

Revista del
Ministerio de

Junio 2018 Nº 684 3€

Fomento



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO



LA AUTOVÍA A-60 EN LA
LLANURA LEONESA

RECTA FINAL EN EL
ACCESO DE ALTA
VELOCIDAD A GALICIA

EMPRESAS ESPAÑOLAS
CONSTRUYEN
EL METRO DE RIAD

SALVAMENTO
MARÍTIMO CUMPLE
UN CUARTO DE SIGLO

Revista del
Ministerio

Fomento

60 Aniversario 1958-2018



Directora de la Revista: Herminia Cano.

Jefa de redacción: Carmen Fontán.

Redactor: Mariano Serrano.

Maquetación: Aurelio García
y Emilio de Palma

Portada: Autopista A-60, enlace en
Santas Martas. Provincia de León.

Elaboración página web:
www.fomento.gob.es/publicaciones.
Concepción Tejedor.

Suscripciones: 91 597 72 61
(Esmeralda Rojo).

Colaboran en este número:
Javier Rodríguez-Ventosa Zabaleta,
Begoña Olabarrieta y Álvaro Parrilla
Alcaide.

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),
Regina Mañueco del Hoyo
(Directora del Centro de Publicaciones) y
Herminia Cano Linares
(Directora de la Revista).

Dirección: Nuevos Ministerios. Paseo de la
Castellana, 67. 28071 Madrid.

Teléf.: 915 978 084. Fax: 915 978 470.

Redacción: Teléf.: 915 977 264 / 65.

E-mail: cpublic@fomento.es

Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 1577-4589.

NIPO: 161-15-005-0

Edita:

Centro de Publicaciones.
Secretaría General Técnica
MINISTERIO DE FOMENTO

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

Esta revista se imprime
en papel 100% reciclado a partir
de pasta FSC libre de cloro.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

CARRETERAS

EN LA LLANURA LEONESA EN SERVICIO EL SUBTRAMO SANTAS MARTAS-PUENTE VILLARENTE DE LA AUTOVÍA A-60



02



10

FERROCARRIL

EN LA RECTA FINAL

EL TRAMO ZAMORA-OURENSE,
QUE COMPLETARÁ EL ACCESO DE ALTA
VELOCIDAD A GALICIA, AFRONTA LA RECTA
FINAL DE LA OBRA

18 UN RETO SIN PRECEDENTES

EMPRESAS ESPAÑOLAS CONSTRUYEN EL METRO
DE RIAD, EL MAYOR SISTEMA DE TRANSPORTE
PÚBLICO URBANO DEL MUNDO

MARINA MERCANTE

25 AÑOS VIGILANDO EL MAR SALVAMENTO MARÍTIMO CUMPLE UN CUARTO DE SIGLO



26

32 OBRAS DE TIERRA

ESPAÑA REFERENTE MUNDIAL EN OBRAS
DE TIERRA. IV SEMINARIO INTERNACIONAL
DE OBRAS DE TIERRA EN EUROPA

36 PARQUES NACIONALES EN 3D

LA REALIDAD VIRTUAL LLEGA AL INSTITUTO
GEOGRÁFICO NACIONAL PARA APORTAR UNA
NUEVA VISIÓN DE LOS PARQUES NACIONALES

40 ACTUALIDAD

42 LECTURAS

Nuevo equipo del Ministerio de Fomento



Ministro de Fomento: **José Luis Ábalos Meco**

Secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda: **Pedro Saura García**

Subsecretario de Fomento: **Jesús Manuel Gómez García**

Secretario General de Infraestructuras: **José Javier Izquierdo Roncero**

Secretaria General de Transporte: **María José Rallo del Olmo**

Secretaria General de Vivienda: **Helena Beunza Ibáñez**

Secretaria General Técnica: **Angélica Martínez Ortega**

Director General de Carreteras: **Javier Herrero Lizano**

Director General de Aviación Civil: **Raúl Medina Caballero**

Director General de la Marina Mercante: **Benito Núñez Quintanilla**

Directora General de Transporte Terrestre: **Mercedes Gómez Álvarez**

Director General de Arquitectura, Vivienda y Suelo: **Francisco Javier Martín Ramiro**

Directora General de Programación Económica y Presupuestos: **Mª del Carmen García Franquelo**

Director General de Organización e Inspección: **Javier Sánchez Fuentesfría**

Director General del Instituto Geográfico Nacional: **Lorenzo García Asensio**

*EN SERVICIO EL SUBTRAMO SANTAS MARTAS-PUENTE VILLARENTE
DE LA AUTOVÍA A-60*

En la llanura leonesa



► Enlace de Santas Martas con la autovía autonómica A-231, con tipología de turbina moficiada

JAVIER R. VENTOSA. FOTOS: DCE CASTILLA Y LEÓN OCCIDENTAL

León y Valladolid están algo más cerca tras la puesta en servicio del subtramo Santos Martas-Puente Villarente de la autovía A-60, alternativa de gran capacidad a la carretera N-601 que cuando esté finalizada mejorará la conexión entre ambas capitales castellano-leonesas. El nuevo trazado, que completa el tramo norte de la autovía, se desarrolla a lo largo de 20 kilómetros y ha incluido la construcción de más de 30 estructuras y cinco enlaces, así como la implantación de un paquete de medidas correctoras para preservar los restos arqueológicos de la antigua ciudad astur-romana de Lancia, uno de los grandes condicionantes de la obra.

El nuevo subtramo de la futura autovía Valladolid-León (A-60), inaugurado este verano por el ministro de Fomento, da continuidad al subtramo contiguo Puente Villarente-León, abierto al tráfico en octubre de 2012, y entre ambos completan el itinerario de la autovía entre Santos Martas y León (27,3 kilómetros), en lo que constituye el tramo norte de la A-60. Para la culminación de la obra resta únicamente la remodelación de un enlace en el entorno de León, actualmente en ejecución. En el resto de la autovía, está abierto al tráfico el tramo sur (Valladolid-Villanubla, 13,7 kilómetros) y queda por desarrollar el tramo central (Villanubla-Santas Martas, 89 kilómetros), en fase de proyecto. En relación a este gran tramo, el ministro ha anunciado que este año se adjudicarán los proyectos de dos nuevos tramos (Villanubla-La Mudarra y La Mudarra-Medina de Rioseco) y se iniciará el proceso de licitación de la redacción de proyectos de otros dos, todos ellos en la provincia de Valladolid, confirmando de esta forma el compromiso del Ministerio de Fomento con esta infraestructura.

El subtramo Santos Martas-Puente Villarente constituye una alternativa de gran capacidad a la carretera N-601 y moderniza las comunicaciones entre la capital leonesa y los valles de los ríos Esla y Cea, al sur y al este de la provincia, contribuyendo de esta forma a mejorar la vertebración territorial de esta zona de Castilla y León. Se espera que los cerca de 14.000 vehículos que de media realizaban este itinerario por la N-601 se trasvasen a la nueva infraestructura para aprovechar sus beneficios. Y es que su entrada en servicio no solo reduce los tiempos de desplazamiento al sur de León y aumenta la comodidad en la conducción, sino que también contribuye a mejorar la seguridad vial al eliminar cuatro travesías urbanas de



la N-601 (Santas Martas, Valdearcos, Villamoros de Mansilla y Puente Villarente) y suprimir un tramo de concentración de accidentes situado en el cruce de esta carretera en Mansilla de las Mulas.

La inversión en el contrato de obras del tramo Santos Martas-León ha ascendido a 137,5 M€, de los cuales 95,6 M€ corresponden al subtramo Santos Martas-Puente Villarente. Si a esa cantidad se le suman el coste de redacción del proyecto (2,5 M€), el importe de las expropiaciones (10,8 M€) y el coste de la asistencia técnica para el control y vigilancia de la obra (2 M€), se obtiene la inversión global del Ministerio de Fomento en

► Paso superior de la carretera CL-624 a Boñar, poco antes del fin del subtramo.

Autovía Valladolid-León (A-60)

Tramo	Longitud (km)	Situación administrativa
Valladolid-Villanubla	13,7	En servicio (2013)
Villanubla-La Mudarra	11,0	Adjudicada redacción proyecto
La Mudarra-Medina de Rioseco	16,0	Adjudicada redacción proyecto
Medina de Rioseco-Ceinos de Campos	17,0	Pendiente licitación proyecto
Ceinos de Campos-Mayorga	21,0	Pendiente licitación proyecto
Mayorga-Valverde Enrique	15,0	Pendiente licitación proyecto
Valverde Enrique-Santas Martas	8,3	Pendiente licitación proyecto
Santas Martas-Puente Villarente	20,0	En servicio (2018)
Puente Villarente-Ronda Sur León	7,3	En servicio (2012)

todo el tramo, que asciende a 153 M€. La obra, bajo la dirección de la Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla y León Occidental, ha sido ejecutada por la UTE formada por las constructoras Ferroviaria Agromán y Compañía de Obras Castillejos, la redacción del proyecto corrió a cargo de las consultoras de ingeniería Urbaconsult y Torroja Ingeniería, mientras que la asistencia técnica para la vigilancia y control de la obra la realizó Getinsa/Euroestudios TPF Ingeniería.

Características y trazado

El nuevo subtramo de la A-60 discurre por terrenos llanos y de cultivos agrícolas de los términos municipales de Villamoratiel de las Matas, Santas Martas, Mansilla de las Mulas, Villasabariego y Mansilla Mayor, en la provincia de León. Con una longitud de 20,3 kilómetros –longitud que lo convierte en uno de los tramos más largos inaugurados en España en los últimos años–, presenta características geométricas de una autovía apta para una velocidad de 120 kilómetros/hora, entre ellas un radio mínimo de 1.660 metros y una pendiente máxima del 3,11%. La sección del tronco de la autovía está formada por dos calzadas, una por sentido de la circulación, con dos carriles de 3,50 metros de anchura cada una, arcenes exteriores de 2,50 metros y arcenes interiores de 1,0 metros. La mediana tiene una anchura de 1,0 metros, disponiéndose pasos de mediana cada 2 kilómetros como máximo.

El trazado arranca unos 2,5 kilómetros al sur de la localidad de Santas Martas, donde conecta con la carretera N-601 a la que sustituye. Tras separarse de la misma, gira suavemente hacia el noreste hasta alcanzar el enlace con la autovía A-231 (León-Burgos), de titularidad autonómica. Inmediatamente después, hacia el pk 4+560, la traza salva la línea de alta velocidad Palencia-León y luego, en el pk 5+500, la línea de ferrocarril convencional Palencia-León y el arroyo Valdearcos, todos ellos mediante viaductos. En

la mayor parte de los primeros 6 kilómetros la traza se desarrolla en terraplén, encontrándose en esta última zona los terraplenes más altos, en torno a 12 metros.

El nuevo subtramo culmina la parte norte de la A-60, con 27,3 kilómetros ininterrumpidos de autovía

A partir del pk 6+000 el trazado discurre en desmonte durante unos 450 metros, para posteriormente atravesar una zona llana de regadíos del Canal Bajo de Payuelos. En el pk 8+400 se dispone el cruce con el Camino de Santiago, en el denominado Camino Ancho de Reliegos, para lo cual se ha construido un paso superior con acera suficiente para el tránsito de los peregrinos. Antes de llegar al río Esla, primer gran accidente geográfico del subtramo, se cruzan sucesivamente la carretera de acceso al centro penitenciario de Calzada de los Peregrinos y la carretera N-625 de Mansilla de las Mulas a Cistierna y Riaño, donde se ha dispuesto un enlace tipo trébol parcial. Poco después, tras cruzar el Canal de la Margen Izquierda del río Porma y la Colada de Vilomar, la traza gira hacia el noroeste para afrontar el paso sobre el río Esla, resuelto mediante un viaducto a la altura del núcleo de Villafalé.

A partir del pk 13+000, y hasta el cruce sobre el río Porma en el pk 19+000, se adentra en una zona de cultivos de regadío, situada entre las llanuras de inundación de los ríos Esla y Porma, lo que ha condicionado el trazado en alzado. En esta zona se encuentra el principal condicionante del proyecto y de la obra: el yacimiento arqueológico de la antigua ciudad astur-romana de Lancia, emplazado en un promontorio, y la zona conocida como sub-Lancia, que alberga los nuevos

Sobrevolando Lancia

La construcción del subtramo Santas Martas-Puente Villarente ha incluido una importante actuación para preservar los restos arqueológicos de Lancia, ciudad astur fundada en la Edad del Bronce, romanizada a partir del siglo I y con periodos de auge hasta su abandono a finales del siglo IV, catalogada como Bien de Interés Cultural (BIC) desde 1994. El yacimiento de Lancia, situado unos 18 kilómetros al sur de León, está emplazado en el cerro de Villasabariego y ha sido objeto de numerosos estudios, pero las excavaciones al pie del cerro, realizadas por prescripción de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del tramo Santas Martas-León, sacaron a la luz un inédito barrio de la civitas romana, con restos de un edificio de termas, una vía empedrada, una necrópolis, un almacén agrícola y un complejo industrial con hornos y fundiciones, entre otros. El Ministerio de Fomento adoptó las medidas necesarias para compatibilizar la construcción de la autovía con la conservación y lectura permanente y visible de los restos arqueológicos de este nuevo yacimiento, bautizado como Sublancia, a petición de la Comisión de Patrimonio Cultural de Castilla y León.

Para dar cumplimiento a esta demanda, la Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla y León Occidental redactó un documento con las medidas correctoras a desarrollar, incluidas en un modificado del proyecto original destinado a preservar el yacimiento, con un coste de 6,5 M€, que en junio de 2016 recibió el visto bueno de esa Comisión. La principal medida ha sido la construcción de tres viaductos, de 50, 91 y 89 metros de longitud, que salvan a 5 metros de altura la superficie afectada en los tres sectores de excavación elegidos para la puesta en valor de los restos. Otras medidas, ya ejecutadas, han sido la protección del yacimiento mediante el extendido de una capa de material de 30 centímetros de espesor (geotextiles y arena) en la fase de obras, el seguimiento arqueológico durante la misma y la ejecución de un cerramiento perimetral de los tres sectores, independiente del cerramiento de la autovía.

En junio pasado, la Consejería de Cultura y Turismo de la Junta de Castilla y León y la Diputación Provincial de León suscribieron un convenio de colaboración para promover un plan de conservación y difusión del yacimiento de Lancia, incluidos los hallazgos durante las obras. Ambas instituciones aportarán los medios necesarios para la redacción del proyecto de conservación y divulgación de los restos hallados en el yacimiento (área de la acrópolis y área de la zona baja de la ciudad romana). Para la ejecución del proyecto se aspira a contar con fondos del programa del 1,5% Cultural del Ministerio de Fomento.

yacimientos hallados durante la ejecución de la autovía. En este punto, la traza se aproxima a la carretera N-601 y discurre encajonada junto al mencionado promontorio y el Canal del Porma, disponiéndose poco antes un cuarto enlace. Ya en la parte final, el trazado gira de nuevo hacia el norte, alejándose de la N-601, y salva de forma consecutiva mediante viaductos y pasos superiores el encauzamiento del río Moro, la carretera LE-213, el río Porma, la Colada del Boñar y la carretera autonómica CL-624 a Boñar, donde se sitúa el quinto enlace, punto final del subtramo y conexión con el subtramo contiguo Puente Villarente-León, ya en servicio.

Enlaces y estructuras

A lo largo del trazado se han dispuesto un total de cinco enlaces, que permiten la conexión directa de la nueva autovía con las distintas vías de comunicación con las que se cruza. Desde el punto de vista constructivo, el más relevante es el enlace con la autovía autonómica A-231, denominado de Santas Martas, resuelto mediante una tipología de turbina modificada, con ramales directos para los principales flujos de tráfico y lazos para los ramales con una intensidad prevista menor. En este enlace se ha tenido en cuenta un escenario de operatividad en el que se considera autovía todo el itinerario Valladolid-León, en el que es previsible la atracción de los flujos de

tráfico procedentes del centro peninsular hacia la parte asturiana de la cornisa cantábrica.

El subtramo Santas Martas-Puente Villarente incluye un catálogo de cinco enlaces construidos con tipologías diferentes

Los demás enlaces presentan distintas tipologías. El inicial, que conecta con la N-601, tiene carácter provisional y ha incluido la construcción de un paso superior sobre la carretera para uno de los sentidos de la circulación. Más adelante se sitúan los enlaces de Mansilla de las Mulas, un trébol parcial volcado hacia el sur para cumplir con las distancias mínimas entre los ramales y el viaducto sobre el río Esla, que permite la conexión con la carretera N-625; y de Villasabariego, con tipología de diamante con pesas, que da acceso tanto a la N-601 como a los cercanos yacimientos de la antigua ciudad de Lancia. El último enlace, de Valdefresno, que conecta con la carretera CL-624, tipo diamante con glorietas y paso superior sobre la autovía, fue construido en el marco del contrato del subtramo Puente Villarente-León y entró parcialmente en servicio en 2012.



► Viaducto sobre el río Porma (490 metros), una de las principales estructuras del subtramo.

Magnitudes de obra

Movimiento de tierras

Excavación de tierra vegetal	787.322 m ³
Excavación en desmonte	4.143.150 m ³
Terraplén procedente de excavación	2.748.260 m ³
Terraplén procedente de préstamo	2.574.973 m ³
Suelo estabilizado	399.008 m ³

Firmes

Zahorra artificial	206.238 m ³
Suelo cemento	249.945 m ³
Mezclas bituminosas en caliente	206.238 m ³

Materiales

Cemento para explanadas y firmes	64.652 t
Betún asfáltico	15.560 t
Hormigón	68.419 m ³
Acero B/500-S	10.680.882 kg

En el capítulo de estructuras, en el subtramo se han construido un total de ocho viaductos, 16 pasos superiores (14 de caminos y 2 de carreteras), 8 pasos inferiores y 16 estructuras de enlace, además de cuatro pasos de fauna. Por sus magnitudes, las estructuras más relevantes son los viaductos que salvan los ríos Esla (570 metros) y Porma (490 metros), ambos con tipología de cajón pretensado, construidos con cimbra autolanzable por fases, y con luces principales de 52,5 metros. Otros viaductos reseñables son los tres que salvan el yacimiento arqueológico de Lancia (con longitudes de 88, 91 y 50 metros) y los que cruzan sobre la línea ferroviaria convencional Palencia-León y el arroyo Valdearcos (41 metros) y sobre la línea de alta velocidad Palencia-León (37 metros). En cuanto a los pasos superiores, la mayoría son de tipología de losa pretensada.

Enlace con la LE-30

Como ya se apuntó, la actuación que completará definitivamente la obra del tramo Santas Martas-León es la

remodelación del enlace de la autovía A-60 con la Ronda Sur de León (LE-30) y la carretera N-601, que actualmente se ejecuta en la zona del alto del Portillo, al suroeste de la zona urbana de la capital leonesa. Esta obra, dotada con un presupuesto de 6,4 M€ y plazo de ejecución hasta enero de 2019, permitirá dar continuidad a los movimientos de entrada en León desde la Ronda Sur y la A-60, con dos carriles por sentido de circulación. Para esta actuación es necesaria la remodelación integral de la LE-30 entre los pk 0+000 a 0+200 y de la N-601 entre los pk 322+800 a 324+100.

El enlace remodelado contará con dos nuevas glorietas y los correspondientes ramales de incorporación y salida para permitir la conexión de la N-601 y el barrio de Puente Castro con la LE-30 y la A-60. La nueva estructura del enlace albergará, además de dicha conexión, la reposición del Camino de Santiago sobre la Ronda Sur de León, por lo que se ha habilitado un itinerario alternativo para el tránsito de peregrinos durante la ejecución de las obras. ■

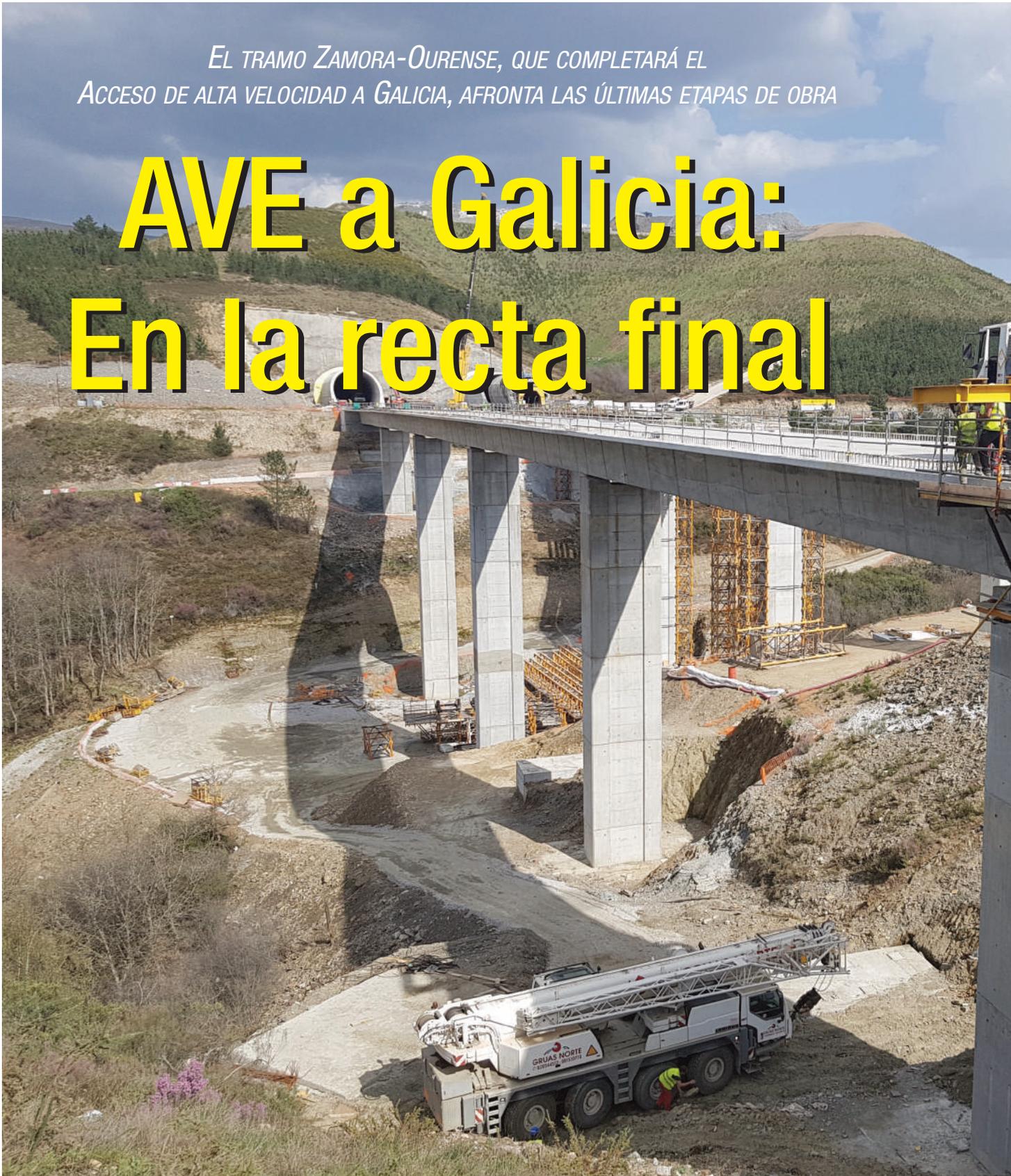


► *Enlace de Mansilla de las Mulas con la N-625, con tipología de trebol parcial, y al fondo, el viaducto sobre el río Esta*



EL TRAMO ZAMORA-OURENSE, QUE COMPLETARÁ EL ACCESO DE ALTA VELOCIDAD A GALICIA, AFRONTA LAS ÚLTIMAS ETAPAS DE OBRA

AVE a Galicia: En la recta final





► Ejecución del viaducto de Portela a la salida del túnel de Prado, en el subtramo Prado-Porto, en Ourense.

JAVIER R. VENTOSA. FOTOS: ADIF ALTA VELOCIDAD

El Acceso de alta velocidad a Galicia, proyecto del Ministerio de Fomento para garantizar la movilidad de los ciudadanos y la vertebración territorial entre el centro y el noroeste peninsular, prosigue su proceso constructivo. Actualmente se desarrollan los trabajos de construcción y equipamiento en los tres tramos que restan para su finalización: Zamora-Pedralba de la Pradería, Pedralba de la Pradería-Taboadela y Taboadela-Ourense, que suman casi 230 kilómetros. El más avanzado es el primero, que terminará las obras a final de año para dar paso a la fase de pruebas, mientras que los dos restantes se terminarán a finales de 2019, según los plazos ratificados por el ministro de Fomento.

El nuevo acceso, o línea Olmedo-Zamora-Lu-bián-Ourense-Santiago, es la parte final del Corredor Madrid-Galicia y tiene por objeto mejorar la conexión entre la Meseta Central y Galicia, históricamente mal comunicadas, mediante la implantación de un nuevo trazado con parámetros de alta velocidad (plataforma de doble vía en ancho estándar, electrificación a 25 kV y sistema de protección del tren ERTMS nivel 2, apto para 350 km/h, de uso exclusivo para tráfico de viajeros) en sustitución del convencional. En la última década, el Ministerio de Fomento ha modernizado esta conexión con la progresiva entrada en servicio de los distintos tramos del corredor (Madrid-Olmedo, Ourense-Santiago –que enlaza con el Eje Atlántico– y Olmedo-Zamora), actuaciones que, junto al empleo de moderno material móvil, han mejorado la seguridad, fiabilidad y comodidad del servicio ferroviario a Galicia, además de acortar drásticamente los tiempos de viaje, que aún se reducirán más. Cuando el Acceso a Galicia este operativo, el trayecto Madrid-A Coruña, que antes de arrancar las obras del corredor suponía casi 8 horas y media en tren, se hará en 3 horas y 10 minutos.

Con los dos extremos del acceso ya en servicio, actualmente se construye la parte central, formada por tres tramos situados en las provincias de Zamora y Ourense, que suman cerca de 230 kilómetros: Zamora-Pedralba de la Pradería, Pedralba de la Pradería-Taboadela y Taboadela-Ourense. Los dos primeros, que conforman el grueso de la obra (211 kilómetros), son los más avanzados ya que tienen varios subtramos terminados y los restantes están en fase de ejecución, aunque en distintos grados de desarrollo pues fueron iniciados con una diferencia

de tres años, y en el tercero acaban de arrancar las primeras actuaciones. El grado de ejecución global del proyecto se aproxima al 84% (se han ejecutado 3.694 M€ sobre un presupuesto de 4.395 M€), según datos oficiales de junio. El plazo de ejecución vigente para terminar las obras entre Zamora y Pedralba de la Pradería está fijado para el cuarto trimestre de 2018, lo que permitirá dar paso a la fase de pruebas antes de iniciar la explotación comercial, mientras que para los dos tramos restantes está establecido un año después. Estos plazos fueron ratificados por el ministro de Fomento, José Luis Ábalos, en su primera comparecencia ante la Comisión de Fomento del Congreso de los Diputados.

Como ya ocurrió el pasado siglo con la línea convencional Zamora-La Coruña, terminada en 1958, la construcción del nuevo acceso de alta velocidad a Galicia está requiriendo un importante esfuerzo y despliegue de medios, con empresas de ingeniería y constructoras, para doblegar la montañosa orografía gallega. Este esfuerzo ya se puso de manifiesto en el tramo Ourense-Santiago, que necesitó una inversión superior a 2.500 M€ para construir un trazado que discurre en más del 57% de su longitud en túnel o viaducto. Pero estas magnitudes se superan en la zona que conecta las provincias de Zamora y Ourense, y sobre todo en la que atraviesa

el Macizo Central ourensano, tramo que por su complejidad orográfica y geotécnica es una de las obras ferroviarias más exigentes de la red de alta velocidad española. Solo en 60 kilómetros, entre Lubián y Porto (Ourense), el 77% del trazado se desarrolla de forma subterránea, con una sucesión de túneles de más de 6 kilómetros de longitud que no tiene parangón en la red de alta velocidad española.

A continuación se repasa la situación de los tres tramos que completarán el Acceso a Galicia.

▲ Zamora-Pedralba de la Pradería

Este tramo, el primero en iniciar las obras en 2008 y el más avanzado de los tres, será también el que antes entre en servicio. Según las estimaciones realizadas contribuirá a reducir en media hora el viaje entre Madrid y Galicia. Con 110 kilómetros, es el de mayor longitud y discurre desde el centro hasta el noroeste de la provincia de Zamora, en un nuevo trazado independiente de la línea Zamora-A Coruña. Se inicia por terrenos llanos, con el embalse de Ricobayo y varias carreteras como obstáculos, y al llegar a la comarca de Sanabria, en el límite provincial con Ourense, se adentra en una zona más abrupta. Aquí



► Plataforma con vía montada y electrificación instalada en el subtramo Perilla de Castro-Otero de Bodas, en Zamora.

► Tren carrilero circulando sobre el viaducto del río Tera, la principal estructura del tramo zamorano.



se construyen los principales túneles del tramo y la estación de Sanabria.

La obra de plataforma en este tramo se encuentra finalizada en sus cinco subtramos (Zamora-La Hiniesta, La Hiniesta-Perilla de Castro, Perilla de Castro-Otero de Bodas, Otero de Bodas-Cernadilla y Cernadilla-Pedralba de la Pradería), restando únicamente remates de cerramiento y caminos de acceso en los subtramos Zamora-La Hiniesta y Cernadilla-Pedralba, así como la galería de emergencia del túnel de Puebla. Las principales obras de ingeniería son quince viaductos (entre los que destaca, por su longitud, el de Puebla Este –756 metros– y, por su tipología de arco, el del Tera –645 metros–), dos túneles de más de un kilómetro de longitud (Otero y Puebla), la adecuación de los túneles a la salida de Zamora (Bolón y Valorio) y unos 90 pasos superiores e inferiores,

La apertura del tramo Zamora-Pedralba de la Pradería reducirá en media hora el viaje entre Madrid y Galicia

además de dos puestos de adelantamiento de trenes (PAET). Cerca de Pedralba, en la conexión con el siguiente tramo, se ha construido un cambiador de ancho que conectará la línea de alta velocidad con la línea convencional Zamora-A Coruña, permitiendo así el aprovechamiento conjunto de ambas.

En los cinco subtramos entre Zamora y la zona montañosa de Sanabria se ultiman los trabajos de montaje de vía, que tendrá configuración doble, con un tramo inicial de vía única (3 km de ancho mixto y otros 8 km de ancho estándar). A finales de junio estaban montados unos 80 kilómetros de vía doble desde La Hiniesta, y ya en Cernadilla se continúa con el lecho de balasto y el posicionado de traviesas en los últimos 20 kilómetros del tramo. El material necesario para ejecutar esta fase, iniciada en abril, se ha distribuido a la plataforma desde

distintos puntos: el balasto, desde seis acopios temporales anexos a la traza, distantes unos 25 kilómetros entre sí; las traviesas, con camiones directamente a lo largo del trazado; y el carril (26.000 toneladas) y los aparatos de vía, mediante trenes desde la base de montaje de La Hiniesta, construida sobre los terrenos de una antigua estación de ferrocarril próxima a Zamora y con accesos de carretera y de vías en ancho estándar e ibérico. Este enclave logístico será una base de mantenimiento de la nueva línea.

Los trabajos de catenaria y energía también avanzan a buen ritmo: los postes de electrificación ya están levantados en prácticamente todo el trazado y las ménsulas que soportan la catenaria se encuentran en fase de montaje, mientras que las subestaciones de Tábara y Arbillá, que proporcionarán electricidad a la línea, están preparadas para entrar en servicio y en pruebas, respectivamente. Por su parte, los trabajos de telemando de energía están a punto de arrancar. En el apartado de señalización y comunicaciones, a lo largo del trazado se ejecutan los trabajos de instalaciones de seguridad, control de tráfico centralizado y protección automática del tren (ERTMS nivel 2), telecomunicaciones fijas y telecomunicaciones móviles GSM-R. Además, en las estaciones afectadas de la red convencional se están adecuando las instalaciones de seguridad y comunicaciones por afecciones de la línea de alta velocidad. Finalmente, respecto a las instalaciones de protección civil, ya adjudicadas, su implementación está en parte condicionada a la finalización de la galería de emergencia del túnel de Puebla. El ritmo y grado de avance actual de todos estos trabajos se ajusta a las previsiones de Adif Alta Velocidad para culminar el tramo en el plazo fijado.

▶ Pedralba de la Pradería-Taboadela

Este tramo, de algo más de 101 kilómetros, supone la entrada y el desarrollo del nuevo trazado de alta velocidad en Galicia. En los primeros 20 kilómetros atraviesa la comarca zamorana de Sanabria, junto al corredor de la línea



► El tramo entre Lubián y Porto incluye diversos túneles bitubo de gran longitud

convencional, hasta desembocar en el valle de Lubián, límite con Galicia. Accede de forma subterránea a la provincia de Ourense por el sureste, inicialmente junto a la autovía A-52, y a partir de A Gudiña se desarrolla un nuevo trazado que discurre por los montes del Invernadeiro, en la parte sur del Macizo Central ourensano, cruzando transversalmente la provincia. Unos 40 kilómetros antes de Ourense, el trazado encuentra terrenos más favorables, hasta concluir al este de Taboadela. La mayor parte de las obras en este segundo tramo intermedio, dividido en subtramos de escasa longitud, dio comienzo en 2012, tres años después que las del tramo previo.

La complicada orografía local junto a la premisa de conseguir unos parámetros de alta velocidad han configurado en buena parte del tramo gallego un segmento único en la red de alta velocidad española, con dos grandes singularidades: buena parte del trazado discurre

de forma subterránea por 27 túneles y hasta 61 kilómetros del mismo se construyen mediante dos vías únicas paralelas, con contratos de plataforma independientes, por lo que proliferan los túneles de tipología bitubo (un tubo para cada vía). El tramo comprendido entre Lubián y Porto despliega el mayor agrupamiento de grandes subterráneos (más de 5.000 metros) de la red de alta velocidad española, con 12 túneles que suman 87 kilómetros. Se trata de los túneles de O Corno vía derecha (8.577 metros) y vía izquierda (8.583 m) –los cuartos más largos de la red de alta velocidad española, tras los de Guadarrama, Pajares y Acceso Norte a Vigo–, O Espiño vía izquierda (7.909 m) y vía derecha (7.853 m), Prado vía derecha (7.606 m) y Cerdedo-Prado vía izquierda (7.628 m), A Canda vía izquierda (7.301 m) y vía derecha (7.304 m), Bolaños vía derecha (6.785 m) y vía izquierda (6.776 m) y O Cañizo vía izquierda (5.369 m) y vía derecha (5.372 m). A ellos se suma, en la vertiente zamorana, el nuevo



► En la imagen, boca sur del túnel de O Cañizo

túnel de Padornelo (6.407 m), futura vía derecha de la línea, como complemento al túnel existente (5.990 m), que será la vía izquierda.

La obra de plataforma del tramo presenta un estado avanzado, con más del 92% ya ejecutado y ocho de sus 23 subtramos finalizados (Túnel de A Canda vía izquierda, Túnel de A Canda-Vilavella, Túnel de O Cañizo vía derecha, Túnel de O Espiño vía izquierda, Túnel de O Espiño vía derecha, Vilariños-Campobeceros vía derecha, Campobeceros-Portocamba y Miamán-Ponte Ambía, con un total de 52,2 kilómetros) y los demás se encuentran en ejecución, según datos de Adif en junio. La previsión es terminarla a mediados del próximo año. Los 12 grandes túneles del tramo gallego terminaron la perforación entre 2014 y 2016, siguiendo el nuevo método austriaco de avance y destroza (salvo los de Bolaños, construidos mediante tuneladora), y ahora se realizan en su interior –

salvo en los ya acabados- trabajos de obra civil (contra-bóveda, revestimientos, canalizaciones, galerías, acabados...). En el tramo zamorano, donde se ultima la obra civil del nuevo túnel del Padornelo, Adif Alta Velocidad desarrolla obras complementarias (refuerzo, drenaje y galerías de evacuación) en el túnel que ahora presta servicio a la línea convencional Madrid-Galicia. En paralelo a los grandes túneles, se avanza, sobre todo en la parte gallega, en la ejecución de otra docena de subterráneos monotubo y bitubo que suman casi 20 kilómetros, algunos terminados (Portocamba, 3.745 y 3.688 m) y otros en estadios más iniciales. En la vertiente zamorana, en junio concluyó la perforación de la sección superior del túnel de Requejo (vía izquierda), de 2.540 metros.

En el capítulo de estructuras, en este tramo se han proyectado un total de 26 viaductos, seis de ellos ya acabados. Por su longitud, los más relevantes se alzan en la parte zamorana –Requejo, de 1.718 metros, y Los Pe-

Las estaciones del tramo

El tramo Zamora-Ourense tendrá cuatro estaciones en su trazado, dos ya existentes en sus extremos, las de Zamora y Ourense, y dos intermedias de nueva planta, Sanabria y Porta de Galicia. En el extremo oriental, la estación de Zamora ya adaptó su playa de vías para recibir los servicios de alta velocidad y presta servicio a los trenes AVE desde diciembre de 2015. En el otro extremo, en la estación de Ourense-Empalme, hay en marcha una actuación similar que permitirá, en una primera fase, acoger estos servicios cuando se inicie la explotación del tramo. La intervención, iniciada en agosto con un presupuesto de 13,7 M€, comprende la adecuación de vías y andenes. En una fase posterior está previsto desarrollar la estación intermodal, proyecto en fase de reajuste que contempla la ampliación del edificio de viajeros, el cubrimiento de las vías, la construcción de una pasarela que unirá los barrios separados por la estación y la integración en el conjunto de los diversos modos de transporte urbanos.

Las dos estaciones intermedias, de menor entidad, se han proyectado en sendos puestos de adelantamiento y estacionamiento de trenes (PAET), siendo su construcción independiente de los plazos de puesta en servicio del tramo. La estación de Sanabria, ubicada en la pedanía zamorana de Otero de Sanabria, es la más avanzada: adjudicada en marzo con un presupuesto de 4 M€ y un plazo de ejecución de nueve meses, en junio han arrancado los movimientos de tierras previos a su construcción. El proyecto incluye no solo el edificio de viajeros y la infraestructura ferroviaria, sino también la construcción de un nuevo tramo de 160 metros para conectar el vial de acceso al PAET con la estación. Porta de Galicia, en A Gudiña (Ourense), será algo posterior, ya que actualmente se ultima la adaptación del proyecto de construcción, que una vez aprobado permitirá licitar las obras. La inversión prevista ronda los 4 M€.

Fuera del tramo Zamora-Ourense, pero integrado en el contiguo (Olmedo-Zamora) del Acceso a Galicia, en diciembre de 2017 comenzó su explotación comercial la estación de Medina del Campo Alta Velocidad, en Valladolid. Situada un kilómetro al sur del casco urbano, la estación está formada por un edificio de viajeros funcional, diseñado con criterios de eficiencia y sostenibilidad, y una plataforma ferroviaria con cuatro vías, dos generales y dos laterales con andén. En su construcción se han invertido 3,5 M€ . Presta servicio tanto a la línea Madrid-Galicia como a la línea Salamanca-Madrid.

dregales, de 1.272 metros—, pero por su singular tipología de arco ojival sobresalen dos en la parte gallega: Arnoia, cerca de Baños de Molga, de 1.014 metros, con el que se salva un río y la línea férrea, ya terminado; y el viaducto doble de Teixeiras, cerca de Cerdedelo, de 514 y 529 metros de longitud y 92 metros de altura máxima de pilas, que será de los últimos en acabarse. Otras estructuras finalizadas son el cajón hincado que permite el paso

superior de la nueva variante convencional junto a los túneles de Requejo y los PAET de A Gudiña, Campobeceros y Miamán (Ourense).

La fase de superestructura del tramo ya ha sido lanzada, con los proyectos y obras en distintas fases de desarrollo. Adif Alta Velocidad adjudicó entre mayo y junio los contratos de suministro y transporte de traviesas (157.000 unidades, con un importante porcentaje para construir vía en placa de los túneles), balasto (405.000



► Base de montaje de La Hiniesta (Zamora), principal centro logístico del tramo Zamora-Pedralba de la Pradería.



► Traviesas a la espera de su instalación sobre la plataforma en el subtramo Cernadilla-Pedralba de la Pradería, en Zamora.

toneladas), carril (25.000 toneladas) y desvíos para el tramo Pedralba-Ourense. Por su parte, los contratos de montaje de vía de los tramos Pedralba-Campobeceros (56,1 km) y Campobeceros-Taboadela (46,5 km), las dos bases de montaje previstas (A Mezquita y Miamán), los sistemas de protección civil y la catenaria y sistemas asociados están en licitación. El resto de contratos (subestaciones eléctricas y centros de autotransformación, instalaciones de seguridad y comunicaciones) se encuentra en fase de redacción de proyectos y varios de ellos serán licitados próximamente.

.\ Taboadela-Ourense

Para anticipar la llegada de la alta velocidad a Ourense, la nueva línea aprovechará inicialmente los 17 kilómetros del corredor convencional entre Taboadela y la estación de Ourense-Empalme, como solución complementaria al proyecto de la variante exterior. La adecuación de este corredor, cuya titularidad ya ha sido traspasada desde Adif a Adif Alta Velocidad, implicará cuatro actuaciones: la implantación del ancho mixto (triple hilo) en todo el pasillo ferroviario, solución compatible para trenes de ancho ibérico (1.668 mm) y estándar (1.435 mm); la construcción

de un cambiador de ancho en Taboadela, que permitirá la circulación de trenes de ancho variable por la línea de alta velocidad, de forma que la estación de Ourense podrá recibir trenes de cualquier ancho y seguirá funcionando como nudo distribuidor hacia todas las líneas de Galicia; un nuevo ramal de conexión desde la línea de alta velocidad a la convencional, y la instalación de la supe-

Los contratos de montaje de vía del tramo Pedralba de la Pradería-Taboadela ya están en fase de licitación

reestructura asociada. La inversión prevista en estas actuaciones asciende a 103 M€. Los trabajos de adecuación del corredor convencional, que previamente han obtenido la declaración de impacto ambiental, arrancaron en abril con el inicio de la construcción de plataforma del ramal de conexión, de 1.985 metros de longitud, al tiempo que Adif Alta Velocidad ha licitado ya los correspondientes al cambiador de ancho y a la implantación del ancho mixto. ■

► Construcción de viaductos en la línea 4 a su paso por el distrito financiero de Riad.

*EMPRESAS ESPAÑOLAS CONSTRUYEN EL METRO DE RIAD,
EL MAYOR SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO DEL MUNDO*

Un reto sin precedentes

JAVIER R. VENTOSA. FOTOS: CONSORCIO FAST

En la capital saudí, una constructora y varias ingenierías españolas juegan un papel central en la construcción de la nueva red automática de metro, considerado como el mayor sistema de transporte público masivo del mundo en ejecución. En este multimillonario proyecto se están desarrollando desde cero seis nuevas líneas con 170 kilómetros en el ajustado plazo de cinco años, una empresa jamás acometida antes. Su entrada en servicio en 2019 abrirá una nueva era de movilidad en la congestionada capital del reino saudí.



Riad, habitada por más de 6 millones de personas, es una urbe en expansión demográfica y se estima que en 2030 habrá crecido hasta 8,5 millones de habitantes, pero carece de un sistema de transporte público masivo homologable a estándares internacionales que satisfaga sus necesidades de movilidad. En la capital saudí, el modo de transporte dominante es el vehículo privado, protagonista de 7,2 millones de desplazamientos diarios (un 60% más que en Madrid) y causante de graves problemas de congestión, contaminación y siniestralidad. El crecimiento de la red viaria, en curso, paliará estos problemas pero no los resolverá, ya que a la postre significará la acumulación de más vehículos. Y las proyecciones apuntan a que en 2030 los viajes en vehículo privado se habrán duplicado hasta 15 millones diarios, lo que colapsaría, previsiblemente, las calles de la ciudad.

Ante este desafío de futuro, las autoridades saudíes diseñaron una estrategia para cambiar de modelo y crear un nuevo sistema de transporte público masivo que tuviera un impacto decisivo en la movilidad de la capital. Esta estrategia cristalizó en el proyecto Rey Abdulaziz para el Transporte Público en Riad, aprobado a finales de 2011, que contemplaba el desarrollo de una red de metro y otra paralela de autobús, capaces de integrar todos los distritos de Riad y reducir la dependencia del petróleo, con un fin revolucionario: elevar la cuota del transporte público urbano desde el 2% actual hasta el 20% a finales de la década, lo que eliminará 250.000 viajes diarios en coche particular. Es un proyecto innovador en Arabia Saudí con un componente de experimento sociológico, ya que aspira a cambiar los hábitos de movilidad de los riadenses, sin cultura de transporte público y habituados a moverse en vehículo privado.

En 2013, la Autoridad para el Desarrollo de Riad (ADA) convocó el concurso para desarrollar el que hoy está considerado como el mayor sistema de transporte urbano del mundo en construcción. La espina dorsal del sistema es el metro, una red de 176 kilómetros distribuidos en seis líneas y 85 estaciones, automática, con capacidad para 1,1 millones de pasajeros/día al inicio de la operación y 3,6 millones más adelante, y con una singularidad que la hace única: las seis líneas se construyen en su totalidad de forma simultánea partiendo desde cero y en un plazo de cinco años, algo nunca acometido antes en ninguna ciudad en tan poco tiempo, y que contrasta con los metros tradicionales, construidos a partir de una línea inicial y luego ampliados durante décadas con nuevas líneas. El segundo componente del futuro sistema de transporte de Riad es una red de autobuses conectada al metro, que cubrirá 1.200 kilómetros de rutas y podrá transportar a 900.000 pasajeros/día en un millar de vehículos.

Con un presupuesto estimado en más de 20.000 M€, el proyecto del metro, dada su magnitud, se dividió en



► Mapa de la futura red de metro de Riad.

tres lotes, a desarrollar mediante contratos EPC (*Engineering, Procurement & Construction*, es decir, diseño, suministro y construcción) y metodología *fast-track* (el diseño del proyecto y la ejecución de la obra se realizan de forma solapada, lo que mejora los plazos), que se adjudicaron a finales de 2013 a tres consorcios: BACS, liderado por una empresa estadounidense, que construye el lote 1 (líneas 1 y 2, con 63,3 km), ANM, encabezado por una compañía italiana, que ejecuta el lote 2 (línea 3, con 41,7 km), y FAST, dirigido por la española FCC, contratista principal del lote 3 (líneas 4, 5 y 6, con 64,1 km). El proyecto tiene un fuerte componente español, ya que al liderazgo del tercer consorcio se suma el relevante papel de las ingenierías: Tyspa e Idom son responsables principales —junto a dos compañías más— de los proyectos de diseño y constructivo de cuatro de las seis líneas (4, 5 y 6 en el primer caso y 3 en el segundo), y otra media docena de ingenierías desarrolla trabajos para los tres lotes. Asimismo, 30 empresas españolas especializadas operan en el consorcio FAST gracias al “efecto arrastre”. Además, Indra implanta la tecnología de billeteo y control de accesos en todo el sistema, en el que ha sido considerado como el mayor contrato de *ticketing* del mundo.

► Cabeza de corte de la tuneladora Dahírah tras completar un tramo de la excavación.



Transcurridos algo más de cuatro años desde el inicio de la obra (abril de 2014), el trazado de la futura red está totalmente perfilado en los distritos de Riad que cruza, una vez que la obra civil encara la recta final: los túneles están perforados (73,4 km, 37 de ellos ejecutados por siete tuneladoras) y la mayoría de los viaductos alzados (83,8 km), mientras progresa la construcción de 85 estaciones (50 subterráneas, 31 elevadas y 4 en superficie) y siete cocheras-taller. Actualmente se realizan los trabajos de instalaciones electromecánicas y ferroviarias (vía, electrificación, señalización, seguridad, ventilación, etc.). El grado de ejecución del proyecto ronda el 75% y según el cronograma oficial la red se estrenará en 2019 y estará totalmente operativa en 2021.

El lote 3

De los tres lotes del proyecto, el que desarrolla el consorcio FAST es el de mayor longitud de obra (64,1 kilómetros, casi el 37% de la red) y el de segundo mayor presupuesto (6.700 M€). Está formado por tres líneas: línea 4 (amarilla), de 29 kilómetros, que enlaza el distrito financiero Rey Abdalá con el aeropuerto Rey Khaled, discurre sobre todo elevada (17,3 km), con tramos a nivel y en túnel, incluyendo ocho estaciones; línea 5 (verde), de 13,7 kilómetros, con un desarrollo norte-sur a lo largo de uno de los grandes ejes del centro histórico, discurre

casi totalmente en túnel e incluye 11 estaciones soterradas y un complejo de cocheras bajo tierra en el extremo norte; y línea 6 (violeta), de 21,4 kilómetros, comparte el tramo inicial con la línea 4 y luego gira hacia el sureste situándose sobre un importante eje norte-sur, se ha construido mayoritariamente elevada con un tramo en túnel e incluye seis estaciones.

La construcción de estas tres líneas, al igual que el resto del proyecto, progresa de acuerdo a lo planificado y actualmente está ejecutado el 75% del contrato, según datos de junio. Todos los trabajos de obra civil a lo largo del trazado están acabados (32,3 kilómetros de viaductos, 22,6 de túneles y 9,2 en superficie). Sobre la nueva plataforma se acomete desde hace meses el montaje de vía, que según fuentes del consorcio “ya está próximo a su final”, y se desarrolla la instalación de la superestructura ferroviaria. El grueso de las obras se concentra ahora en las estaciones y las cocheras-taller, donde progresan los trabajos de instalaciones electromecánicas y arquitectura, mientras en la superficie se despliegan actuaciones de integración urbanística. Además, en algunos tramos se han realizado las pruebas dinámicas iniciales con el primero de los 69 trenes que debe suministrar el fabricante adscrito al consorcio. Según las previsiones, la obra de este lote estará finalizada en su gran mayoría a finales de 2019.

La ejecución de una obra de estas magnitudes en un plazo tan ajustado es el mayor desafío que afronta el con-

La línea más larga

El proyecto del metro de Riad lo completan dos lotes: el lote 1, formado por las líneas 1 (mayoritariamente subterránea) y la línea 2 (en superficie), que suman 63 kilómetros y 35 estaciones, y es ejecutado por el consorcio BACS con un presupuesto superior a 8.000 M€; y el lote 2, integrado por una única línea, la 3, que con 42 kilómetros es la más larga de la red, mayoritariamente elevada (27,7 km) e incluye 22 estaciones, estando a cargo del consorcio ANM con un presupuesto de 5.900 M€. Entre las siete empresas de este consorcio figura la consultora e ingeniería vasca Idom, co-responsable del diseño y el proyecto constructivo de la línea, tareas a las que ha destinado más de 350 técnicos de ingeniería civil, industrial y arquitectura.

El trazado de la línea 3 se ha diseñado en viaducto en la zona oeste, discurre soterrado en la parte central y se desarrolla a nivel en la zona este, a lo largo de la mediana de una autopista. La parte central incluye un tramo en túnel de 5,3 kilómetros, perforado por la tuneladora Jazlah a razón de casi 600 metros/mes, que completó su labor en enero de 2017. La máquina atravesó terrenos calizos con potencial riesgo kárstico y zonas con riesgo de bolsas freáticas a un nivel poco profundo relacionadas con filtraciones de los servicios –el mismo escenario que la línea 5–, circunstancias que obligaron a realizar un modelado geotécnico detallado y a dimensionar el túnel bajo esa condición de contorno. El resto de la obra subterránea son falsos túneles.

La mayor parte de los viaductos se han diseñado con tipología isostática y han sido ejecutados mediante dovelas colocadas con hasta seis vigas de lanzamiento distintas. En las zonas donde la urbanización o las condiciones de tráfico han exigido la ubicación de pilas más allá de la distancia admitida para vanos isostáticos se han diseñado estructuras singulares con dos tipologías: estructuras continuas de tres vanos, con luz central de 50 metros y laterales de 37 metros; y estructuras en avance en voladizo de tres vanos, con luz central variable desde 72 hasta 95 metros y laterales de 59 metros.

En este lote 2 Idom ha proyectado 20 estaciones de cuatro tipologías (9 elevadas, 7 subterráneas profundas, 3 enterradas y un intercambiador). Las estaciones enterradas, para obviar el problema del nivel freático en superficie, han sido diseñadas como estancas. Para las estaciones profundas, formadas por cuatro niveles cerrados por una contrabóveda, se ha creado un prototipo (con tipologías de subterránea estrecha y subterránea ultra-estrecha) dadas las limitaciones geométricas impuestas por las estrechas calles del barrio de Batha. Las elevadas se han diseñado a partir de pórticos sobre los que se ubica el vestíbulo, de los que arrancan los pilares que sustentan la viga que constituye el andén. El diseño de todas ellas, de gran sencillez para facilitar la orientación, con un tratamiento inteligente de la luz y potente climatización, se completará con la integración de la estación en el tejido urbano, creando en el exterior zonas sombreadas para pasear muy apreciadas debido al clima.



sorcio, más aún en un país con importantes retos logísticos y de recursos humanos. A este reto se suma, en clave interna, otro no menos complejo, como es la gestión de un consorcio multinacional formado por ocho empresas de seis países (España, Corea del Sur, Francia, Holanda, Reino Unido y Arabia Saudí) y por unos 8.000 empleados de 38 nacionalidades, que hablan 22 lenguas diferentes. En este sentido, la coordinación de actividades de un equipo multidisciplinar tan amplio y multicultural es básica para desarrollar con eficacia la planificación y la gestión



► Tramo en viaducto con estación elevada y las vías ya instaladas en la línea 6.

diaria del contrato. La aportación española a este heterogéneo equipo se cifra en unas 400 personas desplazadas por FCC de forma permanente, con picos de hasta 1.500 en los momentos álgidos, y en unos 110 técnicos de Tyspa, con un despliegue máximo de 250, contando en ambos casos con la involucración de otros departamentos corporativos, tanto con trabajos en remoto como con viajes de apoyo *in situ* a Riad. A estas cifras hay que sumar el personal de las empresas españolas subcontratadas.

▲ Túneles, viaductos y estaciones

El lote 3 incluye un importante conjunto de obras subterráneas, con una longitud total de 22,6 kilómetros entre las tres líneas, que se han ejecutado mediante distintos sistemas (tuneladora, nuevo método austriaco y falso túnel). La actuación más compleja ha correspondido a la línea 5 al desarrollarse casi íntegramente en túnel (12,9 km sobre 13,7 km) en una céntrica zona urbana densamente poblada, con las estaciones y los pozos intermedios excavados a



cielo abierto, lo que ha condicionado los desvíos del tráfico y de servicios afectados. Otros condicionantes relevantes, además de los plazos, han sido las características geotécnicas del subsuelo, un macizo calizo altamente fracturado con presencia de cavidades kársticas y materiales agresivos para el hormigón, y la compleja hidrogeología local, con un nivel freático cambiante que alterna zonas sin agua con otras que han requerido medidas para impermeabilizar el túnel y las estaciones. La aportación de la ingeniería —realización de un estudio hidrogeológico integrado de las tres líneas para evaluar la evolución del nivel freático y análisis particulares de estructuras en su interacción con el terreno y el agua—, que ha mejorado el conocimiento del terreno, ha permitido implementar soluciones técnicas para afrontar los problemas de gestión del agua y de protección de estructuras enterradas.

Para ejecutar esta obra, FCC ha operado con dos tuneladoras TBM de escudo simple, de 9,77 metros de diámetro, que han construido la sección completa del túnel a una profundidad de 25-30 metros, revistiéndolo de más de 7.300 anillos de dovelas de hormigón. Ambas máquinas, bautizadas como *Dahfrah* y *San'ah*, se han repartido la perforación del trazado, dividido en tramo central (7,2 km) y tramo norte (4,8 km) —a su vez subdivididos en secciones de excavación por las 10 estaciones subterráneas atravesadas y por los dos pozos de montaje—, más la conexión del túnel norte con las cocheras, ejecutado mediante un falso túnel (850 m) en el que se integra otra estación. Sus viajes subterráneos, realizados durante un año, concluyeron con éxito a mediados de 2016, habiendo alcanzado avances medios superiores a

550 metros/mes, con un récord de 54,4 metros en un día. *Dahfrah*, primera tuneladora del proyecto del metro en iniciar la excavación, ha sido también la primera TBM en operar en Arabia Saudí.

Otro elemento de la obra civil, el trazado elevado, ha consistido en la construcción de 33,3 kilómetros de viaductos, a lo largo de las líneas 6 (17,3 km) y 4 (16 km), que ya se alzan en su totalidad en las calles y en la periferia de Riad. Pese a la gran variedad de vanos que presentan estas estructuras, los más habituales son de 36 metros, siendo el más largo de 120 metros. Como rasgo característico de los viaductos, para su ejecución se han utilizado todas las tecnologías de producción masiva de puentes en un mismo proyecto y de forma simultánea en el tiempo: cimbrados *in situ*, vigas prefabricadas con montaje convencional, voladizos sucesivos, lanzamiento de dovelas y lanzamiento de vigas sobre el propio tablero construido. La elección de cada sistema constructivo ha dependido del emplazamiento de la estructura y ha buscado minimizar el espacio de trabajo requerido y la afección al tráfico. Según fuentes del consorcio, el empleo de este sistema ha permitido realizar un análisis técnico-económico de los pros y contras de cada metodología, que será muy útil para futuros proyectos de viaductos en otros países.

En paralelo a estos trabajos, el consorcio FAST también ha finalizado la construcción de las estructuras de las 25 estaciones y las dos cocheras-taller previstas en el proyecto de obra civil, sobre las cuales se desarrollan ahora los trabajos de instalaciones electromecánicas y arquitectura. Análogamente a los otros lotes, en las líneas del lote 3 se

► Tramo en túnel, ya perforado y revestido con dovelas de hormigón, de la línea 5.

► Tramo elevado del trazado de la línea 4 situado en la mediana de una autopista urbana.



Singularidades del proyecto

Automatización. El metro automático (sin conductor) ya está en servicio en varias ciudades, pero el de Riad será, con 176 kilómetros, el más largo del mundo. Esta tecnología está basada en un sistema de señalización y control ferroviario, apoyado en la comunicación vía radio tren-vía y gestionado automáticamente desde un centro de control, que permite reducir el intervalo entre trenes (por ejemplo, cada 90 segundos), manteniendo la seguridad de la línea y aumentando así su capacidad, algo decisivo en horas punta.

Energía. El proyecto de Riad apuesta por la sostenibilidad ambiental, destacando el empleo de placas fotovoltaicas en estaciones y cocheras que ayudarán a reducir el impacto energético de su funcionamiento y ahorrarán hasta un 20% del consumo. Los trenes incorporarán un innovador sistema de recuperación de energía que “devolverá” a la red la energía de frenado de los convoyes al llegar a las estaciones.

Estaciones. La red tendrá 85 estaciones, equipadas con avanzados sistemas de confort, seguridad e información, además de wifi universal. Cuatro de ellas, diseñadas por prestigiosos arquitectos, serán los iconos de la red y actuarán como intercambiadores. Los sistemas de climatización de las estaciones se han diseñado para mantener la temperatura interior dentro de los niveles de confort humano, cuando en el exterior pueden alcanzarse los 50°. También los túneles incorporarán sistemas de ventilación para hacer frente, mediante sobrepresión, a las tormentas de arena que sufre Riad.

Material móvil. Tres grandes fabricantes suministrarán los 190 trenes de la red, que tendrán un diseño unificado y estarán identificados por el color de la línea en la que circularán. Con una velocidad punta de 80-90 km/h y capacidad para 230 pasajeros, cómodos, totalmente accesibles y con wifi, los trenes se han diseñado para adaptarse al rigor climático de Riad, manteniendo una temperatura interior de 25°.

Innovación constructiva. La obra de Riad es escenario del uso de tecnologías constructivas avanzadas, algunas de ellas inéditas en Arabia Saudí, como la perforación con tuneladoras o el sistema de lanzamiento de vanos completos en los viaductos. Para la vía en placa se ha empleado un sistema automatizado que construye la plataforma y monta las vías de forma cuatro veces más rápida que los sistemas convencionales. En diseño, las ingenierías han generalizado el uso de la metodología Building Information Modeling (BIM) para facilitar la coordinación de los proyectos entre equipos dispares y la integración de las distintas disciplinas que intervienen en la obra, lo que ha permitido desarrollar los proyectos con altos niveles de calidad y en los plazos establecidos.

han construido cuatro tipologías de estación: 12 subterráneas (profundas y superficiales), ocho elevadas y cinco en superficie, de las cuales seis conectan con otras líneas. Como singularidad, en las estaciones subterráneas de la línea 5, ejecutadas a 30 metros de profundidad y divididas en tres niveles, se ha implementado un innovador sistema que ha permitido ejecutar gran parte de las estructuras, al tiempo que se evacuaban los materiales procedentes de la excavación del túnel en otras zonas, con un notable ahorro de plazos. Por otro lado, en las estaciones elevadas, los sistemas de climatización se están sobredimensionando con respecto a los metros de otras ciudades para afrontar el “efecto invernadero” provocado por las fachadas de vidrio que, por cuestiones arquitectónicas y estéticas de integración urbana, las revestirán.

Todos los trabajos de construcción acometidos por el consorcio desde 2014 han exigido un importante esfuerzo de logística para el suministro de materiales desde los dos parques logísticos hasta los distintos tajos de la obra y para la retirada de escombros, así como el desarrollo de un plan coordinado con las autoridades locales para realizar los desvíos, con el objetivo de minimizar las afecciones al tráfico. Desde el consorcio, además, se destaca que durante la realización del proyecto se han superado los 15 millones de horas de trabajo sin que se hayan producido accidentes laborales, un registro que responde en buena medida a los elevados estándares de seguridad y salud en el trabajo aplicados en la obra, inéditos en Arabia Saudí. El propio cliente desea que estos estándares sirvan de referente para su aplicación como buenas prácticas en las obras futuras en este país. ■

Marina Mercante

BEGOÑA OLABARRIETA. FOTOS: SALVAMENTO MARÍTIMO

Salvamento Marítimo es, 25 años después de su fundación, un referente internacional entre los servicios de guardacostas. Cerca de 310.000 personas atendidas, la vigilancia cada año de una superficie marítima asignada equivalente a tres veces el territorio nacional, 1.500 profesionales trabajando en sus 20 centros y sus campañas de prevención y seguridad hacen del salvamento español lo que es hoy.

Ver una salvamar en nuestras costas o imágenes de rescates en situaciones extremas son escenas a las que ya estamos habituados, pero la salvaguarda del mar no siempre fue así: un servicio profesionalizado y dedicado en exclusividad al salvamento y la lucha contra la contaminación.

Sus orígenes hay que buscarlos en las sociedades benéficas de náufragos del siglo XIX formadas por voluntarios, marinos y pescadores, que acudían a las llamadas de socorro de los navíos con sus propias embarcaciones.

No será hasta 1880 cuando se cree la primera Sociedad Española de Salvamento de Náufragos, siguiendo el ejemplo de otras similares que ya iban surgiendo en distintos países europeos; pero los medios eran pocos, la formación inexistente y las dotaciones económicas muy escasas: 15 años después de su creación disponía de 30 botes y 1.000 voluntarios para cubrir todo el territorio.

Aun así, gracias al despliegue de centros locales, que rara vez se coordinaban entre sí, el salvamento se fue organizando poco a poco hasta que, en la España de 1940, sea la Armada quien asuma esta tarea. En 1970, después de haber sobrevivido casi un siglo, aquella sociedad de náufragos se extingue definitivamente y pasa el testigo a la Cruz Roja del Mar.

Eran unos años en los que tráfico marítimo aumentaba rápidamente entre mares y fronteras, y la necesidad de un protocolo de actuación común en caso de rescate y de vigilancia se concretó en el llamado Convenio SAR (búsqueda y rescate, por sus siglas en inglés) 79, resultado de una conferencia celebrada ese año por la Organización Marítima Internacional (OMI), en la que se creó el actual modelo de actuación que hoy siguen todos los estados ribereños del planeta. España no podía quedarse fuera, pero tenía que ponerse al día si quería estar dentro del acuerdo.

Aún pasarían algunos años más hasta conseguirlo, y así llegó la Ley 27/92 de Puertos del Estado y de la Marina Mercante “para la creación de una sociedad estatal de-





► Salvamento Marítimo vigila una superficie marina equivalente al triple del territorio nacional.

SALVAMENTO MARÍTIMO CUMPLE UN CUARTO DE SIGLO

25 años vigilando el mar



nominada Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima”, aprobada en el Parlamento con el apoyo de todos los grupos, abriendo una nueva era.

Cien años después de aquella primera Sociedad Española de Náufragos, la creación de un organismo único que coordinara todas las entidades de SAR se hacía realidad.

El preestreno

Un mes después de la publicación de ley, la incipiente Sasemar, aún no constituida como tal, se enfrenta a su primera gran emergencia. Un petrolero que transportaba 79.081 toneladas de crudo hacia A Coruña encalló frente a la torre de Hércules, próxima a la entrada del puerto, partiéndose en dos secciones y liberando su peligrosa carga.

Se activó entonces el Convenio SAR 97, se coordinaron todos los medios y se actuó con rapidez. Los 28 tripulantes del buque pudieron ser rescatados, y los vecinos del barrio más próximo fueron evacuados ante la nube de humo procedente del barco que cubrió durante varias horas el cielo de la ciudad. La marea negra resultante afectaría a más de 300 kilómetros de costa.

Cuando finalizó la operación, la organización SAR española recibió la felicitación de las autoridades de la UE. Fue el preestreno de una nueva manera de hacer las cosas

Oficialmente, la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima abrió sus puertas en abril de 1993 en una pequeña oficina improvisada, con un director y un director financiero, como único personal adscrito; al finalizar aquel año la plantilla contaba con 132 personas, disponía de

11 buques de salvamento, 18 embarcaciones de intervención rápida salvamares, 4 lanchas de limpieza y 3 helicópteros con base en A Coruña, Jerez de la Frontera y Las Palmas de Gran Canaria.

Los primeros equipos de comunicaciones y de vigilancia radar también se instalaron antes de finalizar ese año, pero de manera urgente y provisional, en espacios cedidos por las autoridades portuarias o por las nuevas capitánías

► Remolcador de altura Clara Campoamor de Salvamento Marítimo.

El Convenio SAR 79

La vigilancia de las costas y la prestación de auxilio a las vidas en peligro traspasan las fronteras nacionales y se realiza de forma conjunta y bien coordinada por los estados ribereños. Es una red mundial, perfectamente comunicada, con procedimientos operativos uniformes capaces de abarcar toda la superficie oceánica del planeta.

Así se estableció en el Convenio SAR (Search And Rescue) de 1979, un acuerdo promovido por la Organización Marítima Internacional con el objetivo prestar asistencia a todos los países costeros del mundo en la organización de sus sistemas de búsqueda y salvamento, mediante actividades de cooperación e intercambio, consiguiendo el uso eficaz de los recursos disponibles.

La calve del Convenio SAR79 era, y es hoy en día, la coordinación de todos los medios susceptibles de ser empleados en una emergencia marítima, y también entre estados para alcanzar un sistema mundial integrado de Salvamento Marítimo. España firmó el Convenio SAR 79 en marzo de 1993, el año en que se creó Salvamento Marítimo, entrando así en la red internacional coordinada de rescate en el mar.

► Salvamento Marítimo cuenta con 73 unidades marítimas, 11 helicópteros, 4 aviones y una red de 20 centros y 6 bases estratégicas.



marítimas, a la espera de que los edificios definitivos fueran concluidos y entregados.

Poco a poco la sociedad tomaba cuerpo y, el hoy rey emérito, Juan Carlos I, daba su apoyo institucional al nuevo organismo, inaugurando en mayo de 1993 el Centro de Seguridad Marítima Integral “Jovellanos” –el espacio de formación de Salvamento ubicado en la localidad asturiana de Veranes–, el Centro Regional de Coordinación (CRCS) del Mediterráneo Norte en Barcelona y el edificio del CRCS del Cantábrico Occidental en Gijón.

En aquellos primeros años Sasemar evolucionaba, crecía y sus intervenciones se diversificaban. El aumento de las actividades náuticas y de recreo hacía necesario actuar más allá de los grandes buques, se lanzan las primeras campañas de verano de prevención y concienciación, y la vigilancia contra la contaminación se hace cada vez más importante.

Pero será en invierno de 2003 cuando otro accidente frente a las costas gallegas ponga de manifiesto la necesidad de aumentar los recursos para ser más eficaces ante situaciones similares, y así, a mediados de noviembre

de 2003, el Ministerio de Fomento sometió a revisión el IV Plan Nacional 2002-2005 para potenciar a la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima con medios más adecuados, especialmente aquellos destinados a la detección, recogida y almacenamiento de vertidos de hidrocarburos en el océano.

Se implantó entonces un Plan Puente que no fue un mero adelanto financiero, sino que supuso lo que algunos han denominado la “segunda fundación”, consiguiendo el salto desde una organización sólida y de tamaño medio, hasta un organismo mucho más avanzado y competente.

Las abuelas de las salvamares

Hoy Salvamento Marítimo atiende las emergencias 24 horas al día, siete días a la semana, pero el auxilio en el mar no siempre fue así.

Durante siglos, pescadores y tripulantes quedaron a su suerte, o a la de quienes tuvieran a bien ayudarles si sufrían un percance en el mar. Ya en 1861, antes de que se creara la Sociedad Española de Náufragos, el Ministerio de Fomento de aquel entonces recibía la petición de crear algún tipo de sociedad benéfica dedicada a prestar este auxilio. La respuesta fueron 13 embarcaciones, las ‘abuelas’ de las actuales, versátiles y rápidas salvamares.

Puertos como los de Bilbao, Barcelona, València, A Coruña o Cádiz recibieron estos botes de última generación traídas desde el Reino Unido. Pero, según se relata en los registros, tan modernos y bonitos eran que algunas autoridades locales los guardaron como su más preciado tesoro.

Como cuenta Juan Carlos Arbex en su libro El Salvamento Marítimo en España, 15 años de historia (publicado con motivo de ese aniversario), “del bote británico destinado a Cádiz poco se supo a partir de su llegada. Nadie sabía dónde lo habían guardado celosamente las autoridades cuando el buque Mismosa naufragó y sus tripulantes tuvieron que ser rescatados mediante botes convencionales”.



Apoyo institucional

El pasado junio, en uno de sus primeros actos públicos como nuevo ministro de Fomento, José Luis Ábalos acudía, junto con una representación de la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima, a una recepción ofrecida por Felipe VI en palacio de la Zarzuela con motivo del 25 aniversario. Un acto en el que se reconocía, al máximo nivel, la labor que realizan.

Ábalos destacaba entonces cómo “durante estos años Salvamento Marítimo ha llevado a cabo diferentes operaciones relacionadas con proteger la vida humana en la mar, la lucha contra la contaminación marina y el control del tráfico marítimo en unas aguas asignadas internacionalmente a España, que suponen tres veces el territorio nacional”.

Pocas semanas más tarde, el titular de Fomento visitaba los centros de coordinación en Tarifa y Algeciras y dos de sus embarcaciones, la *Salvamar Arcturus* y el buque *Luz de Mar*, poniendo de relieve el “esfuerzo de los trabajadores de Salvamento Marítimo en estos días debido al aumento de rescate de personas en pateras que se ha producido”.

José Luis Ábalos mostraba una vez más su apoyo a la labor de salvamento con un anuncio: al concluir este año el Plan Nacional de Salvamento 2010-2018, el Gobierno tiene la intención de aprobar un nuevo marco normativo en el Plan Nacional de Salvamento 2019-2021, que “asegurará las inversiones necesarias para el mantenimiento de un servicio imprescindible para la seguridad de nuestros mares”.

Salvamento del siglo XXI

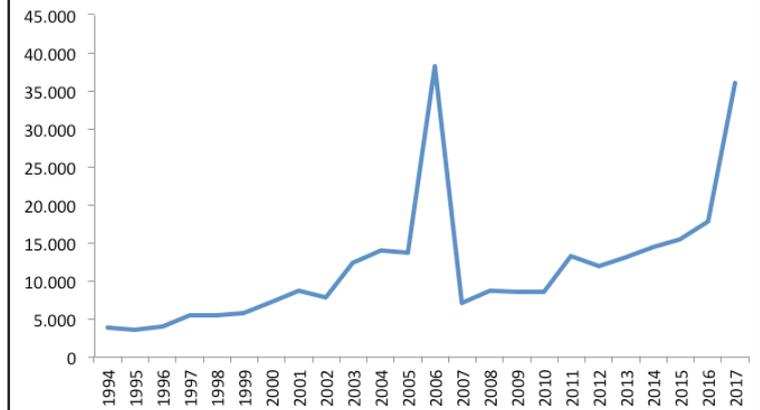
Fueron años de inicio y escasos medios pero hoy, un cuarto de siglo después, Salvamento Marítimo se ha consolidado como garante de la seguridad, la vigilancia y la prevención frente a la contaminación.

Los diversos planes nacionales que se han ido aprobando periodo a periodo (en la actualidad se está desarrollando el séptimo, que corresponde a 2010-2018), le han ido dotando de recursos humanos y materiales, sedes en propiedad, efectivos aéreos y marítimos, más formación a sus cuadros en el centro de formación Jovellanos y mayor proyección internacional.

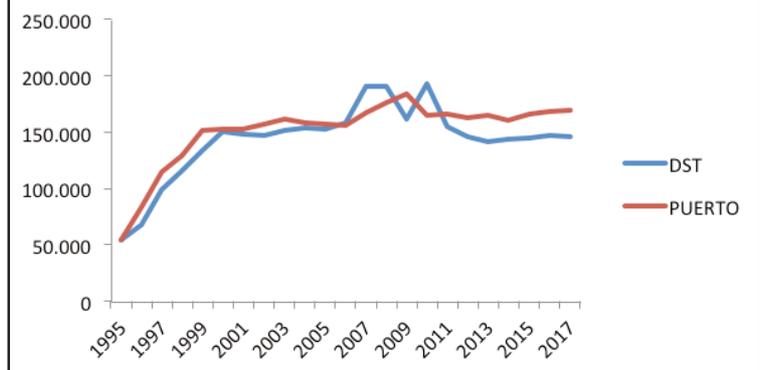
En la actualidad el salvamento se organiza a través de una red coordinada de 20 centros que dan respuesta a las emergencias, con una flota compuesta por 73 unidades marítimas de diferentes características: 4 grandes buques polivalentes diseñados para el salvamento, la lucha contra la contaminación y recogida de hidrocarburos; 10 remolcadores que aseguran la capacidad de dar remolque a buques e intervenir en grandes siniestros, 4 guardamares y 55 salvamares, las más rápidas en llegar ahí donde haga falta.

Una batería de efectivos que se complementa por aire, con 11 helicópteros que son activados para dar respuesta

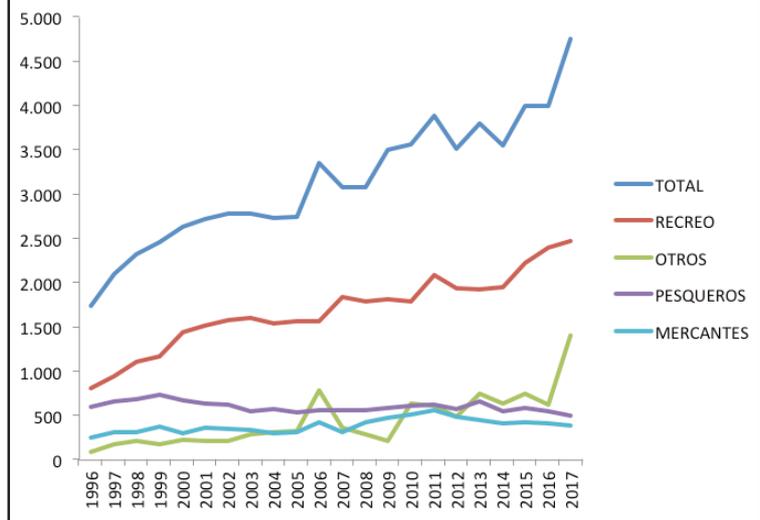
PERSONAS ATENDIDAS



CONTROL DE TRÁFICO



BUQUES ASISTIDOS



► Desde el comienzo de actividad de Salvamento Marítimo ha atendido, en todo el territorio nacional a una media de 33 personas al día. Asimismo, se ha asistido a una media de 8 buques al día, y se han controlado, en los dispositivos de separación de tráfico (DST) y en el ámbito del tráfico portuario, un promedio de 800 buques al día.

► La lucha contra la contaminación, el rescate de personas y el control del tráfico marítimo son algunas de las competencias asignadas a Salvamento Marítimo.



a las emergencias que necesitan una actuación inmediata por las condiciones de gravedad, supervivencia o evacuaciones médicas, en que se encuentran vidas en peligro.

A ellos se unen 3 aviones incorporados en 2007, equipados con la más avanzada tecnología, que se emplean para la localización de naufragos y embarcaciones en la mar, la detección de vertidos en el medio marino y el seguimiento e identificación de los buques infractores.

Son aeronaves que pueden patrullar durante más de 9 horas, llegando a intervenir en operaciones con un alcance superior a los 3.706 kilómetros y un radio de acción de 1.853 kilómetros, con una velocidad de 437 kilómetros por hora. Sus equipos son los más modernos del momento.

Para cerrar el círculo, hay 6 Bases Estratégicas donde se almacena y mantiene el material de lucha contra la contaminación y salvamento, preparado para poder ser desplazado al lugar de la emergencia con la mayor efectividad posible.



Education and prevention

Desde sus inicios Salvamento Marítimo apostó por la educación y la prevención como la mejor manera de evitar accidentes en el mar y de luchar contra la contaminación.

Ya en 2005 puso en marcha una iniciativa interesante: cursos itinerantes destinados a los pescadores y sus entornos familiares, para ahondar en la seguridad del sector. Aquella campaña se centró en puertos pesqueros de Galicia, Andalucía e islas Canarias, buscando la complicidad de los entornos de los trabajadores con el objetivo de explicar la importancia de usar el chaleco salvavidas.

Hoy, en la era de las redes sociales, la iniciativa tiene su propio *hashtag* “#CampañaPonteElChaleco”, y se difunde en Twitter y en Facebook, dando consejos útiles para conseguir reducir la siniestralidad.

También tiene su propia etiqueta la campaña “#MaresLimpios”, con la que Salvamento Marítimo se adhiere al lema del Día Mundial de los Océanos propuesto por la ONU: “Limpiemos nuestros océanos”, que busca impulsar iniciativas para prevenir la contaminación por plástico y soluciones para unos mares libres de residuos. En verano y coincidiendo con una mayor afluencia a playas, y costas se intensifican los mensajes y consejos y se difunde el Decálogo Ciudadano contra las Basuras Marinas.

Y para educar a las nuevas generaciones en el respeto al medioambiente marino, en la campaña se presta una atención especial a los más pequeños, con un video especialmente creado para ellos y con el folleto “Un día de mar”, en el que los protagonistas, Salva y Mar, repasan junto a los superhéroes de la “patrulla marítima” los principales consejos para cuidar del mar y disfrutar de la navegación y la playa con seguridad. ■



ESPAÑA REFERENTE MUNDIAL DE OBRAS DE TIERRA
IV SEMINARIO INTERNACIONAL EUROPEO DE

Obras de tierra

► Plataforma en tierras de la
Autovía A-23, en Sarrión (Teruel).

ÁLVARO PARRILLA ALCAIDE (DGC- MINISTERIO DE FOMENTO)

Las obras de tierra constituyen un sector específico dentro del campo de la obra pública que, en general, es poco conocido y escasamente valorado, incluso dentro del ámbito de la ingeniería, pero que tiene sus propios fundamentos científicos y técnicos.

De ahí la importancia de este Seminario Internacional que, ya en su cuarta edición, se celebró en Madrid el pasado mes de abril.



► *Maquinaria trabajando en obras de explotación de carreteras en el Coll de La Teixeta (Tarragona).*

Los terraplenes sobre los que se asientan las vías férreas o las autopistas, las grandes explanadas de nuestros puertos —por las que transita buena parte del comercio internacional— o alguna tipología de presa, son ejemplos de obras que podríamos denominar “de tierra”, por estar construidas fundamentalmente con este material.

El concepto de obra de tierra que se maneja en la actualidad es más amplio que la literalidad de sus términos, puesto que incluye no solo a obras construidas con materiales tipo suelo, sino también con materiales rocosos. En uno y otro caso, este tipo de obras suponen una modificación del terreno natural mediante la construcción, tanto de terraplenes y pedraplenes, como de excavaciones en desmonte.

Las obras de tierra constituyen un sector específico dentro del campo de la obra pública que, en general, es poco conocido y escasamente valorado, incluso dentro del ámbito de la ingeniería, pero que tiene sus propios fundamentos científicos y técnicas. A nivel europeo y como promedio, este tipo de trabajos constituye entre el 15 y el 20% del presupuesto de la obra pública de nueva planta, cifra que se puede elevar hasta en quince puntos porcentuales en carreteras y ferrocarriles de alta velocidad de nuevo trazado.

El Seminario Internacional Obras de Tierra en Europa se celebró en Madrid los días 19 y 20 de abril de 2018, con organización y dirección del Ministerio de Fomento (Dirección General de Carreteras y CEDEX) conjuntamente con la Asociación Mundial de la Carretera y su sección española (PIARC y ATC respectivamente) y congregó a expertos nacionales e internacionales en la materia.

Se presentaron cuarenta conferencias entre ponencias y comunicaciones libres, por parte de treinta y un oradores de nueve países, que ocuparon el estrado para exponer sus conocimientos a los más de ciento cuarenta asistentes que poblaron la sala de conferencias del CETA (CEDEX), sede del evento.

El Seminario en sí, ha sido el cuarto de la serie homónima (París 2005, Londres 2009, Berlín 2012) dedicada a la evolución del proyecto, construcción y conservación de las obras de tierra en el Viejo Continente, en que se analizaron y pusieron al día los siguientes temas:

- ✓ Normativa europea en materia de obras de tierra.
- ✓ Proyectos y realizaciones especiales.
- ✓ Análisis de riesgo geotécnico.
- ✓ Adaptación de las obras de tierra al cambio climático.
- ✓ Sostenibilidad y uso óptimo de los materiales locales.

Normativa europea

En cuanto al primero de los temas, normativa europea en materia de obras de tierra, durante una década y bajo los auspicios del Comité Europeo de Normalización, CEN, especialistas de todo el continente (entre ellos los españoles) han venido trabajando juntos para tratar de alumbrar la primera norma técnica europea sobre este particular, esencial, por otra parte, como herramienta para tratar de armonizar el mercado interior en un sector que mueve cientos de millones de euros al año; el comité permanente constituido se denomina CEN-TC396 Obras de Tierra.



La gran experiencia que se empezó a acumular en Europa con la eclosión de infraestructuras de comunicación acaecida desde el final de la Segunda Guerra Mundial, permitió la redacción de una serie de normas técnicas que surgieron casi al mismo tiempo y que no miraban allende las fronteras de cada país. La situación de partida y por lo tanto el panorama existente hasta la fecha, se basaba en regulaciones de ámbito nacional para la construcción de este tipo de obras, en la práctica de muy difícil extrapolación entre países, que comienzan por la clasificación de los materiales y que integran las diferentes fases de la vida útil de la infraestructura de que en cada caso se trate. Por ello, una regulación europea que pretenda la armonización técnica en este campo, debe redactarse con planteamientos abiertos y amplitud de miras por los diferentes países.

Durante la celebración del Seminario, se recibió la notificación de la aprobación formal por parte de los Estados miembros de CEN del texto completo de la norma conocida como EN16907 Obras de Tierra, dividida por el momento en seis partes de actualización quinquenal, que fue presentada de forma global por el presidente del comité CEN TC 396 y de manera monográfica por algunos de sus autores, con la que se pretende sentar las bases técnicas comunes del modo de proyectar, construir y conservar las obras de tierra en Europa. Está previsto que en el futuro se normalicen algunos otros aspectos que comprenderán partes adicionales de esta norma que, tal y como se acaba de indicar, se presentó por vez primera en Madrid, el mismo día de su aprobación.

▮ Obras especiales y riesgo geotécnico

La segunda sesión, relativa a Proyectos y realizaciones especiales, se centró en la presentación de una serie de

ejemplos concretos de grandes proyectos y obras de tierra que comenzaron por la génesis y bases teóricas y concluyeron con algunos casos de obras portuarias, ferroviarias y carreteras que fueron presentadas, bien por ingenieros de las empresas que las construyeron, o por otros que intervinieron en su proyecto o control de ejecución y comportamiento.

La sesión dedicada al análisis de riesgo geotécnico puso al día un tema cada vez más relevante en el ámbito de la ingeniería. El riesgo es un concepto genérico en el que intervienen la probabilidad de ocurrencia de determinado tipo de fallo o fenómeno concreto y las consecuencias de su acaecimiento; no sería lo mismo que, por ejemplo, un evento de lluvia extrema se produjera en una ciudad poblada por millones de personas o que lo hiciera en un lugar deshabitado. En la actualidad y con la perspectiva de los Eurocódigos (conjunto de normas europeas para la ingeniería, de carácter voluntario, redactadas por el Comité Europeo de Normalización –CEN– destinados a unificar los procedimientos de cálculo en toda Europa), los proyectos estructurales y geotécnicos se basan en buena medida en la aplicación de estos conceptos a través de variables de cálculo que los tienen en cuenta. En esta sesión se pusieron al día algunos de estos conceptos en su relación con las obras de tierra propiamente dichas.

▮ Nuevos retos que plantea el cambio climático

¿Cómo puede afectar una hipotética subida del nivel del mar al comportamiento resistente de una explanada portuaria? ¿Están preparados los grandes terraplenes para recibir lluvias mucho más intensas y concentradas

► Terraplén de carretera inmediatamente antes de su puesta en servicio en las proximidades de Ausejo (La Rioja).



► Mesa inaugural del Seminario, con representantes (de izquierda a derecha) de Piarç (2), CEDEX (1) y Dirección General de Carreteras (1).

en el tiempo que lo que venía siendo habitual hasta la fecha? La cuarta sesión, relativa a la adaptación de las obras de tierra al cambio climático, partió de la presentación de una serie de escenarios climáticos a medio y largo plazo manejados a nivel continental y se centró en su aplicación al mundo de la obra pública construida con tierras. Se presentaron trabajos relacionados con obras de tierra y cambio climático bien con un ámbito territorial nacional (a partir de datos de AEMET) o bien, con mucho más de detalle, presentando algún ejemplo de actuación en una sección de una carretera concreta.

■ Sostenibilidad

La quinta y última sesión dedicada a la sostenibilidad y uso óptimo de los materiales locales fue la que congregó mayor número de comunicaciones libres. Bajo este concepto se entiende, ya con una cierta perspectiva histórica, el posible aprovechamiento para la construcción de terraplenes (inicialmente para carreteras, pero hoy de cualquier tipo) de materiales naturales o subproductos industriales que tradicionalmente se venían desechando, pero que pueden llegar a emplearse siguiendo ciertas técnicas o determinadas precauciones, con las consiguientes ventajas medioambientales y normalmente también económicas que ello acarrea.

A modo de ejemplo, la utilización para un terraplén de carretera de varios cientos de miles de toneladas de excedentes de la minería, que a menudo se acumulan formando lomas en ciertos lugares de nuestra geografía, obtendría el doble beneficio de su eliminación como escombrera y su uso –sin necesidad de recurrir a canteras o graveras– para la formación de terraplenes, por ejemplo, en una carretera de nuevo trazado. El problema tradicional

que se planteaba era que estos materiales, no convencionales, pueden tener contraindicaciones para la infraestructura que soportan, por lo que se requiere de este conocimiento y puesta en común de experiencias (que pueden incluir tratamientos, confinamiento, encapsulado de tierras, etc.) en diferentes lugares y con materiales de lo más diverso.

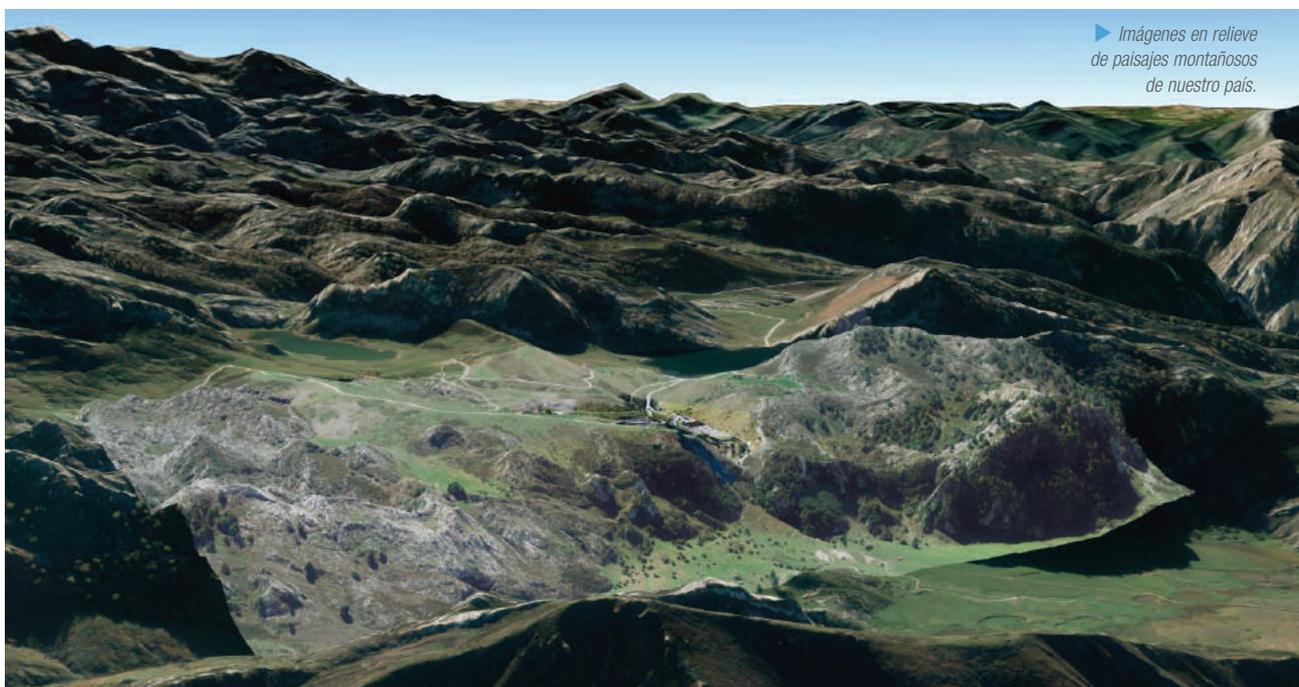
En este sentido, la normativa del Ministerio de Fomento (Orden FOM 1382/2002, PG-3, artículo 330) fue pionera en el empleo de estos materiales, denominados como marginales, para la construcción de terraplenes carreteros. En ellos se trabaja siempre con un cierto grado de empirismo, por lo que la puesta al día de conocimientos entre técnicos de todo el continente resulta especialmente necesaria.

En esta quinta sesión del seminario se pusieron al día los principios generales para su empleo y se presentaron ejemplos concretos relativos a varios tipos de suelos naturales, residuos y subproductos de la industria minera. Por último y aunque fuera del ámbito geográfico del Seminario, se presentaron tres experiencias de empleo de estos materiales, procedentes de otros tantos países hispanoamericanos.

La próxima edición del seminario se celebrará en Praga 2021, donde se presentarán nuevas experiencias a este foro global de la obra de tierra, que se encuentra ya plenamente consolidado y que pretende servir como referente técnico para los profesionales del sector, no sin antes remarcar que un mejor conocimiento de la obra de tierra y sus posibilidades, redundará en un empleo más racional de los recursos naturales y económicos, que tan necesario es en el contexto de la obra pública y en el que España, referente mundial en obras de tierra, está plenamente comprometido. ■

LA REALIDAD VIRTUAL LLEGA AL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
PARA APORTAR UNA NUEVA VISIÓN DE LOS PARQUES NACIONALES

Parques Nacionales en 3D



► Imágenes en relieve
de paisajes montañosos
de nuestro país.

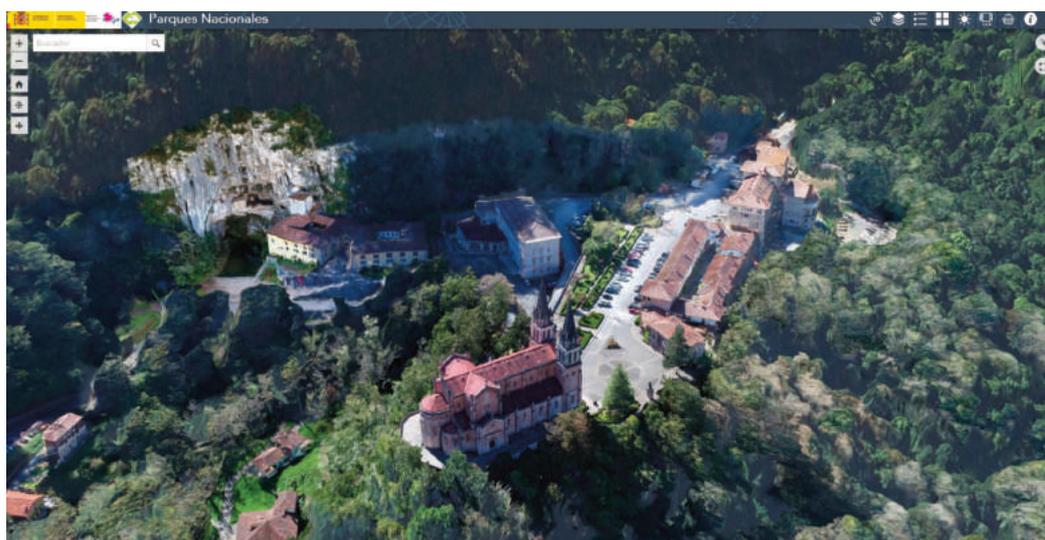
REDACCIÓN FOMENTO. FOTOS: IGN

La situación actual, tan avanzada en las técnicas fotogramétricas y otras nuevas tecnologías, ha sido aprovechada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) para generar nuevos productos y servicios enfocados, tanto a los ciudadanos, como a organismos públicos y otras organizaciones.

El proyecto “Parques Nacionales en 3D” ha nacido en el año 2017 con el objetivo principal de poner al alcance de todos los ciudadanos un Geoportál web (sitio web que ofrece recursos y servicios basados en la información geográfica) que contribuya a acercarlos a los Parques Naturales y pueda serles de utilidad a la hora de planificar posibles rutas a realizar en estos espacios naturales. Un

proyecto de sumo interés para el mayor número posible de personas, tanto deportistas que quieren planificar su visita a un Parque Nacional, como curiosos que tan solo buscan información, o incluso personas impedidas físicamente que puedan acercarse a la naturaleza a través de las nuevas tecnologías.

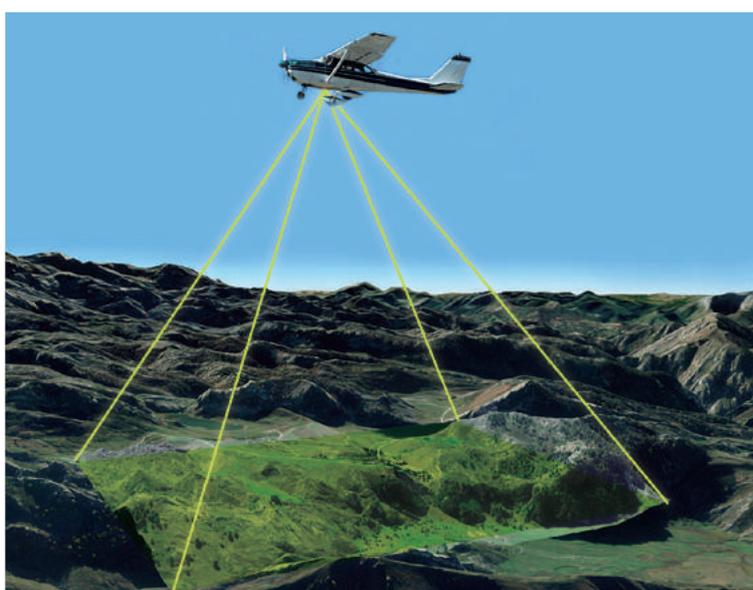
Eremitas, miradores u otros puntos de interés especial en el recorrido de los parques tienen un trato especial en el



proyecto y para ellos se incorporan fotografías terrestres, tomadas desde drones en los que se pueden ver detalles de las fachadas u otros elementos verticales de difícil acceso, contribuyendo a que la visita al parque sea más fructífera.

Uno de los productos clave utilizados en este proyecto ha sido el de las fotografías aéreas del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea de España (PNOA), que es el resultado de un trabajo colaborativo entre varios organismos públicos estatales y regionales, coordinado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). El objetivo del PNOA es abarcar todo el territorio nacional cada 3 años, realizando fotografías aéreas digitales con un tamaño de 22 a 45 cm de pixel medio, según la importancia de las diferentes zonas. También, cada 6 años, cubrir el territorio al completo con nubes de puntos LIDAR de 1 a 2 pulsos/m²,

además de que, en ciertas zonas urbanas de la costa, u otras de mayor interés, se efectúe con fotos aéreas de 9 cm. Las fotografías del PNOA se han utilizado para generar modelos digitales 3D del terreno con datos altimétricos de gran precisión (precisión altimétrica del modelo digital, RMSz <0,20 m) por correlación superdensa de zonas extensas, lo que supone un gran ahorro en costes y tiempos de producción, dada la envergadura de los Parques Nacionales, que ocupan muchos kilómetros cuadrados. De esta forma se evita tener que realizar vuelos nuevos en toda la superficie y tan solo se realizan los vuelos de alta resolución de las zonas de mayor interés, asequibles para su realización con drones. La calidad del producto 3D resultante supone una importante mejora respecto a los productos 2.5D, obtenidos con la texturización de modelos digitales del terreno con las ortofotos.



La calidad del 3D del PNOA supone una considerable mejora respecto de la conseguida con modelos anteriores

El IGN y el CNIG colaboran con el Organismo Autónomo Parques Nacionales (OAPN) para la creación de herramientas que hagan uso de las nuevas tecnologías y de esta forma desarrollar un primer proyecto piloto destinado a explorar sus posibles aplicaciones prácticas en la visualización mediante escenas en 3D de la Red Española de Reservas de la Biosfera y la Red de Parques Nacionales. El Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Aragón) y el de Picos de Europa (Cantabria, Asturias y León) fueron los elegidos como zona piloto. Debido al éxito del proyecto se ha decidido extender al resto de

Parques Nacionales, abarcando los quince que hay en el territorio nacional.

Con todo ello se pretende alcanzar la mejor gestión de nuestros recursos naturales proporcionando al visitante un mayor número y calidad de datos y herramientas de consulta que le sirvan para poder planificar adecuadamente su visita a estos espacios singulares de nuestro territorio y hacer más enriquecedora la visita a la naturaleza.

Además, se acaba de publicar la actualización de la aplicación para móviles de Parques Nacionales que permite consultar información sobre la historia, fauna, flora y rutas de los Parques Nacionales de España, así como información adicional de puntos de interés como centros de información, alojamientos, miradores, refugios, etc., con su localización e información de contacto, utilizando para ello como fondo cartográfico los servicios web del Instituto Geográfico Nacional.

➤ Nuestra visión tridimensional

Los seres humanos contamos con una visión tridimensional que se consigue gracias a la visión del mismo objeto desde dos puntos de vista ligeramente distintos. Nuestros ojos están situados en dos posiciones diferentes por lo que cada uno de ellos recoge en la retina una imagen diferente de la realidad, que una vez que se fusionan en el cerebro dan por resultado la tercera dimensión. Esta técnica se conoce como estereoscopia.

En el avance del conocimiento humano se ha utilizado la estereoscopia para la fotogrametría, la ciencia que permite obtener la posición, forma y dimensiones de los objetos a partir de mediciones sobre fotografías. Con la fotogrametría se realizan fotografías del terreno u objetos sustituyendo nuestros ojos por una cámara aérea métrica y la distancia entre nuestros ojos (distancia interpupilar) por la distancia entre los disparos de la cámara. Las fotografías resultantes se pueden observar con diferentes aparatos, entre ellos, los estereoscopos y los restituidores, que son utilizadas para realizar cartografía. Con los restituidores fotogramétricos se puede reconstruir la toma y dibujar las entidades por medio de la estereoscopia y de una serie de manivelas que permiten moverse por la imagen en todas las direcciones. Con estas técnicas se ha logrado, a lo largo de la historia, delinear, cartografiar y confeccionar mapas. Hoy en día estos trabajos se realizan mediante métodos digitales, tanto en las fotografías aéreas como en los restituidores fotogramétricos, utilizando potentes ordenadores que siguen manteniendo la visión 3D mediante otro tipo de gafas, como es el caso de las polarizadas.

En los últimos años han confluído múltiples avances en campos relacionados con la fotogrametría, tanto para *hardware* como para *software*. Entre ellos, las cámaras digitales no fotogramétricas de alta resolución, drones de ala fija y rotatoria, GPS, IMU (sistema de medición



▶ Participantes en los talleres de gafas de realidad virtual y del mapa topográfico dinámico, organizados por el IGN durante la pasada Feria del Libro de Madrid.

inercial), toma de datos LIDAR de bajo coste, gafas de realidad virtual y aumentada, y otros muchos elementos de *hardware* que acompañados de algoritmos como la correlación superdensa, la generación de MDS (*modelo digital de superficie*), ortofoto verdadera (*true orto*), escenas 3D realistas y otros muchos han contribuido al éxito. Además, estos avances han ido acompañados por los desarrollos de software altamente sofisticado, que permiten mezclar varios tipos de imágenes y datos en el mismo proceso, el tratamiento de nubes de millones de puntos, la aceleración de procesos intensivos de cálculo mediante uso de GPU (Unidad de Procesamiento Gráfico), la computación en la nube y tantos otros.

➤ Aplicación en cartografía de la fotogrametría y la estereoscopia

Para la elaboración de mapas y planos de gran extensión se utiliza la fotogrametría aérea, que consiste en tomar fotografías bajo unos condicionantes geométricos, donde cada fotografía debe cubrir al menos el 60% de la superficie cubierta por la fotografía anterior. El efecto estereoscópico se consigue en la zona común





a ambas fotografías (zona de recubrimiento). La profundidad del efecto estereoscópico aumenta con la distancia entre disparos de las fotografías. Además, si se disponen las fotografías en una mesa y se observan en las condiciones expuestas, aparece una impresión tridimensional de la escena.

La técnica de la estereoscopia, haciendo uso de la visión binocular con la observación de la misma imagen desde dos puntos de vista, permite capturar información tridimensional, siendo esta técnica utilizada en cartografía para reproducir la tercera dimensión, el relieve, a partir de imágenes aéreas bidimensionales obtenidas con fotogrametría.

Existen múltiples técnicas para conseguir la estereoscopia, entre ellas destacan los anaglifos, los estereóscopos de espejos o de bolsillo y los dispositivos de realidad virtual o VR.

Con unas gafas anaglifo se consigue la visión estereoscópica mediante una imagen repetida, ligeramente desplazada y superpuesta, en dos colores complementarios. Estas gafas filtran para cada ojo el color del filtro, dejando pasar la opuesta y con ello revelan una imagen tridimensional.



Los estereóscopos de espejos consisten en cuatro espejos colocados de tal manera que las imágenes se transmitan por reflexión a los oculares, realizándose la observación de las fotografías en forma ortogonal que alinean verticalmente el eje óptico del observador.

Los estereóscopos de bolsillo se forman con dos lentes separadas aproximadamente 65 mm (distancia interpupilar) montadas en un marco soportado por patas que permiten que se observen las fotografías a través de las lentes formando la imagen estereoscópica. Estos elementos se han utilizado tradicionalmente para la fotointerpretación o identificación de los elementos y características del terreno a través de la utilización de fotografías aéreas con una zona común.

Los dispositivos de realidad virtual o VR sumergen al usuario en un mundo alternativo permitiéndole interactuar con el entorno; en estos dispositivos la visión estereoscópica se consigue mostrando la misma imagen repetida para cada uno de los ojos o bien mostrando y ocultando rápidamente la misma imagen un lapso de tiempo muy corto.

Con el objetivo de dar a conocer a los usuarios la evolución de la visión 3D del terreno a lo largo de los años y la utilización de la visión estereoscópica para la realización de la cartografía, el IGN organiza visitas y talleres, y utiliza para ello diferentes entornos culturales, con el objetivo de acercar la Geomática y las Tecnologías de la Información Geoespacial a los ciudadanos. Ejemplo de estos talleres fue el organizado el 4 de junio en la Feria del Libro de Madrid en el que se pudieron visualizar fotogramas aéreos con estereóscopos de bolsillo y de espejos, visualizar el territorio de España en 3D con anaglifos utilizando el portal de Iberpix del IGN, la visualización de vídeos de Parques Nacionales con gafas de realidad aumentada y la creación de un mapa topográfico dinámico interactivo. ■

Nuevo tramo de la autovía A-23 en Huesca



El pasado 2 de julio se inauguraron los primeros 4,5 kilómetros del tramo Caldearenas-Lanave de la autovía A-23 en Huesca, en un acto que supuso la primera puesta en servicio de un tramo de carretera de José Luis Ábalos como ministro de Fomento y que contó con la presencia del presidente del Gobierno de Aragón, Javier Lambán. Se trata de un segmento del tramo más largo de la subida de la autovía al puerto prepirenaico de Monrepós, consistente en una variante de 3 kilómetros de longitud y la duplicación de 1,5 kilómetros de la carretera existente (N-330), que discurren por un terreno montañoso con una pendiente del 6%. El nuevo tramo, cuya inversión ha sido de 45,9 M€, incluye los viaductos sobre los ríos Guarga (un tablero único para las dos calzadas, de tipo mixto acero-hormigón, de 350 metros de longitud dividido en cuatro vanos y 45 metros de altura

máxima) y Atos (hiperestático, de 105 metros), además de un enlace de tipología glorieta elevada. El ministro anunció que tanto el resto de este tramo como el Congosto de Isuela-Arguís, también de la A-23, se abrirán al tráfico en 2019.

Transporte bonificado para residentes extrapeninsulares



El Gobierno ha aprobado recientemente un acuerdo para incrementar del 50 al 75% la subvención de las tarifas de transporte regular, aéreo y marítimo, de los pasajeros residentes en los territorios no peninsulares (Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) con el resto del territorio nacional, dando respuesta de esta forma a una demanda social planteada desde hace tiempo por los gobiernos de estas regiones. Esta medida, consolidada días después con la aprobación del Real Decreto 949/2018, potencia la política de cohesión territorial del Ministerio de Fomento y facilita la movilidad de los residentes en estas comunidades y ciudades autónomas en los trayectos entre el territorio de la respectiva comunidad autónoma, o ciudad con estatuto de autonomía, con el resto del territorio nacional. En los primeros días, tras la aplicación de la medida, se ha constatado un significativo incremento de la demanda en este segmento de mercado, llegándose a doblar el número de billetes vendidos respecto a las cifras de 2017. La dotación, reflejada en los Presupuestos del Estado 2018, destinada a bonificaciones al transporte aéreo y marítimo de los residentes en regiones extrapeninsulares asciende a 492 M€, un 16% más que el pasado año 2017.

Ineco cumple 50 años



Se cumple medio siglo de vida de Ineco, consultora de ingeniería que ha jugado un papel esencial en la transformación de las infraestructuras del transporte en España, al participar en los proyectos, estudios y obras de buena parte de las líneas de alta velocidad, la red de autovías y la expansión aeroportu-

aria. Fundada por el ingeniero Carlos Roa para dar apoyo tecnológico a los programas de transporte, estuvo ligada inicialmente a Renfe y fue fusionada en 1999 con la consultora ferroviaria Tifsa.

La actividad de Ineco ha evolucionado desde los iniciales estudios de economía del transporte hasta abarcar hoy todas las fases de proyecto en todos los campos del transporte (planificación, carreteras, ferroviario, aeronáutico, puertos y transporte urbano, además de arquitectura y medio ambiente), en un proceso de crecimiento que la ha convertido en la empresa de ingeniería y consultoría española de referencia, con un equipo de más de 2.500 profesionales. Adscrita desde 2008 al Ministerio de Fomento, el accionariado de esta sociedad mercantil estatal se lo reparten Enaire, Adif, Adif Alta Velocidad y Renfe, a partir de 2012 reforzó su actividad internacional y hoy está presente en proyectos en más de 50 países.

Premio Acueducto de Segovia



La ampliación del puente de Rande en la AP-9 se ha alzado con la octava edición del premio Acueducto de Segovia, convocado por la Fundación Caminos y el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos con objeto de destacar la importancia del enfoque ambiental sobre el proyecto, la ejecución y la explotación de las obras públicas.

El galardón fue entregado el 25 de junio en Santander, en el marco del IV Foro de Ingeniería Global y Obra Pública, a los tres actores principales de la obra: la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (promotor) y las empresas Dragados

(constructora) y MC2 (proyektista). El jurado destacó la innovación tecnológica empleada para alargar la vida del puente existente, la ejecución de la obra manteniendo la estructura en servicio y la nula afección medioambiental a la ría de Vigo.

La mención de honor fue para la pantalla anticontaminación del puerto de Gijón, un novedoso entramado de pilares de acero y hormigón colocados de forma que reducen la velocidad del viento y limitan la dispersión de las partículas del carbón almacenado en la explanada de Aboño, mejorando así la calidad del aire en el entorno.



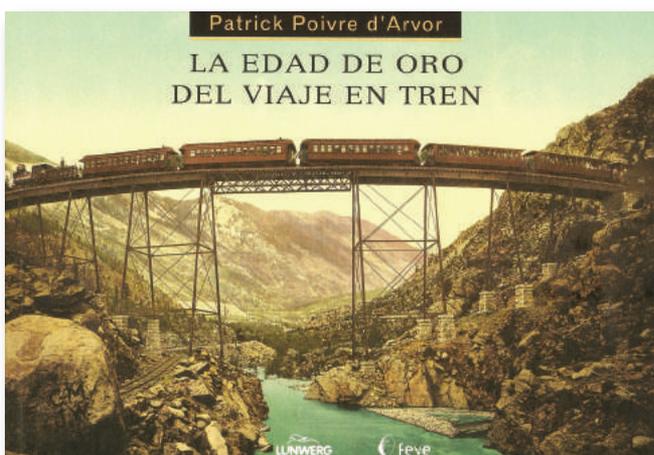
Una disciplina cautivadora

Este libro, editado por el Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento, ha vuelto a cobrar vida como catálogo de la reciente exposición de la sala de La Arquería. En él se recoge gran parte de la extensa obra de este arquitecto catalán, galardonado con el Premio Nacional de Arquitectura 2010, y para el que esta profesión ha sido “una disciplina vasta, inabarcable y cautivadora”, según confesó en el discurso de entrega del premio, y que —son también sus palabras— le ha permitido “observar y experimentar las estrechas relaciones entre fealdad, estupidez y maldad, pero también entre emoción, conocimiento y generosidad”.

Nacido en Barcelona en 1941, arquitecto desde 1961 en el Studio Per junto a Alfonso Milà, Federico Correa y Oscar Tusquets, acabaría formando equipo con este último, una fructífera relación que duraría hasta 1983, fecha en que ambos arquitectos tomarían caminos separados.

A lo largo de sus cincuenta años de vida profesional, Clotet se ha entregado a todos los campos de la arquitectura, desde la edificación y rehabilitación hasta los planes urbanísticos, pasando por el diseño de interiores y mobiliario, convirtiéndose en un referente de la arquitectura española contemporánea.

Sánchez Lampreave, R. (Coord.), Mariné, M. (Dir.): Lluís Clotet. Premio Nacional de Arquitectura 2010. Ministerio de Fomento, Madrid, 2015.



Épica y poesía del ferrocarril

Dice el autor de este libro que si el tren ha inspirado a tantos poetas y novelistas es porque reúne dos ingredientes tremendamente evocadores: el hermetismo de un reducido espacio cerrado y el desplazamiento. Viajar en tren, al menos en aquellos grandes clásicos que tuvieron su edad de oro a principios del siglo XX, es para muchos algo más que una forma de desplazarse. Es también entregarse al lujo, un lujo que no consiste en el consumo compulsivo de bienes que se agotan de inmediato, sino en el de un tiempo enriquecedor que transcurre moroso y plácidamente. Para los grandes viajeros de esta edad de oro del tren, viajar en sus cómodos vagones, acudir al salón restaurante, asistir a las despedidas desde el andén de cada estación, dejar que el cambiante paisaje se deslice a través de la ventanilla sin que importe demasiado cuál sea el próximo destino... es, más que una forma de viajar, una filosofía.

Este es el espíritu con el que el autor, Patrick Poivre d'Arvor, ha realizado todas las travesías ferroviarias que nos cuenta en este libro, un total de once ferrocarriles, desde los míticos Orient Express o Transiberiano, hasta los que discurren por

las vertiginosas alturas de los Andes o las grandes praderas de Nortamérica, pasando por el Mombasa-Nairobi, cuya construcción supuso toda una epopeya. Y, junto a estos, dos clásicos españoles, el Transcantábrico y el Al Andalus, que cada vez tienen más adeptos entre estos otros viajeros que buscan algo distinto al mero desplazarse de un lugar a otro.

Poivre d'Arvor, Patrick: La edad de oro del viaje en tren. Lunweg Ediciones, Barcelona, 2011.

Una relación enriquecedora

El autor, doctor Ingeniero de Caminos y que ha sido profesor tanto de la Escuela de Arquitectura como de la de Ingeniería de la Universidad de A Coruña, analiza en este libro las relaciones entre ambas disciplinas y, especialmente, las aportaciones de la ingeniería a la arquitectura contemporánea. Lo hace a través de un recorrido por las obras de seis estudios de arquitectura y otros seis de ingeniería, todos ellos entre los más destacados del pasado siglo.

Así, se analiza en este libro el trabajo de Gaudí, entre la estructura y la forma; Eduardo Torroja y la colaboración creativa; Le Corbusier y la estética industrial; Pier Luigi Nervi o la expresión de lo resistente; Mies van der Rohe, en el que se destaca la transparencia de la estructura; Ove Arup, la filosofía del consultor estructural; Louis I. Kahn, ingeniero en la sombra; SOM, la transformación estructural de las torres de oficinas; Schlaich, la conquista de la ligereza; Peter Rice, la escala de los materiales y los detalles constructivos; Foster, el diseño compartido, y Bollinger+Grohmann, la ingeniería al servicio de las formas.

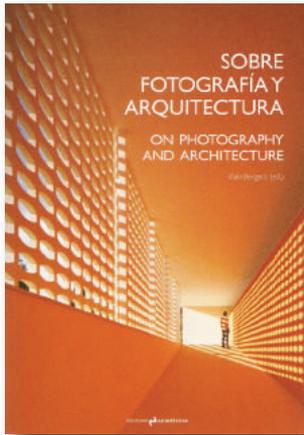
Una relación compleja, a veces competitiva y rival en la demanda de la autoría creadora, pero que pone de manifiesto que las contribuciones estructurales al diseño, y viceversa, son en la mayoría de los casos sumamente enriquecedoras.

Nárdiz, Carlos: Entre la arquitectura y la ingeniería 6+6. Universidade da Coruña, CICP, Fundación Ingeniería Civil de Galicia. A Coruña, 2017.

Gaudi
Le Corbusier
Mies van der Rohe
Louis I. Kahn
SOM
Foster

Carlos Nárdiz
Entre la arquitectura
y la ingeniería
6 + 6

Torroja
Nervi
Ove Arup
Schlaich
Peter Rice
Bollinger + Grohmann



A través de la cámara

Existe un interés creciente en la fotografía de arquitectura, una especialidad que, si bien ha sido una constante desde los primeros tiempos de la imagen, vive en la actualidad una época dorada. El salto de la fotografía química a la imagen digital, con la popularización que esto ha supuesto, a lo que cabría añadir el desarrollo de las ciudades y un protagonismo casi absoluto de la vida urbana en las sociedades modernas, así como el valor icónico de muchos edificios contemporáneos, ha llevado a una hiperinflación de las imágenes arquitectónicas, del edificio como protagonista de la imagen, y, paralelamente, al interés por la reflexión y el análisis sobre esta disciplina, que se manifiesta en debates y congresos en los que participan tanto fotógrafos como arquitectos.

Esto es lo que se pretende con el presente libro, en el que se reúnen las ponencias de las V Jornadas de Arquitectura y Fotografía celebradas en Zaragoza en 2015: una reflexión sobre unas relaciones, ya antiguas pero cada vez más complejas y enriquecedoras, entre dos actividades que se necesitan y complementan, aunando el aspecto artístico de la fotografía con el documental, en este caso como una herramienta fundamental para el conocimiento de la arquitectura.

Bergera, I. (ed.): *Sobre fotografía y arquitectura*. Ediciones Asimétricas, Madrid, 2016.



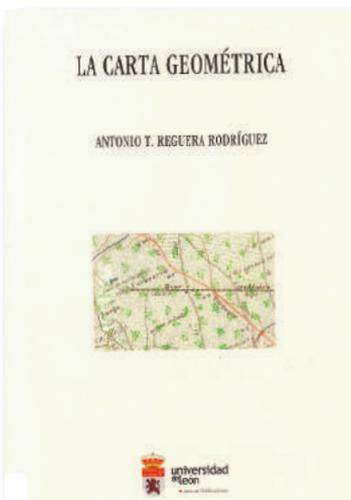
La mirada del arte a la ingeniería de la Ilustración

Hay obras artísticas que más allá de su valor intrínseco como piezas de arte adquieren, pasado el tiempo, un interés mayor: el de servir de referencia iconográfica de una época. Y así, por encima de la técnica o la belleza de una obra se alza lo representado, el motivo que nos muestra, y que sirve para comprender el presente a través de la visualización del pasado. Eso ocurre con las pinturas de Mariano Sánchez (1740-1822), que si bien hoy no se encuentran entre las obras más reconocidas de nuestra historia del arte, tienen la virtud de reportarnos a una de las épocas más interesantes de la ingeniería civil española.

En el libro se hace un análisis de este pintor y del centenar de pinturas en las que plasmó de forma minuciosa, a veces sirviéndose de la técnica de la cámara oscura, los puertos, fortificaciones, arsenales y puentes de las costas españolas. Financiado por Carlos IV, Mariano Sánchez realizó numerosos viajes por todo el litoral español. Fue entre los años 1868 y 1880, una época especialmente fructífera de la ingeniería marítima en España, sin olvidar que fueron también los años del reconocimiento científico de nuestras costas que darían lugar al Derrotero de Vicente Tofiño.

De ahí que, junto al análisis de las pinturas de Sánchez, tenga también interés el resto de estudios que acompañan la obra y que tratan de los ingenios e ingenieros de puertos en el siglo XVIII, de las técnicas de construcción naval o de la importancia de contar con una poderosa flota en una época en la que todas las potencias rivalizaban por el dominio de los mares.

Navascués Palacio, P. y Revuelta Pol, B. (dirs.): *Una mirada ilustrada. Los puertos españoles de Mariano Sánchez*. Fundación Juanelo Turriano, Madrid, 2014.

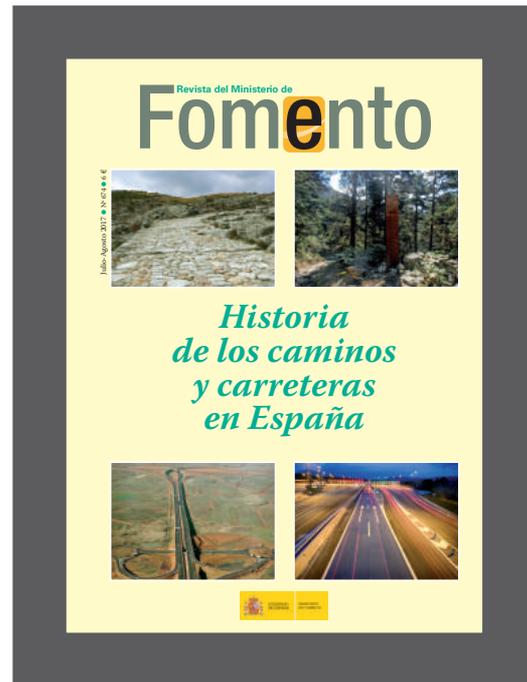
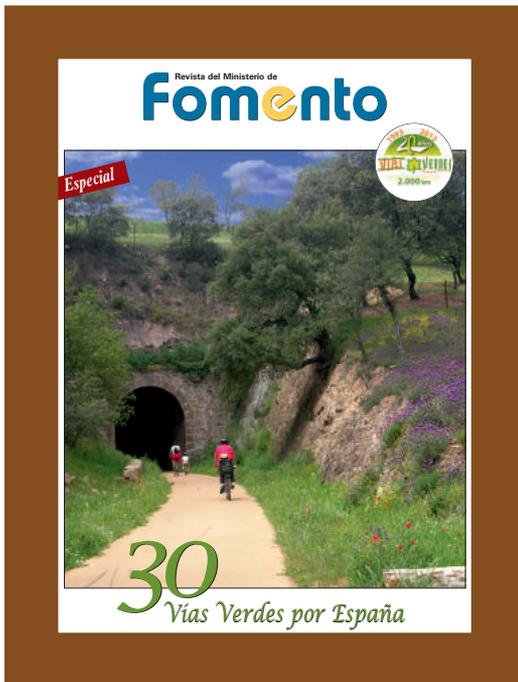


Antecedentes del Mapa Topográfico Nacional

En la geometría y las matemáticas de la Antigüedad clásica hunden sus raíces tanto las cartas geográficas de finales del Medioevo y del Renacimiento, como los actuales mapas. Por ello, según explicita el autor de este libro, la diferencia entre estas dos formas de representación y las cartas geométricas no es más que una cuestión de grado, el que aportó la Revolución Científica a todos los campos y, entre ellos, a la geografía matemática o geodesia, que enseguida se reveló, en una época de afirmación de los grandes Estados, como un instrumento fundamental para fijar de forma precisa las dimensiones y fronteras de sus territorios. Si holandeses y franceses fueron pioneros en esos trabajos, también enseguida los españoles vieron la necesidad de dimensionar las tierras pertenecientes a la Corona. Así, a Jorge Juan y Antonio de Ulloa, primeros españoles en abordar una expedición geodésica, siguió una pléyade de jóvenes científicos que muy pronto contaron con laboratorios y academias con el fin de hacer cada vez mejores mapas.

Este libro es un recorrido por la historia de la geodesia española, desde aquella expedición de principios del siglo XVIII que llevó al Perú a Ulloa y Jorge Juan, hasta la aprobación en 1853 de un plan de trabajos geodésicos que daría lugar al Mapa Topográfico Nacional.

Reguera Rodríguez, A.T.: *La carta geométrica*. Universidad de León, 2017.



REVISTAS MONOGRÁFICAS

Ministerio de Fomento
Centro de Publicaciones

Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid
tfn: 915 97 53 96

<https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web>



Revista del
Ministerio

Fomento

60 Aniversario 1958-2018



2018

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
2018
Mapa Oficial de Carreteras[®]
ESPAÑA

DVD INTERACTIVO
(Windows 7 o superior)
Versión 23.0

Español / Inglés

Actualizable via Web

ISBN: 978-84-498-1016-9
N.I.P.O.: 161-15-853-9
D.L.: M-18778-2017



Copyright: Prohibida la reproducción total y parcial, incluso el vínculo del contenido a cualquier soporte incluyendo sistemas de recuperación de información, en su versión de base para una edición digital o funciones añadidas, sin expresa autorización escrita del propietario del Copyright.

Edición 53
P.V.P.: 22€

También en el DVD:

- 1116 Espacios Naturales Protegidos
- 152 Rutas Turísticas
- 117 Vías Verdes

Centro virtual de publicaciones

Librería virtual y descarga de publicaciones oficiales

www.fomento.gob.es



Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Fomento:
www.fomento.gob.es

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:
<http://publicacionesoficiales.boe.es>

Título de la obra: **Revista del Ministerio de Fomento, nº 684, junio 2018**

Autor: Ministerio de Fomento, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones

Año de edición: 2018

Características Edición:

1ª edición electrónica: octubre 2018

Formato: PDF

Tamaño: 17 MB

Edita:

© Ministerio de Fomento
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

NIPO: 161-15-006-6

I.S.S.N.: 1577-4929

P.V.P. (IVA Incluido): 1,50 €

Los derechos de distribución de esta publicación pertenecen al Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento. La difusión puede realizarse colocando un link que dirija a la página de la publicación en la web del Centro Virtual de Publicaciones/Ministerio de Fomento

Aviso Legal: Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida ni en todo ni en parte, ni registrada, ni transmitida por un sistema de recuperación de información en ninguna forma ni en ningún medio, salvo en aquellos casos específicamente permitidos por la Ley.

