitales	
Exactitud altimétrica	$RMSE_z \leq 0,25$ m
Precisión planimétrica estimada	0,50 m

► Características técnicas MDT y MDS

La alta calidad proporcionada por los productos obtenidos en el proyecto PNOA-LiDAR ha permitido considerar al Grupo de Trabajo eTOD que la tecnología LiDAR es válida para la elaboración de los productos que permitan cumplir con los requisitos establecidos en las Directrices Técnicas eTOD. Esto ha llevado además a la firma de un convenio entre la Dirección General de Aviación Civil, el Instituto Geográfico Nacional, el Centro Nacional de Información Geográfica, la entidad pública empresarial ENAIRE y la Sociedad Mercantil Estatal AENA, todos ellos pertenecientes al Grupo Fomento, para la coordinación de la captura de datos LiDAR en el territorio español.

En el caso de ENAIRE, estos datos son necesarios ya que la División AIS, en su función de provisión de Servicio de Información Aeronáutica, y siguiendo los requisitos establecidos en el Anexo 15 de la OACI, debe poner a disposición de sus usuarios datos digitales sobre el terreno.

Por su parte AENA, como el principal gestor de aeropuertos de España, desempeña un papel relevante en lo que se refiere a las Áreas eTOD 2, 3 y 4, además de sus funciones en relación al control de obstáculos en el entorno de sus aeropuertos.

## Uso de los datos PNOA-LiDAR en el ámbito de la seguridad aérea

En el ámbito aéreo se definen diferentes áreas de cobertura para los conjuntos de datos electrónicos sobre el terreno y obstáculos:

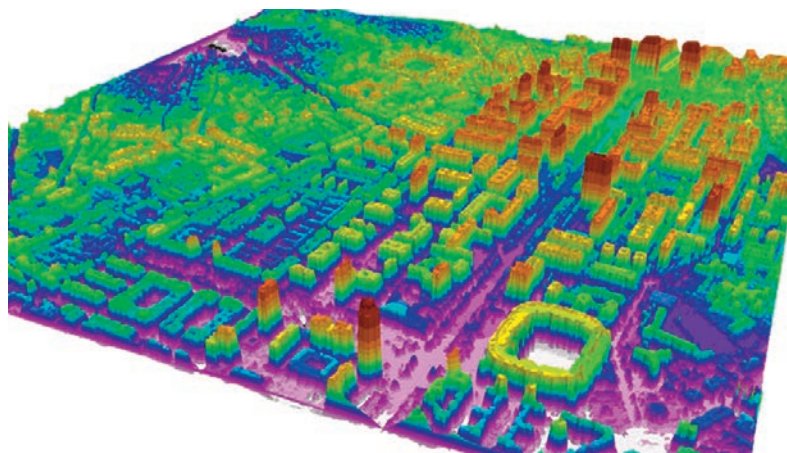
**Área 1:** todo el territorio del Estado.

**Área 2:** área situada en la proximidad del aeródromo.

**Área 3:** área que bordea el área de movimiento de un aeródromo.

**Área 4:** área que se extiende hasta 900 m antes del umbral de pista, y hasta 60 m a cada lado de la prolongación del eje de pista en la dirección de aproximación.

Para cada una de estas áreas se deberán proporcionar datos electrónicos sobre el terreno y obstáculos acorde a las especificaciones establecidas.



► Modelo Digital de Superficie

## Datos electrónicos sobre el terreno

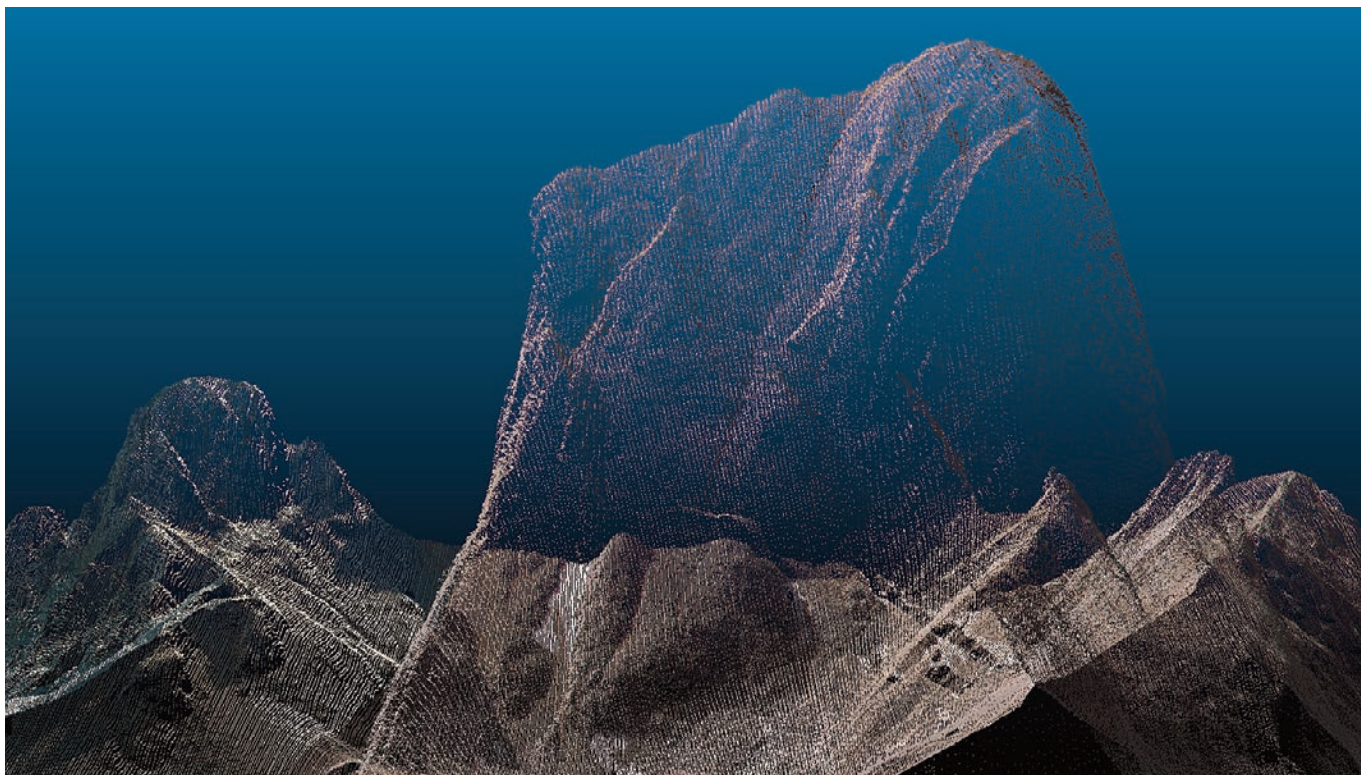
Uno de los principales productos generados dentro del proyecto PNOA LiDAR son los Modelos Digitales del Terreno (MDT) y Modelos Digitales de Superficie (MDS) de gran precisión. Estos productos son básicos para la seguridad aérea y aportan la información sobre el terreno requerida por las Directrices eTOD.

Un MDT es una modelización altimétrica del terreno o suelo desnudo. En esta modelización se eliminan todos los elementos que no son suelo, vegetación, edificios...

Un MDS es una modelización altimétrica del territorio teniendo en cuenta todos los elementos, suelo, vegetación, edificios...

Estos productos deberán cumplir las siguientes especificaciones:

	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
<b>Espaciado entre puestos</b>	90m	30m	20m	9m
<b>Exactitud vertical</b>	30m	3m	0,5m	1m
<b>Exactitud horizontal</b>	50m	5m	0,5m	2,5m
<b>Nivel de confianza</b>	90%	90%	90%	90%

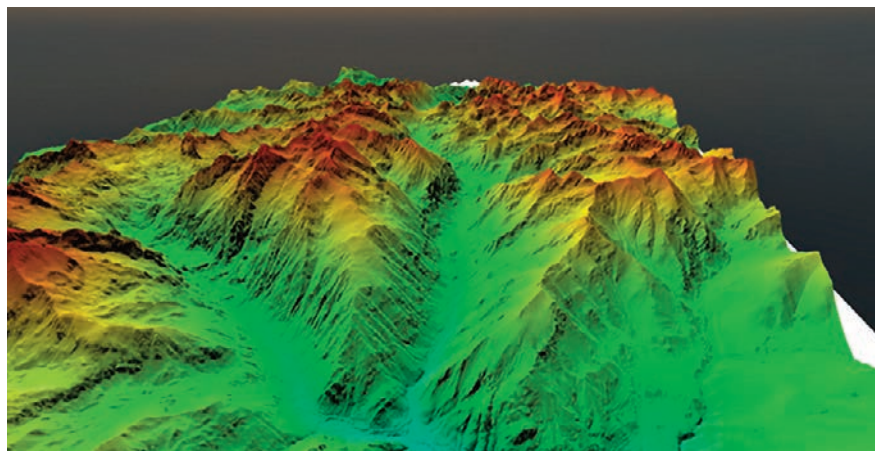


► Nube de puntos  
Naranjo de Bulnes

Comparando estos datos con los recogidos en la tabla 2, puede verse que los MDT y MDS generados en el proyecto PNOA-LiDAR cumplen con los requisitos en todas las aéreas, aunque se recomienda prestar especial atención en el control de calidad y procesado del Área 3 (entorno aeródromos) y es recomendable un pequeño aumento de densidad en los vuelos del Área 3 para asegurar la calidad de los datos.

### Datos electrónicos de obstáculos

Otro de los elementos básicos dentro de la seguridad aérea es la detección de obstáculos. Las Directrices eTOD establecen que para todo el territorio español (Área 1) hay que proporcionar aquellos obstáculos que presenten alturas superiores a 100 metros sobre el terreno. Estos obstáculos en España son principalmente aerogeneradores y edificios.



► Modelo Digital del Terreno

Los datos capturados en PNOA-LiDAR serían de gran aplicación también en este caso, ya que el análisis y la aplicación de determinados algoritmos sobre las nubes de puntos LiDAR capturadas, permitiría automatizar y simplificar la detección y localización de dichos obstáculos como puede verse en las imágenes siguientes.

Además de los obstáculos mencionados, también es necesario proporcionar aquellos obstáculos situados en los entornos de los aeropuertos (áreas 2, 3 y 4) que se hayan evaluado como un peligro para la navegación aérea. Igualmente, el análisis detallado de las nubes de puntos generadas mediante la tecnología LiDAR sería de gran ayuda para la detección y localización de los obstáculos dentro de estas áreas, según los requerimientos establecidos por eTOD.

Los requisitos que tienen que cumplirse sobre los obstáculos se recogen en la siguiente tabla:

	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
<b>Exactitud vertical</b>	30m	3m	0,5m	1m
<b>Exactitud horizontal</b>	50m	5m	0,5m	2,5m
<b>Nivel de confianza</b>	90%	90%	90%	90%

Comparando estos requisitos con la información detallada en la tabla 1 se puede comprobar que la nube de puntos capturada en el proyecto PNOA-LiDAR cumple con los requisitos en todas las áreas, aunque se recomienda prestar especial atención en el control de calidad y procesado del Área 3 (entorno aeródromos), siendo aconsejable un pequeño aumento de la densidad en este área.

## Conclusiones

El Instituto Geográfico Nacional es una Dirección General del Ministerio de Fomento dedicada, entre otras muchas actividades, a la monitorización de nuestro territorio mediante el Plan Nacional de Observación del Territorio, empleando para ello las imágenes y datos altimétricos proporcionados por satélites de observación de la Tierra y sensores embarcados en aviones.

Estos datos, que pueden ser utilizados por el resto de Administraciones Públicas y ciudadanos en ge-



► Nube de puntos LiDAR identificando aerogeneradores.



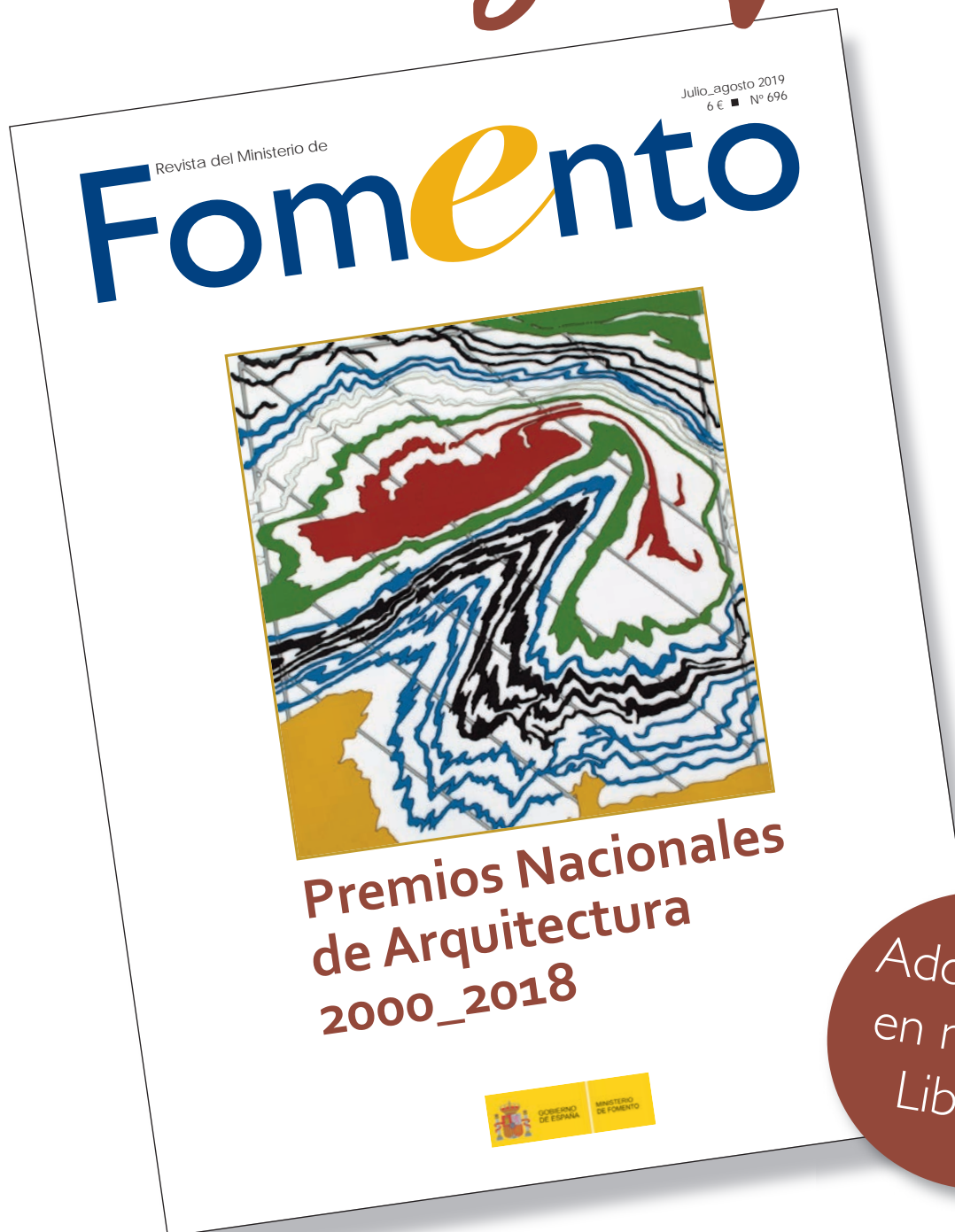
► Puntos sobre las Torres KIO que superan los 100m sobre el terreno detectados de manera automática.

neral, son usados para generar información de nuestro territorio que, en muchos casos, es clave para el desarrollo de políticas municipales, autonómicas o nacionales y también para el cumplimiento de políticas europeas.

La disponibilidad de los datos proporcionados gracias al PNOT abre, además, nuevas vías de aplicación. Es el caso de los datos LiDAR que se ha descrito en los puntos anteriores, ya que son datos que tienen la calidad necesaria para contribuir de forma decisiva a satisfacer las necesidades de información altimétrica en el ámbito de la aviación civil, recogidas en las Directrices Técnicas para los Datos Electrónicos sobre el Terreno y Obstáculos en Aviación Civil (eTOD), permitiendo de esta manera fortalecer la seguridad aérea en nuestro país, cumpliendo además con los Estándares y Prácticas Recomendadas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). En base a esto, ENAIRE va a hacer uso de estos datos para proveer a sus usuarios de datos digitales sobre el terreno.

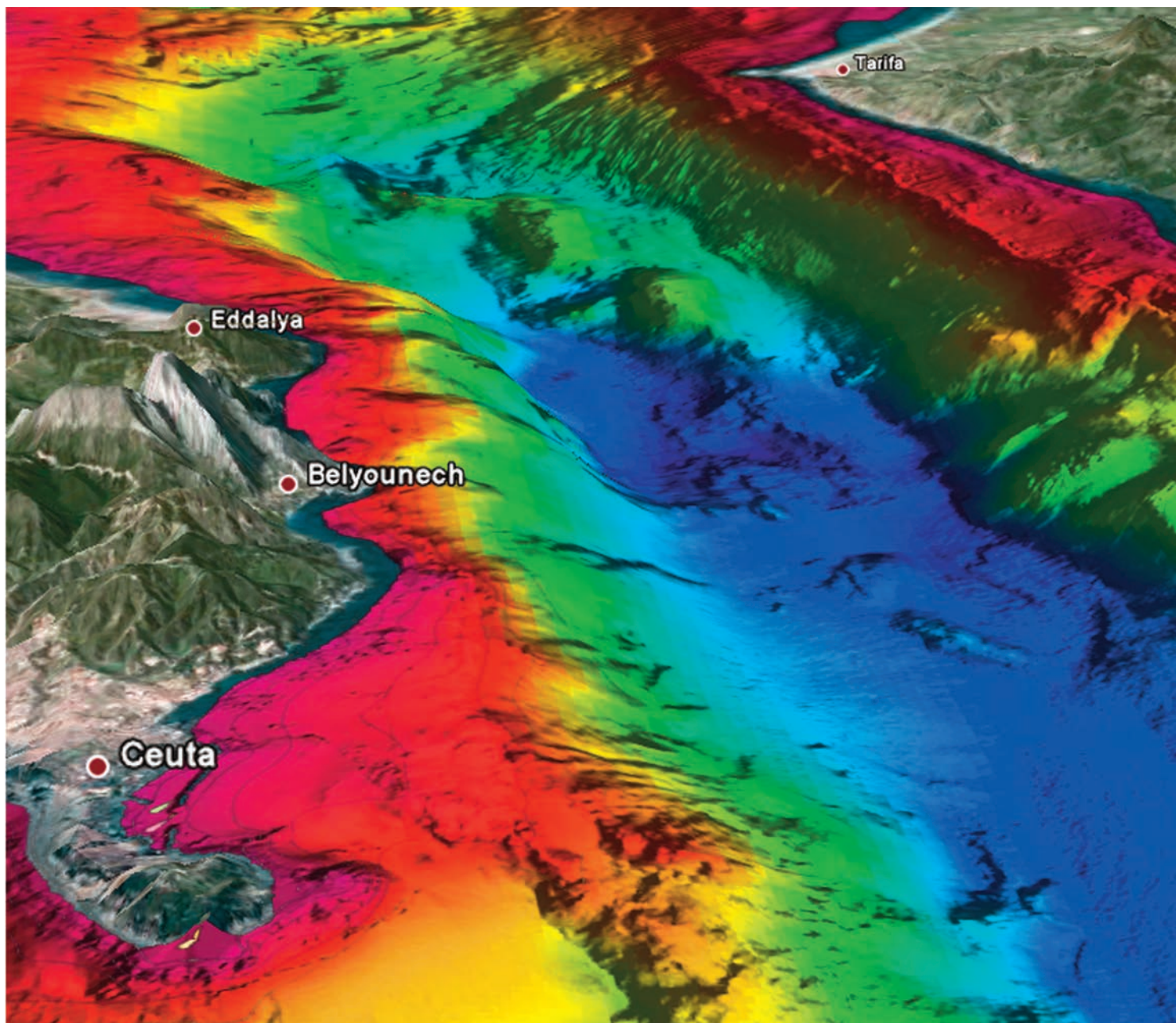
Jesús María Garrido Sáenz de Tejada <sup>(1)</sup>,  
 Jorge Martínez Luceño <sup>(1)</sup>  
<sup>(1)</sup> Instituto Geográfico Nacional

# Monográfica



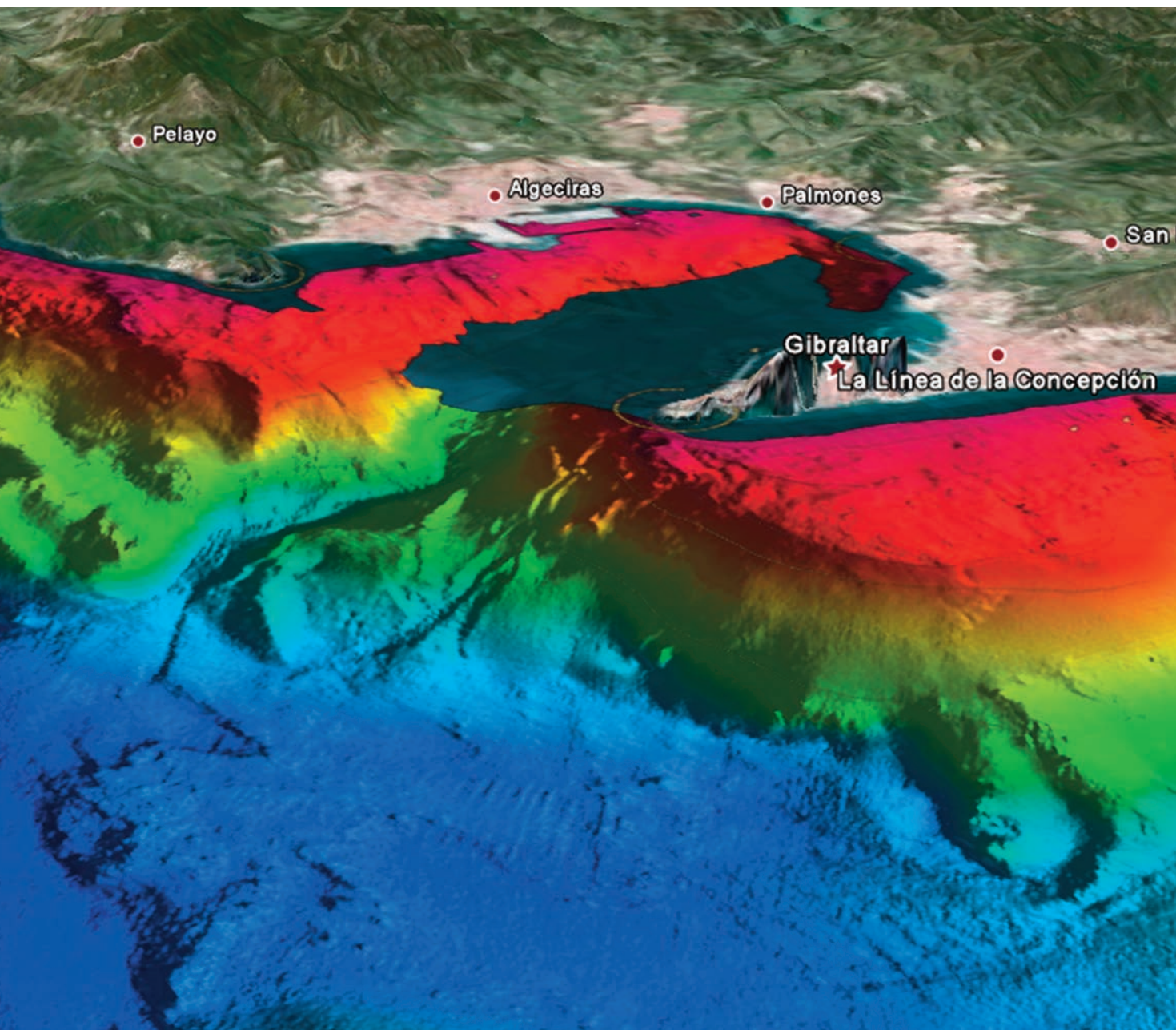
Adquiérello  
en nuestra  
Librería

Librería del Ministerio de Fomento  
Centro de Publicaciones  
Plaza de San Juan de la Cruz, 10,  
28003 Madrid  
Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00  
<https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web>



**El Instituto Hidrográfico de la Marina mantiene al día la cartografía náutica de referencia**

# Los mapas del fondo del mar



► Orografía del terreno en el Estrecho de Gibraltar.

Nuestro país posee una línea de costa con una longitud de 7.780 km y una extensión de casi un millón de km<sup>2</sup> de zona económica exclusiva (ZEE). Actualmente el organismo encargado de proyectar, dirigir y comprobar los levantamientos hidrográficos necesarios para garantizar la seguridad de la navegación en las zonas de responsabilidad de España es el Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM). Para ello cuenta con buques y lanchas hidrográficas que periódicamente realizan campañas en aguas costeras españolas. Sus datos sirven para elaborar y mantener actualizada la cartografía náutica del Estado.



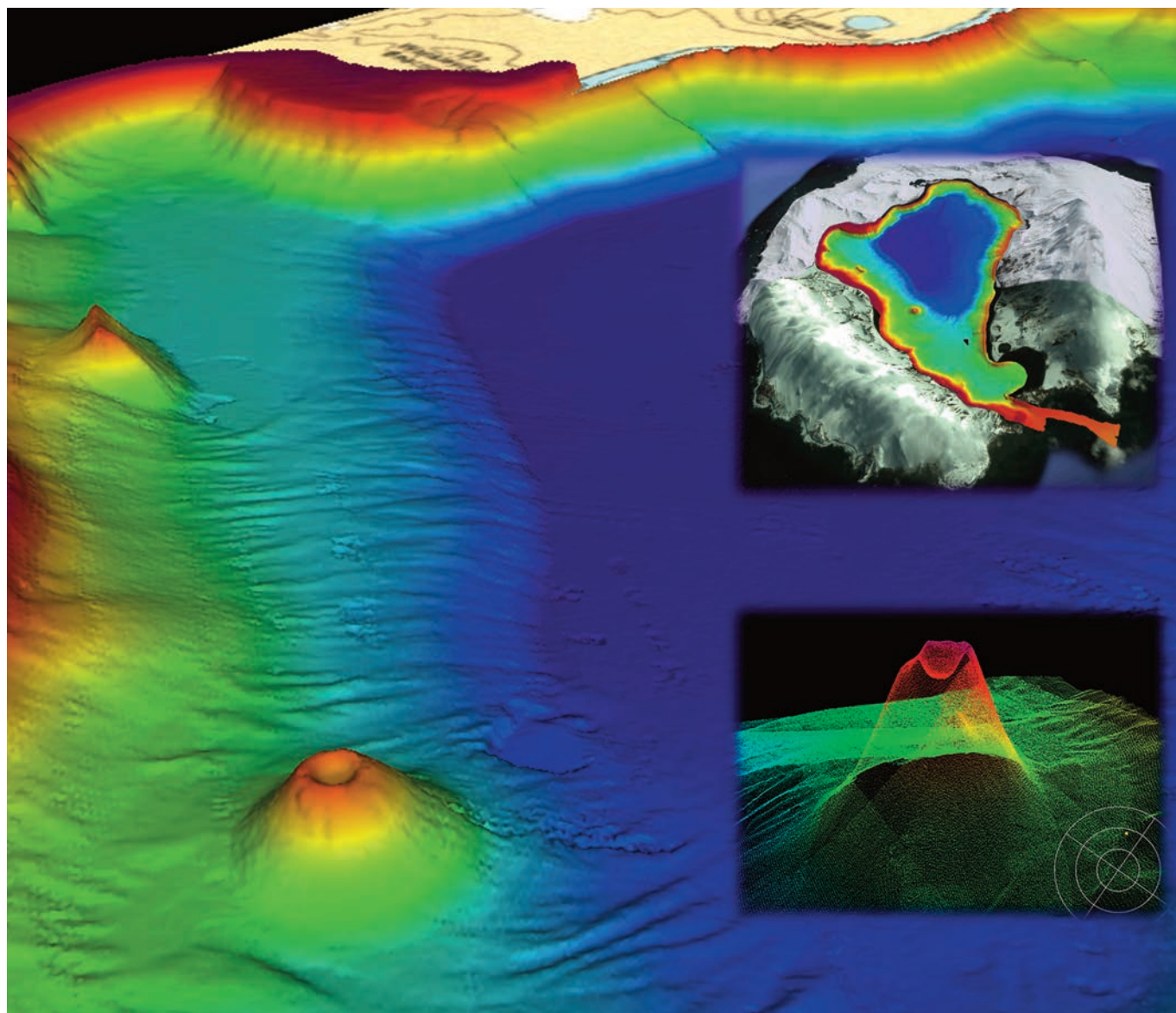
► Vista aérea del edificio principal del Instituto Hidrográfico de la Marina.

**Si buscamos las raíces** de la actividad hidrográfica en nuestro país, tenemos que remontarnos al año 1503, cuando los Reyes Católicos fundan la Casa de Contratación de Sevilla. Este Organismo fue, durante mucho tiempo, el encargado de dirigir los viajes al Nuevo Mundo. Fue también el primero en coordinar y producir cartografía náutica de forma oficial y organizada en España, y en realizar cartas completas de la Tierra. En el año 1790 fue clausurada oficialmente y, para intentar llenar el vacío dejado, en ese mismo año se crea un Depósito Hidrográfico y se publica el «Atlas Marítimo de España», obra de Vicente Tofiño de San Miguel y Van der Walle. Pero queda patente la necesidad de crear un nuevo organismo que coordine y sistematice los trabajos hidrográficos y la producción cartográfica. Es siete años después, en 1797, cuando nace la Di-

rección de Trabajos Hidrográficos o Dirección de Hidrografía, organismo que publica las primeras cartas de la célebre expedición Malaspina (1789-1794), posiblemente una de las más decisivas del siglo XVIII, cuya labor tendrá plena vigencia durante más de un siglo

## Las Comisiones Hidrográficas

A mediados del siglo XIX, ante la necesidad de renovar los levantamientos de la Península y cartografiar las posesiones españolas en ultramar, se forman las Comisiones Hidrográficas de la Península, Antillas y Filipinas que, tras un ingente esfuerzo, desarrollan una de las colecciones de cartografía náutica más extensas de la época. Y es a



► Levantamiento batimétrico con sondador multihaz en la Isla de Decepción (Antártida), donde se observa un volcán submarino en el fondo.

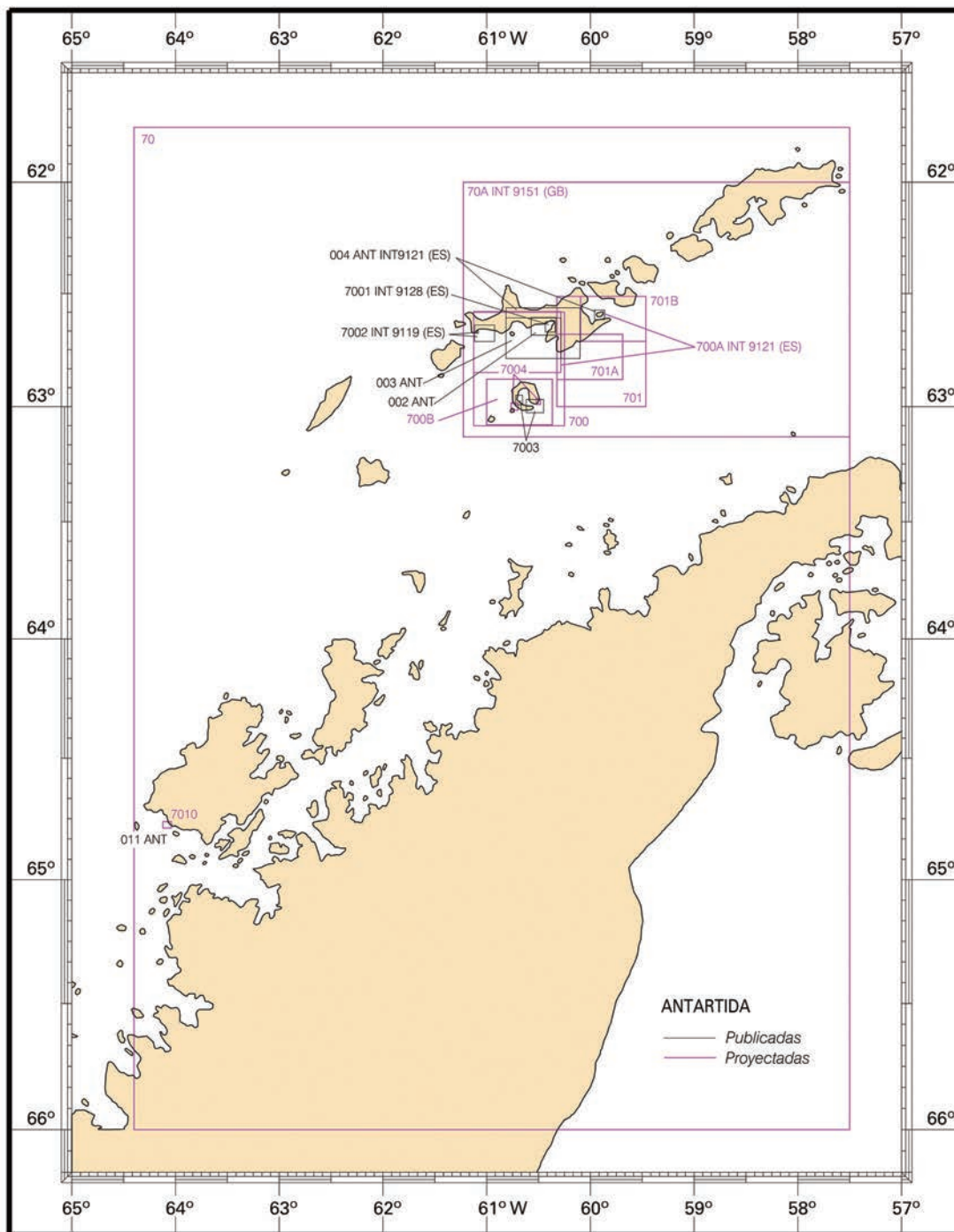
principios del siglo XX cuando se realiza una profunda reorganización de la hidrografía: la Dirección de Hidrografía queda disuelta y sus competencias son repartidas entre varios organismos.

A nivel internacional, en 1921, se crea el Bureau Hydrográfico Internacional (OHI) en Mónaco, siendo España uno de los 18 países fundadores de esta organización intergubernamental consultiva y técnica en materia de hidrografía, creada para fomentar la cooperación y estandarización de las publicaciones náuticas y cartográficas entre los Servicios Hidrográficos. Actualmente, el OHI consta de 93 estados miembros.

En el caso de nuestro país, en 1927 se crea el Servicio Hidrográfico de la Armada que, en su pri-

mera etapa forma parte del Observatorio de Marina de San Fernando, pero que más tarde, en 1943, ante la necesidad de potenciar la hidrografía, se independiza del Observatorio de Marina, y nace así el Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM), con sede en Cádiz. Se trata de dar un nuevo impulso a la cartografía y conseguir una más amplia capacidad de acción en las funciones relativas a la hidrografía y la navegación. Será años más tarde, con la Ley 7/1986 de Ordenación de la Cartografía, cuando se establezca la competencia de la administración del Estado, a través del IHM, para la formación y conservación de la Cartografía Náutica Básica, así como de la documentación oficial de uso obligatorio para el navegante, de acuerdo con las directrices de la OHI.

► Cartas náuticas del IHM en la zona de la Antártida.



### El Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM)

Su principal misión hoy es la de contribuir a la seguridad en la navegación. Con este fin y de acuerdo con la Ley 7/1986 de Ordenación de la Cartografía, edita y produce la cartografía náutica oficial del Estado y las publicaciones asociadas. Elabora las cartas náuticas, tanto en versión de

papel como en digital (carta náutica electrónica-ENC), estas últimas normalizadas y protegidas mediante un sistema de seguridad, a fin de evitar su difusión ilegal y garantizar que se emplean de acuerdo con las directrices de la Organización Marítima Internacional (OMI), en los sistemas de información y visualización de cartas electrónicas (Electronic Chart and Display Information System-ECDIS) a bordo de los buques.



► Buque Hidrográfico Malaspina realizando trabajos hidrográficos en la Bahía de la Concha (San Sebastián).

El IHM participa, como representante oficial de la Administración General del Estado, en un gran número de foros –tanto a nivel nacional como a nivel internacional– para actualizar, mejorar y difundir la cartografía náutica oficial, y vela por la seguridad en la navegación próxima a nuestras costas y zonas asignadas al dominio marítimo español.

La cartografía náutica oficial es actualizada semanalmente por el «Grupo semanal de aviso a los navegantes», que informa al navegante de las actualizaciones que debe realizar en la cartografía náutica oficial en su poder. En ella se incluyen especialmente todas aquellas novedades que impliquen algún tipo de riesgo o peligro. En el caso de los peligros más urgentes, para su notificación se emplea el sistema de radio-avisos costeros, con el que se mantiene informado al navegante de forma continua, unas notificaciones de las que, en este caso, se encarga la Sociedad de Salvamento Marítimo (SASEMAR), adscrita al Ministerio de Fomento.

### GeoPortal

El Geoportal IDE-IHM ofrece una serie de servicios de información geográfica náutica orientados a satisfacer buena parte de las demandas recibidas que se hacen de forma prácticamente automática, si bien es necesario poner de relieve que este servicio en ningún caso sustituye a las cartas náuticas, pues de hacerlo podría comprometerse gravemente la seguridad en la navegación.

Su apertura ha estado motivada por las demandas de información náutica y la creciente necesidad que tiene la sociedad, en su conjunto, de emplear la información geográfica náutica para otros fines distintos al de la propia navegación. Con este servicio, el IHM se suma a la ya nutrida lista de organismos que ofrecen sus datos geográficos al público bajo la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE), basada en la Ley 14/2010 sobre las Infraestructuras y Servicios de Información Geográfica en España (LISIGE), que nace, a su vez, como transposición de la Directiva Europea 2007/2/CE (INSPIRE).

**El conocimiento exacto de la batimetría y perfil de la costa, los fondos marinos, los vientos y las mareas, es imprescindible para realizar cualquier actividad en la mar**

Actualmente, para la realización de la cartografía oficial se cuenta con una flotilla formada por dos buques hidrográficos, el *Malaspina A-31* y el *Tofiño A-32*; un buque hidrográfico, el *Antares A-23*, y tres lanchas hidrográficas transportables –*Astrolabio A-91*, *Escandallo A-92* y *Sondalezca*–. Estos barcos cuen-

**Terminología básica**

**¿Qué es una ENC?**

Son cartas digitales que produce el IHM. Esta cartografía digital es utilizada en los Sistemas de Información y Visualización de Cartas Electrónicas (ECDIS). Son realizadas conforme a la normativa de la Organización Hidrográfica Internacional (OHI), que ha establecido su estructura, contenido y formato. Esta norma se conoce como norma S-57.

El empleo de un sistema ECDIS, a bordo de los barcos, junto con las ENC producidas por los Servicios Hidrográficos Oficiales está aceptado por la Organización Marítima Internacional (OMI), como equivalente legal a la actual obligación de llevar todo ello debidamente actualizado, cartas náuticas, derroteros, libros de faros, avisos a navegantes, tablas de mareas y cualquier otra publicación náutica necesaria para el viaje proyectado y según la regla V/20 del Convenio SOLAS/SEVIMAR de 1974.

**¿Qué es el Cero hidrográfico?**

Es el *datum* hidrográfico al que están referidas las profundidades. Este dato es definido y publicado en el IHM y representa la referencia altimétrica para la cartografía náutica básica. Se refiere a la marea astronómica más baja (*lowest astronomical tide-LAT*) de una predicción de mareas a 19 años.

El motivo principal por el que se usa la bajamar más baja en un largo periodo de tiempo es que el navegante, al situarse en la carta náutica, pueda estar seguro y preparado para afrontar la situación más desfavorable posible.

**¿Qué es el Anuario de Mareas?**

Es una publicación con la previsión de mareas en diversos puertos para el año en cuestión. La parte principal del Anuario está formada por las predicciones de alturas y horas de las pleamares y bajamares para los puertos nacionales y las bases españolas en la Antártida Juan Carlos I (Johnson) y Gabriel de Castilla (Decepción).

**¿Qué es la ZEE?**

La Zona Económica Exclusiva Española (ZEEE) es una franja marítima que se extiende desde la costa hasta las 200 millas náuticas hacia el mar, sobre la que el Estado tiene derechos de soberanía para su exploración y explotación de los recursos naturales.

La ZEE Española (ZEEE) posee una extensión de 1,2 millones de kilómetros cuadrados, más del doble de la superficie terrestre de nuestro país.

► Trabajos de campo en la Antártida (obtención de la línea de costa con posicionamiento Global Navigation satellite system, GNSS).

tan, además, con distintos botes hidrográficos de 6 metros de eslora, que son utilizados como auxiliares para realizar trabajos en aguas someras, cerca de la costa, así como en los puertos interiores y sus alrededores.

La mayoría de estos medios son utilizados para proyectar, dirigir y comprobar los levantamientos hidrográficos y garantizar así la adecuada adquisición y procesado de los datos relativos al entorno marino, unos trabajos que se efectúan siempre de forma coordinada y conforme al Plan Nacional de Levantamientos Sistemáticos de nuestra Zona Económica Exclusiva Española (ZEEE).





► Modelo digital del terreno de la Estación Naval de Puntales (Cádiz).

Todos los datos obtenidos sobre el terreno son utilizados luego para la producción, mantenimiento, actualización, archivo y registro de la cartografía náutica, y el resto de publicaciones directamente relacionadas con ella, facilitando el intercambio de información y desarrollo de programas de interés cartográfico y proporcionando, en todo momento, la información precisa y de utilidad para el trabajo de otros organismos y entidades, como las autoridades portuarias y/o navales con competencias en temas de navegación.

Para los trabajos de elaboración y actualización de las publicaciones náuticas, complementarias a la cartografía y que son de uso obligatorio para el navegante, como es el caso de los Derroteros, los Libros de Faros y Señales de Niebla y el Libro de Radioseñales, también es el IHM el que actúa

### Aplicaciones y enlaces de interés

GEOPORTAL IDEIHM: <http://ideihm.covam.es/Index1.html>

PREVISIÓN DE MAREAS:

<http://armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/cienciaihtm1/prefLang-es/02ProductosServicios--045PrevisiondeMareas>

APLICACIÓN DE FAROS Y SEÑALES DE NIEBLA:

<http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/cienciaihtm1/prefLang-es/02ProductosServicios--021librosFaros>

como coordinador de los avisos náuticos a larga distancia —o avisos NAVAREA— que afectan a las principales vías de comunicación marítima, para la zona del mar Mediterráneo y mar Negro o zona NAVAREA III, y contribuye igualmente a la difusión de Información de Seguridad Marítima (ISM) a través de la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR), coordinador nacional para la promulgación de ISM y coordinador nacional NAVTEX.

El IHM es también el organismo oficial encargado de obtener y analizar los datos de marea, necesarios tanto para corregir las sondas, obtenidas en los levantamientos hidrográficos, como para realizar la previsión de mareas con vistas a su posterior publicación en el Anuario de Mareas. Asimismo, determina, en base al análisis de los datos, la referencia vertical de la carta —datum— así como otros productos de interés para el navegante relacionados con la dinámica marina.

Por último, el IHM lleva a cabo los trabajos de estampación necesarios para el cumplimiento de las obligaciones en materia de producción de cartas y otras publicaciones náuticas que se venden y distribuyen a través del Depósito de Cartas, ingresando al Tesoro Público la recaudación correspondiente a las tasas que se generan con su venta.

### Obtención de datos

Todas las unidades hidrográficas utilizadas por el IHM en el tratamiento y obtención de los datos relativos a los fondos marinos cuentan con un sonador multihaz que consta, según modelo y fabricante, de cientos de haces monohaz. Cada uno de ellos proporciona una medida de profundidad; de esta manera, a medida que avanza el barco, se consigue un ancho de barrido a ambos costados. El barco se desplaza siguiendo líneas paralelas ayudado por equipos de posicionamiento de alta precisión y cubriendo la totalidad del fondo marino. Luego toda la información recogida es procesada a fin de corregir errores debidos a movimientos causados por el oleaje, cabeceos del buque, etc., y, tras pasar sucesivos controles y filtros de calidad, se contrasta con mediciones anteriores antes de proceder a su edición.

### Fuente de la información utilizada:

Instituto Hidrográfico de la Marina.

Redacción Fomento  
Fotos: Instituto Hidrográfico de la Marina

Juan Ladrillero y Pedro Sarmiento de Gamboa, los otros “descubridores” del estrecho

# Después de Magallanes



Tras su descubrimiento en el viaje de la primera circunnavegación (1520), el estrecho de Magallanes continuó siendo durante mucho tiempo una trampa, un laberinto de canales e islas sin cartografiar en el que fracasaron flotas enteras. Además, seguían pendientes dos desafíos: el paso de oeste a este, que al principio se tuvo por imposible, y la colonización, fortificación y reclamación para Castilla de sus desoladas costas, que empezaban a ser objeto de deseo de otras potencias y campo franco para corsarios.

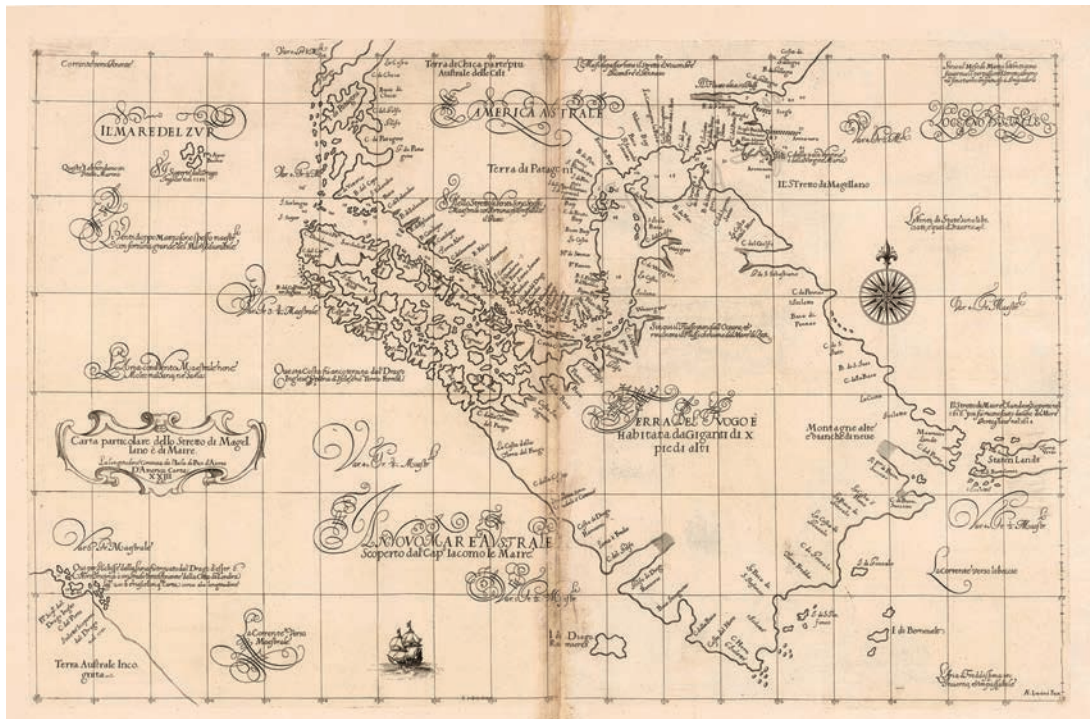
► Demarcación del viaje de Juan Ladrillero al estrecho de Magallanes en un mapa del siglo XIX del Servicio Hidrográfico de Chile. Europea/Biblioteca Nacional de Francia.



**En julio de 1525**, cuatro años después de que Juan Sebastián Elcano regresara a España tras la primera vuelta al mundo, partía de La Coruña una flota de siete naves y 450 hombres al mando de García Jofre de Loáisía, en la que también embarcaron el propio Elcano, comandante de una de las naos, y un joven Juan de Urdaneta, que con el tiempo llegaría a ser uno de los más grandes marinos de la época y el primero en realizar el tornaviaje a través del Pacífico. La expedición de Loáisía, la más potente que se había hecho a la mar hasta entonces y que tenía como finalidad la

colonización de las Molucas, se empezó a fraguar en 1522 tras el encuentro que Elcano mantuvo con el rey Carlos I para darle cuenta del primer viaje de circunnavegación.

El mes de enero de 1526 arribaron a las costas próximas al estrecho de Magallanes, pero, a pesar de que varios tripulantes ya lo habían pasado antes, confundieron la entrada, y cuando consiguieron dar con la correcta, una sucesión de temporales, averías, naufragios y deserciones provocó que solo cuatro de las siete naves alcanzaran, ya en el mes



► Estrecho de Magallanes y mar Austral, en *Arcano del Mare* de sir Robert Dudley, Florencia, 1661. Biblioteca Digital Hispánica. BNE.

de mayo, las aguas del Mar del Sur, y que incluso estas cuatro se dispersaran durante la travesía del estrecho, tomando rumbos distintos y no volviendo a reunirse. La capitana, con graves averías y la tripulación bajo mínimos, afrontó entonces un desesperado peregrinaje por el Pacífico en el que, entre otros muchos, murieron Loaísa y Elcano.

A aquella catástrofe le siguieron otras, y también algún éxito, aunque a costa de muchos barcos y vidas. Era necesario, pues, que aquel estrecho imprescindible para el tránsito entre los océanos Atlántico y Pacífico fuera reconocido y cartografiado hasta en el último de sus peligrosos recovecos, estableciendo un derrotero fiable y tomando posesión definitiva de él para la Corona de Castilla antes de que otras naciones tuvieran la tentación de hacerlo suyo.

## El viaje de Juan Ladrillero

El momento llegó cuando, tras la conquista por Pizarro del Imperio inca, su teniente gobernador, Pedro de Valdivia, continuó la expansión hacia el sur, fundando varias ciudades en el actual Chile, entre ellas Santiago (1541), la Concepción (1550) o Valdivia (1552), ya en la región austral. Ello permitió que las expediciones pudieran abordar el paso desde mucho más cerca y mejor pertrechadas para emprender el reconocimiento del estrecho con

mayor seguridad. Aun así, la primera expedición enviada en 1553 por Pedro de Valdivia, ya gobernador del Reino de Chile, fracasó. La flota, al mando del capitán Francisco de Ulloa, consiguió entrar en el estrecho y navegarlo unas millas, pero los vientos contrarios le impidieron continuar y no llegó a hacer reconocimiento alguno de interés ni entró en contacto con los nativos. Esto aumentó la fama que iba adquiriendo el estrecho como un paso innavegable, sobre todo de oeste a este, un laberinto de islas y escollos que aparecían y desaparecían, ensenadas inaccesibles y canales sin salida cuyas costas estaban, además, habitadas por tribus que atacaban a los expedicionarios en cuanto intentaban acercarse a la orilla para buscar abrigo.

Sin embargo, no cesaban los intentos. Muerto Valdivia, el recién nombrado gobernador, García Hurtado de Mendoza, organizó una nueva expedición al mando del capitán Juan Fernández Ladrillero. Había nacido este en Cartaya (otras fuentes hablan de Moguer) hacia 1503. Realizó varios viajes a las Indias, obteniendo el título de piloto en 1535. En los años siguientes navegó por las costas del Mar del Sur entre Panamá y Perú, donde realizó algunos descubrimientos y proporcionó valiosos datos geográficos. En 1545 consta su presencia en Quito, así como su participación en las guerras entre los conquistadores del Perú al lado del virrey Vela Núñez y en contra de Gonzalo Pizarro. En la década siguiente lo encontramos ya en el séquito del go-

bernador Hurtado de Mendoza, que, en 1557, en cumplimiento de una real cédula de dos años antes, envía a Ladrillero “a reconocer aquel paso (el estrecho de Magallanes) i tomar posesión de las tierras i provincias comprendidas en la demarcación de la Corona de Castilla que se fueran descubriendo”.

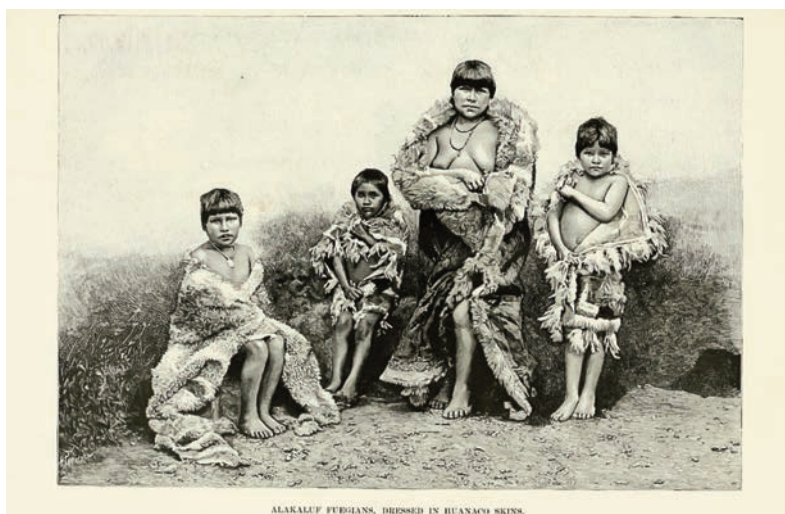
La expedición estaba compuesta por dos naves de 50 toneles cada una y sesenta hombres de tripulación, además de un pequeño bergantín para las

► Un marinero ofrece comida a una familia de patagones en un grabado del libro *A voyage round the world*, de John Byron, 1767. Museo de América, Madrid.



exploraciones en aguas someras. Ladrillero, como capitán general, comandaba la nao *San Luis*, mientras que la otra nave, la *San Sebastián*, iba al mando de otro experto navegante, Francisco Cortés de Ojea. Partieron de Valdivia en noviembre de 1557 y, tras ocho días de navegación, les sorprendió una tempestad que provocó la caída de algunos tripulantes al agua, aunque pudieron ser rescatados. Superada la tormenta y arrostrando corrientes adversas, arribaron a un abrigo del actual golfo de Penas al que dieron el nombre de Nuestra Señora del Valle. Allí entraron en contacto también con los primeros nativos que encontrarían en el viaje, los indios kawésqar, a los que llamaron canoeros, embarcando a uno de ellos para que hiciese de intérprete con otros pueblos. Tras esa ensenada, de la que partieron el 6 de diciembre, daba comienzo el laberinto de canales que, entre altos farallones a uno y otro lado y salpicados de multitud de bajíos, llevan a la boca occidental del estrecho. En ese laberinto, a los pocos días, por causa de otra tormenta que provocó graves daños en la *San Sebastián*, ambas naves se perdieron de vista para no volver a encontrarse. (Cortés de Ojea, tras sufrir grandes penalidades, entre ellas el ataque de los kawésqar, decidió regresar al norte, construyó un bergantín con los restos de su nao y llegó a Valdivia en octubre de 1558).

Continuó ya sola la *San Luis* hacia el sur, y el 14 de diciembre de 1557, en un abrigo al que Ladrillero llamó San Lázaro, se realizó el primer acto solemne de toma de posesión del estrecho y de sus tierras en nombre del rey Felipe II, un ritual que se repetiría varias veces. Durante ocho meses navegó Ladrillero por los canales patagónicos y el estrecho de Magallanes, bautizando los distintos accidentes que fue encontrando, sacando la latitud a la que se encontraba cada uno y describiéndolos con minuciosidad, por lo que su relato del viaje constituyó un perfecto derrotero lleno de detalles útiles. Además, dio cuenta de los recursos naturales de la zona y describió a los pueblos indígenas con los que entraron en contacto, su aspecto, vestimenta, armas y herramientas. A primeros de agosto de 1558, llegaron a la bahía Posesión, frente al cabo Vírgenes, la boca oriental del estrecho, donde se dio por finalizado el viaje de reconocimiento y toma de posesión del estrecho. Todavía le quedaba a Ladrillero un terrible viaje de vuelta que acabó en Concepción, en enero de 1559, donde llegó la *San Luis* prácticamente destrozada y sin apenas tripulación, pues muchos perecieron durante el regreso. El propio Juan Ladrillero falleció muy poco después de su aventura magallánica.



ALAKALUF FERIGANS, DRESSED IN BUANACO SKINS.

► Indios kawésqar o alakalufes, pueblo de nómadas de la región de Magallanes, también llamados canoeros. Los primeros europeos con los que contactaron fueron los de la expedición de Juan Ladrillero. Fotografía de la edición inglesa de 1882 de la *Geografía universal. La tierra y sus habitantes*, de Élisée Reclus.

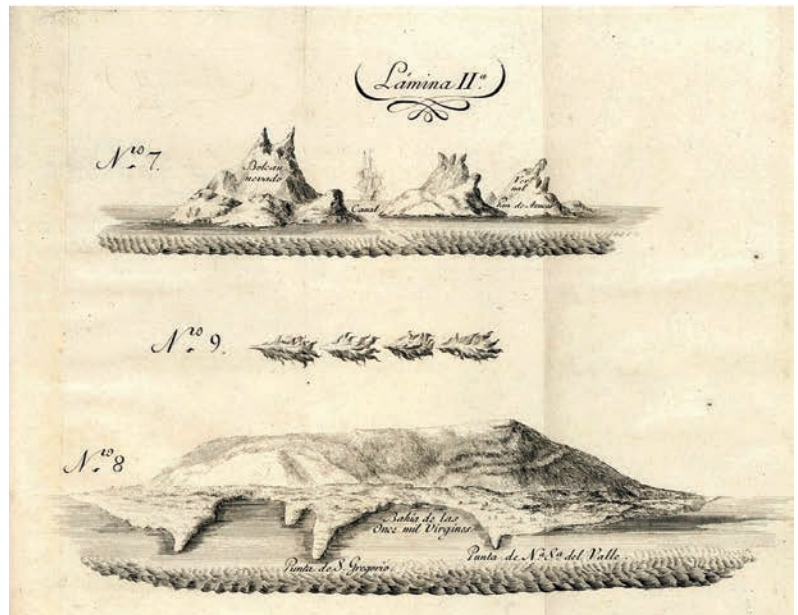
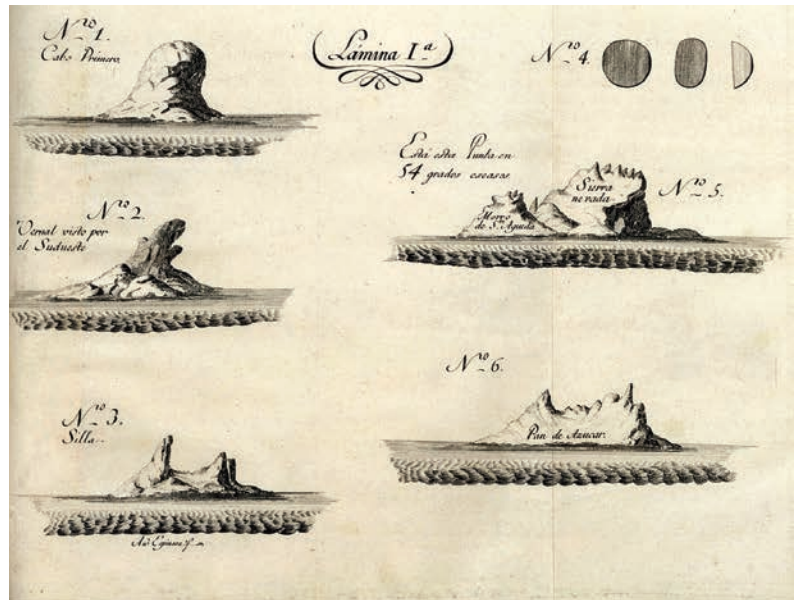


► Pedro Sarmiento de Gamboa en un relieve en bronce del monumento al Descubrimiento en Alcalá de Henares. Foto: Raimundo Pastor bajo licencia Creative Commons. Wikipedia.

## Sarmiento de Gamboa

Más allá de los valiosos datos náuticos y geográficos recogidos por Ladrillero, el viaje demostró que desde el punto de vista económico los recursos de la región del estrecho eran escasos y poco aprovechables en aquella época. En cambio, su interés estratégico era enorme. Controlar en exclusiva el paso entre los dos océanos era fundamental para asegurar el acceso por mar a los dominios españoles de la costa occidental de América recién conquistados, así como a los territorios del Pacífico, particularmente a las islas de la Especiería. Por esa razón, el derrotero y las cartas náuticas de Ladrillero se ocultaron durante mucho tiempo. La Corona española temía que aquellos preciados datos para la navegación del estrecho acabaran en manos de potencias extranjeras.

Pero, a pesar de las cautelas, no se pudo evitar que navegantes de otros países intentaran una y otra vez la incursión al Pacífico a través de ese estratégico paso. Y el primero en conseguirlo, en 1578, fue el más temido corsario de la época, Francis Drake, que durante un año estuvo haciendo incursiones en las costas de Chile, Perú, Panamá y Nueva España, atacando poblaciones como Valparaíso o Callao y abordando los galeones que encontraba. El virrey del Perú envió una pequeña armada al encuentro del corsario, en la que, al mando de una de las naves, se encontraba un experimentado capitán llamado Pedro Sarmiento de Gamboa. (Drake, al margen de alguna escaramuza, consiguió burlar una y otra vez a las patrullas españolas y al final decidió regresar a Inglaterra; primero subió hasta la California septentrional y buscó el paso al Atlántico por el noreste y, como no lo



encontró, navegó hacia el oeste: Filipinas, Molucas, Sumatra, el Índico, el cabo de Buena Esperanza... Es decir, la de Drake fue la segunda expedición que completó la vuelta al mundo, en 1580, tras la de Elcano).

Consciente el virrey de la necesidad de asegurar el estrecho, en 1579 armó dos barcos con la misión de reconocer de nuevo la región magallánica y estudiar la posibilidad de establecer defensas en sus costas. Al mando puso a Sarmiento de Gamboa, un capitán de 50 años y azarosa vida que no se sabe si nació, hacia 1530, en Pontevedra, donde se crió y de donde era su familia, o, como él mismo declaró en alguna ocasión ante la Inquisición, en

► Láminas del libro *Viage al estrecho de Magallanes por el Capitán Pedro Sarmiento de Gamboa en los años de 1579 y 1580, y noticia de la expedición que después hizo para poblarle*. Madrid, 1768. Biblioteca Digital Hispánica. BNE.



► Francis Drake, en *Effigies Regum ac Principum*, de Crispijn van de Passe, Holanda, 1598. Biblioteca Digital Hispánica. BNE.

Alcalá de Henares, en cuya universidad es posible que siguiera estudios, ya que a lo largo de su carrera demostró unos profundos conocimientos de náutica, astronomía y geografía, además de ser un excelente escritor, autor de varios libros entre los que destaca su *Historia de los incas*.

Sirvió desde muy joven en varios puestos y viajó a América, donde se ganó la amistad y el favor de distintos gobernadores pero también la enemiga del Santo Oficio, que le formó proceso en al menos dos ocasiones por desacatos, burla a la religión y prácticas nigrománticas, aunque las penas siempre fueron leves o se le perdonaron. En 1567, el gobernador del virreinato del Perú organizó una expedición a las Molucas a cuyo mando puso a su sobrino Álvaro de Mendaña, pero con la orden de que se consultaran todas las cuestiones relativas a

la navegación a Sarmiento, que además gobernaba la nao capitana. La expedición descubrió las Salomón y otras islas, pero de forma intempestiva y en contra de la opinión de Sarmiento —y de la finalidad de la expedición, que era llegar a la Especiería—, Mendaña ordenó la vuelta a América. Las desavenencias entre ambos comandantes continuaron durante el viaje y Sarmiento acabó preso. Con la llegada de un nuevo virrey, no solo recuperó la libertad sino que emprendió como asesor un largo viaje de reconocimiento por todo el virreinato, estudiando los recursos del antiguo Imperio incaico y a sus habitantes.

## Reconocimiento e intento de población

Con Drake todavía haciendo de las suyas en las costas peruanas y con la bien ganada fama de Sarmiento como explorador y comandante, en 1579 el virrey Francisco Álvarez de Toledo le pone al frente de la expedición que debía reconocer el estrecho de Magallanes y estudiar la posible ubicación de poblados y fortificaciones. Las dos naves que partieron del puerto del Callao —*Nuestra Señora de la Esperanza*, al mando del propio Sarmiento, y *San Francisco*, al mando de Juan de Villalobos—, fuertemente armadas, pertrechadas y con suficiente tripulación, llegaron sin problemas a la boca del estrecho, pero, sorprendidos allí por un fuerte temporal, la nave de Villalobos fue empujada de nuevo al Pacífico y tuvo que regresar. La nao capitana consiguió entrar en el estrecho de Magallanes, que los tripulantes rebautizaron con el nombre de Madre de Dios, y en la isla Desolación realizó Sarmiento la primera toma de posesión para la corona. Durante la navegación del estrecho, que duró 34 días, se tomaron multitud de mediciones y anotaciones náuticas, reconocimientos de los accidentes geográficos, de la flora y la fauna, así como de algunos pueblos que habitaban sus orillas. Además, dio nombres a muchos de los accidentes, un buen número de ellos descubiertos durante este viaje.

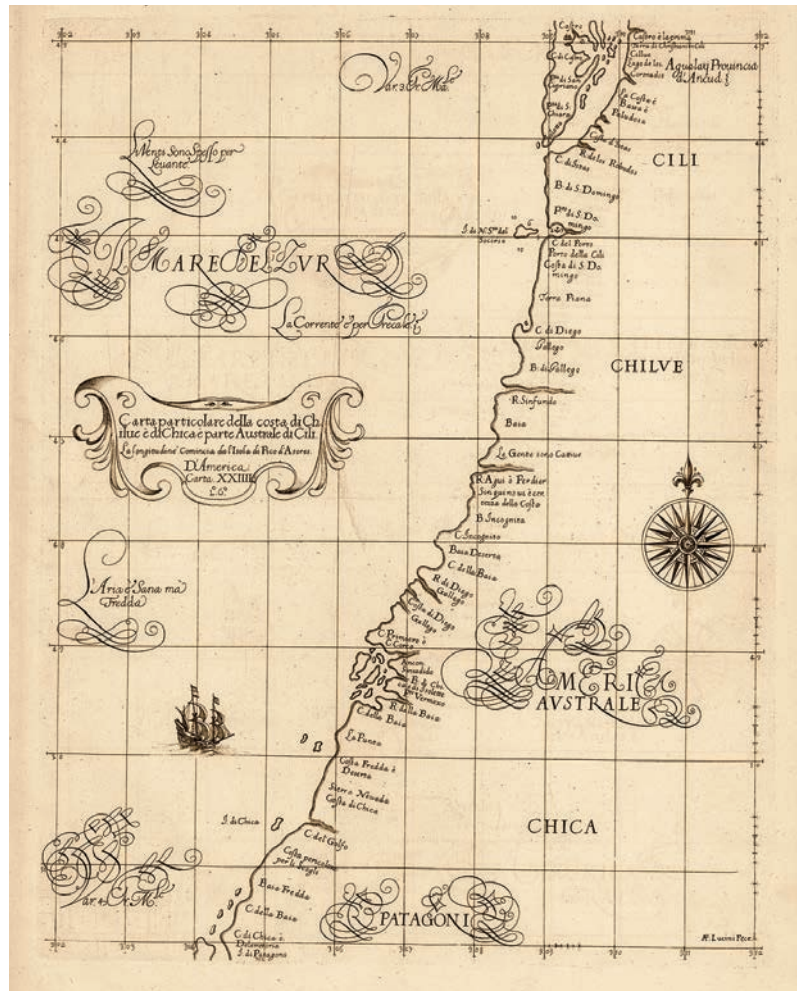
Una vez en el Atlántico, continuó rumbo a España con el fin de informar directamente al rey Felipe II sobre la necesidad de poblar y defender cuanto antes el estrecho. Convencido el monarca, se armó una impresionante flota de veintitrés navíos y tres mil personas al mando de Diego Flores Valdés, mientras que Sarmiento fue nombrado capitán general y gobernador de las poblaciones que se fundaran. Sarmiento no estuvo conforme con el nom-

bramamiento de Flores Valdés y las desavenencias, una vez más, surgieron enseguida. Primero por la fecha de salida –se partió casi a finales del otoño de 1581–, que Sarmiento hubiera preferido posponer; y después por el resto de decisiones tomadas por Valdés durante la navegación. Esta, además, fue difícil, teniéndose que enfrentar a varios temporales que ralentizaron la marcha y que hicieron que gran parte de la tripulación y los futuros pobladores enfermaran y murieran de escorbuto.

Solo una parte de la flota llegó a Brasil en marzo de 1582, de donde partieron en noviembre en busca del estrecho. Los enfrentamientos por la toma de decisiones entre Sarmiento y Valdés continuaron, y también los temporales, los naufragios, las deserciones, los motines, las enfermedades y las muertes, por lo que, tras varios intentos frustrados, volvieron a Río. Allí recibieron el apoyo del almirante Diego de Rivera, que había llegado con las órdenes reales de defender y poblar el estrecho cuanto antes, ya que se tenía noticia de que corsarios franceses e ingleses se dirigían hacia allí con la intención de pasar al Mar del Sur. Entonces Flores Valdés salió a su encuentro y después, desoyendo cualquier orden, decidió volver a España dejando a Sarmiento y Rivera en Río de Janeiro.

## Los descubrimientos de Ladrillero y Sarmiento supusieron un gran avance en el conocimiento científico de la región austral del continente

Tras muchas penalidades, en febrero de 1584 consiguen llegar estos a la boca oriental del estrecho con cinco navés. Allí termina la misión de Diego Rivera, que regresa a España dejando a Sarmiento con un solo barco y trescientas personas, entre tripulantes y pobladores. En el estrecho funda dos ciudades, Nombre de Jesús y Rey Don Felipe. Un año después de la creación de esta última, emprende viaje para inspeccionar las condiciones en que sigue la primera fundación, pero el barco es desviado una y otra vez por los temporales, él cae enfermo y, tras reponerse en Todos los Santos (Brasil), decide regresar a España en busca de ayuda. Durante este regreso aún habrá de soportar más penalidades: cae preso de los ingleses, aunque



► Costa de Chile, en *Arcano del Mare*, de sir Robert Dudley, Florencia, 1661. Biblioteca Digital Hispánica. BNE.



► Arpones utilizados por los pueblos del estrecho de Magallanes. Museo de América, Madrid.

► Tabula Magellanica, de Willem Janszoon Blaeu, 1635. Biblioteca Digital Hispánica. BNE.



llevado ante Isabel I esta le trata como a un huésped, le permite volver a España vía París e incluso le encomienda una misión ante Felipe II. Pero al pasar por Francia es apresado por los hugonotes, que le retienen tres años hasta que se paga el rescate. Nada más llegar a España, en 1590, pide

volver al estrecho para socorrer a los colonos que había dejado allí y realizar más fundaciones. Los preparativos del viaje se retrasan, la flota, bajo su mando, no parte hasta mayo de 1592, y nada más salir cae gravemente enfermo. Sarmiento será desembarcado y llevado a Lisboa, donde morirá en el mes de julio. Tenía buenos motivos para preocuparse por el estado de sus colonos: Cuando en 1588 pasó por el estrecho el pirata Thomas Cavendish, solo encontró a unos pocos supervivientes, y era tal el estado de desolación y miseria que a la colonia Rey Don Felipe la rebautizó con el nombre de Port Famine, Puerto del Hambre.

### Más información

En el sitio de Internet “Memoria Chilena” ([www.memoriachilena.gob.cl](http://www.memoriachilena.gob.cl)), de la Biblioteca Nacional de Chile, se puede descargar el “Viaje del capitán Juan Ladrillero al descubrimiento del estrecho de Magallanes”, publicado en el Anuario Hidrográfico de la Marina de Chile de 1879. Además, esta web es una fuente de información imprescindible para todo lo relacionado con la región magallánica y quienes la exploraron. Por su parte, en la Biblioteca Digital Hispánica de la Biblioteca Nacional de España ([www.bne.es](http://www.bne.es)) está disponible el libro *Viage al estrecho de Magallanes por el Capitán Pedro Sarmiento de Gambóia en los años de 1579 y 1580, y noticia de la expedición que después hizo para poblarle* (Madrid, 1768). Por otra parte, el *Diccionario Biográfico* de la Real Academia de la Historia en su versión electrónica (<http://dbe.rah.es>) recoge las biografías de Juan Ladrillero y de Pedro Sarmiento de Gamboa, escritas respectivamente por Isidoro Vázquez de Acuña y Marcelino González Fernández.

Los descubrimientos y trabajos de Sarmiento de Gamboa y Juan Ladrillero supusieron un gran avance en el conocimiento científico de los canales magallánicos y las tierras australes, si bien no despojaron al estrecho de Magallanes —“esa secreta senda”, como la llamó Ercilla en su poema *La Araucana*— de esa condición de desafío extremo, de *terra incognita* en los confines del mundo, que lo acompañó durante mucho tiempo y que, en cierta forma, aún perdura.

Mariano Serrano

Camino Natural Vía Verde del Segura

# La huella del tren que nunca llegó





El ferrocarril Baeza-Utiel nació siendo uno de los proyectos ferroviarios más ambiciosos del siglo pasado pero murió sin hacerse realidad. Después de más de tres décadas de obras y de haber sorteado multitud de dificultades, nunca llegó a ponerse en funcionamiento. A día de hoy, aquella línea, que estaba llamada a ser un eje vertebrador del interior peninsular, está considerada como el mayor fracaso de la historia del tren en España. Ahora, el Camino Natural Vía Verde del Segura sigue, a lo largo de 27 kilómetros, la huella de aquel ferrocarril incabado.



► La vía verde atraviesa varios espacios de interés natural.

**Se conoce como** Baeza-Utiel, pero ese tramo formaba parte del ferrocarril transversal Baeza-Saint Giron, que aspiraba a convertirse en un gran corredor ferroviario entre Andalucía oriental, el levante español, Cataluña y Francia. Y como tal estaba incluido en el Plan Preferente de Ferrocarriles de Urgente Construcción de 1926, el llamado Plan Guadalhorce, puesto en marcha en 1927 por el gobierno de Primo de Rivera. Era una línea estratégica que hubiera dado servicio a más de 32.000 km cuadrados de territorio sin ningún tipo de conexión ferroviaria, discurriendo por el interior transversalmente para facilitar el transporte de viajeros y el comercio entre productos andaluces, manchegos, valencianos y catalanes.

El tren hubiera arrancado de la estación de Baeza-Empalme (actual Linares-Baeza) hasta Utiel, y desde allí, ascendiendo hacia el noreste, habría conectado con las principales estaciones de Teruel,

Alcañiz, Lleida, Puebla de Segur y Saint Giron (Francia), para enlazar con la línea general del Midi de Bayona a Toulouse. Se planteaba, pues, como una potente alternativa férrea que discurría por el interior y complementaba a los ferrocarriles cercanos a la costa vía Baza-Lorca y Valencia-Tarragona.

El proyecto se desarrolló en seis tramos: Baeza-Utiel, Utiel-Teruel, Teruel-Alcañiz, Alcañiz-Lleida, Lleida-Pobla de Segur, y Pobla de Segur-Saint Giron. Las obras comenzaron por el tramo jienense, que sumaba 366 kilómetros, 107 túneles, 25 viaductos y 12 estaciones, y fue considerado el más urgente, dado que, al evitar su paso por Alcázar de San Juan, acortaba notablemente el viaje desde Andalucía oriental hasta Levante; siguieron los trabajos entre Teruel y Alcañiz, al sur de Lleida y desde allí hacia el norte, mientras que el tramo de Utiel a Teruel nunca se llegó a comenzar.

Desde su comienzo, las obras prosiguieron, a mayor o menor ritmo, ininterrumpidamente. En los túneles se llegó a trabajar en tres turnos de 8 horas y se sortearon dificultades de todo signo, hasta tal punto que ni siquiera durante la Guerra Civil se detuvieron las obras. Fue en 1964, cuando el Gobierno, a pesar de que los trabajos estaban ejecutados casi al 80% —incluyendo 25 viaductos, 107 túneles y la mayoría de las 121 estaciones previstas—, con una inversión realizada de más de 1.200 millones de pesetas, y a sólo tres años de finalizar las obras, paralizó el proyecto indefinidamente. A pesar de que hubo algunos intentos años después para reactivar los trabajos, finalmente la línea fue abandonada y, en 1991, el Consejo de Ministros decretó su desmantelamiento.

► La vía verde depara espectaculares vistas de la Sierra de Segura.

## Cierre

Una especie de *tormenta perfecta* hizo que se produjera el mayor fiasco ferroviario: por una parte, la construcción de la línea arrastraba las dificultades derivadas de la crisis económica de 1929; por otra parte, también sufrió las consecuencias de la Guerra Civil y de la escasez económica de la postguerra; a ello se vino a unir, años después, el auge de un nuevo modelo de desarrollo que se impuso en la década de los 60, en el que primaba el transporte por carretera, mientras que el flujo migratorio hacia las ciudades dejaba despoblados muchos de los territorios por los que pasaba la línea; y por último, sendos informes, uno del Banco Mundial y otro de la consultora francesa Sofrerail,



## Ficha técnica

- ✓ **Localización:** Entre el km 217 de la N-322 (término municipal de Arroyo del Ojanco) y el límite provincial Jaén-Albacete (término municipal de Villarodrigo), Jaén.
- ✓ **Municipios:** Arroyo del Ojanco, Segura de la Sierra, Puente de Génave, La Puerta de Segura, Génave y Villarodrigo (Jaén).
- ✓ **Longitud:** 27 km.
- ✓ **Perfil de usuarios:** senderistas y ciclistas
- ✓ **Nivel de accesibilidad:** Apta para silla de ruedas, con dificultades entre los km 116,2 y 117,7.
- ✓ El recorrido cuenta con siete **áreas de descanso**, de las cuales tres coinciden con las antiguas estaciones de Villarodrigo, Génave y Puente de Génave. Todas están equipadas con mesas y bancos de madera adaptados a personas con movilidad reducida, aparcabicis y papeleras o contenedores.
- ✓ **Tipo de firme:** Gravilla compactada.
- ✓ **Patrimonio cultural:**
  - Arroyo del Ojanco: Centro de Interpretación de la Cultura Romana.
  - Segura de la Sierra: Castillo y villa (declarados Paisaje Pintoresco y Conjunto Histórico Artístico), iglesia parroquial de Santa María del Collado, ayuntamiento, fuente Imperial, casa de Jorge Manrique, iglesia de los Jesuitas, plaza de toros, baños árabes, lienzos, torres y puertas de acceso de la muralla.
  - Puente de Génave: Restos del antiguo puente romano sobre el Guadalimar.
  - La Puerta de Segura: Iglesia de San Mateo, barrio de Beas y el Peñón, paseo del Guadalimar y torreón del Castillo.
  - Génave: Torre de la Tercia, torre de la Laguna e iglesia de la Inmaculada Concepción.
  - Villarodrigo: Centro de interpretación histórica Las Defensas de Frontera en la torre del antiguo castillo.
- ✓ **Medio Natural:** Parque natural Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas, campiña olivarera de lomas y cerros, bosque galería del río Guadalimar y panorámicas de Sierra Morena.
- ✓ **Más información en:** [www.viasverdes.com](http://www.viasverdes.com)



vinieron a alentar el fatal desenlace: ambos alertaban de que ese ferrocarril no sería rentable cuando estuviera operativo, por lo que recomendaba al gobierno español su abandono, y el banco condicionó la concesión de créditos a la paralización de proyectos considerados deficitarios. El resultado fue que el único tramo de todo el pro-

yecto que llegó a entrar en servicio fue el comprendido entre Lleida y Poble de Segur, puesto en marcha en 1951, y que el resto de la línea quedó en el olvido hasta que en los primeros años del 2000 comenzaron a reconvertirse tramos en vías verdes, recuperando la memoria del tren que nunca llegó.

► Ciclista a la salida de uno de los tres túneles del recorrido



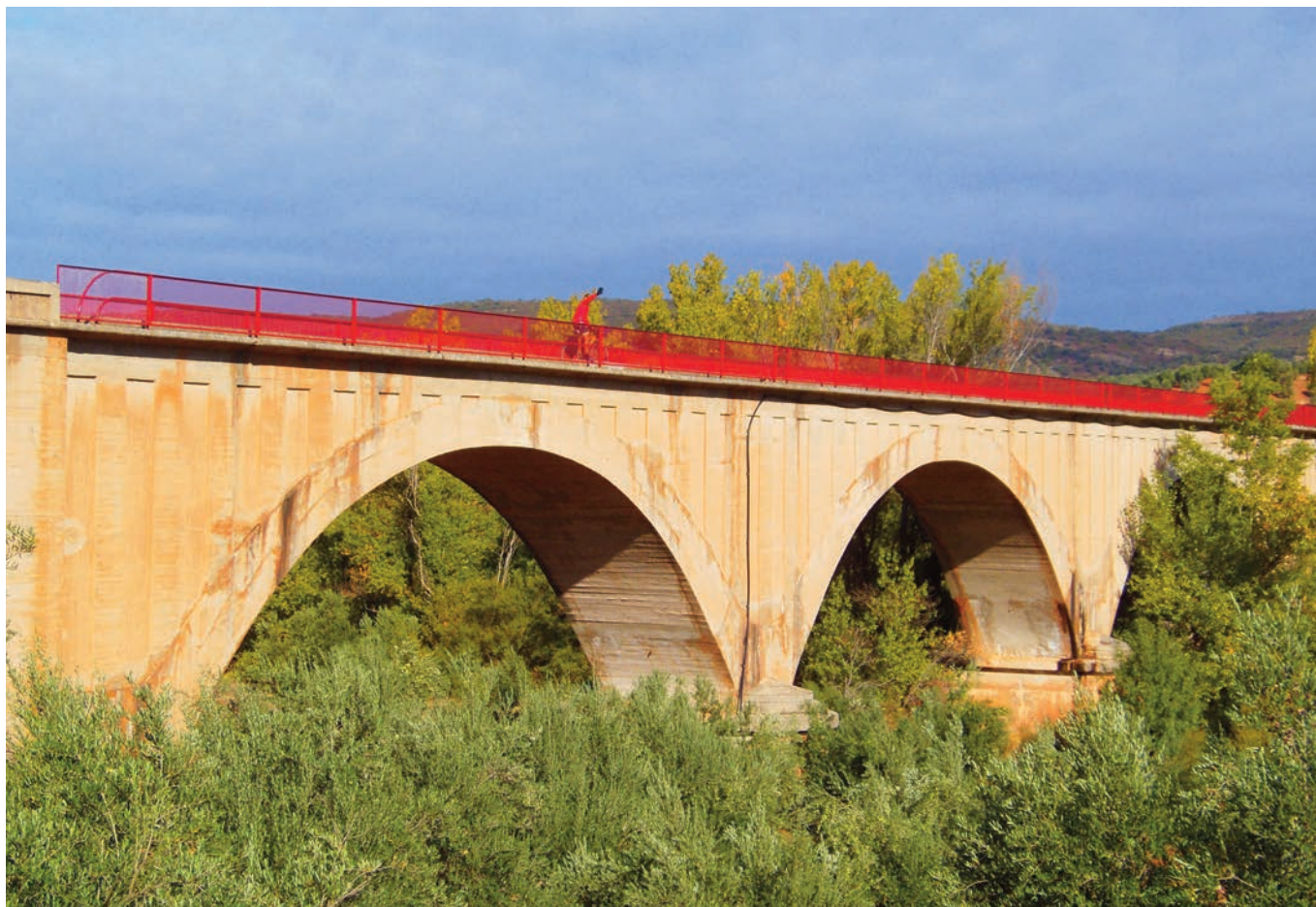
► El piso de grava la hace ideal para rutas ciclistas.

Es el caso de la Vía Verde (VV) del Segura. Promovida por la Diputación Provincial de Jaén a partir de un proyecto de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, dependiente del Ministerio de Fomento, y desarrollada por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en 2015, esta VV se suma a otras dos que también siguen la huella del ferrocarril Baeza-Utiel: la VV del Guadalimar, que recorre 15,30 km de tierras jienenses entre la antigua estación de Linares-Baeza y el término municipal de Begíjar; y la VV Sierra de Alcaraz (Albacete), de 74 km, que discurre por la llanura albaceteña y conecta con el Camino Natural Canal de M<sup>a</sup> Cristina y sus ramales. A ellas se une el proyecto del Corredor Verde de Jaén, para cicloturismo y senderismo, que incluye un recorrido por la provincia durante 270 km desde el límite con tierras albaceteñas hasta Córdoba, y que conecta también las VV de Linares y del Aceite, más la futura VV Espeluy-Linares, junto con otros caminos naturales sin origen ferroviario.

## Sierra de Segura

Sus 27,5 km arrancan en el punto kilométrico 217 de la Carretera Nacional Bailén-Albacete (N-322), situado en las cercanías de la antigua estación de Arroyo del Ojanco, y discurren hasta el límite de la provincia de Jaén con Albacete, en el municipio de Villarodrigo. Pasa por los municipios de Segura de la Sierra (0,4 km), Puente de Génave (2,7 km), La Puerta de Segura (8,9 km) y Génave (9,5 km). Su inicio coincide con el punto kilométrico 114,5 de la antigua vía férrea, que aún conserva para el recuerdo, los mojones ferroviarios originales señalados con la iniciales B-U (Baeza-Utiel) de la línea.

La VV de Segura discurre íntegramente por la comarca de la Sierra de Segura, alejada en su mayoría de los núcleos de población y por tanto, en plena naturaleza. El recorrido se adentra en el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas, y en el entorno de los Lugares de Im-



portancia Comunitaria (LIC) de las cuencas del Rumblar, Guadalén y Guadalmena; la Sierra del Relumbrar y estribaciones de Alcaraz; la Sierra de Alcaraz y Segura; los Cañones del Segura y del Mundo, y las Zonas de Especial Protección para Aves (ZEPA) Sierras de Cazorla, Segura y las Villas. En el trayecto abundan los olivares, zonas de pinos carrasco y negral, quejigo, y especies protegidas como el tejo, el abedul o el cerezo de Santa Lucía. Un hábitat donde prosperan especies animales simbólicas de este espacio como el quebrantahuesos, la lagartija de Valverde o el topillo de Cabrera.

El recorrido, accesible para todo tipo de viajeros, se adentra en una sucesión de vaguadas y trincheras y falsos túneles construidos para abrir paso al tren, a través de una abrupta orografía que hizo necesaria la construcción de importantes infraestructuras, como el viaducto sobre el río Guadalimar, una imponente obra de hormigón con cinco arcos y 175 metros de longitud; o el túnel de Génave (km 132), que con sus 277 metros es el más largo del trayecto (hay otros dos con 33 y 70 metros de longitud).

## Recorrido

Nada más comenzar el trayecto, el viajero –peatón o ciclista– cruzará el viaducto sobre el Guadalimar, un mirador excelente para contemplar una panorámica aérea del bosque de ribera que prospera junto al río. Estamos en el punto más bajo del re-

► Viaducto de Guadalimar y, debajo, ciclista al paso por el Parque natural Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas.





► La abandonada estación de Puente Génave y río Guadalimar.

corrido. En adelante, el camino hará un suave pero continuo ascenso desde los 520 metros hasta los 790 metros de altitud, a través de un paisaje de lomas y collados, donde abundan los olivares y los campos baldíos interrumpidos a menudo por notables desniveles orográficos. Es el caso (km 122) del profundo despeñadero abierto por el río Guadalimar, junto al municipio de La Puerta de Segura. Algo más adelante, en el kilómetro 124,5, aparece el único punto de la VV en el que abastecerse para el camino: un campo de tiro en la pedanía de La Agracea, que cuenta con un bar que allí resulta estratégico.

A la altura del kilómetro 125, la huella del viejo ferrocarril se pierde al cruzarse con la N-322, de forma que, a través de un tramo señalizado, la ruta



desemboca en la carretera transversal JV-7001, y el viajero habrá de compartir trayecto con el escaso tráfico que circula por allí. Un poco más adelante (200 metros), una pista de gravilla conduce nuevamente hasta la traza original del tren y aparece la estación Puente de Génave, primera del recorrido, que conserva, además del edificio principal, un almacén de mercancías y un embarcadero de ganado, testimonio elocuente de que la línea férrea se planificaba como un gran corredor comercial.

### Los 27,5 km de la vía verde discurren íntegros por plena naturaleza

Tras la estación, la VV se va a encontrar con los arroyos del Gavilán y del Moral, y tendrá que serpentear entre profundas vaguadas y empinados taludes, por los que el camino se abre paso en un paisaje de pinos, que acompañará al viajero entre la pedanía de Bonache (km 126,7) y cerca del límite del parque natural. En el kilómetro 129, una extensa trinchera da paso enseguida a un área de descanso. Al poco, los olivares y los baldíos vuelven a dominar el paisaje, en medio de las interminables vaguadas que acompañan a la traza del viejo ferrocarril. Un ejemplo paradigmático está a punto de aparecer: otra enorme trinchera se abre paso entre las altísimas paredes de piedra de una profunda vaguada, y va a convertirse más adelante —prodigios de la ingeniería— en el túnel de Génave. Tras él, un tramo recto que discurre entre campos baldíos conduce a la estación de Génave (km 133,5), donde hay otra área de descanso, un aparcamiento y un acceso desde la carretera JV-7053. Y vuelta al camino, que esta vez se muestra lineal y deja ver, a lo lejos, los montes de Sierra Morena.

En el kilómetro 137 se intuye el final del parque natural: el paisaje cambia, amarillea, y los olivares dejan paso a campos de cereal salpicados de encinas. La estación de Villarrodrigo (km 140) ofrece una nueva área de descanso y, tras ella, el viajero recorrerá el último tramo de la ruta, que aquí descendiendo ligeramente, hasta encontrarse (km 141,5) con el inicio de la provincia de Albacete. A partir de ese punto, las huellas del tren que nunca fue, se pueden seguir recorriendo a través de la VV de la Sierra de Alcaraz.

Julia Sola Landero



## Transporte de mercancías peligrosas

Se han publicado las ediciones de 2019 del Acuerdo Europeo sobre el Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR por sus siglas en inglés) y del Reglamento Internacional sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (RID, también por sus siglas en inglés), dos instrumentos básicos, cuya versión española edita el Ministerio de Fomento, para la seguridad del transporte extranacional de mercancías.

El ADR es un acuerdo internacional que tiene como objetivo reducir al máximo los accidentes de carretera en el transporte de mercancías peligrosas y minimizar en lo posible las consecuencias de los que ocurran. Su anejo A incluye las definiciones y el listado de aquellas mercancías peligrosas cuyo transporte internacional queda excluido, así como aquellas que quedan sometidas a determinadas condiciones relativas a la clasificación de las mercancías, embalaje, cisternas, procedimientos de expedición, incluyendo su etiquetado y marcaje, y la correcta utilización y señalización de los vehículos. En la presente edición de 2019, se ha intentado armonizar lo más posible el ADR con las Recomendaciones Relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas de Naciones Unidas. El ADR 2019 está en vigor desde el 1 de enero de este año.

El acuerdo fue firmado originariamente en Ginebra el 30 de septiembre de 1957 (aunque no entró en vigor hasta el año 1968) y ha sido enmendado en varias ocasiones. Las tablas de mercancías peligrosas y las condiciones de su transporte se revisan bianualmente en los años impares. En la actualidad forman parte del acuerdo –del que España es miembro desde el año 1972– cincuenta y un países.

La misma finalidad y similar estructura, pero en el ámbito del transporte ferroviario, tiene el RID, que constituye el Apéndice C del Convenio Relativo a los Transportes Internacionales por Ferrocarril (COTIF). Como en el ADR, se detallan las mercancías excluidas, la clasificación, el embalaje y etiquetado de las mercancías y las condiciones de su transporte, carga y descarga. El COTIF es un acuerdo firmado originariamente el 9 de mayo de 1980 del que en la actualidad participan 44 países.

El RID también se revisa y actualiza bianualmente, y regula no solo el tránsito internacional sino también el interno, dado que el Real Decreto 412/2001, de 20 de abril, por el que se regulan diversos aspectos relacionados con el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril, establece que sus disposiciones también son aplicables a los transportes ferroviarios “que se realicen íntegramente dentro del territorio nacional”. Igualmente, constituye, en virtud de varias directivas de la Unión Europea, el marco regulador del transporte por ferrocarril entre países de la Unión. Como el ADR, el RID 2019 entró en vigor el 1 de enero.

Ambos acuerdos han sido publicados tanto en formato electrónico (PDF) como en libro.

ADR 2019. Ministerio de Fomento, Centro de Publicaciones, Madrid, 2019.

RID 2019. Ministerio de Fomento, Centro de Publicaciones, Madrid, 2019.



## Aparejadores: la historia de un oficio centenario

Se hace un recorrido en esta breve monografía por la historia en España de uno de los oficios más antiguos dentro del mundo de la construcción y la primera de las profesiones técnicas reconocidas y reguladas en este ámbito. Además, se trata de una profesión en cuyo desarrollo y consolidación ha sido determinante su vocación de servicio público, en virtud de su ejercicio en las obras de las distintas administraciones, desde la monarquía absoluta –Obras Reales, patrimonio de la Corona, patrimonio del Estado– hasta los actuales cuerpos de Aparejadores y Arquitectos al servicio de la Hacienda Pública, los de las comunidades autónomas y los ayuntamientos.

En la primera parte del libro, se aborda el oficio desde el siglo XVI –considerado como el “siglo de oro” de la profesión– hasta el surgimiento del Estado liberal. La complejidad de las grandes obras acometidas por la monarquía absoluta, como el monasterio de El Escorial, o por la Iglesia, en el caso de las catedrales, hacía precisa la intervención de varios maestros de obras y, a su vez, la consolidación de una figura jerárquicamente superior, el aparejador, que en dependencia y estrecha colaboración con el maestro mayor (el futuro arquitecto) controlara y supervisara el trabajo de aquéllos, además de sustituirle en caso necesario. Una situación que adquirió rango legal con la creación, ya en el siglo XVIII, de la Real Academia de Nobles Artes de San Fernando.

La segunda parte del libro estudia la evolución posterior de la profesión de aparejador –y, después, de arquitecto técnico– fundamentalmente en su vertiente pública, una vez que pasa a formar parte del funcionariado del Catastro y del Cuerpo de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de la Hacienda Pública, además de integrarse sus titulados en otros cuerpos de la Administración.

Anchorena Morales, O.; Bustos Juez, C., y Rodríguez Pérez, M.J.: *Aparejadores y arquitectos técnicos. Más de quinientos años de historia; más de cien años de servicio público*. Centro de Publicaciones del Ministerio de Hacienda, Madrid, 2019.



## El Metro de Madrid cumple 100 años

Con ocasión de su centenario (1919-2019), Metro de Madrid ha publicado un libro conmemorativo en el que, a través de breves textos y numerosas fotografías, se hace un recorrido por los principales aspectos del más popular de los medios de transporte madrileños, sin el cual, como se pone de relieve en el libro, la capital y su conurbación no serían las que son. Con casi 7.000 trabajadores, 620 millones de viajeros anuales y ocho de cada diez madrileños de 12 municipios con una estación a menos de 600 metros de su casa, el Madrid actual, sin su metro, sería sencillamente inimaginable.

Fue a finales del siglo XIX cuando se empezó a sentir en Madrid, al igual que en el resto de las principales capitales europeas y americanas, la necesidad de un transporte subterráneo que descongestionara el tráfico en superficie de unas ciudades en continuo crecimiento. Aunque los primeros proyectos se remontan a 1886, no será hasta 1914 cuando, de la mano de los ingenieros Carlos Mendoza, Miguel Otamendi y Antonio González, junto con el arquitecto Antonio Palacios, se presente el proyecto definitivo, comenzando en 1917 la construcción de la línea 1, que fue inaugurada dos años después por Alfonso XIII. Desde entonces y hasta la actualidad, el Metro de Madrid se ha convertido en escenario privilegiado de la historia, el arte y la cultura de la ciudad, además de un hito en innovación, sostenibilidad, comunicaciones y competitividad.

*Metro 1919-1929.* Metro de Madrid, Madrid, 2018.



## Edificios inteligentes

En mayo de este año se ha celebrado en la sede del Colegio de Arquitectos de Madrid (COAM) la quinta edición del Congreso de Edificios Inteligentes, un foro profesional donde se dan cita los principales actores del sector –empresas y profesionales– y que ya se ha convertido en un referente del diseño, la construcción y la gestión de la edificación inteligente.

El libro recientemente publicado recoge las ponencias y comunicaciones presentadas en este V Congreso, agrupadas en torno a cinco grandes apartados: innovación en el diseño, arquitectura e ingeniería; tecnologías y sistemas; uso, gestión y mantenimiento; el ser humano y el edificio inteligente, y proyectos de edificios inteligentes.

En el primero de los apartados se estudian aspectos como el de la metodología BIM, la realidad aumentada o los gemelos digitales. En el segundo capítulo se trata de soluciones y sistemas referidos a la domótica, la ciberseguridad, la inteligencia artificial o los *big data*. Las tecnologías IOT, el internet de las cosas y el mantenimiento predictivo, entre otros temas, ocupan el tercero de los capítulos, mientras que el cuarto aborda los aspectos más humanos de la edificación inteligente, como la accesibilidad o la integración digital aplicada a los servicios asistenciales y sociosanitarios.

Por último, en el quinto capítulo del libro se explican y detallan algunos proyectos concretos de edificios inteligentes.

*V Congreso de edificios inteligentes. Libro de comunicaciones y proyectos.* Grupo Tecma Red, Madrid, 2019.



## La ría de Bilbao, más que desarrollo económico

La ría de Bilbao ha sido históricamente, y sigue siendo en la actualidad en gran medida, el eje vertebrador de la capital vizcaína y su entorno. Al ritmo de su desarrollo y de los usos que se le ha dado, se ha ido formado un paisaje natural y humano característicos, derivados de las infraestructuras, comunicaciones, industria, comercio y vida social de sus habitantes.

En el presente libro, su autora, doctora en Filosofía y Letras por la Universidad del País Vasco, aborda el estudio de la evolución de todos estos aspectos, desde el siglo XIX, momento del gran despertar industrial de la ría del Nervión, hasta nuestros días. La primera parte del libro está dedicada a la organización urbana de la zona, poniendo especial atención en el desarrollo del ferrocarril como motor fundamental de la evolución económica e industrial de la ría, el puerto y la misma ciudad. La segunda parte de la obra pone el foco en otros temas que, más allá de lo económico, son también producto de la ría y que, a la vez, han ayudado a configurarla: su gente, con sus trabajos, vida social, fiestas y formas de ocio. Por último, se trata la vertiente patrimonial y de herencia cultural de la ría: un patrimonio marítimo, industrial, natural y urbano para cuyo conocimiento y protección se ofrecen las principales bases teóricas.

Macías Muñoz, M<sup>a</sup>.O.: *Estructuras ferroviarias y desarrollo portuario de la ría de Bilbao. Comunicaciones, economía, vida social y ocio (siglos XIX y XX)*. Museo Marítimo Ría de Bilbao, Bilbao, 2017.



# Investigación y Desarrollo al servicio de las personas

Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Centro de Publicaciones <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones

Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Centro de Publicaciones <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza



Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Centro de Publicaciones <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones



# Mapa Oficial de Carreteras®

## ESPAÑA

# 2019

## Mapa Oficial de Carreteras® ESPAÑA

### Incluye:

- Cartografía (E. 1:300.000 y 1:1.000.000)
- DVD interactivo actualizable vía web (windows 7 o superior)
- Caminos de Santiago en España 
- Alojamientos rurales 
- Guía de playas de España
- Puntos kilométricos
- Índice de 20.000 poblaciones
- Mapas de Portugal, Marruecos y Francia

Español / Inglés

# 2019

## Mapa Oficial de Carreteras® ESPAÑA

DVD INTERACTIVO  
(Windows 7 o superior)  
Versión 34.0  
Español / Inglés  
Actualizable vía web

ISBN 978-84-201-4  
MPO 001-18-174  
DL M-2754-2018



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

### También en el DVD:

- 1123 Espacios Naturales Protegidos
- 152 Rutas Turísticas
- 118 Vías Verdes