Revista del Ministerio de

Fomento

Anuario 2017



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES

Revista del Ministerio de

Fomento

Enero 2017 Nº 668 3€

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO



Aprobado el primer documento de regulación aeroportuaria (DORA)

Plan de inversiones para la mejora de la accesibilidad portuaria

Proyecto Picasso: Sasemar y el centro Jovellanos lideran la prevención de riesgos en la mar

El sistema de navegación europeo Galileo ofrece sus primeros servicios

Revista del Ministerio de
Fomento



El correo y las comunicaciones postales en España (1716-2016)

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

MONOGRÁFICO
Julio-Agosto 2016

PVP: 6 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

Contenido

Director de la Revista: Antonio Recuero.

Jefe de Redacción: Mariano Serrano.
Maquetación: Aurelio García.
Secretaria de redacción: Ana Herráiz.
Archivo fotográfico: Vera Nosti.
Elaboración página web: www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
Suscripciones: 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos).
Colaboran en este número: Beatriz Blanco, Pepa Martín y Javier R. Ventosa.
Comité de redacción: Presidencia: Rosana Navarro Heras *(Subsecretaria de Fomento).*
Vicepresidencia: Alicia Segovia Marco *(Secretaria General Técnica).*
Vocales: *Patricia Crespo González (Directora de Comunicación),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora 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),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Regina Mañueco del Hoyo *(Directora del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director 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.

AEROPUERTOS

02

La competitividad como meta.

El DORA marca el rumbo para mejorar la eficiencia y la calidad de la red aeroportuaria española.





PUERTOS

10

Nuevos caminos para los puertos.

El Plan de Accesibilidad Portuaria destina 1.418 M€ para impulsar la conectividad.



SALVAMENTO MARÍTIMO

16

Formar para prevenir.

Sasemar y el Centro Jovellanos liderarán el proyecto Picasso para la mejora de la seguridad marítima.



TRANSPORTES

22

Paso de gigante.

El sistema de navegación Galileo comienza a ofrecer sus primeros servicios.

28. Exportación de experiencia.
Adif e Ineco asesoran a India en el diseño de su red de alta velocidad.

36. Drones de ayer y hoy.
La exposición Dron:Evolución, en la Sala de la Arquería del Ministerio de Fomento.

42. Madrid, la bella y la ciencia.
III Centenario del nacimiento de Carlos III: Un legado real (III).
El Salón del Prado, paradigma del nuevo urbanismo ilustrado.



El DORA marca el rumbo para mejorar la eficiencia y la calidad de la red aeroportuaria española

La competitividad como meta

Javier R. Ventosa

El Gobierno ha aprobado el primer Documento de Regulación Aeroportuaria (DORA), instrumento básico previsto en la normativa para fortalecer la competitividad y eficiencia del sector aéreo español, a través del desarrollo sostenible y equilibrado de las infraestructuras aeroportuarias, y la garantía de la prestación de los servicios básicos en condiciones de calidad, accesibilidad y eficiencia. El documento, que recoge las obligaciones de Aena para el quinquenio 2017-2021, introduce parámetros para medir y mejorar los niveles de calidad de los servicios aeroportuarios, fija el plan de inversiones, y establece la senda tarifaria.



A través de la aplicación del DORA, el Estado debe asegurar la viabilidad y competitividad de la red, a la vez que el buen servicio al ciudadano.

El DORA 2017-2021 es el primer documento de regulación quinquenal que emana del marco regulatorio del sector aeroportuario español, establecido en la Ley 18/2014, de 15 de octubre, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia. Esta norma, que entre sus principales objetivos busca fomentar el crecimiento de la economía, estableció un nuevo marco jurídico y de regulación aeroportuaria orientado a estimular la competitividad del transporte aéreo, sector estratégico tanto por su contribución a la movilidad y a la cohesión social, como por su decisivo impacto en el turismo (4 de cada 5 turistas llegan a España en avión). El nuevo marco configuraba la red de aeropuertos de interés general de Aena como un servicio de interés económico general, y reordenaba las competencias de regulación, supervisión y operación del sector público en el ámbito aeroportuario, estableciendo un instrumento, el DORA, como piedra angular del modelo. La transformación del modelo aeroportuario se completó en 2015 con la entrada de capital privado en el gestor aeroportuario, conservando el Estado el 51% del capital a través de Enaire.

Dentro de este nuevo modelo, la función principal del DORA es la de garantizar el desarrollo equilibrado de las infraestructuras aeroportuarias de Aena en España (46 aeropuertos y dos helipuertos), la adecuada prestación de los servicios aeroportuarios básicos, y el establecimiento de los mecanismos de supervisión y control necesarios. En palabras del ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, pronunciadas en el Congreso de los Diputados en diciembre, "es el instrumento previsto en la legislación para lograr que el desarrollo aeroportuario se realice asegurando las condiciones de eficiencia, calidad y capacidad, garantizando también el interés general de la red de aeropuertos de Aena. A través de su aplicación, el Estado debe garantizar la viabilidad y competitividad del conjunto de la red, a la vez que el buen servicio al ciudadano".

La relevancia de este documento –"el más importante para el futuro del sector aeroportuario español", según el ministro– es capital para la red gestionada por Aena y para el propio gestor, sirviendo como instrumento de planificación de las grandes líneas de actuación previstas para los aeropuertos españoles en los próximos cinco años, entre ellas las líneas estratégicas de Aena, y las obligaciones impuestas al gestor aeroportuario para asegurar la idoneidad de las infraestructuras y la adecuada prestación de los servicios aeroportuarios básicos. Como principales obligaciones, el DORA 2017-

> El objetivo del DORA 2017-2021 es garantizar la adecuada prestación de los servicios básicos en la red de Aena en los próximos cinco años

2021 determina por primera vez los niveles de calidad que deben cumplir los aeropuertos españoles, traza un calendario de inversiones para ese periodo y establece la senda de las tarifas aeroportuarias de aplicación en la red, factor clave para garantizar la sostenibilidad económica del sistema y la competitividad de nuestros aeropuertos. La supervisión del cumplimiento del DORA corresponde al Ministerio de Fomento, a través de la Dirección General de Aviación Civil y la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA).

Situación actual y líneas estratégicas de Aena

Como punto de partida, el DORA 2017-2021 realiza una foto fija de la evolución y situación actual de la red aeroportuaria gestionada por Aena, que en 2016 registró el mejor ejercicio de su historia, con 230,2 millones de pasajeros (un 11% más que en 2015, batiendo el récord absoluto de 210,5 millones alcanzado en 2007), 2 millones de operaciones de aeronaves (un 7,5% más) y 795.000 toneladas de mercancías (un 11,2% más). En el periodo 2000-2016, el tráfico aéreo de los aeropuertos españoles creció un 63%, con una primera etapa de crecimiento continuado que se prolongó hasta 2007, un comportamiento irregular en los seis años siguientes, y una senda de recuperación iniciada en 2014 y que se ha mantenido hasta la fecha.

Desde el año 2000, Aena ha invertido cerca de 19.000 M€ en la red para aumentar la capacidad y mejorar la calidad de las infraestructuras. Gracias a este esfuerzo, se estima que la capacidad conjunta de la red supera actualmente los 335 millones de pasajeros, muy superior por el momento al tráfico gestionado, lo que permite anticipar que no se requerirán grandes inversiones para afrontar los crecimientos de tráfico previstos en los próximos años. El documento hace mención también a la mejoría financiera experimentada por Aena en los últimos ejercicios, sustentada por una parte en las mejoras sustanciales en los flujos de explotación, así como en los beneficios antes de impuestos y en la reducción de la deuda.

Entre los elementos que permitirán fortalecer el sector aeroportuario español, cabe destacar unas estrategias orientadas hacia el refuerzo del crecimiento y mejora de la eficiencia, así como la optimización de la seguridad, calidad y las condiciones del servicio. Estos son los cuatro pilares que sustentan dichas líneas estratégicas y que se concretan de la siguiente manera:

✔ **Gestión viable y eficiente de la red.** Para consolidar la recuperación iniciada en 2014, las actuaciones se orientarán hacia la recuperación del tráfico, la potenciación de un tráfico turístico de valor añadido, y el fomento de rutas estratégicas para el país. En carga aérea, se potenciará el transporte de mercancías en los aeropuertos en los que este tipo de tráfico presenten



Un documento muy consensuado

El DORA 2017-2021 es fruto de un proceso largo y muy participativo que se ha ido enriqueciendo con las aportaciones de las diferentes administraciones públicas y de los principales agentes económicos y sociales relacionados con la gestión aeroportuaria. El proceso de consultas del documento arrancó en noviembre de 2015 con la elevación de la propuesta inicial de Aena a las principales asociaciones de compañías aéreas, siendo posteriormente trasladada a la Dirección General de Aviación Civil con el resultado de esas consultas. En este proceso se ha considerado relevante respetar los principales puntos de acuerdo alcanzados.

En el proceso también se han recabado los informes consultivos de la Comisión Nacional de Mercados y la Competencia (CNMC) y de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), como órganos supervisores de la aplicación del DORA en sus respectivos ámbitos de competencia, y de la Dirección General de Política Económica del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, en relación con los valores tarifarios. Para alcanzar un consenso institucional que garantice al sector aeroportuario español un marco de estabilidad y predictibilidad regulatoria en el medio plazo, el DORA 2017-2021 incorpora las recomendaciones de los informes que se han considerado convenientemente motivadas.

Para reforzar la concertación, el documento fué remitido para su consulta a los 19 Comités de Coordinación Aeroportuaria (uno por autonomía más los de Ceuta y Melilla), órganos colegiados de carácter consultivo, creados en 2012 y constituidos a partir de 2013, que ofrecen un cauce de participación en la gestión aeroportuaria a todas las administraciones públicas y a los principales agentes económicos y sociales. Con ello se ha ampliado la participación en el proceso de consultas del DORA 2017-2021 a gobiernos autonómicos, ayuntamientos y corporaciones locales, entidades empresariales y organizaciones económicas y sociales autonómicas.

Ya en la fase final, la Dirección General de Aviación Civil ha ido afinando la propuesta con la incorporación de las distintas aportaciones al documento. A continuación, el Ministerio de Fomento ha recabado, como es preceptivo, el informe de la Comisión Delegada de Gobierno para Asuntos Económicos (CDGAE) y de los demás ministerios, para convertirse en una propuesta definitiva para su elevación al Consejo de Ministros. La aprobación del DORA 2017-2021 se produjo el pasado 27 de enero en Consejo de Ministros.



▶ *Los esfuerzos de Aena hasta 2021 se centrarán en reforzar el crecimiento y mejorar la eficacia de la red, más que en construir nuevas infraestructuras.*

mayor potencial. Paralelamente, en los próximos años Aena mantendrá la disciplina en el control de costes y consolidará su posición financiera, siguiendo la tendencia de los últimos años que ha permitido sanear sus cuentas. Para ello empleará como instrumentos la eficiencia en la inversión y el control de gastos, la recuperación vía tarifa de costes eficientes, las mejoras de eficiencia en la gestión operativa y la optimización de la estructura de capital.

✔ **Prestación de servicios aeroportuarios en las condiciones más adecuadas de calidad y seguridad.** En este campo, los esfuerzos se dirigirán a ofrecer los más altos niveles de calidad a los usuarios, con especial atención al servicio de asistencia a los pasajeros de movilidad reducida (PMR). También se apostará por la innovación para potenciar la competitividad y diferenciación respecto a otros operadores, y para mejorar la experiencia del usuario. En seguridad operacional, el eje de actuación será el programa de certificación de aeródromos (26 aeropuertos ya están certificados, otros cuatro se han verificado y el resto se encuentran en proceso de certificación). Y en seguridad aeroportuaria, se seguirá avanzando en la incorporación de tecnología de última generación para mejorar las inspecciones de pasajeros, equipaje y carga.

✔ **Promoción de la sostenibilidad medioambiental.** Desde hace años, la política medioambiental de Aena se alinea con las políticas marcadas por el Ministerio de Fomento en este campo. Esta política se intensificará en los próximos años con medidas de reducción del impacto sobre el entorno, adoptando nuevas servidumbres acústicas, e incorporando la sostenibilidad ambiental como elemento estratégico en el diseño de la planificación aeroportuaria.

✔ **Garantía de la movilidad y la cohesión social y territorial.** El transporte aéreo cumple en España una función primordial como instrumento de accesibilidad y movilidad de los ciudadanos, particularmente en los territorios extrapeninsulares (Canarias, Baleares, Ceuta y Melilla). Por ello, las actuaciones de Aena se encaminarán al mantenimiento de unas condiciones de servicio adecuadas para todos los aeropuertos de la red, con unos hora-

Previsiones de tráfico totales 2017-2021

Tráfico	*2015*	*2016*	*2017*	*2018*	*2019*	*2020*	*2021*
Pasajeros (MPAX)	207,4	230,2	241,6	244,4	246,7	248,6	250,0
Operaciones (mOPS)	1.902,9	2.045,0	2.134,6	2.154,9	2.171,1	2.184,7	2.194,7
Mercancías (Mkg)	715,6	795,6	827,2	853,7	880,2	906,7	931,7

MPAX: millones de pasajeros. mOPS: miles de operaciones. Mkg: millones de kilogramos de carga



El DORA prevé un crecimiento moderado del tráfico en los aeropuertos españoles en el próximo quinquenio.

rios de apertura adaptados a las circunstancias locales, teniendo en cuenta las particularidades de todos los actores que utilizan los aeropuertos (compañías aéreas, pasajeros y acompañantes, usuarios de aviación general…). Esta estrategia se reforzará con la aplicación de bonificaciones por razones de interés general, que buscan facilitar el acceso a los aeropuertos extrapeninsulares, y desestacionalizar la demanda.

Condiciones aplicables al quinquenio 2017-2021

El núcleo fundamental del DORA 2017-2021 consiste en el establecimiento de los requisitos o condiciones que deberán cumplir los aeropuertos, y la prestación de los servicios aeroportuarios, propiciando un marco que preserve el interés general y asegure la suficiencia e idoneidad de la red de aeropuertos, la movilidad y el disfrute de unas infraestructuras modernas, eficaces, de calidad y seguras. Se trata de una serie de obligaciones a cumplir por Aena en materia de calidad del servicio y capacidad de la red, inversiones y tarifas aeroportuarias, cuyo incumplimiento estará sujeto a las penalizaciones previstas en el DORA, y en la propia Ley 18/2014.

Teniendo en cuenta el carácter prospectivo del modelo, el documento considera unas previsiones de tráfico en los aeropuertos españoles para el próximo quinquenio, con unas buenas expectativas de crecimiento para este año 2017, y más moderada para los siguientes. De acuerdo a estas previsiones el tráfico de pasajeros pasará de los 230,2 millones registrados en 2016, hasta 250 millones en 2021. El documento prevé la posibilidad de modificación del DORA en aquellos casos en los que la demanda real sea muy superior a la prevista en el citado documento.

En el paquete de obligaciones, el DORA contempla como prioridad que los servicios aeroportuarios cumplan con unos niveles de calidad elevados. Para ello establece estándares de calidad, instrumentados a través de 17 indicadores, que se clasifican en cinco ámbitos: satisfacción percibida por los pasajeros (general, limpieza, orientación, seguridad, comodidad y atención a PMR), tiempos de espera en los puntos de proceso de pasajeros (en control de seguridad, hasta la entrega de la última maleta), disponibilidad de los equipos/instalaciones en el edificio terminal (hipódromos, SATE, APM), disponibilidad de los equipos/instalaciones en el lado aire (puestos de estacionamiento, pasarelas de embarque, servicios CNS) y otras áreas clave (respuesta a reclamaciones, demora debida a la infraestructura, tiempo

Inversión anual programada de los aeropuertos de la red de Aena 2017-2021

	2017	2018	2019	2020	2021	Total periodo	Media anual
Inversión total reconocida	365,6	373,0	429,2	514,3	503,3	2.185,4	437,1

En millones de euros



La excelencia en la atención al usuario será el eje de la estrategia aeroportuaria.

Servicios aeroportuarios básicos

El DORA encomienda a Aena la prestación de los servicios aeroportuarios básicos, permitiendo percibir a cambio una contraprestación económica en la forma de tarifa aeroportuaria. Estos servicios, previstos en la Ley 21/2003 de Seguridad Aérea, son los siguientes:

- *Utilización de las pistas de los aeropuertos civiles y de utilización conjunta y de las bases aéreas abiertas al tráfico civil.*
- *Servicios de tránsito aéreo de aeródromo que facilite Aena y sean prestados por el gestor aeroportuario o por otros proveedores certificados por Fomento.*
- *Servicios de meteorología que facilite Aena, sin perjuicio de que los presten otros proveedores certificados.*
- *Servicios de inspección y control de pasajeros y equipajes en los recintos aeroportuarios, así como los medios, instalaciones y equipamiento necesarios para prestar los servicios de control y vigilancia.*
- *Puesta a disposición de los pasajeros de las instalaciones aeroportuarias no accesibles a los visitantes en terminales, plataformas y pistas.*
- *Servicios que permiten la movilidad de los pasajeros y la asistencia a las personas con movilidad reducida (PMR).*
- *Utilización de zonas de estacionamiento de aeronaves habilitadas al efecto.*
- *Utilización de las instalaciones aeroportuarias para facilitar el embarque y desembarque de pasajeros a las compañías aéreas.*
- *Utilización del recinto aeroportuario para el transporte y suministro de combustible y lubricantes.*
- *Utilización del recinto aeroportuario para la prestación de servicios de asistencia en tierra que no estén gravados por otra contraprestación.*

adicional en el rodaje). Estos indicadores tienen asignado un valor objetivo, que como norma general deberá cumplirse, y en algunos casos mejorar, durante el quinquenio. Las encuestas serán una herramienta básica para medir la satisfacción del pasajero. Este conjunto de indicadores permitirá evaluar por primera vez el desempeño de Aena en este ámbito, estableciéndose para el gestor un sistema de penalizaciones y bonificaciones (en el valor del ingreso máximo anual por pasajero) que incentivarán el buen comportamiento del gestor.

De forma análoga, el DORA también dispone que los aeropuertos de la red deben proporcionar la capacidad necesaria para hacer frente a la demanda, en condiciones adecuadas de calidad, garantizando así la suficiencia e idoneidad de la red. Actualmente la capacidad conjunta de la red es superior a 335 millones de pasajeros anuales, suficiente para asumir los incrementos previstos, previéndose algunas actuaciones que elevarán esa capacidad hasta los 338 millones. Para controlar la evolución de este parámetro, el DORA ha incorporado estándares de capacidad para cada aeropuerto, desagregados por infraestructuras (campo de vuelos, plataforma de estacionamiento, terminal), y para cada año del quinquenio, estableciendo así una serie de indicadores (capacidad global actual de la red, capacidad máxima actual por aeropuerto e infraestructura, nivel de utilización actual y previsto para cada año del quinquenio por aeropuerto e infraestructura) cuyos valores reales en el periodo irán evolucionando, pero que Aena deberá mantener siempre dentro de unos márgenes adecuados, para lo que deberá realizar las actuaciones que resulten necesarias.

Otras obligaciones para Aena incluyen las condiciones mínimas de servicio que deberán tener los aeropuertos, en tres planos diferentes. Por un lado, se exige que mantengan el mismo horario operativo actual, con posibilidad de ampliarlo libremente, o de reducirlo justificadamente, con la autorización previa del Ministerio de Fomento. Por otro lado, los aeropuertos que sean origen o destino de rutas en las que haya declaradas Obligaciones de Servicio Público (OSP), o que sirvan a re-





Servicios básicos como la gestión de equipajes deberán elevar sus estándares de calidad.

giones no peninsulares, deberán prestar especial consideración a las necesidades de conectividad específicas de los ciudadanos a los que sirven tales rutas, sobre todo en horarios de apertura y tratamiento de los pasajeros. Y en tercer lugar, en el capítulo de mantenimiento del servicio en condiciones de visibilidad reducida, el DORA obliga a Aena a adoptar medidas para evitar la afección negativa que puede provocar esta situación, salvo por razones justificadas.

Inversiones

Como segunda condición del quinquenio, el DORA 2017-2021 encomienda a Aena la ejecución de un plan de inversiones que cumpla con los límites fijados por la Ley 18/2014 y que priorice aquellas actuaciones que, satisfaciendo las demandas de capacidad, calidad, seguridad, eficiencia económica y respeto al medioambiente, garanticen el adecuado funcionamiento de los aeropuertos. El importe global de las inversiones para el quinquenio asciende a 2.646 M€, de los cuales 2.185,4 M€ corresponden a la inversión regulada, esto es, la vinculada a los servicios aeroportuarios básicos. En su primer año de aplicación, la inversión será de 451 M€, prácticamente el doble de la inversión de 2016. El seguimiento del plan será realizado por la AESA, que podrá imponer sanciones por incumplimientos o retrasos.

Las inversiones se clasifican en tres categorías. En primer lugar, las estratégicas, de obligado cumplimiento, con un sistema de penalización en caso de incumplir los plazos previstos, y que son aquellas necesarias para cumplir con los estándares de capacidad establecidos en el DORA, o que resultan básicas por razones de interés general. Se trata por ejemplo de las relativas a

Plan de inversión por categorías de activo a desarrollar 2017-2021

Activos	Inversión (millones de €)	% total periodo 2017-2021
Campos de vuelos	141,37	6,5%
Edicifios terminales	278,23	12,7%
Seguridad	372,02	17,0%
Transporte de equipaje	482,76	22,1%
Sistema de navegación aérea	52,85	2,4%
Mantenimiento y conservación	775,49	35,5%
Intermodalidad y medioambiente	75,19	3,4%
Estudios y proyectos	7,52	0,3%
Total general	**2.185,41**	**100,0%**







▶ *Los aeropuertos españoles juegan un papel decisivo en la movilidad y la cohesión social de España.*



la mejora de la funcionalidad y accesibilidad de los aeropuertos y la movilidad de las personas, el desarrollo de la intermodalidad y la mejora de la conectividad Península-territorios extrapeninsulares. En conjunto se trata de un veintena de actuaciones que se aplicarán en 13 aeropuertos, con una dotación de 462,8 M€ (21,2% del presupuesto total). En segundo lugar, las inversiones derivadas de obligaciones normativas, a las que se destinarán 726,6 M€ (33,2% del total). Y en tercer lugar, las inversiones denominadas relevantes, referidas a navegación aérea, calidad de los servicios, eficiencia energética, mejora en filtros de seguridad, regeneraciones de pistas y plataformas, y reformas de drenajes. Se trata de 139 actuaciones correspondientes a 33 aeropuertos, por valor de 258,18 M€ (11,8%). El documento prevé otras inversiones por 442,8 M€ para reposiciones y mantenimiento, así como una dotación de reposición de 294,8 M€ (13,5%).

Atendiendo a la categoría de activos a desarrollar, mantenimiento y conservación supone la parte principal de las inversiones en el quinquenio (775,4 M€ o el 35,5% del total), seguido de transporte de equipajes (482,7 M€, 22,1%), seguridad (372,0 M€, 17%), edificios terminales (278,8 M€, 12,7%), campos de vuelos (141,3 M€, 6,5%), intermodalidad y medioambiente (75,1 M€, 3,4%), navegación aérea (52,8 M€, 2,4%) y estudios y proyectos (7,5 M€, 0,3%).

Tarifas aeroportuarias

Como tercer gran elemento del DORA, se establecen los criterios para fijar la senda de las tarifas aeroportuarias en ese periodo, factor que debe garantizar la viabilidad y sostenibilidad financiera de la red de aeropuertos, ya que permite la recuperación por Aena de los costes previstos por la prestación de los servicios aeroportuarios básicos. En este sentido, el DORA establece una reducción de las tarifas aeroportuarias del 2,2% anual, hasta alcanzar casi un 11% acumulado en todo el periodo. Esta cifra resulta principalmente de revisar al alza la previsión de tráfico aéreo realizada por Aena, considerando el importante aumento registrado en el ejercicio de 2016, y de la adopción de un coste de capital inferior al propuesto por el gestor.

Esta reducción, que será efectiva a partir del próximo mes de marzo, proporciona visibilidad y predictibilidad de las tarifas aeroportuarias a cinco años vista, aportando estabilidad al sector, lo que resulta esencial para el desarrollo de los planes de negocio de las compañías aéreas y una garantía de confianza para los inversores. Con ello se favorecerá la competitividad de los aeropuertos españoles, haciéndolos más atractivos para las compañías aéreas y mejorando su posicionamiento en un mercado global caracterizado por la competencia y el dinamismo. ▮

El Plan de Accesibilidad Portuaria destina 1.418 millones de euros para impulsar la conectividad

Nuevos caminos para los puertos



R.F.

El pasado año el sistema portuario nacional batió de nuevo sus registros históricos de movimiento de mercancías, con un total de 509 millones de toneladas, una cifra que consolida la tendencia al alza de los últimos cinco años. Con el fin de reforzar ese papel estratégico de los puertos como nudos clave de la cadena de transporte y del desarrollo económico, el Ministerio de Fomento ha puesto en marcha el Plan de Inversiones de Accesibilidad Portuaria que contempla una inversión hasta el año 2021 de 1.418 millones de euros en actuaciones dedicadas fundamentalmente a la mejora de su conectividad.



AP Bilbao



El Plan de Mejora de la Accesibilidad Portuaria invertirá 1.418 millones de euros en diferentes actuaciones destinadas muy especialmente a mejorar la accesibilidad y conectividad de los puertos españoles durante el periodo 2017-2021. Así lo anunció el ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, el pasado 9 de enero durante la presentación del Plan, del que destacó que tiene como gran finalidad "mejorar la interconectividad y la intermodalidad del sistema portuario nacional, que se ha consolidado en los últimos años como un nodo de transporte clave para el movimiento de mercancías tanto hacia dentro de nuestro territorio como de salida de él, pues casi el 74% del total de importaciones y exportaciones pasan a través de nuestros puertos".

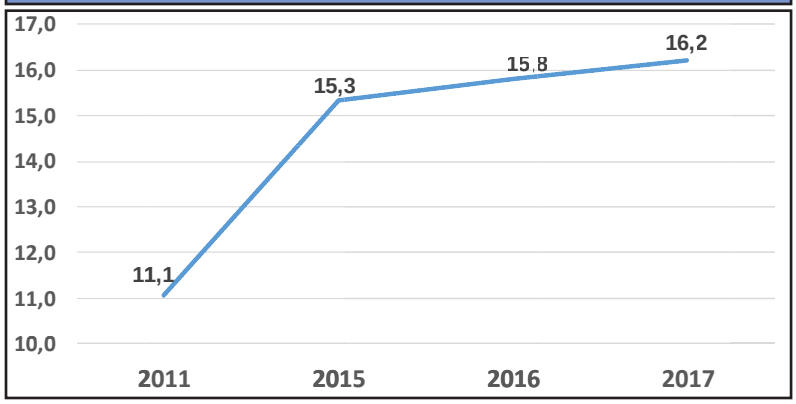
La inversión, que se extenderá durante todo el período 2017-2021, será en buena medida con cargo al Fondo Financiero de Accesibilidad Terrestre Portuaria, dotado con las aportaciones voluntarias y obligatorias de las Autoridades Portuarias, así como de las procedentes de Puertos del Estado, para impulsar mejoras en sus accesos viarios y ferroviarios. Dicho Fondo, creado en 2014, contempla esencialmente la inversión en dos grandes tipos de actuaciones: de conexión con la red de transporte terrestre y las denominadas de "última milla".

Actuaciones

Del montante total de inversiones previsto para el periodo 2017-2021, unos 514 millones de euros estarán destinados a actuaciones dentro de los puertos y otros 904 millones de euros se dedicarán a la mejora de su conectividad con las redes y sistemas de transporte aledaños, principalmente con el ferrocarril, que contarán

El Plan impulsará especialmente las conexiones con la red ferroviaria.

Tráfico ferroportuario (en millones de toneladas)



** Fuente: Estadísticas de Puertos del Estado (datos de 2011 y 2015) y Plan de Empresa 2017 (previsión de cierre del año 2016 y previsión 2017).*

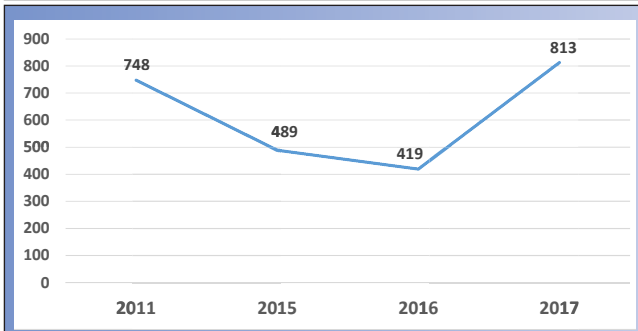


El movimiento de contenedores en los puertos nacionales superó el pasado año los 15,5 millones de teus.

también con inversiones de otros fondos, como las ayudas, FEDER y CEF, que aportarán unos 45 millones de euros y de entidades como Adif, que participará también en el Plan con una inversión estimada alrededor de 300 millones de euros. Así, por tipos de actuaciones, 850.497.000 euros tendrán como fin la mejora de los accesos ferroviarios, contemplándose la realización de unas 35 actuaciones; por su parte, otros 53.917.000 euros se dedicarán a la mejora de sus accesos terrestres por carretera, estando previstas unas 13 actuaciones en este apartado.

Ya en este mismo año 2017, las inversiones públicas totales estimadas en los 46 puertos nacionales alcanzaran un total de 813 millones de euros (en 2016 la inversión fue de 413 millones de euros), lo que permitirá realizar diversas actuaciones de mejora en diferentes puertos de la red de interés general. De ese montante inversor, unos 140 millones de euros serán ya con cargo al Fondo Financiero de Accesibilidad Terrestre Portuaria. Una de las actuaciones más importantes será el nuevo acceso ferroviario sur al puerto de Barcelona, a cuyo desarrollo se dedicarán 149,8 millones de euros, de los que Adif aportará 77,2 millones de euros y el resto, otrs 72,6 millones de euros, correrá a cargo de la Autoridad Portuaria barcelonesa. El proyecto contempla un total de cinco grandes actuaciones, entre ellas el tendi-

Evolución de la inversión pública en puertos (en millones de euros)



Para 2017 se prevé un repunte de la inversión pública, presupuestada en 813 millones de euros, superando los 748 millones de euros invertidos en 2011, que será destinada sobre todo a mejorar la accesibilidad terrestre.

El sistema portuario español está demostrando ser capaz de poner en valor las infraestructuras y asumir los compromisos contraídos para su financiación, con lo que, una vez ejecutadas la mayor parte de dársenas, se está en excelentes condiciones para reforzar una posición competitiva.

** Fuente: Estadísticas de Puertos del Estado (datos de 2011 y 2015) y Plan de Empresa 2017 para cierre del año 2016 y presupuesto 2017, estimados sobre prórroga presupuestaria. Valores en devengos sin IVA.*

Plan de Accesibilidad Terrestre Portuaria 2017-2021

Inversión	Dentro del Puerto	Última milla	Red General	TOTAL
TOTAL	513.993	463.638	440.776	1.418.407
Financiado por el Fondo	0	300.879	250.776	551.655

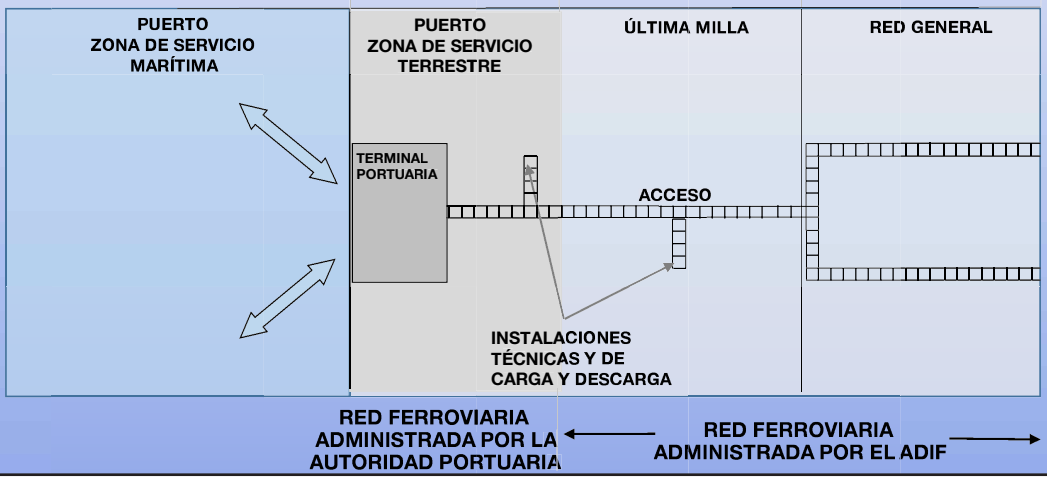
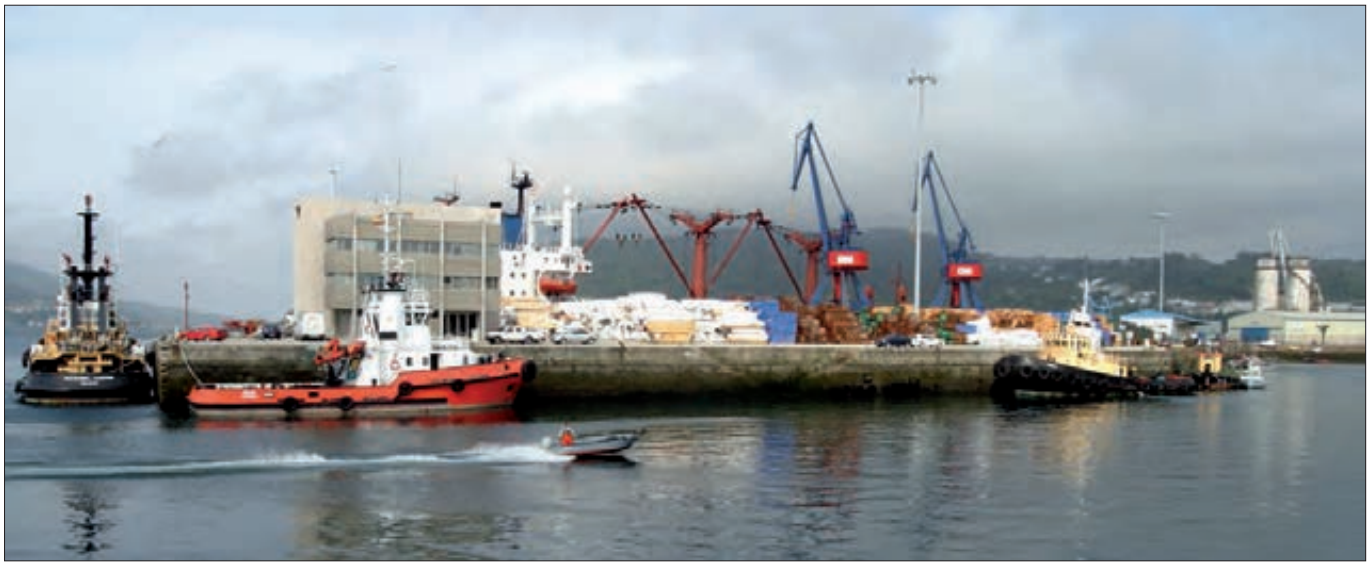


ILUSTRACIÓN CORRESPONDIENTE AL FERROCARRIL.

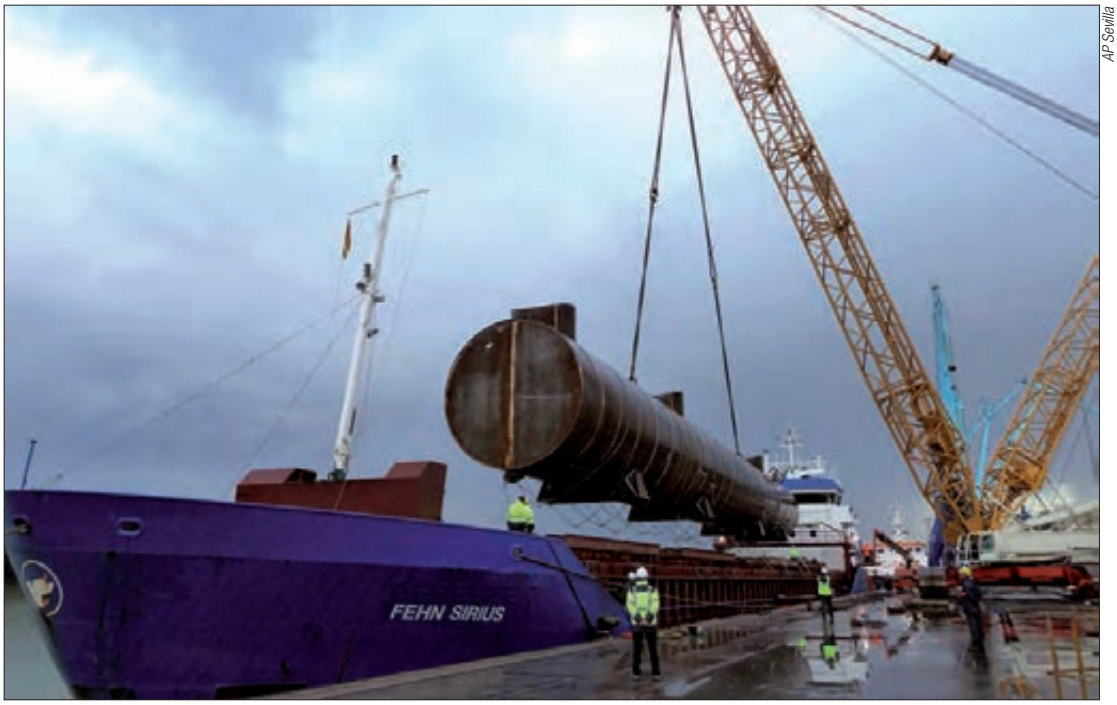
do de tres nuevos ramales ferroviarios de conexión, nuevas instalaciones de seguridad y protección y la construcción de una nueva subestación de potencia.

También en el puerto exterior de Ferrol se prevé la realización de un nuevo acceso ferroviario cuyas obras recibirán una inversión de 95 millones de euros y comprenden la realización de un túnel de 5,6 km y un viaducto sobre la Malata de 0,6 km.

Otra actuación destacada será la que se realizará en el muelle de La Cabezuela, en Cádiz, al que se dotará por primera vez de conexión ferroviaria, un ramal en vía única de ancho ibérico sin electrificar de 4.652 m que conectará la zona de servicios del puerto y la estación de Universidad, que supondrá una inversión total de 20 millones de euros. Por su parte, la Autoridad Portuaria de Bilbao proseguirá con el desarrollo de su nueva plataforma logística o puerto seco Arasur, donde se contempla una inversión total de 10,32 millones de euros, de los que 6,32 millones de euros serán financiados con cargo al Fondo Financiero de Accesibilildad y otros 4 millones de euros corresponden a aportaciones del Gobierno Vasco y la Diputación Foral de Álava.



En 2016 los puertos nacionales movieron un total de 509 millones de toneladas de mercancías.



AP Sevilla

Plan de Accesibilidad Portuaria. Resumen de actuaciones

ACTUACIONES POR TIPOS

Tipo de actuación	Nº	INVERSIÓN TOTAL (Miles de Euros)
Última Milla	18	463.638
Red general	29	440.776
TOTAL	**47**	**904.414**

ACTUACIONES POR MODO DE TRANSPORTE

Modo de transporte	Nº	INVERSIÓN TOTAL (Miles de Euros)
Ferrocarril	34	850.497
Carretera	13	53.917
TOTAL	**47**	**904.414**

Última Milla: conexión puerto-red general de transporte terrestre
Actuación en red general, requiere Convenio con organismo titular.

Registros históricos

El Plan se inscribe dentro de las actuaciones encaminadas a consolidar el importante papel del sistema portuario español como nudo logístico en el sur de Europa y reforzar su valor estratégico en el transporte de mercancías, circunstancias ambas que se han visto avaladas con la notable tendencia al alza registrada en la red portuaria nacional en este último lustro. Así, en el pasado año, el tráfico portuario de mercancías creció hasta los 509 millones de toneladas transportadas, destacando especialmente el aumento en el movimiento de contenedores, donde por primera vez se alcanzaron los 15,5 millones de teus, cifra que supone un crecimiento del 5,2% con respecto a 2015, además de un récord absoluto en la serie histórica de cómputos anuales.

Igualmente, las cifras de tráficos de pasajeros alcanzaron marcas sin precedentes, superando los 32,6 millones de personas en cuanto al movimiento total y con incrementos en el número total de personas transportadas tanto en embarcaciones tipo *ferries*, donde se superó la cifra de 24 millones de personas, como en cruceros, donde se alcanzó por primera vez los 8,7 millones de personas, lo que supuso casi cien mil cruceristas más que en 2015. Todo ello vino acompañado asimismo de un crecimiento anual del 1,5% en la cifra de negocio del conjunto del sistema portuario, que ascendió a 1.060 millones de euros, lo que posibilitó que Puertos del Estado cerrara el ejercicio de 2016 con un beneficio de 217 millones de euros pese a la importante reducción de tasas por operaciones portuarias aplicada en ese mismo año. ▮



Sasemar y el Centro Jovellanos liderarán el proyecto Picasso para la mejora de la seguridad marítima

Formar para prevenir



Pepa Martín Mora. Fotos: Salvamento Marítimo

Salvamento Marítimo, a través del Centro de Seguridad Marítima Integral Jovellanos, será pieza clave en el desarrollo del proyecto Picasso, una iniciativa de la Unión Europea para mejorar la seguridad en el mar a través de la formación y el desarrollo de nuevas tecnologías.



Ejercicios de extinción de incendios y de rescate en las instalaciones del Centro Jovellanos. Debajo, presentación del proyecto Picasso.

Prevenir incidentes y accidentes para que los barcos naveguen más seguros por los océanos es el objetivo de esta iniciativa comunitaria (Preventing Incidents and Accidents by Safer Ships in the Ocean), con cuyas siglas se ha formado un acrónimo que conforma el apellido del extraordinario pintor malagueño, Picasso, dando nombre a este proyecto que se asienta bajo las premisas de la formación y las nuevas tecnologías.

Con la búsqueda de nuevos avances en materia de seguridad operacional se pretende también dar continuidad a los objetivos ya trazados en el proyecto Monalisa 2.0 que, encaminado a la creación de un sistema integral de información y de gestión del tráfico marítimo para conseguir un transporte más seguro, eficaz, rentable y ecológico, contemplaba este aspecto como una prioridad.

Por lo que respecta a nuestro país, Salvamento Marítimo (Sasemar, la sociedad estatal adscrita al Ministerio de Fomento encargada de esas tareas) parte de la



Ejercicios de rescate a bordo de un buque con helicóptero.

experiencia adquirida a raíz de su participación en Monalisa 2.0, donde ya desempeñó un papel destacado en el desarrollo de la Actividad 1 (Gestión del tráfico marítimo: operaciones y herramientas) y donde también fue coordinador de la Actividad 4 (Seguridad operacional).

El proyecto Picasso, aprobado en julio pasado, se integra dentro de los objetivos de desarrollo de las autopistas del mar en la Unión Europea, en línea con las políticas de transporte marítimo comunitarias, y estará vigente hasta junio de 2018, contando con una dotación de 3,8 millones de euros, de los cuales la Unión Europea financiará el 50 por ciento, mientras que la partida restante se asumirá proporcionalmente entre todos los países implicados.

El antecedente de Monalisa

El proyecto Picasso busca dar continuidad a la anterior iniciativa de la UE, el proyecto Monalisa 2.0, enmarcado dentro del desarrollo de las Autopistas del Mar y la mejora de la gestión del tráfico marítimo reforzando la eficiencia, la seguridad y la protección del medio ambiente en el mar.

Picasso incidirá muy especialmente en materia de seguridad enlos propios barcos, y por otro con la seguridad operacional, cuestión esta última liderada por Sasemar con la que participó en Monalisa en calidad de beneficiario.

Uno de los hitos de Monalisa fue la puesta en marcha de los simuladores de navegación EMSN, proyecto que contó con la participación de Salvamento Marítimo. Se trata de conectar diez centros para gestionar el espacio marítimo de forma similar a como se hace en el espacio aéreo, una iniciativa muy ambiciosa con un horizonte de puesta en marcha en treinta años.

Inicialmente Picasso cuenta con la participación de 14 socios procedentes de nueve países además de España: Chipre, Grecia, Israel, Italia, Malta, Reino Unido, Suecia y Portugal, con Salvamento Marítimo a la cabeza, que ve reconocida su trayectoria de más de veinte años involucrado en los programas europeos de formación y desarrollo en materia de seguridad marítima al asumir labores de liderazgo, pues le corresponderá la responsabilidad de desarrollar iniciativas completas en materia de prevención, seguridad y formación a través del Centro Jovellanos, según explica José Manuel Díaz, jefe de Formación en el mismo.

Como en el caso de Monalisa, que se centraba en la gestión del tráfico marítimo, el proyecto Picasso pone también el foco en torno a las distintas áreas que conforman la seguridad y protección marítima, tanto a bordo como en tierra, la anticipación y prevención de riesgos mediante simulaciones de emergencias, así como en la formación y el factor humano, aspectos todos ellos en los que Salvamento Marítimo cuenta con una aqui-





▶ *Piscina del Centro Jovellanos para ejercicios de salvamento marítimo.*

latada experiencia, por lo que "la participación en Picasso –añade José Manuel Díaz– supone un especial reconocimiento a nuestra labor y una nueva oportunidad de mantenernos en vanguardia en materia de formación y gestión de la seguridad marítima en Europa".

Actividades

Para desarrollar la primera de las actividades, la seguridad y la protección, Picasso prevé el diseño de nuevas herramientas tecnológicas que mejoren la seguridad de la actividad marítima a través del intercambio de información entre los agentes portuarios y buques, junto al desarrollo de vehículos a control remoto, por ejemplo, con el objetivo de incrementar la seguridad tanto en tierra como a bordo de los buques.

Es el caso también de la puesta en marcha de un sistema pionero para realizar búsquedas automáticas en casos de "hombre al agua", para lo que se embarcará en aeronaves un sensor con un algoritmo integrado que permitirá detectar de forma automática objetos de pequeño tamaño en la superficie del mar, enviando en tiempo real a los centros de coordinación de salvamento los posibles blancos detectados.

"Los desarrollos tecnológicos han sido siempre eje fundamental en los programas europeos relacionados con la seguridad en el mar –subraya Díaz– pero, tras el accidente del *Costa Concordia*, el factor humano ocupa asimismo una parte fundamental, ya que mejorar los equipamientos puede no resultar suficiente si la formación del personal que debe manejarlos no es la más adecuada".

De ahí que ahora se incida en este aspecto en el proyecto Picasso. Para ello se aplicarán soluciones en materia de simulación de emergencias especialmente encaminadas a que la reacción ante un siniestro sea siempre más rápida y eficiente, entre ellas la realización de ejercicios de evacuación masiva en puerto. Es el caso del simulacro que se va a realizar a mediados de 2017 en el puerto de La Valleta, en Malta, coincidiendo con la presidencia europea de este país prevista para el primer semestre del próximo año. El ejercicio consistirá en una simulación de emergencia parecida a la que se realizó en Valencia en 2015, que consistió en la evacuación masiva de un buque de pasaje con incendio a bordo.

La formación, y por extensión todos aquellos aspectos relativos al factor humano, se consideran elementos clave a la hora de prevenir accidentes marítimos, por lo que, además del desarrollo de nuevas herramientas



tecnológicas antes apuntado, se programarán cursos especializados en materias como la lucha contra incendios a bordo de buques y de gestión de situaciones de crisis en el ámbito portuario, entre otros.

Picasso también trabajará para contribuir a la mejora del medio ambiente, "que es uno de los motivos clave de todo proyecto", asegura Díaz. En este sentido, la potenciación del uso de gas no licuado (GNL) como combustible marino conllevará una reducción de las emisiones a la atmósfera, en línea con la entrada en vigor de las normas ECA (Emission Control Areas) en el Canal de la Mancha, mar del Norte y mar Báltico, que exigen que los combustibles utilizados no tengan un contenido superior al 0,1 de azufre.

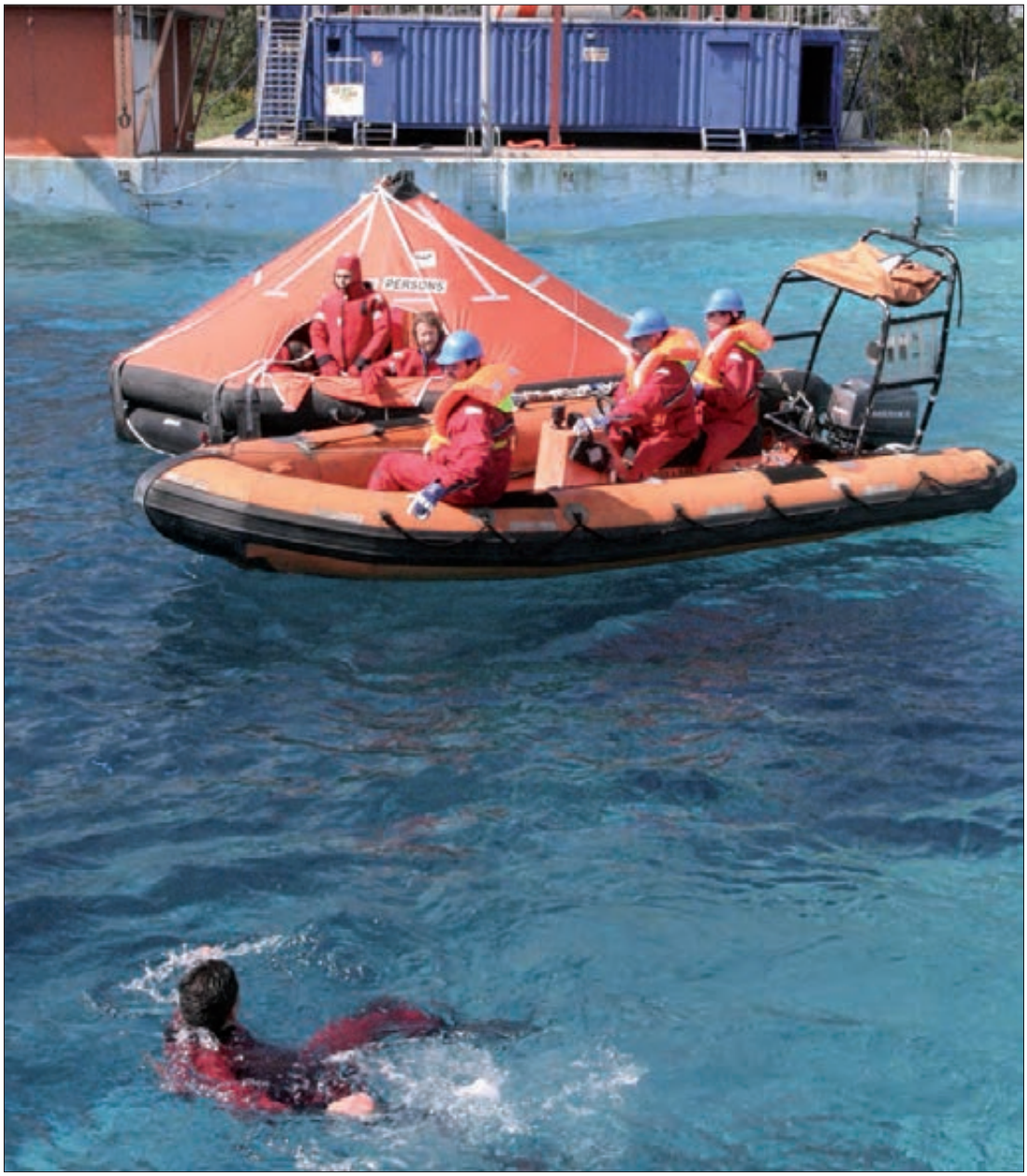
Centro Jovellanos

El Centro de Seguridad Marítima Integral (CESEMI) Jovellanos, ubicado en Gijón y dependiente de Salvamento Marítimo, tendrá un papel muy relevante en la puesta en marcha del proyecto Picasso. Está dotado de instalaciones para realizar prácticas de gestión de emergencias por derrames de gas natural licuado, habiendo sido pionero en este tipo de cursos. Junto a herramientas tecnológicas de última generación, las instalaciones del CESEMI cuentan también con un área de ensayos para realizar pruebas de equipos de prevención de ahogamiento y ayuda a la flotabilidad individual (chalecos salvavidas, flotadores, o balsas). Dispone también, entre otros, de torre de maniobras, casa de incendios, simulador de buque, contenedores para el control del fenómeno "flash over" (combustión súbita en incendios confinados), plantas químicas, tanque de almacenamiento de combustibles líquidos, cargadero de cisternas, campo de gases y de extintores portátiles, mercancías peligrosas y rescate de víctimas.

El Centro Jovellanos acoge asimismo en sus instalaciones una piscina de 12 metros de profundidad, volumen para 14 millones de litros de agua y capacidad para generar hasta 16 tipos distintos de oleaje, idónea para efectuar prácticas de supervivencia en el mar con botes de rescate, de rescate rápido, salvavidas convencional,

Actividades a desarrollar por Picasso

- *Seguridad en tierra y a bordo de buques.*
- *Desarrollo de herramientas tecnológicas para mejorar la seguridad de la actividad marítima a través del intercambio de información entre los agentes portuarios y buques o el desarrollo de vehículos a control remoto.*
- *Simulación de emergencias.*
- *Aplicación de soluciones para que la reacción ante una emergencia sea más rápida y eficiente.*
- *Ejercicios de evacuación masiva en puerto.*
- *Formación y factor humano.*



Personal de Salvamento Marítimo en ejercios de supervivencia en el mar.

lanzamiento, bote auxiliar, simulador HUET, GMDSS, simulador de maniobra y navegación, de servicios de tráfico marítimo, y de avión y helicóptero.

Sus instalaciones serán, pues, un elemento clave en la formación del personal implicado en el proyecto Picasso, muy especialmente en cuanto tenga que ver con la prevención de accidentes marítimos y con la realización de preparación especializada en la lucha contra incendios a bordo de buques y la gestión de situaciones de crisis en el ámbito portuario.

El Centro Jovellanos viene impartiendo formación especializada en seguridad marítima y protección del medio ambiente marino desde 1993, año de su creación. Complementariamente desarrolla también actividades de homologación y certificación de equipos y participa en proyectos internacionales y de investigación en esas materias, como es el reciente caso de del Programa Picasso.

Gracias a la cualificación de su plantilla y la calidad de sus instalaciones, la diversificación de la formación en el Centro se ha hecho hoy extensiva tanto a los trabajadores del sector marítimo como a otros colectivos que se dedican a garantizar la seguridad, tanto en el mar como en tierra, ya sean bomberos, personal de protección civil o de empresas industriales. Hasta la fecha, han pasado por sus aulas más de 95.000 alumnos para realizar todo tipo de cursos, tanto en las propias instalaciones como fuera de ellas a través de sus unidades móviles o mediante formación *on line*.

El sistema de navegación europeo Galileo comienza a ofrecer sus primeros servicios

Paso de gigante



Texto: RF. Imágenes: ESA y GSA

El sistema europeo de navegación Galileo ha comenzado a ofrecer desde el 15 de diciembre pasado una amplia gama de servicios avanzados de posicionamiento, navegación y sincronización horaria a usuarios de todo el mundo y con carácter gratuito. Esos servicios comprenden desde operaciones de rescate y emergencia a gestión de flotas y sistemas de transportes o comunicaciones más seguras para gobiernos y poderes públicos frente a situaciones de crisis.



Stephane Corvaja (ESA)

▶ *Traslado del Ariane 5 hacia la rampa de lanzamiento.*

El pasado 15 de diciembre, Galileo, el sistema europeo de navegación por satélite, comenzó a ofrecer sus servicios iniciales a entidades públicas, empresas y particulares. A partir de ahora usuarios de todo el mundo podrán emplear la información de Galileo para posicionamiento, navegación y sincronización. Es una excelente noticia para usuarios y también para fabricantes de receptores y diseñadores de aplicaciones, que podrán beneficiarse de la precisión, fiabilidad, disponibilidad y cobertura de Galileo.En los próximos años, cuando la constelación de 30 satélites en órbita esté completa hacia 2020, Galileo será el sistema de navegación por satélite de uso civil más preciso de cuantos presten servicio en ese momento. Además es completamente interoperable con GPS con lo que el uso complementario de ambos sistemas de satélites redundará en notables beneficios para los usuarios.

Carta de servicios

Los primeros servicios puestos en marcha con la Declaración de Servicios Iniciales de la Comisión Europea comprenden:



▶ *Levantamiento topográfico para infraestructuras mediante señales del sistema Galileo.*

✔ Ayuda en operaciones de emergencia, gracias al servicio de búsqueda y salvamento SAR (Search and Rescue), cualquier persona que efectúe una llamada o señal SOS desde una baliza o dispositivo móvil compatibles con el sistema Galileo podrá ser localizada y rescatada con mayor rapidez, pues se prevé que el margen de tiempo transcurrido desde la emisión de la señal y su detección será como máximo de diez minutos.

✔ Navegación más precisa para los ciudadanos, a través de su servicio en abierto Galileo ofrecerá servicios gratuitos de posicionamiento, navegación y medida del tiempo que podrán ser utilizados en todo tipo de receptores, como por ejemplo dispositivos móviles y navegadores en vehículos. La marca española BQ, único fabricante europeo de teléfonos inteligentes, incorpora ya compatibilidad con Galileo y, a partir de 2018, todos los vehículos vendidos en Europa harán uso de Galileo para el servicio de emergencia *eCall*.

✔ Mejora de la sincronización horaria en infraestructuras críticas, que será posible gracias a la gran precisión de las señales y relojes coordinados a través de Galileo, que permitirán una mayor sincronización en las telecomunicaciones y los servicios gestionados a través de ellas, como operaciones bancarias, redes de distribución de energía, sistemas y flotas de transporte, etc.

✔ Servicio público regulado; a través de esta señal encriptada, Galileo garantizará a las administraciones públicas europeas la continuidad de la prestación de los servicios de navegación por satélite en situaciones de crisis o emergencia, como tras atentados terroristas, o todos aquellos relacionados con protección civil, ayuda humanitaria, aduanas, policía, seguridad, defensa, etc.

Stephane Corvaja (ESA)



▶ *Traslado y lanzamiento del Ariane 5 con los cuatro satélites Galileo a bordo.*

Stephane Corvaja (ESA)



La Declaración de Servicios Iniciales puesta en marcha por la Comisión Europea implica que la infraestructura en órbita y en tierra del Sistema Galileo están ya operativas y que la prestación de esos servicios iniciales está garantizada, si bien en la fase inicial, y hasta que Galileo este plenamente operacional, es necesario complementarlo con las de otros sistemas de navegación, en especial las del sistema GPS, con el que Galileo ha desarrollado plena interoperabilidad.

Con la declaración de servicios iniciales, Galileo da el primer y decisivo paso hacia su plena operatividad y sus aspiraciones de convertirse en el sistema de navegación más preciso de cuantos operan en la actualidad, según declaró la comisaria europea de Mercado Interior, Industria, Emprendimiento y Pymes, Elzbieta Bienkowska: “los servicios iniciales de Galileo suponen un logro



importante para Europa y el primer gran resultado de nuestra reciente estrategia espacial: son producto de un esfuerzo concertado para concebir y construir el sistema de navegación más exacto del mundo. Demuestran la excelencia tecnológica de sus conocimientos y su compromiso de ofrecer servicios y aplicaciones basados en el espacio. Ningún país europeo podría haberlo hecho solo".

Nuevos satélites

La prestación de los primeros servicios a cargo del sistema Galileo comenzó a ser posible tras el lanzamiento y puesta en órbita de cuatro nuevos satélites el 17 de noviembre del pasado año. Se trataba de los satélites 15 a 18, propulsados al espacio exterior por primera vez desde un cohete Ariane 5.

Sede de la GSA en Praga. Debajo, recreación de la apertura en órbita del dispensador con los cuatro satélites aún en su interior.

Servicios iniciales de Galileo por sectores

Transporte por carretera: sistemas de navegación para automóviles, gestión de flotas, gestión de tráfico, peajes, control de velocidad. En un futuro: conducción y conectividad en vehículos autónomos o sin conductor.

Mapas temáticos, vigilancia ambiental: mapas más precisos y de temáticas aplicadas a sectores muy específicos como usos del suelo, densidad forestal, etc.

Navegación marítima: optimización de rutas, gestión de tráficos portuarios, etc.

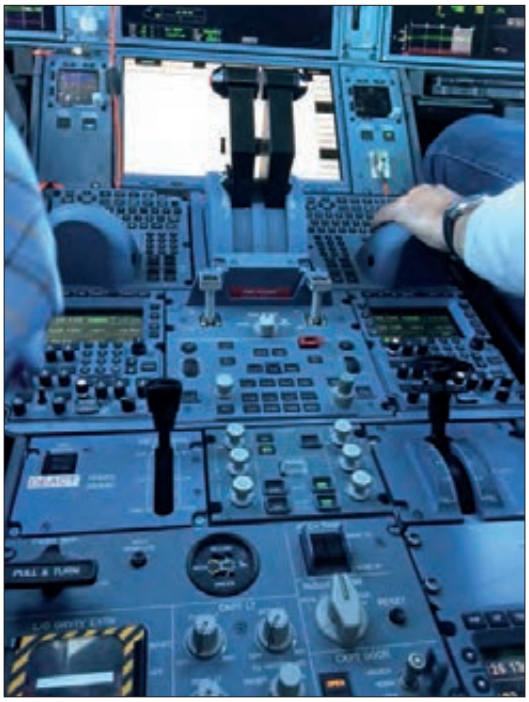
Navegación Aérea: gestión del tráfico aéreo y mejora de la seguridad y eficiencia en las operaciones.

Agricultura: optimización de cultivos, programación de riegos, abono de superficies, etc.









Ensamblaje de la cápsula del Ariane 5 y, debajo, distintas aplicaciones del sistema Galileo.



La precisión del sistema Galileo mejorará las misiones de rescate.

La constelación actual de 18 satélites en órbita de Galileo comenzó a gestarse en octubre de 2011 con el lanzamiento de los dos primeros. Hasta mayo pasado esos lanzamientos se efectuaron siempre mediante cohetes Soyuz y siempre de dos en dos; pero el 17 de noviembre del pasado año un cohete Ariane 5, adaptado para alojar en su interior un dispensador con capacidad para hasta 4 satélites, tomó el relevo de los Soyuz. Transcurridas 3 horas y 35 minutos, los dos primeros satélites, de 716 kg de peso cada uno, se separaron del dispensador y desplegaron sin problemas sus paneles solares. Tan solo 20 minutos después, una vez alcanzada la altitud prevista, hizo lo propio el segundo par de satélites. En 2017 y 2018 están previstos al menos otros dos lanzamientos con cohetes Ariane 5. El objetivo final es que en 2020 esté completo el despliegue de 24 satélites en órbita y otros seis más de reserva, que entrarían en servicio en caso de fallo en alguno de los anteriores o bien en sustitución al término de su vida útil, estimada en un mínimo de entre 12 y 14 años.

En la actualidad, el sistema de navegación Galileo cuenta ya con 18 satélites en órbita

Para ese año se espera también tener casi completo el despliegue en tierra de Galileo, integrado además de por una amplia red de estaciones de monitoreo distribuidas a lo largo y ancho del planeta, por los dos centros de control en Alemania e Italia, así como por varios centros especializados, entre los que destaca el Centro de Servicios Loyola de Palacio, en Torrejón de Ardoz (Madrid), que será el interfaz único entre el sistema y los usuarios de los servicios abierto, comercial, y servicio de integridad global para aplicaciones en las que exista un riesgo crítico para la vida humana. ▮

ADIF E INECO ASESORAN A INDIA EN EL DISEÑO DE SU RED DE ALTA VELOCIDAD

Exportación de experiencia

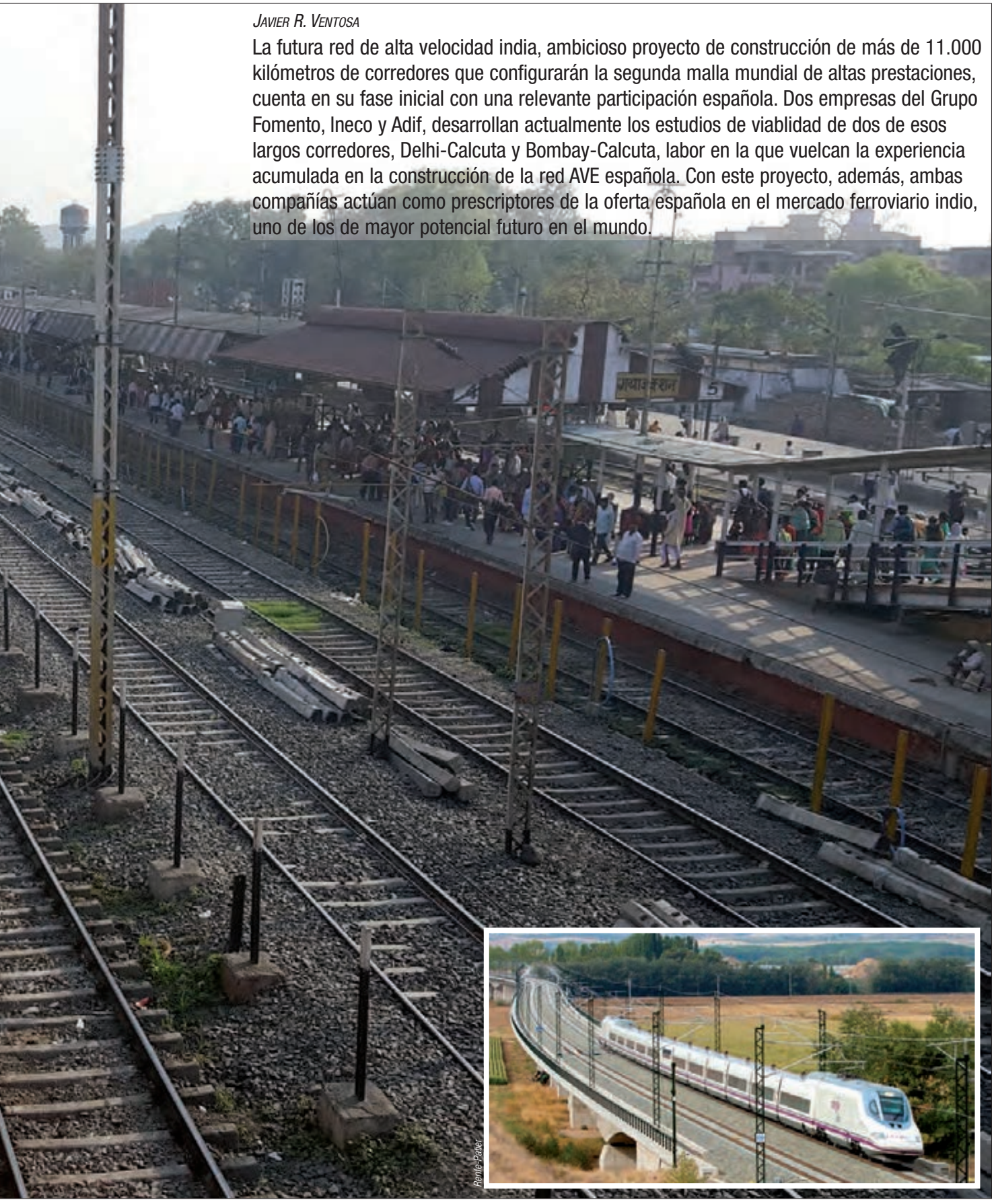


Estación de ferrocarril en el corredor Delhi-Calcuta. En la foto recuadrada, tren AVE cerca de Valladolid.

Ineco

Javier R. Ventosa

La futura red de alta velocidad india, ambicioso proyecto de construcción de más de 11.000 kilómetros de corredores que configurarán la segunda malla mundial de altas prestaciones, cuenta en su fase inicial con una relevante participación española. Dos empresas del Grupo Fomento, Ineco y Adif, desarrollan actualmente los estudios de viabilidad de dos de esos largos corredores, Delhi-Calcuta y Bombay-Calcuta, labor en la que vuelcan la experiencia acumulada en la construcción de la red AVE española. Con este proyecto, además, ambas compañías actúan como prescriptores de la oferta española en el mercado ferroviario indio, uno de los de mayor potencial futuro en el mundo.



Rante-Parker



Ineco

▶ *El Gobierno indio ha lanzado un importante programa para modernizar el ferrocarril.*

India posee la cuarta red ferroviaria mundial (65.000 kilómetros) y 23 millones de usuarios diarios, pero sus actuales trenes e infraestructura (el 80% data de la época colonial) impiden la prestación de un servicio todo lo rápido y eficaz que requiere el creciente tráfico de personas y mercancías en este país emergente. El Gobierno de Narendra Modi, en el poder desde 2014, pretende revertir esta situación y para ello ha lanzado un plan de modernización ferroviaria sin precedentes, con inversiones de 125.000 M€ en un lustro, destinado a renovar tanto la infraestructura como los trenes y mejorar los tiempos de viaje y la seguridad. El plan sienta las bases de la futura red de alta velocidad india al impulsar el desarrollo del proyecto Diamond Quadrilateral Network, un rombo de cuatro lados y dos diagonales formado por seis corredores que enlazarán a 300-350 km/h las cuatro grandes urbes del país (Delhi, Bombay, Calcuta y Chennai), distantes más de 1.000 kilómetros entre sí, y reducirán los actuales tiempos de viaje. Este rombo se completará con otros corredores identificados por la empresa pública Indian Railways hasta superar los 11.000 kilómetros.



Para el desarrollo inicial de la red, el Gobierno indio, sin tradición en este tipo de infraestructuras, ha recurrido a los países europeos y asiáticos con más experiencia en alta velocidad. En 2013 encargó a empresas niponas el desarrollo con tecnología Shinkansen del corredor Bombay-Ahmedabad, financiado por Japón, y en 2015 seleccionó, entre 11 empresas presentadas a concurso, a tres consorcios para estudiar la viabilidad de los corredores Bombay-Chennai (adjudicado a compañías de Francia e India), Delhi-Bombay (China e India) y Delhi-Calcuta (consorcio español Ineco-Typsa, más una consultora local), integrantes de la red Diamond Quadrilateral. También encargó un estudio similar del corredor Chennai-Mysure a una compañía china. Ya en 2016, con un formato de cooperación de gobierno a gobierno, ha adjudicado los estudios de viabilidad del corredor Delhi-Chennai a otra sociedad china y del Bombay-Calcuta a Adif. La participación del gestor de infraestructuras ferroviarias español se enmarca en un acuerdo suscrito el pasado septiembre con High Speed Rail Corporation (HSRC, agencia pública para el desarrollo de la red de alta velocidad india), derivado a su vez del memorando de entendimiento firmado en 2012 por Adif, Renfe e Indian Railways (empresa matriz de HSRC) para colaborar en áreas de desarrollo tecnológico.

Papel relevante

El papel que juegan en esta fase las tres compañías españolas seleccionadas, dos públicas (Adif e Ineco) y una privada (Typsa), es muy destacado, prácticamente al mismo nivel que las chinas, dado que tienen encomendado el estudio de dos de los seis corredores de la red Diamond Quadrilateral, lo que supone algo más de un tercio de su longitud total. Al depositar su confianza en la experiencia y *know how* de las compañías públicas que han planificado, diseñado y construido la red de alta velocidad española (la segunda más extensa del mundo, con más de 3.100 kilómetros, desarrollados en algo más de tres décadas), las autoridades fe-



Con una velocidad punta de 160 km/h, el Gatimaan Express es el tren más veloz de India. Foto inferior, el ferrocarril indio transporta a diario a más de 23 millones de personas.

rroviarias indias reconocen implícitamente el éxito del modelo AVE, que han conocido de primera mano durante las visitas realizadas por delegaciones de Indian Railways y HSRC a nuestro país.

Ineco y Adif desarrollan los estudios integrales que determinarán la viabilidad de dos corredores de alta velocidad

Los trabajos encomendados a las empresas españolas son similares: analizar la viabilidad de un corredor de alta velocidad. Se trata de una fase intermedia del ciclo de proyectos, encuadrada cronológicamente entre el estudio de previabilidad (estudio previo, realizado por otras empresas; Ineco integró en 2014, junto a Ayesa y Prointec, el consorcio español que realizó el estudio del tramo de alta velocidad Howrah-Haldia, de 135 km) y el proyecto de ejecución (aún por contratar, es la fase previa a la construcción), que debe dar respuesta a los diferentes aspectos que rodean al proyecto. Por ello, el estudio de viabilidad incluye estudios de demanda, cálculo de tiempos de recorrido, análisis medioambiental, estudio de expropiaciones, definición de las tecnologías ferroviarias a implementar (plataforma, ancho de vía, superestructura, electrificación, instalaciones de seguridad y comunicaciones), estudios de material rodante, estaciones y beneficios sociales, así como especificaciones para operación y mantenimiento. También se estudian, mediante un análisis multicriterio, las distintas alternativas de trazado para priorizar finalmente tres, entre las que se escogerá, conjuntamente con HSRC, la alternativa final. El estudio se cierra con un análisis económico-financiero, que será el que determine la viabilidad del corredor.

Los ingenieros y expertos del consorcio liderado por Ineco han desarrollado ya buena parte de estos trabajos, dado que el contrato del estudio del corredor Delhi-Calcuta se adjudicó en septiembre de 2015. Se trata de un corredor de unos 1.500 kilómetros de longitud –más que cualquier línea construida en España–, que enlazará la actual capital de India y la antigua capital del país hasta 1911 a través de los Estados de Uttar Pradesh, Jharkhand y Bengala Occidental. En su trazado se encuentran dos grandes metrópolis (Delhi y Calcuta, que suman más de 15 millones de habitantes) y siete ciudades de más de un millón (Lucknow, Kanpur, Patna, Agra, Dhanbad, Allahbad y Benarés), varias de ellas de gran interés turístico. La línea discurre por una zona generalmente llana, próxima al río Ganges, sin obstáculos geográficos de consideración. El consorcio deberá entregar el estudio en 2017.



Adif

Adif



▶ *Coche de Indian Railways, fabricado en los años 80.*

Adif también está llevando a cabo el estudio de viabilidad del segmento Bombay-Nagpur (750 kilómetros), primera fase del corredor de alta velocidad Bombay-Calcuta (casi 2.000 kilómetros). El estudio de la segunda fase del corredor (Nagpur-Calcuta), previsto en el acuerdo marco entre Adif y HSRC, se llevará a cabo al término de la primera fase y solo requerirá la firma de una adenda al acuerdo. En esta primera fase, el corredor discurre por el Estado de Maharastra para enlazar Bombay, la ciudad más poblada de India (15 millones de habitantes), con Nagpur (2 millones), situada en el centro geográfico del país y encrucijada de corredores de la red Diamond Quadrilateral. En su parte inicial compartirá el trazado del corredor Bombay-Ahmedabad, que discurre en dirección norte en paralelo a la costa del mar Arábigo, y luego girará hacia el este para afrontar su principal obstáculo geográfico, la cordillera de los Ghats Occidentales, superada la cual se estudiarán distintas alternativas hasta Nagpur, buscando la proximidad a las ciudades más pobladas.

Para la elaboración de este estudio, con un plazo temporal de 18 meses, Adif ha conformado equipos experimentados en el desarrollo de la red AVE y de carácter multidisciplinar, que realizan sus tareas tanto en España como sobre el terreno, encargados de las áreas de gestión, proyectos, diseño y construcción, gestión del tráfico y estaciones. Esta labor es complementada por otro equipo de especialistas de apoyo en áreas como plataforma, vía, energía, telecomunicaciones o interoperabilidad. Adif también cuenta con expertos en inte-

La apuesta india de Talgo

El Ministerio de Ferrocarriles indio ha planteado en el presupuesto 2016-2017 siete misiones u objetivos para mejorar la eficacia del sistema ferroviario en el plazo de un lustro, entre ellos la denominada Mission Raftaar (misión velocidad), que pretende elevar la baja velocidad media de los trenes de pasajeros y de mercancías en los corredores existentes. Para ello la compañía estatal Indian Railways ha puesto en marcha este año medidas tanto en infraestructura como en material rodante, desde la duplicación y electrificación de líneas o la eliminación de pasos a nivel hasta programas de modernización y adquisición de material rodante (1.800 nuevas locomotoras eléctricas y diésel, 17 trenes Intercity) o el lanzamiento de servicios de pasajeros más rápidos, denominados de "semi alta velocidad" (160-200 km/h), mediante trenes optimizados, viajes sin paradas y la mejora de la gestión del tráfico. El más veloz es el Gatimaan Express, en servicio desde abril, que cubre el trayecto Delhi-Agra (188 km) en 1 hora 40 minutos, a una velocidad punta de 160 km/h.



Talgo

▶ *Coches Talgo impulsados por una locomotora india.*

En el marco de esta misión, la compañía Talgo ha emprendido este verano una audaz iniciativa para demostrar que sus coches pueden alcanzar velocidades superiores a las de los LBH indios de los años 80 sin necesidad de modificar la infraestructura. La demostración, autorizada y supervisada por técnicos de Indian Railways y del organismo RDSO (encargado de la estandarización del material móvil), y costeada por la empresa española, ha consistido en el envío de nueve coches desde Barcelona a Bombay y la realización de pruebas reales en la red ferroviaria india. Estos coches incorporan la tecnología de Talgo (sistema pendular, ruedas independientes, fabricación en aluminio), con prestaciones como mayor velocidad y estabilidad en las curvas, menor peso y consumo energético, superiores a las de sus veteranos homólogos indios.

Entre mayo y septiembre, el convoy de Talgo, impulsado por locomotoras locales, ha llevado a cabo media docena de ensayos en el corredor Delhi-Bombay (1.400 kilómetros) con el objetivo de realizar el viaje en 12 horas, frente a las 16 que tardan los trenes indios. Las pruebas, según RDSO, han sido todo un éxito: el convoy de Talgo rebajó el tiempo de viaje hasta 11 horas y 47 minutos, superando en más de cuatro horas al tren veloz Radjahni Express, e incluso batiendo el récord de velocidad en India al alcanzar en julio los 180 km/h. La demostración ha puesto de manifiesto la capacidad tecnológica de Talgo y la viabilidad de sus coches para los corredores de semi alta velocidad indios; también ha propiciado ajustes en las especificaciones sobre material rodante de RDSO, que ha dado luz verde a la circulación de los coches españoles en la red india, una vez introducidas algunas modificaciones. Como consecuencia, las puertas del gigantesco mercado indio se han abierto con buenas perspectivas para Talgo, que espera contribuir a corto plazo con sus productos a la modernización de la flota de trenes del país asiático.



Aldesa

▶ *Trabajos de construcción del tramo Khurja-Bhaupur, perteneciente al corredor Este de mercancías.*

gración de anchos de vía y despliegue de cambiadores de ancho, tecnología en la que están a la vanguardia mundial y que resulta de gran importancia en este caso debido a que en la red ferroviaria india, como en la española, coexisten dos tipos de ancho (uno muy similar al ibérico y el estándar en que se construirán las líneas de alta velocidad). Su experiencia, por tanto, es vital para la conexión de líneas indias de distinto ancho.

Con su participación en el desarrollo inicial de la red de alta velocidad india, estas compañías han dado el salto a uno de los principales mercados ferroviarios del mundo, con un enorme potencial de crecimiento a corto plazo tras la aprobación del plan de modernización ferroviaria. Desde Adif se estima que el proyecto ahora adjudicado, crucial en su política de expansión internacional, abre grandes posibilidades de cooperación en materia ferroviaria con este país. Y no solo en alta velocidad, sino también de la red convencional, en áreas como renovación de líneas, mejora de estaciones, modernización de control de tráfico y desarrollo de Cercanías, una necesidad acuciante para India. La actuación de Adif como prescriptor de la oferta española en el extranjero favorecerá la presencia de otras empresas del sector ferroviario nacional en estos proyectos.

.\ Otros proyectos ferroviarios

En realidad, compañías españolas ya actúan desde hace algunos años en el otro gran proyecto para modernizar la red convencional india, denominado Dedicated Freight Corridors (DFC), que consiste en la construcción de corredores exclusivos de mercancías destinados a descargar la saturada red nacional e impulsar el transporte de mercancías. En la fase actual se construyen los corredores Este (1.856 km, entre el Punjab y Bengala Occidental, financiado por el Banco Mundial) y Oeste (1.499 km, entre Bombay y Uttar Pradesh, financiado por Japón), ambos en obras desde 2013 con un presupuesto superior a 10.000 M€, que comunicarán en 2019 las tres grandes metrópolis indias (Bombay, Delhi y Calcuta) a través de 10 Estados y captarán más del 50% del trafico de mercancías de la red exis-



Adif

▶ *Estacion de Aurangabad, en el corredor Bombay-Nagpur.*

tente. Estos corredores, de doble vía electrificada, con señalización ETCS y aptos para 100 km/h, se desarrollan en paralelo al trazado existente y con grandes variantes. En una segunda fase, el Gobierno indio prevé construir tres corredores más, con 5.500 kilómetros.

La presencia española se concentra hoy en distintos trabajos en tres de los seis segmentos del corredor Este, particularmente en el tramo Khurja-Bhaupur (343 km), al este de Delhi. La constructora Aldesa, en consorcio con un socio local, desarrolla desde 2013 el contrato económicamente más relevante del tramo, el de obra civil (más de 400 M€), que deberá estar concluido en 2017. También intervienen en este tramo Typsa (*project management* para la construcción, supervisión y puesta en servicio, en consorcio), Adif (presta asistencia técnica a la consultora, aportando expertos de electrificación, telecomunicaciones, gestión de tráfico e integración de sistemas) y la metalúrgica La Farga (suministro de componentes de electrificación). Otras compañías españolas activas en este corredor son Inabensa, cuyo consorcio ha iniciado la electrificación del tramo Bhaupur-Mughalsarai (417 km), y Ardanuy Ingeniería, responsable del *project management* integral del tramo Mughalsarai-Sonnegar (126 km); Getinsa-Payma y Typsa supervisan las obras en distintos tramos. En el último lustro, además, otras empresas han desarrollado contratos no ligados al proyecto DFC, entre ellos de electrificación de líneas, obra civil o diseño de estaciones.

Empresas españolas participan también en la fase de construcción de un gran corredor exclusivo de mercancías

Esta presencia española se extiende también al transporte ferroviario urbano, sector de gran desarrollo actual y enorme potencial futuro dado el imparable proceso de urbanización que vive el país. Para dar respuesta a las necesidades de transporte masivo de la creciente población urbana, desde hace unos años están en marcha la construcción o ampliación de sistemas de transporte público masivo (metro) en 15 ciudades, pero en el futuro, de acuerdo a los planes del Gobierno, se necesitará dotar de metro a otras 35 urbes. En la presente década, ingenierías y consultoras (sobre todo), pero también constructoras, empresas de electrificación y de la industria auxiliar españolas han aprovechado el *boom* actual para tomar parte, en competencia con empresas europeas, asiáticas y locales, en el desarrollo de seis de los siete metros en servicio (Delhi, Bombay,Calcuta, Chennai, Bangalore y Jaipur) y hoy lo hacen en otros siete en fase de construcción o diseño (Navi Mumbai, Noida-Greater Noida, Lucknow, Kochi, Hyderabad, Nagpur y Vijayawada). ▮



Prototipos Pelícano diseñados por la Universidad Politécnica de Madrid.

La Exposición Dron: Evolución, en la Sala de la Arquería del Ministerio de Fomento

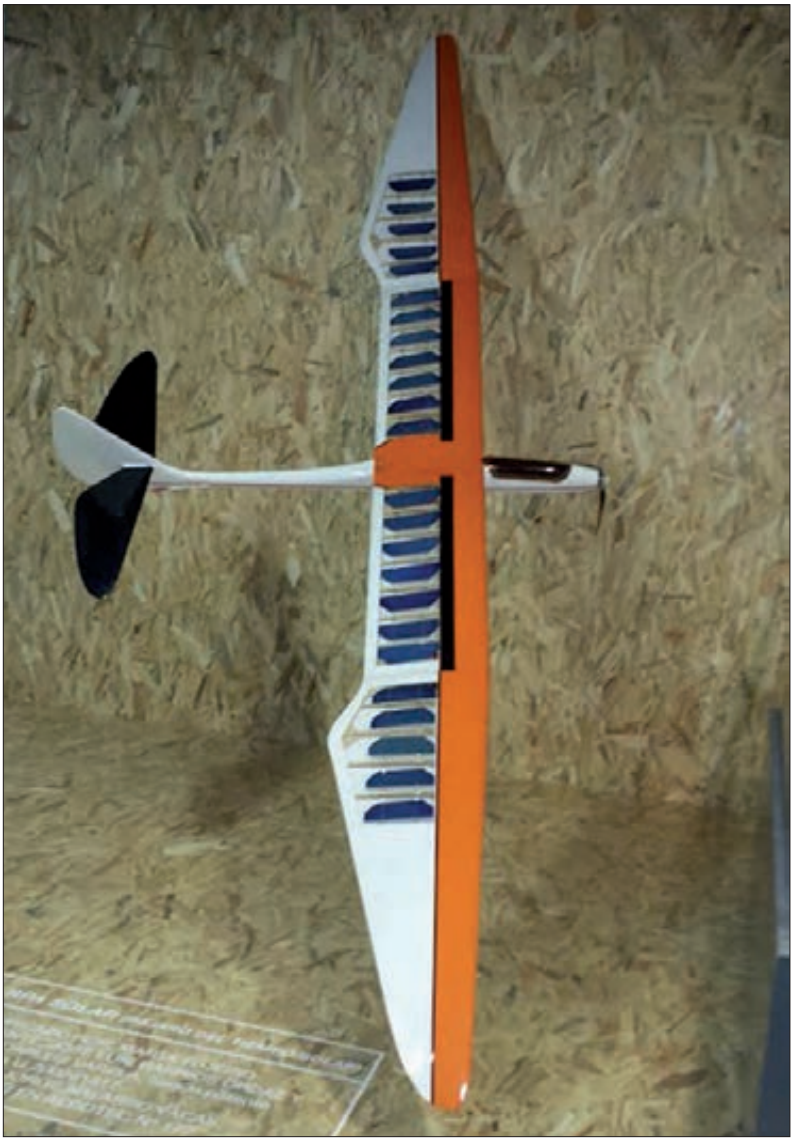
Drones de ayer y hoy



Modelo Tiger en madera y tela del Ejército del Aire (año 2008).

▶ *Junto a estas líneas, modelo Tucán y, debajo, un prototipo de fabricación española propulsado con células solares (año 2015).*





R.F.

La exposición *Dron:Evolución* plantea un recorrido histórico por el mundo de estos objetos voladores no tripulados, desde sus orígenes hasta nuestros días. Desde las aportaciones decisivas de Leonardo Torres Quevedo en el desarrollo del control a distancia mediante ondas hertzianas al motor turcompresor a reacción patentado por Virgilio Leret, la muestra pone su foco en los avances que hicieron posible el desarrollo de lo que hoy es toda una incipiente industria con un ampllio abanico de aplicaciones.

Aunque gracias a los prodigiosos avances de la nanotecnología y la microrrobótica se han reducido su peso y tamaño a escalas impensables hace apenas dos décadas, lo que también ha permitido su utilización en una muy amplia gama de utilidades, de modo que los drones nos parecen hoy innovaciones muy recientes, lo cierto es que estos pequeños objetos voladores cuentan ya con casi un siglo de historia a sus espaldas. Y fueron precisamente las mentes visionarias de Nicola Tesla primero y, luego, de Leonardo Torres Quevedo, del que el pasado año se conmemoró el 80 aniversario de su muerte, las primeras en atisbar las infinitas posibilidades de un aparato dirigido desde la distancia, mediante un sistema de control remoto.



Maqueta de la aeronave Targos de Indra.

Torres Quevedo y el telekino

En efecto, el inventor nacido en Iguña (Cantabria) registró la patente de su *telekino* en 1903, tras una exitosa presentación en la Academia de Ciencias de Francia. A esa demostración siguieron otras en España, en 1905 y 1906, algunas de ellas en medio de una gran expectación pública, como la realizada en 1906 en el puerto de Bilbao ante una gran multitud y con el Rey Alfonso XIII como testigo y ayudante de excepción. Con ellas, el *telekino*, un automáta que ejecutaba diversos movimientos y órdenes gracias a unos dispositivos emisores y receptores de ondas hertzianas, pasó a la posteridad como el primer aparato de control remoto. Un honor que en 2006 le fue reconocido con creces por el IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) al recibir el calificativo de descubrimiento *milestone*, como hito referente para otros posteriores.



Dron ensayado por Correos para el reparto a domicilio.



Prototipo de helicóptero de fibra de carbono de la empresa Indra. Debajo, Drone Halcón Shepherd para control de avifauna en aeropuertos.

Precisamente, uno de aquellos primeros telekinos salidos de los talleres de Torres-Quevedo es el que abre la expoción Dron: Evolución. Tras aquellos ensayos, Torres Quevedo intentaría aplicar el control remoto a la dirección de proyectiles y torpedos, trabajos que tuvo que relegar por falta de financiación y que serían los que precisamente, poco años después, marcarían la primera gran evolución de los drones durante el periodo de entreguerras.

Con posterioridad, durante el transcurso de la II Guerra Mundial se profundizaría en la siguiente gran evolución de los drones: aviones obsoletos y de madera son equipados con sensores de control remoto y utilizados como blancos móviles. Las lógicas limitaciones del corto alcance de las señales reducía su campo de acción como proyectiles teledirigidos, por lo que esos primeros drones fueron utilizados solo para el adiestramiento de pilotos en ejercicios de disparo y también para prácticas de la artillería. No obstante, los alemanes proseguirían sus intentos de desarrollar misiles de largo alcance, con potentes cargas explosivas alojadas en su interior, mediante objetos voladores equipados con motores a reacción (las V1 y V2 lanzadas hacia Gran Bretaña desde los Países Bajos).





▶ *Hexarrotor diseñado para el rescate en playas. Debajo, equipo de control remoto de finales de los 90.*

Salto cualitativo

La incorporación de los motores a reacción en los aviones de combate permitió asimismo un importante salto cualitativo en el modelaje de los prototipos accionados por control remoto. Con este motivo, la exposición rinde tambien un pequeño tributo a Virgilio Leret Ruiz, el piloto republicano español que en 1935 patentó uno de los primeros motores a reacción, que denominó "motorturbocompresor de reacción continua" y de cuyo prototipo se exhiben fotografía y planos.



A partir de los años sesenta del pasado siglo, los rpas (*remoted piloted aircraft systems*) o drones, como los denominamos hoy en día, se tornan cada vez más reducidos de peso y tamaño y el alcance de los equipos de radiocontrol se hace también cada vez más amplio gracias al despliegue de satélites y equipos de repetición de las señales en tierra. Al mismo tiempo, hacia finales de esa década y en la siguiente, comienza a hacerse realidad su uso en otras aplicaciones al margen de las puramente militares. Los drones empiezan a ser utilizados en tareas de vigilancia y alerta sos, en fotografía aérea o control de plagas en cultivos, etc., toda una serie de nuevos usos que de alguna manera anticipan ya el momento actual, que se ve plasmado en la exposición con una amplia muestra de prototipos desarrollados muy recientemente en nuestro país. ▮



SUSCRÍBASE A LA EDICIÓN IMPRESA

Revista del Ministerio de
Fomento

TARJETA DE SUSCRIPCIÓN

NOMBRE Y APELLIDOS/EMPRESA ..... **N.I.F.** .....

DOMICILIO ..... **Nº** .....

LOCALIDAD ..... **PROVINCIA** ..... **C. P.** .....

PAÍS ..... **TELÉFONO** ..... **CORREO ELECTRÓNICO** .....

MODALIDAD DE SUSCRIPCIÓN	ESPAÑA	EXTRANJERO
☐ 1 año (11 números)	**25 €**	**35 €**
☐ 2 años (22 números)	**40 €**	**50 €**

Envíenme gratis la el nº extraordinario *"Alta velocidad en España 1992-2011"* que regalan por una suscripción de dos años*
**(Hasta agotar existencias)*

FORMA DE PAGO ☐ **Envío cheque adjunto** ☐ **Envío giro postal nº** ..... ☐ **Domiciliación bancaria** (sólo suscriptores)

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal, usted tiene derecho al acceso, cancelación, rectificación y oposición de los datos facilitados mediante solicitud por escrito a : Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. E-mail: cpublic@fomento.es

Enviar a: **Revista del Ministerio de Fomento**
Pº de la Castellana, 67. 28071 Madrid. **Información y suscripciones: 91 597 64 49.** **Correo electrónico: cpublic@fomento.es**

DOMICILIACIÓN BANCARIA

Entidad bancaria .....

Domicilio entidad ..... Nº .....

C.P. ..... Localidad ..... Provincia .....

Muy Sres. míos:
Ruego que, con cargo a mi cuenta y hasta nuevo aviso, atiendan el pago de los recibos correspondientes a mi suscripción que les presentará al cobro la Revista del Ministerio de Fomento, editada por el Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento.

Les saluda atentamente
(firma)

CÓDIGO IBAN CUENTA CLIENTE																															
E	S																														

....., de ..... de 201

EL TITULAR, Fdo. .....

Enviar a: **Revista del Ministerio de Fomento. Pº de la Castellana, 67. 28071 Madrid.**



Fachada occidental de la madrileña Puerta de Acalá.

El Salón del Prado, paradigma del nuevo urbanismo ilustrado

Madrid, la bella y la ciencia

Beatriz Blanco

Carlos III se ganó a pulso ser considerado el mejor alcalde de Madrid. Cuando volvió a España, tras los años de su reinado en Nápoles y Sicilia, tomó pronto conciencia de que la ciudad no estaba a la altura de la capital del imperio que era en ese momento y decidió acometer grandes reformas para mejorar su saneamiento e infraestructuras, al tiempo que llevaba también a cabo otra serie de intervenciones para embellecerla.





Observatorio Astronómico de Madrid.

El monarca que mejor representó el despotismo Ilustrado acometió reformas urbanas que dejaron una profunda huella en la ciudad, como el adoquinado de las calles, el alumbrado público, el alcantarillado, la recogida de basuras y la construcción de paseos y monumentos. A tal fin se propuso unir belleza y ciencia en su nuevo modelo de ciudad, de modo que a poco de ocupar el trono acometió la que sería la primera gran operación urbanística llevada a cabo en la Villa y Corte tras el reinado de Felipe II. Y en el epicentro de esa operación estaría lo que se llamó el Eje de las Ciencias, que el rey juzgó como la pieza imprescindible para situar a la capital de España en el lugar que le correspondía entre sus semejantes europeas.

Así, en los terrenos situados más a las afueras del Madrid del siglo XVIII, se proyectó todo un elenco de nuevos edificios como un Observatorio Astronómico, un Jardín Botánico y una Academia de la Ciencias (el actual Museo del Prado). También se quiso impulsar la Medicina y la Cirugía aprovechando el viejo Hospital General construido bajo Felipe II, donde hoy se emplaza el Museo Centro de Arte Reina Sofía y donde por deseo de Carlos III se alojó el Real Colegio de Cirugía de San Carlos, en espera de un nuevo edificio cuyo proyecto se encargó a Sabatini aunque luego no llegó a ver la luz. Y para la construcción de todos esos nuevos centros se contó con uno de los mejores arquitectos que han existido en España, Juan de Villanueva, el máximo exponente de la arquitectura neoclásica en nuestro país. Pero no fue el único; Francisco Sabatini también participó en algunos de esos nuevos proyectos y fue, sin duda, el otro gran arquitecto favorito del rey.

Los ilustrados querían, además de nuevos centros y academias desde las que impulsar el saber, armonía y belleza, y para ello se debieron acometer importantes reformas urbanas. El lugar elegido para el gran cambio, se encontraba a las afueras de la ciudad: el Prado Viejo. La idea fue promovida por el conde de Aranda, en ese momento presidente del Consejo de Castilla, y los trabajos del que se conocería desde ese momento como Salón del Prado se iniciaron en 1763, apenas cuatro años después de la llegada de Carlos III a Madrid.

> La gran reforma urbana que supuso el Salón del Prado pretendia unir en un nuevo espacio belleza y ciencia

El encargado de ordenar urbanísticamente este espacio fue José Hermosilla, para lo que diseñó una planta longitudinal con tres grandes fuentes: Cibeles, Neptuno y Apolo. Tanto ellas, como los elementos decorativos fueron proyectados por Ventura Rodríguez y en su ejecución trabajaron los más reconocidos escultores de la



▶ *Fachada principal del Museo del Prado.*

época. El Salón del Prado iba desde la plaza de Cibeles hasta la actual glorieta del Emperador Carlos V (Atocha).

Se proyectaron grandes edificios a ambos lados como el Real Jardín Botánico, la Academia de las Ciencias (Museo del Prado), la Platería de Martínez (ubicada donde en la actualidad está el Ministerio de Sanidad) y el Real Observatorio Astronómico, todos obra de Juan de Villanueva. También se proyectaron algunos palacetes nobiliarios, como el palacio de Buena Vista (en la intersección de la calle Alcalá con la plaza de Cibeles) y el Palacio de Villahermosa (actualmente el Museo Thyssen-Bornemisza.

Dos arquitectos para la ciudad

Juan de Villanueva estudió en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, en la que entró con tan solo 11 años. Como pensionado se formó en Italia, junto a los grandes maestros de la época. En 1777, Carlos III lo nombró arquitecto del príncipe y los infantes y desde ese momento trabajó casi en exclusiva para la Casa Real.

Sabatini, por su parte, estudió arquitectura en Roma y obtuvo sus primeros encargos del monarca español cuando este era aún rey de Nápoles. En España gozó de la total confianza de Carlos III y fue nombrado maestro mayor de las obras reales, con rango de teniente coronel del cuerpo de ingenieros, y se le designó como académico honorífico de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. También se le otorgó nombramiento como caballero de la Orden de Santiago.

Academia de las Ciencias

El edificio de lo que en la actualidad es Museo del Prado fue diseñado en 1785 como Academia de las Ciencias, siendo un encargo directo del propio Carlos III a su arquitecto favorito. Nunca se usó como tal y fue Fernando VII quien, impulsado por su esposa María Isabel de Braganza, decidió destinar el edificio a la creación de un Real Museo de Pinturas y Esculturas. La pinacoteca, que pasaría pronto a denominarse Museo Nacional de Pintura y Escultura y posteriormente Museo Nacional del Prado, abrió por primera vez al público en 1819.

El edificio original, diseñado por Villanueva estaba formado por un cuerpo central terminado en ábside, al que flanqueaban dos galerías alargadas que acababan en dos pabellones cuadrados, uno en cada extremo, aunque este esquema ha ido siendo modificado para adaptarse al uso del edificio como pinacoteca.

La fachada principal está orientada hacia el Paseo del Prado y tiene la originalidad de, en lugar del característico frontón triangular sobre la columnata, tener uno con forma rectangular, adornado por un friso escultórico de Ramón Barba y que representa una alegoría del rey Fernando VII como protector de las ciencias, las artes y la técnica.



Fachadas norte y sur del Museo del Prado.

Mientras, la fachada norte, presenta un pórtico con dos columnas jónicas sobre las que descansa un entablamento liso. Esta fachada corresponde a la segunda planta del edificio ya que, cuando se construyó, la primera planta quedaba, por ese lado, bajo el nivel del terreno. Cuando posteriormente se acabó con el desnivel y se puso a la misma altura, en 1882, se construyó una escalinata para su acceso.

La fachada sur, que da a la plaza de Murillo, frente al Jardín Botánico, está formada por un vano adintelado, de acceso al interior y una galería con seis columnas de orden corintio sobre las que se apoya un entablamento.

Desde 1899, frente a la fachada principal está la estatua de Velázquez, obra del escultor Aniceto Mariñas, con un pedestal de Vicente Lampérez. Cabe señalar que ambos autores hicieron sus obras de manera gratuita y que fue inaugurado el 14 de junio del mismo año en un acto al que asistieron la reina regente, María Cristina de Habsburgo-Lorena, y su hijo, el futuro rey Alfonso XIII

Cuando la pinacoteca abrió por primera vez sus puertas al público en 1819, según su primer catálogo constaba de 311 pinturas, aunque ya disponía de 1.510 obras procedentes de los Reales Sitios, que habían empezado a coleccionarse desde el reinado de Carlos V y que fueron enriquecidas por todos los monarcas que le sucedieron. En la actualidad, según el inventario del cierre de 2012, hay un total de 27.509 objetos, de los que 7.825 son pinturas; 8.637, dibujos; 5493, grabados; 34, matrices de estampación; 932, esculturas (además de 154 fragmentos); 1.101, piezas de artes decorativas; 38, armas y armaduras; 2155, medallas y monedas; 981, fotografías; 4, libros, y 155 mapas.

Con este patrimonio, está considerado como uno de los más importantes del mundo y de los más visitados. Incluso hay quien lo considera el más importante del mundo en pintura europea. De hecho, contiene la más amplia colección de pintura desde el Románico hasta el el siglo XIX. En la actualidad existen unos 1.150 cuadros expuestos.





Jardín Botánico

Carlos III también es el responsable de la ubicación actual del Jardín Botánico y de nuevo recurrió a Villanueva para el diseño de su pabellón más emblemático destinado, en un principio, como invernadero y que hoy se dedica a la celebración de actos y exposiciones. El edificio fue restaurado en 2008.

Previamente, el Jardín Botánico estaba ubicado en el soto de Migas Calientes, en la actual Puerta de Hierro, cerca del río Manzanares; contaba por entonces con 2000 plantas recogidas en su inmensa mayoría por el botánico y cirujano José Quer en sus múltiples viajes por la península, o también mediante intercambios con otros botánicos europeos. En 1781 Carlos III ordenó el traslado a su situación actual, pero fue el conde de Floridablanca, primer ministro del monarca, quien más interés puso en este traslado porque permitía embellecer el proyecto del eje científico y además servía como símbolo del mecenazgo de la corona para con las ciencias y las artes.

Los arquitectos encargados del proyecto fueron Villanueva y Sabatini. En los primeros años se construyeron las tres terrazas escalonadas; se ordenaron las plantas, según el método de Linneo, y se construyeron la verja que rodea el Jardín, los emparrados y el invernáculo, conocido como Pabellón Villanueva.

Hasta la actualidad, el Real Jardín Botánico ha continuado desarrollando su actividad de enseñanza de la botánica. Desde aquí se auspiciaron las expediciones científicas a América y al Pacífico y se encargaron los dibujos de plantas, a la vez que se consiguieron importantes herbarios que sirvieron de base para describir nuevas especies.

Estas expediciones científicas han sido determinantes en la historia de la Botánica en España. Auspiciadas por la corona, entre sus objetivos estaba el incrementar el conocimiento del mundo natural y para ello se recolectaban ejemplares y muestras de las floras y faunas locales; se realizaban dibujos y se tomaban apuntes que se enviaban a las instituciones como el Real Jardín Botánico, donde eran estudiados.

Paseo interior y, debajo, pabellón Villanueva del Real Jardín Botánico.





▶ *Fachada oriental de la Puerta de Alcalá.*

En la actualidad estas colecciones y, sobre todo, los pliegos de plantas, son referencia histórica internacional y tienen un gran valor científico en el estudio del reino vegetal.

Muchas fueron las remodelaciones y adaptaciones que sufrió a lo largo de su existencia. Tal vez, la principal fue en la década de 1880-1890, en la que el Jardín sufrió importantes pérdidas. En 1882 perdió dos hectáreas de su superficie original para construir el edificio que actualmente ocupa el edificio del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, también conocido como Palacio de Fomento. En 1886, un ciclón derribó en su recinto 564 árboles de gran valor. Desde el primer tercio del siglo XX se trabaja en el campo de la investigación micológica y, en la actualidad, se reconoce internacionalmente su alto nivel en micromicetología, dedicada al estudio de los hongos más pequeños.

En 1942 fue declarado jardín de valor artístico artístico y desde 1974 a 1981 se hicieron grandes obras de restauración para devolverle su estilo original. Estas reformas fueron inauguradas por los Reyes de España, que en 1993 también acudieron a la presentación de su moderno invernadero. Por último, en febrero de 2005, el Real Jardín Botánico amplió su espacio de exposición en una hectárea.

Pero Madrid no solo tenía que ser una ciudad culta y cosmopolita, también tenía que ser bella. Por eso se engalanó este eje de la ciencia con el llamado Salón del Prado, que acogió cuatro obras de una gran belleza: la puerta de Alcalá, la fuente de Cibeles, la fuente de Neptuno y la fuente de Apolo.

Mírala, mírala

La Puerta de Alcalá es uno de los símbolos de Madrid. Protagonista en las guías turísticas, fondo de millones de fotografías, lugar de encuentro de manifestaciones y protestas e incluso de alguna emblemática canción.

Era una de las cinco puertas de acceso a la ciudad y servía de entrada a los viajeros procedentes de los caminos de Aragón y Cataluña. Carlos III la mandó construir en 1769, sustituyendo o otra que existía desde el siglo XVI en la actual plaza de la Independencia y frente a la entrada principal a los jardines del Retiro.

Su diseño fue elegido personalmente por el monarca entre los proyectos de los arquitectos Ventura Rodríguez, José Hermosilla y Francisco Sabatini. Carlos III prefirió al italiano, frente a los dos españoles. Sabatini también se encargó de construir la Real Casa de la Aduana, en la calle Alcalá (1761-1765), actual sede del Ministerio de Hacienda.

Se cuenta que Sabatini envío varios proyectos al monarca y que éste, por error, dio el visto bueno a dos; el arquitecto actuó de la forma más diplomática posible y decidió fusionar los dos en uno; de ahí que la Puerta de Alcalá tenga dos caras distintas.

La Puerta de Alcalá es un gran arco triunfal, de estilo neoclásico, con un aspecto similar a los arcos de triunfo romanos. De ahí su originalidad, ya que fue el primero de estas características construido en Europa tras la caída del imperio romano. Nuestra Puerta de Alcalá es la precursora de otros monumentos como el Arco del Triunfo de París o la Puerta de Brandeburgo en Berlín.



Fuentes de Cibeles y Neptuno, diseñadas ambas por Ventura Rodríguez.

Está construida con granito de Segovia y los motivos decorativos con piedra de Colmenar. Las principales diferencias entre ambas caras son que en uno de los lados hay 10 semicolumnas de estilo jónico, mientras que por el otro hay dos columnas acompañadas de pilastras. También que, coronando la puerta, por un lado cuenta con unos escudos heráldicos y en el otro hay unas esculturas de niños. Estos ángeles, escudos, armas y yelmos son obra de los escultores Roberto Michel y Francisco Gutiérrez.

Cibeles, la diosa más madrileña

La fuente más emblemática de Madrid representa a la diosa madre Cibeles, símbolo de la tierra y la fecundidad, montada en un carro tirado por dos leones (Hipómedes y Atalanta). Fue diseñada por el arquitecto Ventura Rodríguez y los encargados de esculpirla fueron Francisco Gutiérrez (la diosa y el carro), Roberto Michel (los leones) y Miguel Ximénez, que hizo los adornos del carro. Los tres trabajaron en equipo.

Para la diosa y el carro se utilizó mármol cárdeno de Montesclaros (Toledo) y el resto se trabajó en piedra de Redueña, localidad próxima a la sierra de La Cabrera. La fuente se instaló en 1782 en el Paseo de Recoletos, pero hasta 1895 no ocupó su ubicación actual.

En su diseño original compaginaba su función estética con la práctica. En 1791 Juan de Villanueva propuso poner en los costados de la fuente dos esculturas de piedra: un dragón y un oso, realizados por Alfonso Bergaz hijo, de los que salía agua por unos caños de bronce insertos en sus bocas. El dragón se destinó a uso público y el oso para rellenar los barriles de los 50 aguadores asignados a la fuente. En 1862, se retiraron el dragón y el oso. En la actualidad pueden verse en el Museo de los Orígenes de Madrid. A mediados del siglo XX, se añadieron surtidores y diversos chorros y se agregó iluminación de colores.

Neptuno, un rey lejos del mar

Con un estilo neoclásico, su diseño también es obra de Ventura Rodríguez. El proyecto se inició en 1777 y los trabajos duraron desde 1782 hasta 1786. La obra escultórica fue encargada a Juan Pascual de Mena, pero su muerte repentina solo le permitió realizar la figura de Neptuno. Fue su discípulo, José Arias, junto a José





Fuente de Apolo.

Rodríguez, Pablo de la Cerda y José Guerra, quienes se encargaron de terminar el proyecto, realizado en mármol blanco procedente de Montesclaros (Toledo).

En la composición, Neptuno, dios del mar, está erguido sobre una gran concha tirada por dos caballos marinos con cola de pez. Lleva una serpiente enroscada en la mano derecha y su tridente en la izquierda. Alrededor nadan focas y defines. Se sospecha que elegir al dios del mar era un homenaje a la Marina, ya que Carlos III apostó por reforzarla para hacerla más competitiva y facilitar la unión con las colonias. Desde 1898 ocupa el lugar actual.

La fuente de Apolo o de las Cuatro Estaciones

La fuente de Apolo o de las Cuatro Estaciones es una obra de corte neoclásico diseñada también por Ventura Rodríguez. Para la ejecución del proyecto compitieron varios escultores y se encargó a Manuel Álvarez, el Griego, en 1781, pero murió antes de acabar la figura de Apolo, en 1797. Fue terminada por Alfonso Giraldo Bergaz en 1802. Entre otros motivos se ha señalado que el retraso en su construcción fue debido a la falta de piedra de tamaño suficiente.

Fue inaugurada durante el reinado de Carlos IV con motivo de la boda del entonces príncipe de Asturias y posterior rey Fernando VII con María Antonia de Nápoles.

Está considerada como una de las mejores obras clásicas españolas tanto por la elegancia en las proporciones como por su equilibrio. Apolo aparece con una lira, acompañado por cuatro esculturas alegóricas de las cuatro estaciones. El conjunto es considerado el hermano menor de Cibeles y Neptuno, primero por los materiales de su fabricación porque, a diferencia de sus hermanas, no está tallada en piedra de Montesclaros (Toledo), sino en piedra de Redueña (Madrid), de peor calidad. A ello hay que añadir que su ubicación no es en una plaza, y que ningún equipo de fútbol de la capital la ha elegido para celebrar sus triunfos.

En 1952, el entorno de la fuente de Apolo se ajardinó y creó la lonja alrededor del conjunto. En los años 90 vivió una reforma que incluyó limpieza, reparaciones, impermeabilizaciones y revisión del sistema del alumbrado.

La fuente se compone de dos pilones con escalinatas centrales, de sus costados cuelgan seis conchas, tres a cada lado y con diferentes tamaños. En el frontal del pedestal hay dos mascarones que arrojan agua y, a la altura de la cornisa del pedestal, sujetas por estribos decorados, hay también cuatro esculturas que representan las cuatro estaciones. Entre ellas hay escudos de armas de Madrid. En cada uno de los laterales se encuentran las máscaras de Circe y Medusa que arrojan agua por medio de surtidores. Remata el monumento la imagen de Apolo, dios de las artes, la medicina y la poesía, que representa el espíritu ilustrado que Carlos III deseaba para el Salón del Prado como centro destinado a fomentar el desarrollo de la cultura y las ciencias.

La primavera está representada por una mujer con flores y simboliza el nacimiento del año. El verano es una mujer con una espiga de trigo, en representación de los campos cultivados, y tiene una hoz en la mano. El otoño es un hombre joven que lleva una corona de uvas en la cabeza y algunas en su mano. Y el invierno está representado por un anciano, para simbolizar el final del año y de la vida. ▮

Centro de publicaciones

Librería de publicaciones oficiales



www.fomento.gob.es



RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN

Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.



PVP: 10 €

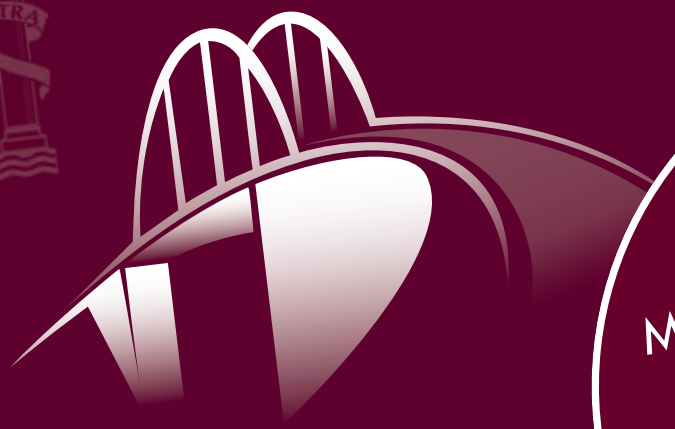
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

2017

Mapa Oficial de Carreteras©

ESPAÑA



GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

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*



También en el DVD:

1112 Espacios Naturales Protegidos
152 Rutas Turísticas
117 Vías Verdes

Edición 52
P.V.P.: 22,74€

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 668, enero 2017.**

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

Año de edición: 2017

Características Edición:
1ª edición electrónica: marzo 2017
Formato: PDF
Tamaño: 13,73 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€

Aviso Legal: Todos los derechos reservados.Esta publicación no podrá ser reproducida ni en todo, ni en parte, ni transmitida por sistema de recuperación de información en ninguna forma ni en ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico o cualquier otro.



Revista del Ministerio de

Fomento

Febrero 2017 Nº 669 3€

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO



Nueva terminal estratégica del puerto de Huelva

Finalizada la circunvalación de Burgos (BU-30)

I+D+i para reducir consumos energéticos y emisiones de CO_2 en el ferrocarril

Restauración de la estación de ferrocarril de Toledo

Revista del Ministerio de
Fomento



El correo y las comunicaciones postales en España (1716-2016)

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

MONOGRÁFICO
Julio-Agosto 2016

PVP: 6 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

Contenido

Director de la Revista: Antonio Recuero.

Jefe de Redacción: Mariano Serrano.
Maquetación: Aurelio García.
Secretaria de redacción: Ana Herráiz.
Archivo fotográfico: Vera Nosti.
Portada: Impala Terminals Huelva.
Elaboración página web: www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
Suscripciones: 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos).
Colaboran en este número: Marián Campra, Begoña Olabarrieta, Julia Sola Landero y Javier R. Ventosa.
Comité de redacción: Presidencia: Rosana Navarro Heras *(Subsecretaria de Fomento).*
Vicepresidencia: Alicia Segovia Marco *(Secretaria General Técnica).*
Vocales: *Patricia Crespo González (Directora de Comunicación),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda),* Belén Villar Sánchez *(Jefa del Gabinete de la Subsecretaria),* Mónica Marín Díaz *(Directora del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Regina Mañueco del Hoyo *(Directora del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director 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.

CARRETERAS 02

Anillo cerrado.

El tramo Villalbilla-Quintanadueñas culmina la circunvalación de Burgos (BU-30).





PUERTOS 08

Vocación minera.

Nueva terminal estratégica del puerto de Huelva.



I+D+i 14

El reto de la eficiencia energética.

Varias líneas de investigación buscan reducir el consumo de energía y las emisiones de CO_2 en el ferrocarril.



FERROCARRIL 22

Artesanía de vanguardia.

Restauración de la estación de ferrocarril de Toledo.

28. Volando a las Américas.
70 años del primer vuelo comercial Madrid-Buenos Aires.

34. Un tren muy disputado.
150 aniversario del ferrocarril Ciudad Real-Badajoz.

40. Solaz de la corte.

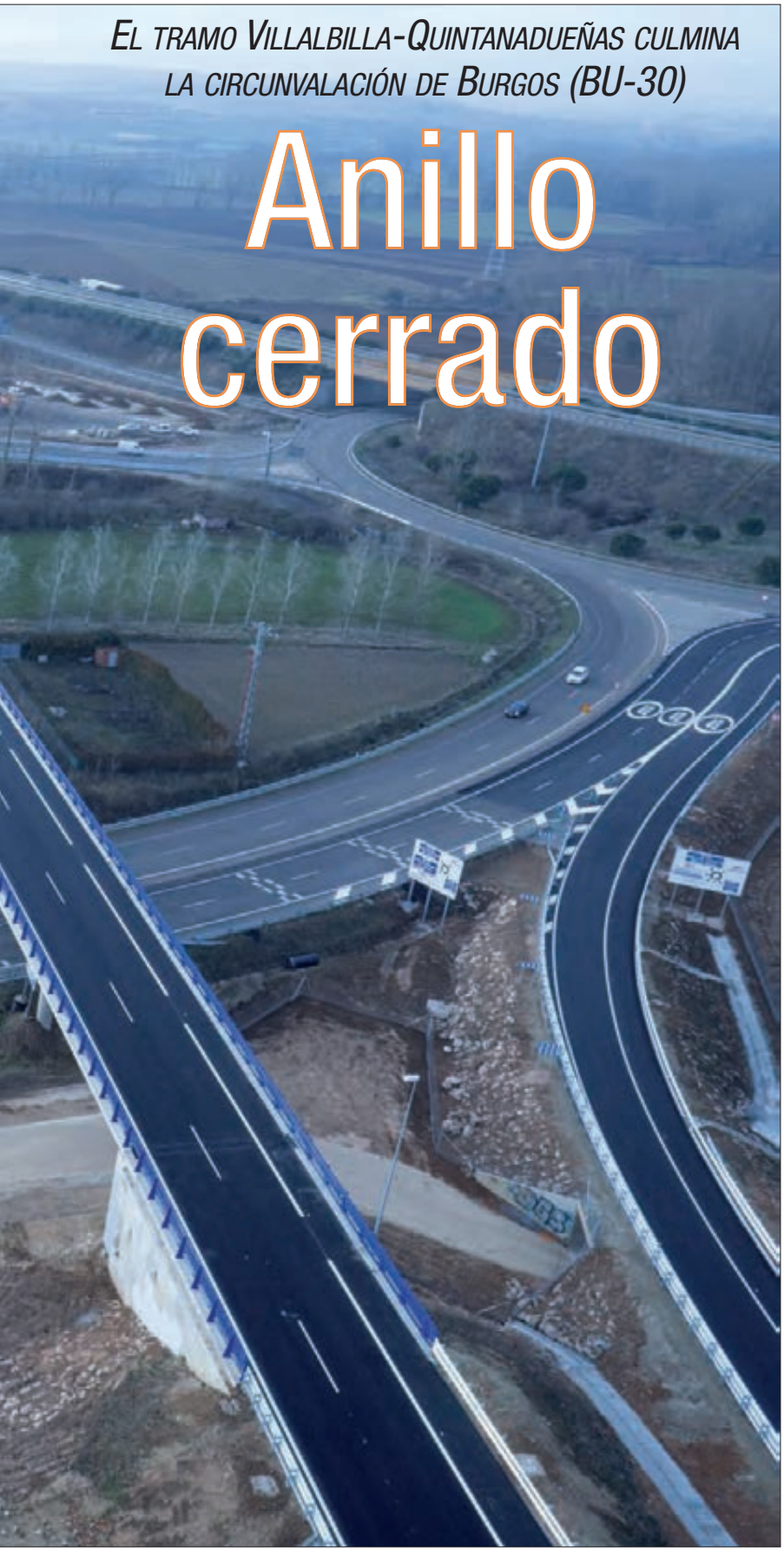
III Centenario del nacimiento de Carlos III: Camino de las Pesquerías Reales y patrimonio del Alto Eresma.



Enlace de Villalbilla y viaductos sobre las carreteras N-120 y BU-600 de acceso al polígono de Villalonquéjar.

El tramo Villalbilla-Quintanadueñas culmina la circunvalación de Burgos (BU-30)

Anillo cerrado



Javier R. Ventosa. Fotos: DCE Castilla y León Oriental

El anillo de circunvalación de Burgos (BU-30), infraestructura clave en las comunicaciones en la parte central del tercio norte peninsular, ha quedado concluido con la apertura al tráfico de su último tramo, Villalbilla de Burgos-Quintanadueñas. La actuación, con una inversión superior a 80 M€, ha consistido en la construcción de un nuevo trazado de 9 kilómetros que incluye casi una treintena de estructuras, entre ellas un viaducto de gran longitud sobre el río Arlanzón.

El nuevo tramo fue inaugurado el pasado 22 de diciembre por el ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, y constituye la pieza final que cierra por completo el anillo de circunvalación de Burgos (BU-30), infraestructura de gran capacidad de más de 40 kilómetros de longitud que se ha ido configurando durante años y que resulta clave para agilizar los viajes de largo y medio recorrido en el gran nudo de comunicaciones viarias norte-sur y este-oeste que es la ciudad de Burgos. De ahí que el ministro resaltara la apertura del tramo Villalbilla de Burgos-Quintanadueñas como "un momento histórico".

El nuevo tramo de la BU-30 canaliza la mayor parte del tráfico pesado con origen o destino en el polígono de Villalonquéjar

El tramo, con el que la BU-30 adquiere plena funcionalidad, permite optimizar los tiempos de recorrido y las cargas de tráfico de la circunvalación, facilitando la conexión entre una decena de vías (autopistas, autovías y carreteras) que confluyen en el anillo y mejorando especialmente los movimientos entre el nortenoreste (AP-1, A-1, A-73, N-623) y el oeste (A-231, A-62 y N-120). Desde su apertura, además, canaliza la mayor parte del tráfico pesado con origen o destino en el polígono industrial de Villalonquéjar, equipado ahora con un nuevo acceso que lo hará más atractivo para la instalación de empresas. Se estima que será utilizado por unos 9.000 vehículos cada día.



La separación inicial de ambas calzadas se reduce progresivamente hasta su unión definitiva a mitad del tramo. Al fondo, el viaducto del Arlanzón.

La ejecución del tramo, reactivada en mayo de 2014, ha requerido una inversión global de 82 M€ por parte del Ministerio de Fomento, de los cuales 74,8 M€ corresponden al contrato de obras y el resto a los costes de las expropiaciones, la redacción del proyecto de construcción y el contrato de control y vigilancia de las obras. Una parte del importe ha sido subvencionada con fondos del programa comunitario TEN-T. La obra, bajo la dirección de la Demarcación de Carreteras del Estado de Castilla y León Oriental, ha sido realizada por la unión temporal de empresas Azal, formado por las constructoras Azvi y Aldesa Construcciones, la redacción del proyecto ha corrido a cargo de la ingeniería Aepo y el control y la vigilancia de las obras ha sido responsabilidad de Inypsa.

Magnitudes de obra	
Excavación	948.283 m³
Terraplén	2.061.424 m³
Suelo estabilizado	85.158 m³
Suelo cemento	49.009 m³
Mezclas bituminosas	80.952 t
Escollera	77.172 m³
Hormigón	51.350 m³
Acero	6.012.320 kg
Vigas prefabricadas	6.502 m
Barrera metálica	44.790 m

.\ Características técnicas

El tramo final de la circunvalación de Burgos BU-30 está formado por un nuevo trazado de autovía de 9,1 kilómetros de longitud que discurre en dirección este-oeste entre la autovía autonómica A-231 (León-Burgos) y el enlace de Quintanadueñas, donde comunica con el tramo contiguo de la BU-30 Quintanadueñas-Villatoro-Villimar, en servicio desde julio de 2015. Discurre por los términos municipales de San Mamés de Burgos, Villalbilla de Burgos, Alfoz de Quintanadueñas y Burgos.

Como parámetros geométricos, el trazado presenta un radio mínimo de 1.000 metros y pendiente máxima del 3,5%. Como tronco de autovía se definen tres ejes en planta: tronco de la BU-30 (a partir del pk 4+900), conexión con la autovía A-231 sentido norte (hasta el pk 4+900) y conexión con la autovía A-231 sentido sur (hasta el pk 4+900). La velocidad de proyecto es de 120



▶ *Calzadas separadas al inicio del tramo, con sendas estructuras sobre la vía del ferrocarril Madrid-Hendaya y estructura en pérgola sobre la autovía A-231 en la calzada derecha.*

km/h en el tronco, disminuyendo a 100 km/h en los ramales de conexión con la autovía León-Burgos.

La sección transversal de la autovía está formada por dos calzadas de 7 metros de anchura, con dos carriles de 3,5 metros por sentido, arcenes exteriores de 2,50 metros e interiores de 1 metro y bermas exteriores de 1 metro, siendo la mediana de 4 metros en las zonas con plataforma única y variable en el resto de la autovía. El paquete de firmes, colocado sobre una explanada E3, está formado por 20 centímetros de suelocemento y 15 centímetros de mezclas bituminosas en caliente.

.\ Trazado

El nuevo tramo se inicia a la altura del núcleo de San Mamés de Burgos realizando la conexión con la autovía A-231 (León-Burgos) y la ronda Oeste de la circunvalación BU-30 mediante una confluencia-bifurcación entre autovías. Se han construido dos calzadas que, partiendo de la autovía A-231, se desarrollan de forma independiente con una longitud de 4.800 metros. Tras despegarse del tronco de la autovía autonómica, ambas calzadas cruzan la línea ferroviaria Madrid-Hendaya mediante sendas estructuras y la calzada izquierda lo hace, además, sobre la A-231 mediante una estructura tipo pérgola, punto a partir del cual la separación de las calzadas comienza a reducirse de forma progresiva.

El trazado inicia un giro hacia el noreste a la altura del primer enlace, salvando mediante un viaducto doble las carreteras N-120 y BU-600 de acceso al polígono de Villalonquéjar. Poco después, ambas calzadas, cada vez más próximas, se adentran en la vega del río Arlanzón, que cruzan mediante la principal obra del tramo, un viaducto de 740 metros de longitud por calzada, con un vano principal sobre el cauce de 100 metros.

Sobrepasada la vega, el trazado discurre al pie de la ladera, apoyada en un muro de suelo reforzado, por la zona de la cuesta de la Paloma, de gran sensibilidad y problemática geotécnica, próxima a un meandro activo del río Arlanzón. La ladera se ha protegido mediante escollera y se han estabilizado los márgenes del río. El trazado prosigue su desarrollo en dirección este discurriendo sensiblemente paralelo a la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de Burgos donde continúa el muro de suelo reforzado, con una longitud total de 845 metros y una altura máxima de 13 metros, que evita afecciones a esta instalación pública.



El ministro de Fomento, en la inauguración del tramo.

En el pk 4+800, las calzadas se unen definitivamente y el trazado se desarrolla a lo largo del polígono industrial de Villalonquéjar y de un ramal ferroviario, junto a la vega del Ubierna. Por prescripción de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), en esta zona se desarrolla más hacia el norte para evitar afecciones al canal y a la vega del río.

Ya en su parte final, el trazado se aproxima al polígono industrial y al ramal ferroviario, y salva el cauce del río Ubierna mediante un viaducto de 250 metros de longitud, adentrándose a continuación en el término municipal de Burgos. El trazado concluye, a la altura del núcleo urbano de Quintanadueñas, en la conexión con el tramo contiguo de la ronda Noroeste (Quintanadueñas-Villatoro), ya en servicio.



Mapa de la BU-30. En línea discontinua, el tramo abierto en diciembre.

Enlaces y estructuras

En los dos extremos del nuevo tramo se han construido sendos enlaces para comunicar con distintas vías de comunicación. El primero, en el extremo oeste, es el denominado enlace de Villalbilla, que conecta con el enlace existente en la autovía A-231 y con las carreteras N-120 y BU-600, dando acceso tanto al polígono industrial de Villalonquéjar como al núcleo urbano de Villalbilla de Burgos. La obra de este enlace ha comprendido la construcción de dos ramales para los nuevos movimientos.

El segundo enlace, de Quintanadueñas, se ubica en el extremo este del tramo y conecta con la carretera autonómica BU-622, a través de la cual se accede al nú-

El gran anillo de Castilla y León

El anillo de circunvalación de Burgos (BU-30) es una vía de gran capacidad que se desarrolla alrededor de esta capital cuya función es canalizar los flujos de largo recorrido norte-sur y este-oeste en la parte central del tercio norte peninsular, así como los tráficos locales, evitando el acceso a la ciudad. Está integrado en el itinerario del corredor europeo E-80.

La BU-30 se empezó configurando en los años 80 a partir del itinerario de la autopista de peaje AP-1, que se prolongó como libre de peaje entre el peaje de Castañares y el nudo de Landa, además de la conexión por el este con las carreteras N-1 y N-120. Esta variante de unos 12 kilómetros de longitud, actualmente autovía del Norte (A-1), que rodea la ciudad por el sur y el este, ejerció como primer tramo de la circunvalación. Posteriormente el anillo creció con nuevos tramos en las fachadas sur (Nudo de Landa-Villagonzalo de Pedernales, 5,0 km, 1990) y oeste (Villagonzalo-Villalbilla de Burgos, 5,3 km, 2006), al tiempo que se mejoraba la capacidad del nudo de Landa. Finalmente, ya en esta década, la BU-30 se ha completado en la fachada norte con las rondas Norte (Burgos-Villatoro, 3,5 km, 2008) y Noroeste (Villatoro-Quintanadueñas, 6,0 km, 2015, y el recién estrenado Villalbilla-Quintanadueñas).

En su configuración final, la BU-30 es, por su longitud (más de 40 kilómetros) y por el número de vías de gran capacidad que interconecta (seis), el mayor anillo de circunvalación de la comunidad autónoma castellanoleonesa y uno de los principales del tercio norte peninsular. En la BU-30 confluyen actualmente las autovías A-1 (Madrid-Burgos), A-73 (Burgos-Aguilar de Campoo), A-231 (León-Burgos), A-62 (Burgos-Fuentes de Oñoro) y Acceso Sur a Burgos (BU-11), así como la autopista AP-1 (Burgos-Éibar). En el futuro también conectará con la autovía A-12 (Logroño-Burgos). Asimismo, el anillo tiene conexión con tres carreteras nacionales (N-1, N-120 y N-623).



El tramo finaliza en el enlace de Quintanadueñas, donde conecta con el segundo tramo de la ronda Noroeste. En la imagen, glorieta elevada del enlace y paso superior sobre la autovía.

cleo urbano de Quintanadueñas y al polígono industrial de Villalonquéjar. Se trata de un enlace con tipología de glorieta elevada, ejecutada previamente como parte del contrato del tramo contiguo, en el que se han construido los dos ramales correspondientes a los movimientos Quintanadueñas-Villalbilla de Burgos y viceversa.

> Según las estimaciones, el tramo Villalbilla-Quintanadueñas será utilizado por una media de unos 9.000 vehículos al día

En total, el tramo Villalbilla de Burgos-Quintanadueñas ha requerido la construcción de 27 estructuras (seis viaductos y cuatro estructuras para el paso del tronco de la autovía, una estructura tipo pérgola, dos pasos superiores, diez pasos inferiores tipo marco, tres muros –dos de suelo reforzado y otro de escollera– y un paso de fauna), tanto para constituir los enlaces a distinto nivel como para garantizar la permeabilidad de la autovía frente a los cursos de agua (ríos, canales de riego), ferrocarriles, carreteras, vías pecuarias y caminos, entre ellos el de Santiago, interceptados por el trazado.

En el capítulo de drenaje transversal, se han realizado nueve obras de nueva construcción, así como tres ampliaciones de obras de drenaje existentes. Respecto al drenaje longitudinal, los principales elementos son cuneta y caz de mediana, cunetas de diversas tipologías (laterales o de desmonte en tronco y ramales de enlace, de pie de terraplén trapecial, trapeciales en coronación de desmonte y en caminos), bordillos pozos de registro, drenes profundos, colectores de diverso diámetro, pasos salvacunetas y bajantes en terraplén y en desmonte.

Entre las medidas de integración ambiental llevadas a cabo destacan las siguientes: acopio de la tierra vegetal y posterior extendido de 172.033 m^3 para revegetar los taludes de la autovía y restaurar superficies afectadas por la obra, utilizando hidrosiembras (756.888 m^2) y plantaciones (16.403 árboles y 48.357 arbustos); tratamiento contra la erosión de los taludes mediante extensión de malla de coco (23.663 m^2); construcción de un paso específico de fauna bajo la autovía para conectar la vega del río Ubierna con las laderas de la Cuesta de la Paloma; instalación de vallado perimetral y dispositivos de escape para la fauna que pueda haber penetrado en la autovía; instalación de 1.080 metros de pantallas antirruido; y reposición del Camino de Santiago (696 metros) y de varias vías pecuarias (4.257 metros). También se ha repuesto un tramo de la carretera BU-622 afectado por las obras. ▮

Nueva terminal estratégica del puerto de Huelva

Vocación minera



Marián Campra García de Viguera. Fotos: Impala Terminals Huelva

El puerto de Huelva cuenta con un nuevo centro logístico y de *blending* de concentrado de mineral de gran valor estratégico, pues sus recién estrenadas instalaciones, construidas en la zona de ampliación del muelle sur, alcanzan una capacidad para almacenar más de 240.000 toneladas. Esta nueva terminal puede también gestionar más de un millón de toneladas de mineral al año.

Que la historia es cíclica y a menudo se repite es un axioma que, en el caso del puerto de Huelva, parece confirmarse una vez más pues, como ya ocurriera en tiempos todavía no muy lejanos, sus instalaciones vuelven a vivir una nueva etapa de expansión gracias en buena medida a su situación estratégica, que desde tiempos inmemoriales han hecho de ellas una excelente salida natural para los importantes yacimientos mineros de la provincia, más concretamente de los producidos en la conocida como faja pirítica, donde la recuperación de los precios del cobre ha favorecido un importante resurgir de la actividad en los yacimientos onubenses.





La nave de almacenamiento durante los trabajos de construcción. En la foto inferior, estiba del mineral.

Para impulsar toda esa actividad el puerto de Huelva cuenta con una serie de nuevas instalaciones, entre las que destacan especialmente una innovadora terminal logística para la realización de las operaciones de almacenamiento y labores de mezcla o blending de concentrados de mineral de cobre y zinc para su posterior comercialización, además de una zona dedicada al almacenamiento de contenedores y chatarra con distintas áreas de acopio y sistemas de carga y descarga de los mismos, acompañadas ambas de un área específica para la realización de análisis químicos.

Inversión

La nueva terminal, concebida para ofrecer sus servicios a todos los operadores vinculados al sector minero, permite ordenar también el tráfico y gestión de las mercancías de una manera más eficiente, incluyendo las operaciones de carga, descarga y almacenamiento del mineral. Gestionadas por la empresa Impala Terminals Huelva, participada por los grupos Trafigura y Bergé, ambos con amplia experiencia en el sector minero y energético, las nuevas instalaciones tienen su base en la ampliación sur del muelle Ingeniero Juan Gonzalo del puerto onubense. En total han supuesto una inversión de más de 100 millones de euros, de los que unos 40 millones han corrido a cargo de la Autoridad Portuaria, otros 3 millones de euros fueron aportados por la Junta de Andalucía y el resto, más de 60 millones, por la empresa Impala.



La nueva terminal en cifras

Calado del muelle	14 m
Capacidad de almacenaje	+240.000 MT
Ratio de carga por hora (flujo)	1.500 MT
A la hora de capacidad de descarga	800 MT
De buques (base 1 grúa)	
Tonelaje anual estimado	1MTMH*
Longitud total del muelle	550M

**Millón de toneladas métricas húmedas (flujo)*



Descarga del mineral en una de las naves de almacenamiento. Debajo, vista aérea de la nueva terminal.

El proyecto comenzó a ejecutarse en el verano del año 2014 y ha tardado en completarse poco más de 2 años, hasta su definitiva puesta en servicio en noviembre del pasado año. Las nuevas instalaciones, distribuidas en una superficie de 233.000 m^2, tienen capacidad para almacenar alrededor de unas 255.000 toneladas de diferentes tipos de materiales y están diseñadas para procesar más de un millón de toneladas de mineral al año. Entre todas ellas destaca por su tamaño la nave de almacenamiento del sector sur, una estructura de acero galvanizado en caliente con forma abovedada y una superficie aproximada de 14.000 metros cuadrados y 36 m de altura máxima en clave. Unida a ella, en sentido norte, se levanta la segunda nave de almacenamiento, con la mitad capacidad que la anterior Ambas naves están provistas en su interior de tolvas de carga alimentadas por las correspondientes palas cargadoras que conducen los minerales hasta la cinta transportadora que sale del interior de la nave y que, conectada a las torres de transferencia, los depositan en el muelle. Una vez allí, otra cinta automática o 'tripper' alimenta a un cargador de barcos con capacidad para unas 1.500 toneladas/hora.





Cinta transportadora en plena operación de carga de un buque.

Toda esta serie de nuevas instalaciones han sido concebidas, pues, como un auténtico centro logístico, en lugar de como meros depósitos o puntos de almacenamiento previos a su embarque, teniendo lugar en ellos distintos procesos tras su recepción, como el mezclado, clasificación para su comercialización en función de tipologías, muestreo y pesaje de los distintos concentrados de mineral, etc.

Carga y descarga

Para ello la terminal cuenta con un sofisticado y moderno sistema de tratamiento y almacenaje, tanto dentro de las dos grandes naves donde se guarda y mezcla el concentrado de mineral, como a través del complejo circuito de carga en barcos integrado por los correspondientes sistemas de cintas transportadoras y cargador telescópico. Además de ello, las instalaciones se completan con otro circuito que podríamos llamar inverso, destinado a la descarga desde barcos y dotado con modernas grúas de gran capacidad operativa así como de un sistema de cintas transportadoras, cuya máximo rendimiento está en torno a 3.000 toneladas/hora.

A fin de que las operaciones de carga y descarga se desarrollen con las máximas garantías medioambientales, la terminal cuenta con toda una serie de instalaciones para ello, disponiendo, entre otras, de lavaderos de vehículos a la salida de cada almacén y a la salida de la propia terminal, a fin de evitar que durante sus itinerarios por los viales puedan dispersar algún tipo de residuo; se han levantado también galerías que actúan a modo de cápsulas de las cintas transportadoras a fin de evitar derrames y dispersiones de partículas al exte-

Apoyo logístico

El nuevo centro de Huelva es el primero construido por la empresa Impala Terminals en suelo europeo y su objetivo, además de prestar servicios logísticos y de transporte, es incrementar la capacidad de almacenaje y mezcla de concentrado de mineral en Europa occidental. La compañía dispone además de una veintena de sedes operativas en todo el mundo, sobre todo en América y África, con una plantilla total de más de 1.600 empleados. Se estima que la planta onubense generará en total unos 125 nuevos puestos de trabajo directos e indirectos.



Cargador telescópico operando en un buque.

rior, lo que se ha trasladado a la tolva ecológica de descarga de barcos para evitar la dispersión del polvo durante este tipo de operaciones. Todo ello se completa con una planta de tratamiento de aguas que recibe y recupera el agua de los lavaderos de vehículos.

Capacidad

Los almacenes Norte y Sur de la nueva terminal de minerales, los 550 m de longitud del muelle de carga y descarga, junto a los sistemas de cintas transportadoras y el edificio de control de accesos, conforman en la actualidad en el puerto de Huelva una compleja infraestructura dotada con el más moderno equipamiento. La terminal tiene una capacidad total de almacenaje de 240.000 toneladas distribuida en diferentes aéreas. Por término medio, en los primeros meses desde su entrada en servicio, cada día descargan en sus instalaciones entre 100 y 120 camiones, que pasan por un proceso de pesaje y muestreo automático antes de proceder al almacenaje de la mercancía para su posterior mezcla o carga en buques para exportación.



La nueva terminal cuenta con una capacidad total de almacenamiento de 240.000 toneladas y puede operar las 24 horas del día

La terminal puede operar 24 horas al día, 7 días a la semana y su recién expandido muelle privado tiene capacidad para barcos de tamaño *panamax* a lo largo de una línea de atraque de 550 metros.

El puerto de Huelva, gracias a la nueva terminal, una de las más avanzadas en su clase, empieza a consolidarse otra vez como una importante puerta de salida para el concentrado de mineral producido en la faja pirítica. La terminal de Huelva es la más avanzada en su clase para la recepción, almacenaje, mezcla y exportación de concentrado de mineral gracias a su capacidad para manejar incluso más de un millón de toneladas por año.

Varias líneas de investigación buscan reducir el consumo de energía y las emisiones de CO_2 en el ferrocarril

El reto de la eficiencia energética

Javier R. Ventosa.

Mejorar la eficiencia energética del sistema ferroviario es una prioridad para el sector, dado que contribuye a reducir tanto los costes financieros como el impacto medioambiental de esta actividad, base del atractivo del tren como modo de transporte sostenible. Compañías ferroviarias e industria despliegan todo tipo de medidas y desarrollos tecnológicos para afrontar ese reto en la actualidad y en el corto-medio plazo. Un estudio del Área de I+D+i de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles describe las actuaciones y proyectos con mayor impacto en la reducción del consumo de energía y en la sostenibilidad del sistema.



Que el ferrocarril es el modo de transporte más eficiente en términos de consumo de energía y más limpio en cuanto a emisiones de CO_2 a la atmósfera es un hecho incontrovertible. Esta superioridad se fundamenta en ventajas competitivas tales como la velocidad, la alta capacidad, la electrificación y la conexión permanente a la red eléctrica, que, bien conjugadas, hacen del tren un modo atractivo capaz de captar pasajeros y mercancías desde otros modos menos



Renfe/Patier

▶ *El diseño aerodinámico, que ofrece menor resistencia del vehículo al aire, se ha generalizado como medida de ahorro energético. En la imagen, cabeza motriz de un tren S 102 de Renfe.*

eficientes. Algo especialmente perceptible en el tren de alta velocidad, más eficiente y sostenible no solo que el automóvil y el avión, sino incluso que el ferrocarril convencional.

El ferrocarril mantiene este liderazgo desde hace décadas, pero en los últimos años los otros modos de transporte han aplicado avances tecnológicos destinados a mejorar su eficiencia energética y sostenibilidad ambiental que han reducido las distancias. Y estas pueden reducirse aún más como consecuencia del compromiso alcanzado en la Cumbre del Clima (París, diciembre de 2015) para que el mundo camine hacia una economía baja en emisiones de gases de efecto invernadero, que dibuja un futuro no muy lejano de vehículos eléctricos y energías limpias. En ese escenario, el tren puede perder parte de sus actuales ventajas.

No obstante, el ferrocarril tiene potencial para mantener el liderazgo si profundiza en estas ventajas, de acuerdo al estudio *Technologies and potential developments for energy efficiency and CO_2 reductions in rail systems*, elaborado por el Área de I+D+i de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles para la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC). Según este informe, el ferrocarril debe incrementar su eficiencia energética para reducir los costes operativos y propiciar así un modo de transporte público más atractivo, competitivo y rentable, capaz de limitar sus emisiones de CO_2 entre un 20 y un 30% en 2030. Para ello, el estudio detalla las medidas implementadas por las operadoras para elevar la eficiencia energética del sistema, así como los avances tecnológicos enfocados hacia ese fin. Estas medidas abarcan todo el ciclo de vida del proyecto ferroviario y se agrupan en cuatro bloques: diseño de la infraestructura, las instalaciones y el material rodante; tracción; sistemas auxiliares; y gestión inteligente de la energía. Se desgranan a continuación.

El desafío medioambiental del sistema ferroviario es limitar las emisiones de CO_2 a la atmósfera entre un 20 y un 30% para el año 2030



Siemens AG.

.\ Diseño de la infraestructura, las instalaciones y el material rodante

El diseño del trazado es básico para reducir el consumo de energía. Un trazado eficiente es aquel que permite velocidades homogéneas, sin aceleraciones o deceleraciones bruscas, limitando el uso del freno y, por tanto, las pérdidas de energía por la fricción rueda-carril. Como ejemplo de las ventajas de un perfil de velocidades homogéneas se cita la comparativa entre un AVE y un tren convencional en un viaje a 200 km/h, con el mismo kilometraje y paradas: la energía perdida por el primero es un 58% menor que la del segundo. Evitar las restricciones puntuales de velocidad, la existencia de pendientes a la entrada de una estación y las pendientes adaptadas a la velocidad máxima permitida también reducen el consumo y las emisiones de CO_2. Y se puede ahorrar a más velocidad: en 2007, la elevación de la velocidad máxima de 280 a 300 km/h en el tramo Madrid-Camp de Tarragona de la LAV Madrid-Barcelona redujo el consumo de energía un 3% y rebajó el tiempo de viaje.

La arquitectura de los trenes es otra medida de impacto en la eficiencia energética del sistema ferroviario. Desde hace años se ha generalizado el diseño aerodinámico, que reduce la resistencia del vehículo al aire más de un 25% y exige hasta un 15% menos de energía de tracción, con mayor estabilidad, acortando los tiempos de viaje dada la mayor capacidad de aceleración. En el futuro crecerá el uso de estos diseños. Igualmente es efectiva la reducción de la masa del tren (a través del menor peso de los componentes o mediante trenes articulados o de doble piso), lo que disminuye la energía necesaria para superar la resistencia al avance. Ejemplo de ello es el AGV de Alstom (360 km/h), con menos peso y más capacidad, que consume un 15% menos de energía que los TGV existentes a 300 km/h. Como tendencia futura se apuntan los diseños basados en la biónica, que desarrollarán trenes aún más estables y con un menor consumo de energía.

También los materiales con que se fabrica el tren inciden en la eficiencia energética. Habitualmente son aleaciones de aluminio, acero y titanio, aunque la experimentación con composites apunta grandes ventajas: una carrocería a base de composites reduce el peso del vehículo un 20-30%, lo que se traduce en un menor consumo energético para moverlo y en un 5% menos de emisiones de CO_2. Los composites, además, son más versátiles, más resistentes a corrosión y fatiga, reducen los costes de

La arquitectura y los materiales con que se fabrican los trenes son medidas con gran impacto en la eficiencia energética del sistema ferroviario.

Adif



▶ *Arriba, la factura energética de las estaciones se puede reducir regulando climatización e iluminación con sistemas inteligentes. Debajo, paneles solares sobre las instalaciones de FGV en Valencia.*

operación y mantenimiento, y el coste de su ciclo de vida es un 16% más bajo. La industria ferroviaria fabrica hoy componentes estructurales mixtos y Alstom ultima un prototipo de coche multimaterial con partes fabricadas íntegramente en composites.

Otra medida de ahorro en el campo del diseño es la aplicación de la ingeniería mecatrónica (simbiosos de ingenierías mecánica, electrónica, de control e informática) para controlar y guiar el tren de rodaje, como forma de mejorar el rendimiento de las ruedas convencionales, además de propiciar una menor fricción en las curvas (y por tanto, menos necesidad de energía de tracción, menos desgaste y menos mantenimiento) y reducir las vibraciones. Los *bogies* Flexx de Bombardier son un exponente práctico de esta tecnología.

Por otro lado, el estudio afirma que los fabricantes, al diseñar un tren, deben considerar todo su ciclo de vida como forma de ahorrar energía e impulsar la sostenibilidad, especialmente en su fase final, el reciclado. Tres grandes fabricantes reciclan hoy el 95% de los materiales de algunos de sus modelos de trenes y metros.

El empleo de energías renovables (solar, eólica y geotérmica) en instalaciones ferroviarias y trenes es una medida adicional con impacto en el coste energético del ferrocarril, al reducir la energía importada y las emisiones de CO_2, haciendo del tren un modo más verde. Existen experiencias de instalaciones alimentadas por aerogeneradores (estaciones de Llançà y L'Aldea de Adif), paneles solares (talleres de FGV en Valencia y Alicante) y una combinación mixta (subestaciones eléctricas de SNCF en Francia), con notables ahorros energéticos; en India se ensayan paneles solares sobre trenes diésel para su iluminación y ventilación.



Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana

Renfe, Adif y la eficiencia energética

Renfe, la compañía de servicios española que tiene los mayores costes de energía, desarrolla desde hace años políticas destinadas a mejorar la eficiencia energética y medioambiental de su actividad, que inciden a su vez en el ahorro de costes. Su hoja de ruta es el Plan de Sostenibilidad Energética, con objetivos económicos, energéticos y ambientales, así como las medidas para alcanzarlos. Entre ellas figuran la consolidación de la eficiencia energética en la cultura corporativa, el uso preferente de las energías renovables (40% del total en 2014), la incorporación de medidores para reducir el consumo, el impulso a la conducción inteligente, la colaboración con Adif (acuerdo marco por la sostenibilidad y la eficiencia energética) o la innovación tecnológica (proyectos piloto de tracción ferroviaria con gas natural licuado y con hidrógeno).

La estrategia de eficiencia se plasma en resultados relevantes, como refleja el estudio anual de costes externos, ahorro de huella de carbono y ahorro de consumo energético de la operadora, presentado en diciembre por una consultora holandesa. Según este estudio, Renfe transportó 465,2 millones de pasajeros y 20,8 millones de toneladas de mercancías en 2015, que de no viajar en tren habrían generado 348 millones de circulaciones de automóviles, 4 millones de circulaciones de camiones y 104.500 vuelos. Traducido en costes, la actuación de Renfe al captar esos tráficos ahorró a la sociedad 1.703 M€ en términos de sostenibilidad, evitando además la emisión de 3,5 millones de toneladas de CO_2 y el incremento en el consumo energético de más de un millón de toneladas equivalentes de petróleo.

Otro informe presentado en el Congreso Nacional de Medio Ambiente CONAMA 2016 sostiene que el 89% del transporte de Renfe se desarrolla por redes electrificadas y está, por tanto, parcialmente descarbonizado en base al actual mix eléctrico (53% sin emisiones y 33% renovables). Además, desde 1990, la compañía ha reducido su huella de carbono un 56%, hasta situarse en 24,2 gr de CO_2 por unidad transportada.

Adif y Adif Alta Velocidad, gestores de la infraestructura ferroviaria pública, también incorporan la eficiencia energética en su ADN de la mano de los Planes Directores de Ahorro y Eficiencia Energética. Los objetivos del Plan 2014-2020 son la mejora de la eficiencia energética, la implantación de la cultura de eficiencia energética, la contribución al fortalecimiento de la marca mediante iniciativas sostenibles y la ayuda a la consecución de los objetivos nacionales en esta materia. Para ello se implementan tres tipos de medidas: de gestión (gestión de la demanda y de los consumos, concienciación del personal, formación y herramientas para una gestión eficaz), técnicas (nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia y reducir las pérdidas) y la implantación de sistemas de generación de energía renovable. Como objetivo final, se pretende alcanzar un ahorro anual de 56,88 millones de $kWh/_{eq.}$ en 2020 y años sucesivos, lo que supone una significativa reducción de la factura energética, del consumo de energía y de las emisiones de gases de efecto invernadero.



CAF

Sistemas de tracción

Entre los dos sistemas de tracción del ferrocarril más generalizados, el eléctrico es el que aporta mayores ventajas en términos de eficiencia energética y de impacto medioambiental, además de otras (uso de energías renovables y exportación de energía), respecto al diésel. La electrificación de una línea es una de las actuaciones más decisivas en la imagen verde del ferrocarril ya que reduce el uso de locomotoras propulsadas por combustible diésel, disminuyendo drásticamente los costes de energía consumida (50-60%) y las emisiones de CO_2 (19-33%). No obstante, la inversión inicial (subestaciones, catenaria) es elevada. Pese a sus ventajas, la mayor parte de la red ferroviaria mundial no está electrificada: 50% del total en Europa (61% en España, 60% en Alemania, 32% en Reino Unido), 43% en Asia, 18% en África y apenas el 0'50% en Estados Unidos y Canadá. Son porcentajes que reflejan un importante margen de mejora.

Las unidades de tracción eléctrica (arriba, trenes Civity de CAF para el operador de Montenegro) y la electrificación de líneas (debajo, tramo de la LAV Valladolid-Palencia-León) reducen considerablemente los costes energéticos y las emisiones de CO2 del sistema ferroviario.



Renfe-Patile

Adif



▶ *La energía eólica obtenida mediante aerogeneradores alimenta parte de las instalaciones de una estación. En la imagen, aerogenerador de eje vertical en la estación de Llançá (Girona).*

Hoy existen otras alternativas de combustible, en distintas fases de desarrollo, energéticamente más eficientes y sostenibles que el diésel. Como los trenes híbridos (con motores diésel y eléctricos), que aportan mayor versatilidad, reducen el kilometraje recorrido con tracción diésel y ofrecen numerosas ventajas: menos energía importada por el uso del freno regenerativo, más energía exportada por la posibilidad de devolverla a la red, aumento de la energía renovable y reducción de emisiones para trenes de pasajeros (disminuyen cuando la línea está electrificada un 3%) y de mercancías. Exponente de esta tecnología es la transformación de los trenes S 130 a la nueva serie S 730 de Renfe, que prestan el servicio Alvia al norte de España.

Actualmente se ensayan innovadores sistemas de propulsión (hidrógeno, GNL) como alternativa al diésel para líneas no electrificadas

En fase de desarrollo se encuentran los trenes alimentados por celdas de hidrógeno, que generan electricidad a partir de un proceso químico que combina hidrógeno y oxígeno. Se trata de una máquina simple de cero emisiones (solo emite vapor y agua condensada), alta eficiencia energética en la cadena de tracción (50%), recarga rápida, silenciosa, fiable y con un ciclo de vida largo, características que la convierten en una alternativa prometedora al diésel. El prototipo de estos trenes es el Coradia iLint de Alstom, que circulará en Alemania en 2018, aunque en Qingdao (China) funciona ya un tranvía movido por este tipo de tracción.

Más incipiente aún es el tren propulsado por gas natural licuado (GNL), un combustible menos contaminante que el diésel (70% de NOx y 30% de CO_2 menos), más económico y de fácil almacenamiento. También es más silencioso. Algunos estudios auguran que tendrá un papel creciente en las locomotoras de mercancías, con experiencias prácticas ya en Estados Unidos y Rusia. En Asturias, Renfe, Gas Natural Fenosa y Enagás preparan la primera prueba piloto del mundo con un tren de pasajeros propulsado por GNL.

Otras medidas que aumentan la eficiencia energética del ferrocarril, relacionadas con la tracción eléctrica, son el freno regenerativo y la subestación reversible de corriente continua. El primero es un tipo de freno a bordo de trenes eléctricos que, al ser accionado, convierte la energía cinética en eléctrica, permitiendo ser almacenada, usada por otros trenes o devuelta a la red, en vez de disiparse como calor. Es decir, es una fuente de energía renovable que reduce las emisiones de CO_2 y la



Siemens AG

La conducción eficiente es una práctica de los operadores ferroviarios para optimizar el consumo de energía del tren.

energía importada. Su aplicación está muy extendida. La subestación reversible, por su parte, es un tipo de instalación situada junto a una línea férrea y equipada con inversores que recoge hasta el 99% de la energía de frenado de los trenes y la exporta a la red, con notables ahorros de de energía (7-15%) y sin lanzar emisiones contaminantes. Ejemplos españoles de este tecnología son la subestación de La Comba (Málaga) de Adif y las subestaciones del metro de Bilbao.

Sistemas auxiliares

La instalación de sistemas eficientes y dispositivos inteligentes para regular la climatización y la iluminación, tanto en trenes como en estaciones, contribuye asimismo a reducir el consumo de energía. En los trenes, los sistemas auxiliares (altavoces, puertas automáticas, iluminación y, sobre todo, climatización) consumen del 10 al 50% de la energía total, porcentaje rebajable con medidas de bajo coste ya en servicio. Entre estas destacan dos: la gestión inteligente de la climatización mediante sensores de CO_2, que monitorizan la calidad del aire y regulan la temperatura y el aire, con ahorros de energía del 15 al 30%; y el uso de refrigerantes líquidos que rebajan el nivel de ozono. Una simulación de la Universidad de Basilea sobre estas medidas en los ferrocarriles suizos arroja un potencial de ahorro del 40%. En cuanto a los sistemas de iluminación de a bordo, las lámparas Led combinadas con circuitos inteligentes suponen un sustancial ahorro (40-60%) respecto a los tubos fluorescentes. Otras ventajas de esta tecnología, que se está imponiendo como standard, son el bajo mantenimiento, la reducción de costes de su ciclo de vida y que no emite rayos ultravioleta.

En las estaciones y naves ferroviarias, con un consumo de energía mayor, se reproduce la misma situación. En estas instalaciones, donde la climatización es el gran consumidor (68% de la energía total), los sistemas inteligentes pueden gestionar la temperatura más eficientemente y reducir la factura energética, haciéndolas más sostenibles. Entre estos figuran la gestión inteligente de la climatización mediante sensores de CO_2 (regula el aire fresco y reduce los niveles de CO_2, en servicio en el suburbano de Singapur), la gestión automática de la planta de refrigeración (con ahorros del 30%) y la instalación de equipos más eficientes. La gestión inteligente de la iluminación, mediante lámparas Led y sensores de movimiento, contribuye a reducir el consumo hasta un 28%. Y el ahorro con escaleras mecánicas de velocidad regulable puede alcanzar el 30%.

Gestión inteligente de la energía

Las estrategias de gestión de la energía que mueve el material móvil son también decisivas en la optimización del consumo y la sostenibilidad del sistema. Una



La operación de los trenes, compatibilizando horarios y sincronizando llegadas y salidas, es una importante estrategia de ahorro energético. En la imagen, Centro de Regulación y Control de alta velocidad en la estación Madrid-Puerta de Atocha.

práctica extendida es el *eco-driving* o conducción eficiente, es decir, la conducción de trenes con el menor consumo de energía y de emisiones de CO_2, lo que se consigue mediante un aprovechamiento inteligente de la inercia de los trenes, de la energía cinética acumulada y de la orografía del terreno, con lo que se logra que el tren circule sin consumir energía durante parte del recorrido.Con este tipo de conducción, ensayada en simuladores, las reducciones en el consumo energético pueden ser del 8 al 22%. Por otro lado, diversos fabricantes europeos han desarrollado el *software* Sistema de Ayuda a la Conducción (DAS, en su acrónimo inglés), que, combinando datos del estado del tren y de la línea, indica la estrategia óptima de conducción, llegando a la estación a tiempo. Además, reduce el coste de energía y de emisiones hasta un 20%.

La introducción de sistemas de almacenamiento de la energía de frenado a bordo de trenes es igualmente una interesante fuente de eficiencia energética, particularmente en el transporte urbano (tranvías, trenes-tram). Desde la pasada década proliferan en Europa y Japón tecnologías a base de volantes de inercia, supercapacitadores o baterías que permiten la circulación autónoma de vehículos por tramos sin catenaria, con importantes ahorros de energía (15-30%) y de picos de potencia. El sistema ACR de la empresa CAF, con supercapacitadores que recargan el vehículo en las paradas, es un ejemplo de esta tendencia.

Finalmente, la propia operación de los trenes se configura como otra estrategia de ahorro. Esto se consigue, por ejemplo, mediante la compatibilidad de horarios de los trenes, combinando las ventajas del freno regenerativo con la sincronización de las salidas y llegadas de trenes a la misma estación, para evitar picos de potencia y aprovechar la energía de frenado de los trenes que llegan para alimentar a los que salen. Con esta estrategia se consiguen ahorros de energía del 5-30%. Otra práctica es la conexión del *software* DAS con el Centro de Tráfico de Control (CTC), lo que ajusta la estrategia de conducción para ahorrar energía y elevar la puntualidad. Los trenes daneses la aplican con buenos resltados desde 2012. Una tercera práctica es la integración de todas las medidas de gestión de energía en una red inteligente eléctrica que controla el sistema, como propone el proyecto comunitario Merlin (con estimaciones de ahorro del consumo del 10%) o ensaya la compañía nipona JR-East. El incremento de la carga también incide en la eficiencia energética: la reducción en el consumo específico de energía (kWh/plaza.km) puede variar del 14 al 17% dependiendo del tipo de tren (longitud del convoy, anchura de coches, doble piso). Por último, el empleo de dispositivos para monitorizar todos los sistemas del tren ayuda a evaluar su comportamiento y reducir el consumo de energía, como demostró FGV en una prueba realizada en 2014. ▮



Restauración de la estación de ferrocarril de Toledo

Artesanía de vanguardia

Texto: Begoña Olabarrieta. Fotos: Gema Lanzas (Ineco)

Cien años después de su finalización, en 1917, la emblemática estación neomudéjar de Toledo ha sido sometida con éxito a una profunda reparación y restauración que le devuelven todo su esplendor. Unos trabajos que han combinado el saber artesanal con la investigación y el desarrollo de soluciones que la preparan para otros muchos años de idas y venidas de viajeros que llegan por tren a una de las ciudades más visitadas de España.



Hablar de Toledo es hablar de millones de viajeros que, año a año, llegan de todo el mundo para visitar su conjunto histórico y monumental. Lejos quedan aquellas seis horas en carro que la separaban de la capital, Madrid, en pleno siglo XIX. Hoy ese trayecto se realiza en menos de 30 minutos gracias a la Alta Velocidad que arriba a una de las estaciones más singulares de la geografía española y que, por sí misma, es un exponente de la mezcla de culturas y del desarrollo de las artes toledanas. Un edificio de estilo neomudéjar, declarado Bien de Interés Cultural en 1991, que gracias a los últimos trabajos de reparación vuelve a mostrarse a los ojos de viajeros y visitantes con el mismo esplendor que hace 100 años, cuando terminó su construcción.



Vista de la cubierta antes, durante y tras la restauración.





La intervención, finalizada en el verano de 2016, no es la primera obra de remodelación a la que se somete el edificio. Adif ya llevó a cabo, también con la colaboración de Ineco como lo ha hecho en esta ocasión, una puesta al día, que concluyó en 2005, para recibir a la, tan ansiada, Alta Velocidad.

Pero 10 años más tarde, en 2015, los problemas estructurales y la necesidad de restaurar y arreglar algunos de sus elementos arquitectónicos y decorativos más importantes volvieron a hacer necesaria una nueva obra. Más que una reparación, podemos decir que la reciente actuación en la estación de Toledo ha sido una autentica restauración de vanguardia artesanal.

Problemas estructurales

Cien años no pasan en balde y el deterioro de los materiales y las incidencias climáticas se empezaron a dejar sentir en la estación creando problemas en su estructura. Una rotura de canalizaciones afectó a la parte inferior del edificio, a lo que se sumó el mal estado de la cubierta. Los muros de fachada también presentaban diversos daños, debido igualmente a la mencionada rotura.

Para solucionarlo se sustituyeron por completo todas las canalizaciones, planteando la sustitución de las bajantes de fibrocemento por bajantes de zinc, así como la red horizontal enterrada de aguas, instalando arquetas registrables a pie de cada bajante y en todos los encuentros.

Parte de los daños estructurales eran consecuencia del mal estado de la cubierta, al existir entradas de agua por la colmatación de las bajantes que producían el desbordamiento de las aguas de lluvia hacia el interior deteriorando los muros de fachada. Se hizo necesaria entonces su renovación, aprovechando para ello la misma teja antigua existente, al tiempo que se instalaron nuevos canalones de zinc colocando rebosaderos para que



Una estación para los nuevos tiempos

1914 fue un año decisivo para Toledo. Se conmemoraba el III Centenario de la muerte del Greco y la familia real se dejaba caer por ahí cada vez más frecuentemente para enseñar las grandezas de su patrimonio a los dignatarios extranjeros. El turismo empezaba a ser una incipiente promesa y la ciudad necesitaba una estación de ferrocarril a la altura, condición que la anterior, construida a finales del siglo anterior, no parecía reunir.

El encargo se realizó a la Compañía de los Ferrocarriles de Madrid a Zaragoza y Alicante (MZA) y a uno de sus más destacados arquitectos, Narciso Clavería, marqués de Manila. El resultado, no exento de polémica dado que en aquel entonces se llevaba más la estética industrial que la historicista para este tipo de infraestructuras, fue un edificio de estilo neomudéjar.

No se escatimó en contratar a los mejores artesanos, los detalles de forja se encargaron al rejero Julio Pascual, y los característicos pináculos y otros elementos cerámicos a Ángel Pedraza. Curiosamente, fue un arquitecto francés, E. Hourdille, el encargado de recrear en este edificio esa mezcla tan española de culturas.

Finalmente, cuando concluyeron las obras en 1917, la estación era un conjunto que albergaba, al más puro estilo neomudéjar, un edificio de viajeros de una sola planta con cinco arcos de herradura apuntados como puertas de entrada, un vestíbulo con unas taquillas hechas con un forjado único y paredes revestidas, en su parte inferior, por mosaicos de azulejos.

Aparte de sus pináculos y otros elementos decorativos, hay dos curiosidades a mencionar en esta estación. La primera, la torre del reloj en el extremo izquierdo de la construcción, algo poco habitual en este tipo de construcciones y más propio de iglesias de estilo mudéjar o de edificios principales. El segundo, su actual capilla, en la que aún se ofician misas, y que en origen fue el despacho provisional del monarca Alfonso XIII en sus visitas a Toledo.

en caso de colmatación el agua salga directamente al exterior sin filtrarse hacia el interior de los muros de fachada.

Además, las grietas se cosieron mediante varillas de fibra de vidrio, restaurando posteriormente su acabado con materiales acorde con los elementos originales. Nuevos materiales para acabados artesanales.

.\ Artesanía I+D+i

Uno de los sellos de identidad de la estación neomudéjar de Toledo son los pináculos que confieren una especial singularidad a sus fachadas. Unas piezas de crestería –castilletes de color verde y blanco– situadas en la parte alta del edificio que se encontraban muy deterioradas. Se hacía necesario sustituirlas, no sólo por la estética del conjunto, sino también por el riesgo de desprendimiento.

Hechas de una evolvente en cerámica esmaltada con el interior relleno por mortero de escoria y sujetas al muro a través de un redondo de hierro de 20 mm de diámetro, su deterioro se debía al aumento de volumen de los redondos de conexión por la expansión del material con la oxidación, y a la expansión del mortero de escoria por los fuertes cambios de temperatura.

Toledo registra importantes cambios térmicos entre el día y la noche, en especial en otoño y primavera, que si bien no afectaban a la envolvente de material cerámico, si alteraban la escoria interior cuya dilatación hacía reventar la envoltura exterior.



Recuperar estas piezas únicas ha sido un novedoso proyecto de I+D+i. Para encontrar la solución, un ceramista toledano experto en restauración de patrimonio recogió el testigo del autor original que realizó estas piezas hace un siglo, Ángel Pedraza.

Analizando el origen del problema, se descubrió que era necesario sustituir la conexión metálica que se expandía con la corrosión por otra basada en varillas de fibra de vidrio, y eliminar la mezcla de materiales, haciendo toda la crestería de un solo material cerámico.

El resultado final tuvo su complicación. En un principio, con la intención de mantener la idea original de cuerpo macizo, se hicieron pruebas de pieza completa en cerámica, pero era tal la masa que estallaba en el interior del horno al cocerlas. Finalmente, y mediante un sistema de artesano de ensayo- error, se llegó a una pieza hueca en su parte posterior utilizando los mismos materiales, colores y esmaltes que las piezas originales, pero sin la escoria. Al igual que hace un siglo no se producían dos piezas iguales, cada una también hoy tiene la mano diferenciadora de su creador.

El resto de elementos decorativos de la fachada, piezas curvas cerámicas vitrificadas de colores azules y marrones, así como tejas de pequeño tamaño situadas en el alero, también fueron restaurados por expertos utilizando materiales tradicionales y tecnologías de última generación.

Los trabajos de restauración comprendieron la sustitución de canalizaciones y bajantes.



Torre del reloj y cresterías cerámicas ya restauradas.

La intervención

- *Reparación de la cubierta del edificio de viajeros:*
- *Producción artesanal y sustitución de tejas tipo árabe, tejas vidriadas de color y piezas cerámicas en la crestería.*
- *Sustitución de canalones, sumideros y bajantes.*
- *Reparación de la red de saneamiento de pluviales que conecta las bajantes con el colector ubicado bajo el andén principal.*
- *Acondicionamiento del cuerpo lateral izquierdo del edificio-primera planta y planta baja:*
- *Saneamiento de la tabiquería y paramentos con eliminación de humedades.*
- *Reparación de la carpintería exterior para estanqueidad de los huecos en fachada.*
- *Restauración general de la torre:*
- *Retirada de biodepósitos originados por la entrada de aves.*
- *Saneamiento de cara interior de los paramentos de fachada y de techos.*
- *Reparación de carpintería.*
- *Sustitución de vidrios rotos para evitar la entrada de aves.*

Fachadas:

- *Cosido de grietas y eliminación de eflorescencias.*
- *Restauración de las vidrieras del cuerpo lateral del edificio.*

Carpinterías

La tercera de las intervenciones fue la restauración de las carpinterías exteriores, constituidas por vidrios emplomados, dañadas en parte y con los perfiles de plomo que las unían fracturados.

De nuevo se buscó una persona con experiencia y que todavía conociera a fondo las técnicas de restauración de vidrieras en plomo, y en su taller se procedió a la sustitución de algunos elementos deteriorados y, en algunos casos, a la totalidad de la ventana cuando el emplomado no era recuperable. Cercos, carpinterías y fraileros de madera se restauraron igualmente, devolviéndoles el color original, pero tratados con productos de conservación de última generación.

Por último, y en otro proyecto independiente, adjudicado en julio, Adif completó toda la intervención con la restauración de las grandes farolas de forja de la estación, que se han impermeabilizado y reparado, además de renovar el sistema de alumbrado con tecnología LED.



Grupo de pasajeros del DC-4 en la escala de Villa Cisneros.

70 años del primer vuelo comercial Madrid-Buenos Aires

Volando a las américas

Marián Campra Gª de Viguera. Fotos: AG Iberia

En el año 1946, un avión de cuatro hélices despegó desde Madrid rumbo a Buenos Aires. El vuelo, a baja altura durante una parte de su trayectoria para sortear las tormentas del Atlántico y, a unos 450 kilómetros por hora de velocidad media, alcanzó su destino finalmente después de 36 horas de viaje y 3 escalas. Más que un vuelo comercial, fue una aventura aérea que supuso el establecimiento por primera vez de los itinerarios regulares entre Europa y Sudamérica, después de la II Guerra Mundial.



▶ *Vista exterior y de la cabina del DC-4.*



Por aquel entonces, la travesía en barco de un continente a otro podía durar incluso más de un mes, dependiendo de los temporales. Pero antes de llegar a la histórica fecha del 22 de septiembre de 1946, para la aviación comercial española y mundial, es necesario recordar otros hitos de la aeronáutica militar de nuestro país que abrieron ese nuevo camino. Y buena parte de ellos tuvieron su origen en tierras andaluzas, como el del hidroavión *Plus Ultra* en 1926, que partió de Palos de la Frontera, en Huelva, y terminó su viaje en Buenos Aires, siendo el primer vuelo que cruzó el Atlántico Sur con una sola aeronave. Un año después, en 1927, Lindberg cruzó el Atlántico Norte con su *Spìrit of Saint Louis*. Y en 1929 los gigantescos y míticos dirigibles *zeppelin* comenzaron sus vuelos alrededor del orbe, en ocasiones con escalas en Madrid y Sevilla. Luego, cuatro años más tarde, en 1933, Barberán, Collar e Ilarduya, a bordo del *Cuatro Vientos* y partiendo del aeródromo de Tablada, protagonizarían un legendario y trágico vuelo para unir Sevilla con La Habana y México. Estos fueron algunos de los primeros viajes aéreos entre Europa y América. Tan sólo habría que esperar algo más de una década, ya tras la II Guerra Mundial, para que España volviera a ocupar un lugar de honor en la historia de la aviación.



El Douglas DC-4 en vuelo.

Así, la primera ruta comercial entre Europa y Sudamérica, en este caso entre Madrid y Buenos Aires, llega tan solo unos años después, en 1946, de la mano de Iberia-Vuelo, compañía surgida en 1928 para crear el primer puente aéreo entre Barcelona y Madrid y que, al término de la Guerra Civil, en 1939, había ampliado sus rutas con el viaje entre Madrid y Lisboa.

Luego, solo 6 años después, Iberia daba un gran salto con su primer vuelo transoceánico: el día 22 de septiembre de 1946 despegó un avión cuatrimotor DC-4 de Iberia desde Madrid con destino a Buenos Aires. Aquella histórica aeronave, tripulada por los mejores pilotos de Iberia entonces, los comandantes Ansaldo, Pombo y Martínez Gallardo, acompañados por el navegante Indalecio Rego, el radiotelegrafista Segundo Hernández y el mecánico Alejandro Aragón, tenía capacidad para 44 pasajeros y una autonomía de vuelo de más de 6.000 kilómetros. Después de 36 horas de viaje y diversas escalas, el avión aterrizó en el aeropuerto de Morón de la capital argentina. Antes hubo de realizar algunas escalas técnicas en Villa Cisneros, en el entonces Sáhara español, así como en Natal y Río de Janeiro en Brasil, si bien esta última resultó imprevista pues el vuelo fue desviado hasta allí para solventar los trámites burocráticos con las autoridades brasileñas que ni siquiera fueron iniciados desde España antes de partir. Iberia se convertía de esta forma en la primera compañía comercial europea que unía el viejo continente y Sudamérica tras la II Guerra Mundial. La ruta comercial Madrid-Buenos Aires estaba así definitivamente abierta y se ponía en marcha tan solo unos días después, el 15 de octubre, fecha a partir de la que ya se establecieron los vuelos regulares, en principio solo con un vuelo cada diez días y con una parada adicional en Montevideo, por petición expresa de las autoridades uruguayas. El éxito de la ruta no se hizo esperar y muy pronto se pasó a un vuelo cada semana. Un paso decisivo que permitiría a Iberia, ocho años después, el 3 de agosto de 1954, lanzar su primer vuelo entre Madrid y Nueva York, justamente en el mismo día que Cristóbal partió del puerto de Palos y llegó a América.



Ruta aérea actual Madrid – Buenos Aires

Iberia inició en el año 1946 una ruta comercial que ha ido ampliando hasta los actuales dos vuelos por día con Buenos Aires y otras 250 conexiones con ciudades latinoamericanas de 16 países. El vuelo a la capital argentina se hace en la actualidad en 12 horas, frente a las 36 iniciales, que tenía 3 escalas: Villa Cisneros, Natal y Montevideo.

Vuelo hoy sin escalas donde se sobrevuela: Madrid–Cáceres–Porto Santo (Madeira)–Fortaleza (atraviesa Brasil dejando Belo Horizonte, Sao Paulo y Curitiba a la izquierda)–Durazno (Uruguay)–Buenos Aires.



Airbus A330-200 conmemorativo "Buenos Aires", estacionado en el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas.

El viaje

Aquellos primeros vuelos eran toda una experiencia y no sólo por su larga duración de 36 horas, incluidas las escalas, con una noche en el parador de Villa Cisneros, construido expresamente para que los viajeros pudieran pernoctar en el vuelo de regreso. Cruzar el Atlántico en aquellos Douglas DC-4 fogueados en la II Guerra Mundial constituía toda una aventura no exenta de ciertos riesgos, lo que obligaba a tomar todo tipo de precauciones. Entre ellas y como curiosidad, por ejemplo, se calculaba al detalle el peso de todo lo que viajaba en el avión: equipaje facturado, de mano, e incluso el de los propios pasajeros. Algunos de los cuales, al aterrizar y contar sus impresiones, no pudieron por menos que recordar los momentos de angustia vividos al sortear las tormentas en el Atlántico con el avión volando a baja altura. Así lo evocaba también muy recientemente el único niño que voló en aquel vuelo inaugural, Francisco Botas. Por entonces era un niño coruñés de 6 años y viajaba con su madre para conocer a sus familiares argentinos. Recuerda que una azafata le acompañó durante todo el vuelo y le regaló un cochecillo; tam-





bién que cuando el avión entró en una zona de turbulencias lo llevaron a la parte de atrás donde le enseñaron unas estrellas en unos mapas para entretenerle. Pudo visitar la cabina y estuvo cerca de los mandos con el comandante, aunque lo que más le impresionó fue que durante la escala en el Sáhara español comieron en casa del Gobernador de Villa Cisneros, y en ella vio por primera vez dos leopardos vivos.

El salto de África a América, desde Villa Cisneros a Natal, la primera escala en Brasil, lo que era propiamente cruzar el charco, tomaba en total unas trece horas. A bordo del avión de cuatro hélices, la atención a los pasajeros corría a cargo de las primeras azafatas –Encarnación Ruiz de Gámiz, Pilar Macías, María José Ugarte y Ana Marsans–, que efectuaban tan largo viaje con escalas, y el nombre para designarlas fue objeto incluso de debate: aeroviarias, aeromozas, mayordomas o provisadoras, fueron algunas de las otras opciones que se barajaron.

La ruta entre Madrid y Buenos Aires supuso un importante cambio organizativo en la tripulación de los vuelos de Iberia, incorporándose, además de las mencionadas, la figura del navegante, cuyas tareas eran, entre otras, tomar las alturas astronómicas desde la cúpula de cristal del DC-4 con el fin de calcular la situación geográfica del avión.

Por su parte, el servicio de *catering* a bordo de esos primeros vuelos de larga duración entre Madrid y Buenos Aires incluía desde pollo frito, tortilla española, huevos duros y hasta algún bombón servido en su correspondiente caja de cartón; la bebida era gratis. El precio del billete de avión entre Madrid y Buenos Aires en el año 1946 era de 7.250 pesetas, un importe que no estaba por entonces al alcance de cualquiera.

Tareas de mantenimiento mecánico del DC-4 y cabina del radiotelegrafista a bordo.

Crece la competencia

La demanda de vuelos trasatlánticos se hizo pronto enorme y a Iberia le surgieron casi de inmediato nuevos

DATOS TÉCNICOS DOUGLAS DC-4 SKYMASTER

Periodo de utilización	1946-1968
Propulsión	4 motores Pratt & Withney R-2000 Twin Wasp
Alcance	6.800 km
Longitud	28,80 metros
Envergadura	35,82 metros
Velocidad Máxima	450 km/h
Butacas	44-60



▶ *La tripulación del DC-4 recibe a los pasajeros. Debajo, carga del* catering *en la bodega.*

competidores, sobre todo por la gran cantidad de emigrantes españoles en Argentina. Así, en muy poco tiempo se sumaron otras compañías aéreas con rutas muy similares: primero se unió la holandesa KLM, después la Flota Aérea Mercante Argentina (FAMA, antecesora de Aerolíneas), a las que se añadirían en breve hasta 3 aerolíneas más: la British South American Corporation, Air France y Panair do Brasil. Esta mayor oferta de vuelos entre Europa y América fue desplazando poco a poco a los barcos transatlánticos, que hasta entonces eran el único medio de transporte utilizado por los viajeros entre Europa y Sudamérica y que suponían afrontar unos tortuosos viajes de más de un mes, con los temibles y a menudo inevitables temporales en mitad del océano.



Vuelo conmemorativo

Con motivo del 70 aniversario de aquel primer vuelo entre Madrid y Sudamérica, un Airbus A330-200 fletado ex profeso para la ocasión recordaba la efemérides y en la librea de esta aeronave podían verse las banderas de los 16 países de América Latina a donde vuela Iberia hoy. El avión conmemorativo cubrió la ruta Madrid-Buenos Aires el pasado 22 de septiembre en poco menos de 12 horas y, a la llegada al aeropuerto de Ezeiza, fue recibido por autoridades del país. Para celebrar sus 70 años volando a América Latina, la compañía ha grabado en su avión "Buenos Aires" las banderas de los 16 países de la región adonde efectúa vuelos directos: México, Puerto Rico, República Dominicana, Cuba, Guatemala, Costa Rica, El Salvador, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela, Brasil, Argentina, Chile y Uruguay. ▮

150 aniversario del ferrocarril Ciudad Real-Badajoz

Un tren muy disputado



Gonzalo Rubio

Julia Sola Landero. Fotos: Fundación de los Ferrocarriles Españoles

Un accidentado acto inaugural presidido por la Reina Isabel II y celebrado los días 10 y 12 de diciembre de 1866, abrió oficialmente un ferrocarril estratégico para el transporte nacional: la línea Ciudad Real-Badajoz, que unía el centro peninsular con Lisboa. Desde entonces han transcurrido 150 años y, para celebrar el aniversario, el tren histórico Prestige –una joya ferroviaria formada por coches restaurante que guarda el Museo del Ferrocarril de Madrid– ha realizado durante el mes de diciembre, un itinerario conmemorativo organizado en siete viajes desde Madrid hacia Extremadura.



El tren Prestige durante uno de sus viajes conmemorativos.

El proyecto de esta línea comenzó a gestarse a mediados del siglo XIX, época de fervor ferroviario en la que toda Europa pugnaba por llevar el tren a lo largo y ancho de su territorio. Desde muy pronto, Extremadura se sumó a aquel afán que también cundía en el resto de España. El objetivo era modernizar las comunicaciones terrestres existentes en la región –un conjunto de caminos carreteros por donde circulaban lentísimas diligencias–, y conseguir el enorme impulso económico que llevaba el tren a las regiones por donde pasaba.

Extremadura quería ser el gozne que uniera el noroeste peninsular con los puertos andaluces y que conectara Madrid con Portugal. Para ello, era preciso establecer dos trazados ferroviarios: uno que discurriera de norte a sur a lo largo de la frontera portuguesa para conectar el noroeste peninsular con los puertos de Sevilla, Cádiz y Huelva; y otro de este a oeste, dado que era una prioridad nacional unir Madrid con Lisboa. Estábamos, por tanto, ante una estrategia de nación que trascendía los intereses de la región extremeña: la de completar las conexiones entre Madrid, Castilla-La Mancha, Andalucía, Castilla-León y Portugal.

Polémica

La batalla, sin embargo, se producirá en Extremadura, y tanto Cáceres como Badajoz librarán una guerra de intereses para que el trazado pase por sus respectivas provincias. Había que decidir entre un ferrocarril del Tajo o un ferrocarril del Guadiana. Tras unos años durante los que se barajaron distintas alternativas, ganó la propuesta de alcanzar Badajoz a través del valle del Guadiana, frente al trazado –más corto– que defendían los diputados por Cáceres y que hubiera discurrido por el valle del Tajo atravesando tierras de esa provincia.

El asunto provocó una agria polémica entre representantes de ambas provincias, pero sea como fuere, ganó la alternativa pacense y en 1855 España y Portugal firmaron un acuerdo por el que el país vecino construiría la línea entre Lisboa y la ciudad fronteriza de Elvas, mientras que España la continuaría hasta Ciudad



Locomotora de la serie 030-2350 de la antigua MZA en la estación de Mérida. Debajo, Talgo III en los andenes de la estación emeritense.



Gonzalo Rubio

Gonzalo Rubio



▶ *Locomotora de la serie 319 impulsando los cuatro vagones restaurante del tren conmemorativo. Debajo, llegada del tren real a la estación de Badajoz en 1866.*

Real, donde enlazaría con Madrid. Cinco años después, el 19 de marzo de 1860, se puso la primera piedra de la estación de Badajoz –primera estación de trenes construida en Extremadura–. Sin embargo, la primera locomotora a vapor que vio llegar la flamante estación vino no de tierras manchegas, sino de tierras lusas. Día señalado, sin duda, aquel 28 de junio de 1863 en el que los habitantes de Badajoz celebraron la llegada del enorme artefacto que anunciaba una nueva era.



La encargada de construir el tramo español que ahora celebra aniversario fue la Compañía de los Caminos de Hierro de Ciudad Real a Badajoz (C.R.B.), constituida mayoritariamente con capital francés en 1861 y adjudicataria de la concesión de la línea, otorgada en diciembre de 1859.

El trazado elegido –337 kilómetros con 52 estaciones–, llegaría hasta Portugal a través de Badajoz y, por el lado de Ciudad Real, enlazaría con ferrocarriles de la compañía Madrid-Zaragoza-Alicante (M.Z.A.) que lo unirían con Madrid.

Su ejecución se desarrolló en dos tramos: Ciudad Real-Mérida y Mérida-Badajoz, ambos con un plazo de ejecución de cinco años. Las obras comenzaron en 1861 y, gracias a la suave topografía del recorrido, el avance de los trabajos fue rápido. El 21 de agosto de 1865 entraba en servicio el tramo Mérida-Magacela; el 17 de marzo de 1866, Magacela-Castuera, y el 30 de julio, Castuera-Almorchón, que ya estaba unido con Ciudad Real a través de Veredas y Puertollano. La línea completa se puso en servicio el 23 de noviembre de 1866 ante la presencia de una nutrida representación gubernamental. Sin embargo, la inauguración oficial –un viaje de Estado de gran gala– presidido por la Reina Isabel II, llegaría tres semanas después.

Gonzalo Rubio



Estación de Almorchón.

Mal comienzo

El viaje inaugural de la anhelada línea empezó con mal pie. La expedición, que seguiría después viaje a Lisboa, se prolongaría dos días con la idea de que el séquito real, encabezado por el presidente del gobierno, general Narváez, pudiera realizar paradas intermedias y saludar a los ciudadanos que se agolpaban en las estaciones al paso del tren.

Pero la jubilosa celebración que se preveía no fue tal. El tren salió de Madrid la noche del 10 de diciembre de 1866. A las puertas del invierno y en la gélida madrugada del 11 de diciembre, probablemente la densa niebla que rodeaba a la estación de Daimiel, provocó que la máquina exploradora de la expedición entrara en la estación sin detenerse y atropellara a la muchedumbre que se agolpaba para ver a la real comitiva. El accidente provocó cinco muertos, decenas de heridos y una enorme consternación en toda España.

Tras el inevitable desconcierto, la comitiva real continuó su ruta al día siguiente y arribó a Badajoz la tarde del día 12 de diciembre. La llegada no pudo ser más celebrada: 21 cañonazos, jubiloso repique de todas las campanas de la ciudad, calles engalanadas con arcos de romero y farolillos, y una muchedumbre entusiasta

Gonzalo Rubio



Composición de cercanías en la estación de Badajoz.

Viaje al pasado

El Tren Prestige, guardado en el Museo del Ferrocarril de Madrid, conserva su decoración original de los años 20, pero tras su rehabilitación, también puede atender a viajeros del siglo XXI sin merma de su confort. Perteneciente a la Fundación de Ferrocarriles Españoles desde que en 1999 Renfe le cediera la subserie de vagones completa, el Museo lo gestiona y comercializa para realizar viajes turísticos por distintas comunidades autónomas.

Con capacidad para 184 pasajeros, el Prestige está formado por cinco lujosos coches-restaurante fabricados en Inglaterra, Francia y España para la mítica Compagnie Internationale des Wagons-Lits (CIWL) entre 1926 y 1930.

Fue en 1988, después de que dejaran de circular, cuando Renfe compró a la CIWL los cinco coches restaurante con la intención de adaptarlos para componer un tren de época destinado a viajes chárter de lujo. La adaptación de aquellos primitivos coches se realizó en 1991 en los propios talleres de la CIWL en Irún. Junto con su rehabilitación, se modernizaron sus instalaciones –electricidad, climatización, megafonía– para mejorar sus prestaciones y su comodidad, pero conservando el encanto de su inconfundible decoración de los años veinte. Una laboriosa intervención que obligó al desmontaje del interior de los coches y con la que se instaló en cada uno de ellos una cocina totalmente equipada.

Estos son los cinco coches que componen el Prestige:

- ***El numerado como WR 3566**, construido en 1930 por la Sociedad Española de Construcción Naval en los astilleros del Nervión, con sede en Sestao. Este modelo forma parte de una serie de coches-cama y restaurante diseñados expresamente para circular por la sinuosa orografía española, por lo que se construyeron algo más cortos. Con capacidad para 36 plazas distribuidas en dos salones, su interior está decorado con maderas nobles y motivos florales art decó. Dejó de circular en los primeros años de la década de los ochenta.*
- ***El numerado como WP 4067**, fabricado en 1926 por la empresa The Leeds Forge Co. Ltd. en la ciudad británica de Leeds, pertenece a los coches-salón Pullman que daban servicio a los trenes de lujo diurnos de la CIWL en las líneas Calais Vichy, Milán Cannes y Milán Venecia, cuyo auge comenzó a declinar a partir de la crisis de 1929. En 1937 comenzó su transformación en coches restaurante con 41 plazas., y en 1964 cuatro de ellos comenzaron a circular en España dando servicio a varios trenes expresos, también hasta los años ochenta.*
- ***El numerado como WR 3580**, salió de la fábrica de la compañía francesa Entreprises Industrielles Charentaises, en Aytré (La Rochelle). Primero con sus 42 plazas originales distribuidas en dos salones y después con 24 plazas, tras el desmontaje de uno de los salones y su transformación en barra de bar, prestó servicio en RENFE hasta 1982.*
- ***El numerado como WP 2746**, fue construido en 1926 en la ciudad francesa de Lunéville por la Société Lorraine des Anciens Etablissements de Dietrich. Concebido también para dar servicio al tren de Lujo Sud Expresso, que circulaba en España de noche y hacía el trayecto francés entre Hendaya y París de día, también sucumbió a la decadencia que trajo la crisis de 1929. Su segunda oportunidad tuvo lugar en España entre 1949 y 1953, cuando fueron transformados en coches restaurante con una capacidad para 52 plazas, luciendo también una elegante decoración art decó. Fueron retirados paulatinamente del servicio entre 1976 y 1977.*

Para conmemorar el 150 aniversario de la línea Ciudad Real-Badajoz, además de los actos organizados por la Asociación Extremeña de Amigos del Ferrocarril, que han incluido exposiciones, publicaciones, seminarios, cine, viajes y visitas, el Prestige, junto con el coche salón Renfe ZZ1102 –procedente de la transformación de un Pullman de 1928, ha salido de su apacible estancia museística para realizar varios viajes especiales– entre el 2 y el 8 de diciembre pasado –por Castilla-la Mancha y Extremadura-Cáceres, Mérida, Plasencia, Badajoz, Monfragüe, etc.–. De carácter gastronómico y turístico, en sus vagones, además de vivir un paseo nostálgico por los ya remotos años veinte, los viajeros pudieron realizar degustaciones y visitas guiadas a instalaciones ferroviarias.

Gonzalo Rubio



▶ *Tren de la serie 594 reformado en la estación de Mérida. Debajo, la antigua estación de Ciudad Real engalanada para el viaje de Isabel II.*



que aclamó a la reina y a su real familia, tanto en la flamante estación de tren como en el trayecto hasta el palacio del Ayuntamiento, desde donde realizaría una visita a la capital pacense antes de continuar viaje hacia Lisboa.

> En 1969 los trenes con destino a Badajoz dejaron de salir de la estación de Delicias y lo hicieron desde la de Madrid-Atocha

Días después, la línea operaba con normalidad y el servicio de trenes comenzó a funcionar con dos trayectos diarios: un tren correo que salía de Badajoz a las 5 de la mañana y llegaba a Ciudad Real nueve horas después; y un tren ómnibus que partía a las 8 horas y llegaba a Ciudad Real a las 20 horas. En sentido inverso llegaban a Badajoz desde Ciudad Real sendos trenes a las 15 y a las 20 horas.

Pero las dificultades económicas no tardaron en aparecer, dado que el escaso tráfico que generaba la línea distaba mucho de compensar los costes que su construcción generó a la C.R.B., compañía pequeña y de vida corta. A pesar de sus estrecheces, o precisamente como remedio para remontar económicamente, la compañía construyó en 1868 un estratégico ramal entre la localidad pacense de Almorchón y la cordobesa de Bélmez, a donde llegaba otra línea procedente de Córdoba, lo que abría el paso hacia Andalucía. Sin embargo, este nuevo servicio no sólo no aumentó los beneficios de la compañía, sino que supuso un nuevo lastre en su cuenta de resultados, que la llevó a la suspensión de pagos.

Pasada la década más cruda de su crisis económica y con el objetivo de controlar el viaje directo entre Madrid y Badajoz-Portugal, la compañía obtuvo en 1876 la concesión de un ramal de 170 kilómetros hasta Madrid independiente del tramo Madrid-Manzanares-Ciudad Real gestionado por la compañía M.Z.A., que pasando por la localidad alcarreña de Malagón, la toledana de Mora y muy cerca de Toledo, acortaba la distancia entre Lisboa y Madrid en casi 100 kilómetros (de 882 a 789 km).

Las obras del nuevo tramo, con viaductos que salvan los ríos Manzanares, Algodor y Guadiana a su paso por la provincia de ciudad Real, se hicieron con tanta rapidez que terminaron en 1879, 14 meses después de haberse iniciado.

Ese mismo año la compañía realizó la ampliación del apeadero que tenía en Madrid en la estación de Delicias. Señal inequívoca de que las mayores dificultades económicas de la compañía ya se habían superado. Sin embargo, los contactos con la compañía M.Z.A para repartir el tráfico hacia Badajoz y Portugal, finalmente desembocaron en la absorción de C.R.B. por parte de M.Z.A.

Decadencia

Nunca los tiempos fueron demasiado buenos para la línea. Pero ésta entró en franca decadencia a partir de la década de 1940, sobre todo en lo referente al transporte de viajeros, a partir de la entrada en servicio, en julio de 1943, del Lusitania Expreso entre Madrid y Lisboa, tren-hotel de lujo que estuvo en servicio hasta 1995, año en que el servicio comenzó a prestarse por el Tren Hotel Lusitania, que aún hoy viaja de noche hasta la capital lusa desde la estación Madrid-Chamartín.

En 1969 salió, desde Madrid-Delicias, el último tren de viajeros hacia Badajoz: un expreso arrastrado por una de las legendarias locomotoras “ye-yé”. A partir de entonces, los trenes fueron trasladados a la estación de Madrid-Atocha, desde donde ha seguido prestando servicio hasta la actualidad. ▮

Camino de las Pesquerías Reales y patrimonio del alto Eresma

Solaz de la corte



Texto y fotos: Mariano Serrano Pascual

En 1767, Carlos III ordenó el acondicionamiento de ocho kilómetros de la orilla izquierda del río Eresma, desde su nacimiento hasta San Ildefonso, con el propósito de convertir ese tramo en el lugar ideal donde practicar una de sus aficiones favoritas, la pesca. No es el Salón del Prado ni la puerta de Alcalá, pero esta obra menor del rey ilustrado, por el entorno en que se encuentra y jalonada por varios puentes históricos y otro patrimonio, constituye uno de los rincones más interesantes del Guadarrama.

Eresma rezan los carteles que hace unos años se colocaron sobre el puente de la Cantina, en la carretera CL-601, justo al final del sinuoso descenso del puerto de Navacerrada por el lado segoviano. Y Eresma es, en efecto, el nombre oficial del río que pasa por debajo del puente, según la cartografía del IGN. A pesar de todo, hasta no hace tanto –y aún en la actualidad para la gente del lugar– este que nos ocupa fue río de nombre Valsaín, como el valle que rie-



El camino de las Pesquerías en el arroyo del Telégrafo.



ga y como sus montes y bosques, nacido, muy cerca precisamente del citado puente, de varios arroyos –Telégrafo, Minguete, Puerto del Paular y otros– que se precipitan desde las cumbres de Peñalara, Peña Citores o Siete Picos. Valsaín lo llama, haciéndose eco de una casi milenaria toponimia, aquella clásica obra titulada *Guía y descripción del Real Sitio de San Ildefonso* que escribieran en 1884 los ingenieros de montes don Rafael Breñosa y el que posiblemente fue uno de los mejores conocedores de estos bosques: don Joaquín María de Castellarnau. Por entonces el Eresma no nacía hasta pasada La Granja, gracias a la confluencia del Valsaín y el Cambrones, diez kilómetros más abajo de donde en la actualidad lucen los carteles.

Un paraje con historia

Fuera como fuese, Valsaín o Eresma, el paraje que recorre el camino de las Pesquerías Reales está cargado de historia. Dice Leonardo Fernández Troyano en *Los pasos históricos de la sierra de Guadarrama* –otro impagable clásico sobre estas montañas, recientemente reeditado– que no resulta fácil de entender que esta esmerada obra de casi ocho kilómetros de longitud fuera realizada con el único objeto de satisfacer la afición piscatoria del monarca. Es posible que influyeran otros factores, como el de explotación de un recurso económico (fue Carlos III quien adquirió estos montes para el patrimonio de la Corona) o, simplemente, el de convertir este sitio en ameno recreo de una nutrida corte que, desde comienzos del siglo XVIII, se trasladaba durante



Losas de granito, algunas de casi un metro de espesor, forman el dique de canalización y la calzada del camino.



▶ *Miliario y calzada del camino de las Pesquerías junto al puente de los Vadillos.*

parte del año al palacio de La Granja. No obstante, no puede olvidarse que todo cuanto está relacionado con estos bosques, incluso el que hayan llegado incólumes hasta nuestros días, tiene mucho que ver con la querencia que, desde hace casi un milenio y hasta hace bien poco, demostraron por las riquezas naturales de estos lugares los monarcas de cuatro dinastías (cinco, si contamos a José Bonaparte), especialmente por las presas, de pelo, pluma o escamas, que atesoraban. Es significativo que una de las primeras menciones de este lugar que han llegado hasta nosotros sea la del *Libro de la Montería de Alfonso XI*, de mediados del siglo XIV, donde se lee: "Val sauin es muy Real monte de Oſſo, e también de Puerco en verano, e alas vezes en inuierno".

Ya por entonces el alcázar de Segovia se había convertido en una de las residencias favoritas de los reyes castellanos. La zona de Valsaín, conocida como el "bosque de Segovia", pertenecía al Común de la Villa y Tierra de ese concejo desde las repoblaciones realizadas por Alfonso VI al sur del Duero, pero los monarcas siempre se habían reservado el privilegio de cazar y pescar en sus montes. No es extraño, pues, que a finales de ese mismo siglo XIV Enrique III de Trastámara decidiera levantar junto al río un pequeño albergue en el que, entre tiro y tiro de ballesta, poder descansar y reponerse de los males espirituales y corporales que le valieron el sobrenombre de El Doliente. Hay constancia de que tanto su hijo Juan II como su nieto Enrique IV siguieron frecuentando como cazadero la entonces denominada Casa del Bosque. Parece que este último tuvo, durante una partida en estos montes, un terrible encuentro con un animal salvaje del que salió bien parado gracias a la intercesión de San Ildefonso, razón por la que, en el lugar donde ocurrieron los hechos, a menos de media legua de la Casa del Bosque, mandó construir una ermita dedicada a ese santo. Poco después, en 1477, su hermana y sucesora Isabel la Católica donó la ermita y las tierras colindantes a los monjes jerónimos del monasterio del Parral para que instalaran allí una granja. Sin saberlo, los hermanos Trastámara habían puesto las bases para el abandono y la ruina de la casa de Valsaín, pues muchos años y dos dinastías más tarde, el primer Borbón, Felipe V, convirtió aquella granja rodeada de frondoso bosque en un suntuoso palacio en medio de un inmenso y atildado jardín de estilo entre francés e italiano.

Pero eso ocurriría mucho después. Entretanto, Felipe II se fijó en la antigua Casa del Bosque, o más bien en su emplazamiento, y en 1552 encargó levantar en su lugar un palacio, de cuyas obras se encargaron Luis y Gaspar de Vega y, a la muerte de este último, Gómez de Mora.



A la izqda., puente de Valsaín, del siglo XVI, con el macizo de Peñalara al fondo. Debajo, puente de Boca del Asno.

Frente a la austeridad de El Escorial, obra de vejez de un rey "ascético y melancólico", como dijo Marañón, erige aquí el joven Felipe un palacio mucho más jovial y ligero, de airoso estilo flamenco con toques puramente españoles, rodeado de jardines con árboles traídos del extranjero y estanques con peces exóticos.

El hermoso palacio del bosque siguió siendo residencia ocasional de los reyes hasta que, al final del reinado de Carlos II, pocas horas después de que el último de los Habsburgo saliera de Valsaín para volver a Madrid tras una de sus estancias, se produjo un incendio que causó importantes aunque no irreparables daños. La muerte de Carlos II sin descendencia, la guerra civil que siguió, el advenimiento tras esta de una nueva dinastía y una Hacienda quebrantada obligaron a posponer cualquier proyecto de reforma. No sería hasta 1718 cuando se libren fondos para estas reparaciones, que Felipe V encargó a Teodoro Ardemans. Pero el rey, antes de que comiencen las obras, cambia de opinión: nostálgico del Versalles en el que creció y bajo la influencia de su esposa italiana Isabel de Farnesio, acostumbrada a los estudiados jardines del palacio ducal de Parma, Felipe V decidió abandonar Valsaín a su suerte y levantar, un poco más al norte y al otro lado del río (allí donde Enrique IV se enfrentó a una fiera y los jerónimos trabajaban una granja), un suntuoso palacio de nueva planta que nada tenía que ver con el palacio hispano-flamenco del Rey Prudente y menos aún con la modesta Casa del Bosque de los antiguos reyes castellanos.



El camino de las Pesquerías

Desde entonces el palacio de Valsaín no ha dejado de sufrir un proceso de deterioro que llega hasta nuestros días. Convertido hoy en una completa ruina, apenas conserva parte de una torre, algún muro y retazos del pórtico de entrada.



▶ *Azud de la central de Santa Isabel (arriba) y escala salmonera de la presa del Salto del Olvido.*

Si el palacio de Valsaín fue olvidado por los reyes, no ocurrió lo mismo con los bosques adyacentes o las riberas del río, que, como venía sucediendo desde tiempos ancestrales, pertenecían al común de la Ciudad y Tierra de Segovia. En 1761, Carlos III decide incorporar a la Corona tanto las tierras denominadas pinar y matas de Valsaín como el cercano bosque de Riofrío. Por las primeras pagó casi cuatro millones de reales de vellón y algo menos de medio millón por el segundo, aunque la Comunidad se reservaba algunas servidumbres como la de pastos o la de saca de leñas muertas. La compra por la Corona salvó en cierta forma al bosque, que se encontraba muy deteriorado a causa de las talas indiscriminadas de pino y roble y del pastoreo intensivo. (Ya en 1884 se crearía el Real Aserrío de Valsaín, que supondría un nuevo impulso para la recuperación y consolidación del bosque.)



Poco después de la compra, en 1767, Carlos III encarga la construcción de las Pesquerías Reales. La obra duraría dos años, y aunque no se saben muchos detalles de su ejecución, es fácil deducir sus características por lo que aún queda de ella, que es, por fortuna, bastante. Consistía en un dique de bloques de granito de unos dos metros de altura y una calzada, también de grandes losas de granito, de entre uno y dos metros de ancho, que, de forma casi ininterrumpida, recorría la orilla izquierda del río desde poco más abajo del puente de la Cantina hasta un poco antes del puente de Santa Cecilia, en la carretera de Segovia a La Granja, ya a la altura de esta localidad. Además se canalizó la desembocadura de algunos arroyos que vierten al Eresma, así como un tramo de un kilómetro del arroyo del Telégrafo, en el que también se construyó calzada, constituyendo en la actualidad uno de los tramos mejor conservados. La obra no consistió solo en la calzada y el muro de canalización, sino que se hicieron otras obras de acondicionamiento, especialmente de recreo, como

puentes, vados y pasaderas de piedra o madera, represas para la pesca y el baño, cascadas, lugares de descanso con asientos naturales de piedra y peldaños también de piedra que descendían hasta las pozas (como en el llamado Baño de Venus, en el arroyo del Telégrafo, o en Boca del Asno), etc.

Así pues, aun cuando la intención de Carlos III fuera la de reservarse un apartado lugar donde distraer sus melancolías practicando la pesca, lo cierto es que las Pesquerías acabaron siendo, hasta hace algo menos de cien años, el lugar de esparcimiento favorito de los numerosos cortesanos que acudían al Real Sitio cuando allí se trasladaba la corte.

Unos años después de terminadas las Pesquerías, en 1778, se inicia una obra que daría aún más vida a las proximidades del río Valsaín. Nos referimos a la carretera del puerto de Navacerrada, entonces aún llamado de Manzanares, que, proyectada por Juan de Villanueva (todavía en tiempos de Carlos III pero terminada en el reinado de Carlos IV), irá desde Collado Villalba hasta La Granja. Hasta entonces el paso de la sierra en esta zona se había venido haciendo por el puerto de la Fuenfría, con menor altitud que el de Navacerrada pero con una terrible pendiente de subida desde la vertiente sur. El paso por el de Navacerrada –que hasta la construcción de la carretera y de varias ventas a su vera era casi impracticable en invierno por la nieve y muy poco recomendable en cualquier época por los bandoleros que se apostaban a uno y otro lado de la cumbre– permitió un enlace más fácil y directo hasta La Granja, potenciando el valle de Valsaín y el trasiego de la corte entre Madrid y el Real Sitio.



Desde su compra por Carlos III, los montes de Valsaín siguieron perteneciendo al patrimonio de la Corona (salvo durante el Sexenio Democrático, de 1868 a 1874) hasta su incorporación al Estado en la Segunda

▶ *Arriba, puente de la Cantina. Debajo, puente de Navalacarreta.*





Junto a estas líneas, puente y acueducto de los Canales, del siglo XVI. Debajo, puente del Anzolero.

República. En 1940 empieza a ser gestionado por Patrimonio Nacional, situación en que continuó hasta 1982 en que es transferido al ICONA y, tras la desaparición de este, al Organismo Autónomo Parques Nacionales. En la actualidad, aun sin pertenecer estrictamente al Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama, posee un régimen de protección máximo y constituye uno de los espacios más representativos del entorno del parque.



Otro patrimonio histórico

Además de la obra carolina y de los valores naturales, el camino de las Pesquerías Reales ofrece otros alicientes a lo largo de su recorrido. Mención especial merecen los puentes, de los cuales el primero, siguiendo el mismo sentido del río, es el ya citado de la Cantina. Escenario principal de la novela *Por quién doblan las campanas*, de Hemingway –que parece que se documentó de primera mano conviviendo con los soldados del Batallón Alpino del Guadarrama–, es un puente de un solo arco de medio punto construido hacia 1780 al tiempo que la carretera y, por tanto, probablemente proyectado por el mismo Villanueva. Anteriores, de la época de las Pesquerías aunque restaurados recientemente (de los originales quedan pilares y estribos) son los dos puentes de los Vadillos, que salvan el Eresma y los arroyos del Telégrafo y del Puerto del Paular, a un kilómetro aguas abajo del de la Cantina. Poco después nos encontramos con el puente de Boca del Asno, de tres ojos, que también debió de hacerse para las Pesquerías aunque ha sido reconstruido hace unos años.

Sigue después el puente de Navalacarreta, que perteneció a la primitiva carretera del puerto. Sorprende por sus proporciones, un tanto desmesuradas para el servicio que puede prestar, así como por la irregularidad de sus tres ojos, uno de ellos cegado. Siguiendo el curso del río, cerca ya del pueblo de Valsaín, nos encontramos



▶ *Presa del Salto del Olvido.*

con uno de los más interesantes y el más antiguo: el puente de los Canales, formado por un perfecto arco de medio punto de nueve metros excelentemente labrado. En la clave, del lado de aguas abajo, está grabada un águila bicéfala, emblema de Carlos V, por lo que debe de ser de esa época. Sobre el puente se construyó un acueducto, de ahí su nombre, del que aún se conservan las pilas originales, si bien el canal de madera que puede verse ahora es moderno. Poco más abajo se encuentra el puente de Valsaín, a la entrada del pueblo. Originariamente del siglo XVI, como el anterior, se reformó en el XVIII, ensanchándolo y elevando la rasante.

Las Pesquerías son en la actualidad uno de los espacios más populares del entorno del Parque Nacional de Guadarrama

Tras el puente de Valsaín, enseguida nos encontraremos con una interesante obra hidráulica de principios del siglo XX: la presa del Salto del Olvido. Construida en 1927 por Federico Cantero Villamil, sirve para abastecer de luz a Valsaín, La Pradera y La Granja, incluyendo el aserradero y la fábrica de cristales. La presa tiene una altura de 15 metros, realizada en mampostería en la parte externa y hormigón en la interna, que toma el agua transportada por un canal de un kilómetro y un partidor con dos salidas, una que va a la casa de máquinas, unos metros más abajo, y otra denominada “escala de peces” o “salmonera” que regula el cauce del río, en la actualidad por medio de unos sensores que garantizan el nivel mínimo o ecológico. En 1928 se creó en la presa un club náutico, construyéndose una playa y una piscina natural que estuvo en uso hasta los años 70.

Unos kilómetros más abajo nos encontramos con un azud mucho más pequeño que sirvió para alimentar la antigua central eléctrica de Santa Isabel, anterior a la del Salto del Olvido. Quedó en desuso al construirse esta, pero aún se conserva en buen estado el edificio. En este tramo, el camino de las Pesquerías, un poco difuminado desde Valsaín, vuelve a aparecer en todo su esplendor: grandes lajas de granito formando una regular calzada, muros de contención y, junto al último de los puentes de interés, el del Anzolero, un grabado en la piedra con el escudo real y la fecha de comienzo de la obra: 1767.

Poco más allá, donde el río se abre para formar el embalse del Pontón Alto, termina la obra de Carlos III, un rey que ha pasado a la historia como uno de los artífices de la España moderna y uno de los monarcas que más antepuso el interés general del pueblo al dinástico, algo que se hace patente, entre otros aspectos, en las obras públicas que acometió. También se ha dicho de él que tenía un carácter retraído y poco sociable, gustoso de la soledad y proclive a la melancolía. Tal vez esta modesta obra de las Pesquerías Reales pudiera interpretarse como la conjunción de estas dos caras, pública y privada, del monarca ilustrado. ▮



RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN

Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.



PVP: 10 €

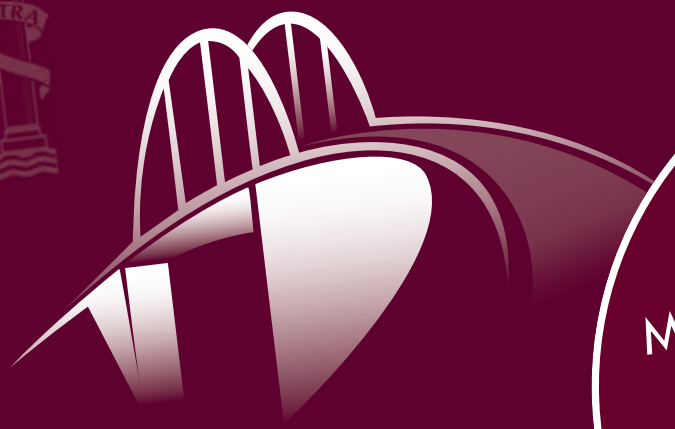
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

2017

Mapa Oficial de Carreteras©

ESPAÑA



GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

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*



También en el DVD:

1112 Espacios Naturales Protegidos
152 Rutas Turísticas
117 Vías Verdes

Edición 52
P.V.P.: 22,74€

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 669, febrero 2017.**

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

Año de edición: 2017

Características Edición:
1ª edición electrónica: abril 2017
Formato: PDF
Tamaño: 14,23 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€

Aviso Legal: Todos los derechos reservados.Esta publicación no podrá ser reproducida ni en todo, ni en parte, ni transmitida por sistema de recuperación de información en ninguna forma ni en ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico o cualquier otro.



Revista del Ministerio de

Fomento

Marzo 2017 Nº 670 3€

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO





Bicentenario del Teatro Real y sello conmemorativo

Cale en los túneles de Bolaños, en la LAV Madrid-Galicia

Rehabilitación del puente mayor de Castrogonzalo

Récord histórico de pasajeros en la red de aeropuertos de Aena

Revista del Ministerio de
Fomento



El correo y las comunicaciones postales en España (1716-2016)

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

MONOGRÁFICO
Julio-Agosto 2016

PVP: 6 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

Contenido

Director de la Revista: Antonio Recuero.
Maquetación: Aurelio García.
Secretaria de redacción: Ana Herráiz.
Archivo fotográfico: Vera Nosti.
Portada: Javier del Real/Teatro Real.
Elaboración página web: www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
Suscripciones: 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos).
Colaboran en este número: Marián Campra, Pepa Martín, Begoña Olabarrieta y Javier R. Ventosa.
Comité de redacción: Presidencia: Rosana Navarro Heras. *(Subsecretaria de Fomento).*
Vicepresidencia: Alicia Segovia Marco. *(Secretaria General Técnica).*
Vocales: *Patricia Crespo González (Directora de Comunicación),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda),* Belén Villar Sánchez *(Jefa del Gabinete de la Subsecretaria),* Mónica Marín Díaz (*Directora del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Regina Mañueco del Hoyo *(Directora del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director 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.

FILATELIA
02
El Real, o la fuerza del destino.
Un sello muy especial homenajea la larga historia del Teatro Real.





FERROCARRIL
10
Bajo la montaña gallega.
Innovación en los túneles de Bolaños, en el tramo Lubián-Ourense.

SALVAMENTO MARÍTIMO
18
Una mano tendida en la mar.
Salvamento Marítimo prestó auxilio a un total de 17.921 personas durante 2016.





CARRETERAS
24
Rehabilitación en el Esla.
Reparado de emergencia el histórico Puente Mayor de Castrogonzalo, dañado por una crecida.

32. Tras los secretos del cosmos.
Investigadores españoles desarrollan proyectos punteros de observación astronómica a través de ALMA.
40. Un año para recordar.
La Red de Aena alcanza su mejor registro histórico y supera los 230 millones de pasajeros en 2016.
46. A todo vapor.
El tren minero de Riotinto conserva algunas de las máquinas de vapor más antiguas de España.



Un sello muy especial homenajea la larga historia del Teatro Real

El Real, o la fuerza del destino



Redacción: R. Fomento. Fotos: Javier del Real. Teatro Real

Comenzado a construir en 1818 por expreso deseo de Fernando VII, el Teatro Real, próximo ya a sus dos primeros siglos de vida, como los grandes protagonistas de las óperas representadas en su escenario, ha conocido todos los avatares del destino: De escenario de las mejores galas de ópera desde mediados del XIX, pasando por las penurias de un largo cierre y abandono, o su reconversión en cuartel y polvorín durante la Guerra Civil; vivió luego una remodelación en los sesenta para adecuarlo como sala de conciertos y, desde 1997, renació otra vez como gran teatro de la ópera. La trayectoria del Real es sin duda tan grande como su vida, y un sello impulsado por Correos y la Comisión Filatélica del Estado busca rendirle un justo y merecido homenaje.

Como en sus mejores noches de estreno, el Teatro Real se vistió de gala el pasado 15 de marzo para conmemorar una efemérides inminente y muy especial: sus primeros dos siglos de vida, acontecimiento que se suma a otra fecha también muy señalada en su ya muy larga y azarosa historia: los primeros 20 años de su nueva etapa, tras la cuidadosa restauración iniciada en 1991 y felizmente concluida seis años después, en 1997, que volvió a situarlo de nuevo entre los mejores escenarios operísticos del mundo, una magna obra que le ha permitido codearse desde entonces de igual a igual con los mejores de su categoría, como la Scala de Milán, el Teatro de la Ópera de París o el Covent Garden londinense.

Correos y la Comisión Filatélica del Estado, en la que está integrado el Ministerio de Fomento a través de su Secretaría General Técnica, junto al Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas, han querido aportar también su granito de arena a los actos de celebración de unas fechas tan entrañables en la historia del gran edificio, sumándose a ellos con la edición de un sello conmemorativo. La estampa impresa en la Real Casa de la Moneda y Timbre tiene como motivo la fachada principal del Teatro Real que, como un consagrado protagonista, hace su aparición en el escenario del mismo Teatro. Se trata de una imagen interactiva, grabada en una hoja bloque troquelada y desplegable, que permite ampliar su tamaño si se despliegan las pestañas que representan las cortinas y las butacas, viéndose así el sello completo. La emisión tendrá una tirada de 180.000 ejemplares y busca consolidar y divulgar la imagen del Teatro Real, un pequeño homenaje que pretende sumar valor a un escenario musical irrepetible por el que han pasado muchas de las grandes figuras del *bel canto* de todos los tiempos.

No es esta la primera ocasión en que el Teatro Real cobra el máximo protagonismo filatélico. Ya en 1997 y coincidiendo precisamente con su reapertura, fue objeto de una emisión con dos sellos de distinto valor, uno con la fachada del Teatro y otro dedicado a la memoria del gran tenor Miguel Fleta. También, con anterioridad, en 1992, con motivo de la proclamación de Madrid como Capital Cultural Europea, Correos hizo una emisión con varios sellos de edificios representativos madrileños, uno de los cuales era el Teatro Real.

Historia

La construcción del Teatro Real se remonta al año 1818 y tuvo su más firme valedora en la reina María Cristina, cuarta esposa de Fernando VII, entusiasta aficionada al *bel canto*, pasión de la que se había impregnado en los mejores coliseos italianos de la época: el

Fenice de Venecia; el napolitano Real de San Carlos, o la grandiosa Scala de Milán, de los que era una fiel asidua. La ópera italiana no era, sin embargo, una novedad en nuestro país. Muy cercano al lugar en que comenzara a levantarse el Teatro Real, existía ya el llamado teatro de los Caños del Peral, nombre heredado de los canalillos que abastecían al lavadero de igual nombre, situado en la actual plaza de Isabel II. Se trataba, según todas las crónicas, de un modesto edificio levantado en 1708 y costeado por la propia compañía italiana de Francesco Bartoli, como era costumbre en la época. Más de un siglo después y por expreso deseo de Fernando VII, que encomienda al arquitecto Isidro González Velázquez la construcción de una plaza monumental frente a Palacio, se adquirió aquel viejo teatro; se derribó, y sobre su solar comenzó a levantarse el nuevo Teatro Real según proyecto del arquitecto mayor de Madrid, Antonio López Aguado, discípulo de Juan de Villanueva y uno de los grandes maestros del neoclasicismo madrileño, a quien se deben entre otras notables obras la Puerta de Toledo y el diseño del Parque del Capricho, en la Alameda de Osuna.

Su proyecto arquitectónico para el Real dejó para la posteridad su característica planta en forma de hexágono irregular, un diseño forzado por las caracterísi-



Vista del Teatro Real desde la Plaza de Oriente.

HOMENAJE FILATÉLICO A UN GRAN REFERENTE DE LA MÚSICA Y LA CULTURA

*Por Alicia Segovia Marco**

Con especial agradecimiento al Presidente del Patronato del Teatro Real, D. Gregorio Marañón y Bertrán de Lis.

Con la emisión del denominado "Sello del Teatro Real" se conmemoran los 20 años de reinauguración del mismo, en 1997, después de una rehabilitación arquitectónica compleja y pionera, cargada de sofisticación, pero con plena funcionalidad.

Es necesario detenerse en el diseño de este sello conmemorativo pues también es una obra pionera y original, que no deja indiferentes ni a los coleccionistas ni tampoco a los aficionados a la filatelia. Se trata de un "artefacto", más que un sello, que contiene una hoja en bloque donde se aprecian las butacas y las cortinas desplegables enmarcando la imagen y al fondo, como protagonista principal el imponente edificio del Teatro Real.



El diseño es fruto del trabajo y la imaginación de la Real Casa de la Moneda y Timbre y de la Sociedad Estatal de Correos y Telégrafos, S.A. Ambos, mano a mano han conseguido crear una pieza de gran originalidad que reinventa el concepto del sello.

Este novedoso sello permite afirmar que la filatelia aún cuenta con vitalidad, en una época en la que está de moda sostener que los libros, las cartas, la prensa, la música clásica –o la buena música– han muerto.

Todos estos géneros y la filatelia en particular, necesitan una reinvención para actualizarse a los nuevos tiempos.

En palabras de la autora del último gran estreno mundial en este Teatro Real, "La ciudad de las mentiras", y ganadora del Kunstpreis de Berlín, Elena Mendoza:"componer una obra significa, hoy en día, hasta cierto punto reinventársela como género".

Un viaje a través del protagonista del sello: el Teatro Real

Si bien es difícil contar con los conocimientos suficientes para saber cómo se compone una ópera, se puede gozar, con suerte, de la sensibilidad suficiente para disfrutarla. Así que, a través de "La ciudad de las mentiras" puede el espectador escaparse de la realidad, como sus cuatro protagonistas y recrear un universo paralelo a través de la historia del Teatro Real, en este caso, no basado en la mentira, sino en la imaginación.

Viajemos juntos 199 años atrás, a 1818, cuando se puso la primera piedra de este edificio, por orden del Rey Fernando VII, en donde estuvo con anterioridad el Teatro de los Caños del Peral.

También, en este viaje en el tiempo, pasamos por la primera inauguración, en 1850 con la ópera "La favorita", de Gaetano Donizetti.



De izqda. a dcha., el presidente de Correos, Javier Cuesta; Pilar Platero, presidenta de la SEPI; Gregorio Marañón, presidente del Patronato del Teatro Real; Alicia Segovia, secretaria general técnica del Ministerio de Fomento; Ignacio García-Belenguer, director general del Teatro Real, y Jaime Sánchez Revenga, presidente de la Real Casa de la Moneda y Timbre durante el acto de presentación del sello.

cas del solar, con la fachada principal que mira a Palacio en forma semicircular, porticada, con circo arcos en el frente y otros dos en los laterales para acoger el paso de los coches de caballos. Por su parte, la fachada posterior de la Plaza de Isabel II consta también de un pórtico con cinco arcos de medio punto, sobre el que se levantan la planta principal y otra superior.

Respecto a los interiores, López Aguado aplicó una exquisita racionalidad y trazó cuatro áreas bien diferenciadas: la zona reservada a los reyes, la zona destinada a uso público, la zona para actores, tramoya y espectáculo y, por último, la zona dedicada propiamente a la representación operística, con ante-escena, proscenio y doble proscenio.

Después se han sucedido numerosos éxitos que han hecho de este teatro un referente mundial:

- *En 1854 tuvo lugar la primera representación de una ópera española, de Emilio Arrieta, Ildegonda, que ya se había presentado en Milán y en el Palacio Real de Madrid.*
- *En 1863 Verdi asistió en persona al estreno en Madrid de su ópera "La fuerza del destino" con un éxito apoteósico.*
- *De Verdi también destaca que su Rigoletto se ha representado 387 veces en este escenario.*
- *Y a Plácido Domingo, el público de Madrid le aplaudió durante 25 minutos gloriosos con motivo de otra ópera de Verdi, Simon Boccanegra, basada en la obra del gaditano Antonio García Gutiérrez.*
- *Otros hitos son la representación de la primera ópera de Wagner en 1876, "Rienzi" o que en 1921 Stravinsky dirigiera en persona su ballet Petrushka.*

Estos son algunos de los muchísimos puntos álgidos de la historia del Teatro Real.

Sin embargo, el Teatro ha abierto también sus puertas al mundo de la política con mayúsculas. Así, es preciso hacer una mención especial al gran discurso sobre las ideas democráticas pronunciado en su sede por Emilio Castelar en 1854.

Además, este edificio ha vivido momentos curiosos, siendo escenario del Festival de Eurovisión en una ocasión y de diversos sorteos de la Lotería Nacional.

Hecho este viaje imaginario por la historia más lejana, llegamos a la más actual, cuando en 1997 SS.MM. los Reyes Don Juan Carlos y Doña Sofía reinauguraron el Teatro Real, efeméride que es objeto de conmemoración del mundo de la filatelia y queda plasmada para siempre en este original sello.

Desde entonces la institución ha sido y es un punto de referencia mundial de la cultura, con estrenos absolutos como el reciente ya mencionado de "La ciudad de las mentiras", de Elena Mendoza, con la que se ha compartido este mundo imaginario de la historia de nuestro Teatro Real.

Pero el proyecto artístico del Teatro es, no solo un largo recorrido pasado, sino un futuro de éxitos, dado que se basa en la excelencia y el cuidado del repertorio, para lo cual se combina la lírica tradicional y la contemporánea, confirmando que es el espacio perfecto para la reinvención de la ópera, lo cual incluye ampliar el público y difundir el conocimiento musical.

No es la primera vez que la filatelia y la música van de la mano pues se han emitido sellos con el propio Teatro Real en 1997 con motivo de su reinauguración, del gran tenor Miguel Fleta en ese mismo año, de Manuel de Falla, de Isaac Albéniz, de Enrique Granados, de Andrés Segovia y de la Semana de Música Religiosa de Cuenca (1986), por mencionar algunos.

En conclusión, esta fructífera unión, de sellos y música, se produce porque los sellos son pequeños portadores de gran valor, capaces de recoger en su imagen la grandeza cultural de un coloso musical, el Teatro Real, y extenderla hasta el último buzón del mundo

*Alicia Segovia Marco es Secretaria General Técnica del Ministerio de Fomento y Presidenta de la Comisión Filatélica del Estado



Fachada del Real sobre la Plaza de Isabel II.

Fallecido en 1831, López Aguado no pudo ver terminada sin embargo su obra, si bien consiguió avanzar en el proyecto y ejecución de la fachada de la plaza de Isabel II y en los interiores. Tomó su relevo al frente del proyecto –cuya ejecución sufría frecuentes retrasos por la falta recurrente de fondos–, el arquitecto Custodio Teodoro Moreno, entre cuyos proyectos de mayor renombre en la capital figuran la restauración del puente de Segovia y la reconstrucción de la plaza Mayor, en la que participó junto a Juan de Villanueva tras los grandes daños ocasionados durante el incendio de 1790.

Iniciado en 1818, según proyecto del arquitecto mayor de Madrid, Antonio López Aguado, el Real se inaugura finalmente en 1850

Teodoro Moreno, al que se debe la magnífica maqueta del proyecto original de López Aguado, conservada en el Museo Municipal de Madrid, logra dar forma final al edificio y mantiene una gran fidelidad al proyecto original de López Aguado, del que opinaba: *La armonía de las proporciones, la oportuna aplicación de los órdenes, y el estilo grandioso que reina así en todo, forma un todo correcto, y le dan toda la perfección que es susceptible a este edificio público; y siendo la voluntad del soberano que tenemos que entre las ciircunstancias que han de concurrir en la construcción de este teatro, sea*

LA COMISIÓN FILATÉLICA DEL ESTADO

El Ministerio de Fomento cuenta con la Comisión Filatélica del Estado como órgano consultivo con funciones en materia de emisión de sellos de correos y demás signos de franqueo. Estas mismas funciones se ejercen respecto del Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas, del que depende la Sociedad Estatal Correos y Telégrafos, S.A., por medio de la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales.

La Comisión Filatélica del Estado, en concreto se encuentra adscrita al Ministerio de Fomento a través de la Subsecretaria y es presidida por el titular de la Secretaría General Técnica. Tiene como misión principal desarrollar la filatelia en España y contribuir a su revitalización. Esta labor se vincula fuertemente a la difusión de valores y señas de identidad culturales de nuestra sociedad, dado que los sellos van más allá del mero franqueo de correos y constituyen un elemento de divulgación de conceptos a través de sus imágenes. La emisión de sellos puede tanto reconocer efemérides concretas, como abordar la necesidad de dar publicidad y reconocer el valor de actividades que así lo merecen. Indudablemente, la exaltación de la cultura musical y de la primera institución de las artes escénicas en España, el Teatro Real, es una tarea a la que el mundo de la filatelia no podía ni quería ser ajeno.



▶ *Fachada del Real sobre la Plaza de Oriente.*

una, la de ser el mayor de los que existen. Pese a ese empeño o quizá también a causa del gran rigor que conllevaba la construcción, una larga sucesión de interrupciones demora la entrega final del edificio hasta el 31 de octubre de 1850, transcurridos casi 32 años desde su inicio. Con anterioridad, en septiembre, dieron comienzo las pruebas acústicas y de sonoridad, cosechando muy satisfactorios resultados, y el 19 de noviembre de 1850, coincidiendo con la onomástica de la reina Isabel II, tuvo lugar la solemne inauguración con una función de gala para la que no se escatimaron gastos. Se contrató a las grandes voces del momento: la contralto Alboni, el barítono Barriolhet, la soprano Gardoni y el maestro de orquesta Michele Rachele. La gala cosechó un éxito rotundo y se abrió así una primera etapa de brillantes y clamorosos triunfos musicales en el regio coliseo. Se dieron magníficas representaciones de Meyerbeer, Donizetti y, enseguida, de Verdi, cuya Traviata fue bien pronto una de las grandes favoritas del público. Verdi y sus continuos éxitos en el Real acabaron atrayéndolo a la capital, donde fijó residencia con motivo del estreno de *La fuerza del destino*, cuyos ensayos dirigió en febrero de 1863, alojándose para la ocasión en el número 6 de la Plaza de Oriente.

Nuevas vicisitudes

El Real, no obstante, arrastraba serios problemas funcionales desde sus orígenes, por lo que en 1878 se acometen una serie de pequeñas reformas y, dos años más tarde,el arquitecto Joaquín de la Concha, conservador del teatro, presentó un proyecto de remodelación del escenario. Las reformas alcanzarían también al exterior, más concretamente a la fachada de la Plaza de Oriente, que se diseña conforme al gusto francés. El proyecto de modernización del teatro cobró nuevos impulsos hacia 1888, con nuevos diseños para los escenarios y, sobre todo, con un ambicioso plan de electrificación en todas sus instalaciones. El alumbrado eléctrico había comenzado a ser ya una realidad en las calles madrileñas en el año 1878, cuando se instalaron las primeras farolas en pruebas en la Puerta del Sol.

Sólo unos pocos años más tarde, ya en pleno siglo XX, nombrado Antonio Flórez conservador, se detectan serios problemas estructurales en los cimientos. No obstante, el Teatro siguió abierto hasta 1925, pero en octubre de ese año, con la programación de ópera ya cerrada, se decide clausurarlo tras los importantes movimientos registrados, con grietas en muros de carga y una preocupante alteración estructural en la fachada de

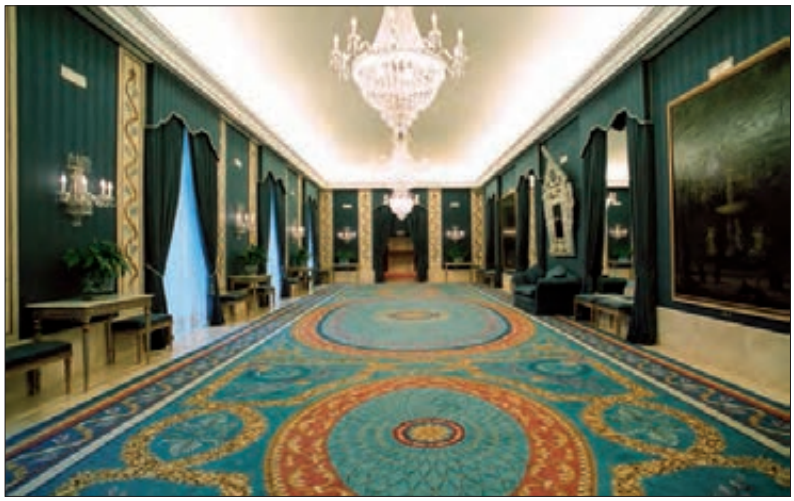


Sala principal y plateas. Debajo, salón de Carlos III y sala de la orquesta.

la calle Vergara. Los primeros informes de expertos achacan todo ello a las filtraciones originadas por la sobrecarga de lluvias en el acuífero de los Caños del Peral.

Tras el cierre por motivos de seguridad del Teatro, Antonio Flórez, en calidad de arquitecto conservador del edificio, acomete diversos proyectos de consolidación y conservación, orientados a convertirlo en un teatro de la ópera radicalmente moderno. La Guerra Civil malograría no obstante esos propósitos. Usado como polvorín en ese período, un accidente en su interior desencadenó una gran explosión que ocasionó nuevos y graves daños.

Al término de la contienda, Flórez intenta impulsar de nuevo la recuperación del Teatro a través de la Dirección General de Arquitectura, delegando gran parte de los trabajos en los arquitectos Diego Méndez y Luis Moya, antiguos colaboradores suyos. Moya y Méndez lanzaron varios proyectos de remodelación, el primero de ellos en 1941, de cuyos planos se guarda copia en la Biblioteca del Ministerio de Fomento. Esos proyectos que contemplaban también una remodelación de la Plaza de Oriente buscando un mayor realce para todo el conjunto urbano situado frente a Palacio, nunca llegaron a cristalizar del todo, de modo que en 1965 el ministerio de Educación y Ciencia encomendó al arquitecto José Manuel González Valcárcel un anteproyecto de aprovechamiento que permite al fin reabrirlo en 1966 como simple sala de conciertos, luciendo una cuidada restauración. Se abrieron también algunas otras dependencias que estaban en buen estado y que se destinaron a Conservatorio Superior de Música y Escuela de Arte Dramático.





▶ *Representación de la ópera Medea y, debajo, ensayos de Semiramide.*



Sala de conciertos

Durante su nueva etapa como sala de conciertos, que se prolonga 20 años, hasta 1986, el Real cumple con las expectativas depositadas en él y acoge memorables conciertos que lo sitúan entre las salas más escogidas del circuito musical europeo. De sus magníficas condiciones naturales para la música de fe el propio director de orquesta Herbert Von Karajan quien, tras dos inolvidables conciertos en el Real, en mayo de 1968, al frente de la Filarmónica de Berlín, no dudó en calificarlo como la mejor sala de conciertos de Europa. Además de Karajan, fueron grandes protagonistas de esos años otros destacados directores y solistas, desde Claudio Abbado a Rubinstein o Baremboin.

Pese a todo, en 1986 el Ministerio de Cultura decide que ha llegado el momento de devolver al Real la oportunidad de acoger otra vez la actividad para la que fue expresamente concebido: las grandes representaciones de ópera. Se comienza a trabajar así en un ambicioso proyecto de renovación y ampliación, cuyo encargo recae inicialmente en el arquitecto José Manuel González-Valcárcel, excelente conocedor del edificio. En el proyecto también trabajan su hijo Jaime y el arquitecto Miguel Verdú. Las obras comienzan en 1991, con la idea inicial de eliminar en primer lugar las numerosas construcciones añadidas que habían ido colmatando los espacios interiores del Teatro, además de avanzar en una definitiva y moderna consolidación. La súbita muerte de José Manuel González-Valcárcel en 1991 obliga no obstante a redefinir el proyecto, confiándose finalmente la dirección de las obras al arquitecto Francisco Rodríguez Partearroyo, quien realiza profundos cambios tanto en la estructura interna como en la imagen exterior del edificio.



La asignatura pendiente del Teatro Real, tras interminable sucesión de vicisitudes, llegaba a su examen final para pasarlo con sobresaliente *cum laude*. Partearroyo entrega finalmente en 1997 un moderno teatro de la ópera, apto para recoger las representaciones más ambiciosas, bien resuelto en el exterior y magníficamente acabado en sus interiores, que mantienen todo su esplendor original isabelino. Gracias a esa sabia reforma, en la que lo mejor de las ideas originales de López Aguado y Teodoro Moreno se ha integrado con frescura y naturalidad en la racionalidad de la nueva arquitectura, la capital puede disfrutar desde hace veinte años de uno de los edificios mejor dotados del circuito operístico mundial, una fecha que los buenos aficionados al *bel canto* sin duda nunca olvidarán. ▮



Innovación en los túneles de Bolaños, en el tramo Lubián-Ourense excavados

Bajo la montaña gallega



Instalaciones a cielo abierto en el lado Campobecerros. En la parte elevada, planta de dovelas, en el centro, la gigantesca cinta de extracción de materiales y a la izquierda, planta de tratamiento de aguas.

Javier R. Ventosa
Fotos: FCC Construcción y Acciona Infraestructuras

La ingeniería se está abriendo paso bajo la montaña gallega en el accidentado tramo Lubián-Ourense, principal obstáculo geográfico para el avance de la línea de alta velocidad Madrid-Galicia que el Ministerio de Fomento, a través de Adif Alta Velocidad, desarrolla actualmente en las provincias de Ourense y Zamora. El último hito en este proceso ha sido el cale o excavación completa del túnel bitubo de Bolaños (6,7 kilómetros de longitud), ejecutado con tuneladora, y que ha estrenado innovadoras soluciones constructivas.

La futura línea de alta velocidad a Galicia ha registrado un nuevo impulso en la obra de plataforma por la provincia de Ourense tras el cale, el pasado 21 de diciembre, del túnel de Bolaños vía izquierda, que complementa al túnel de vía derecha ya calado previamente. Por su longitud, se trata de uno de los túneles mayores de 5.000 metros planificados por el Ministerio de Fomento y Adif Alta Velocidad para cruzar el montañoso tramo Lubián-Ourense, acceso de la línea a Galicia y uno de los segmentos más complejos y costosos de la red de alta velocidad española. Actualmente ya están calados los 12 grandes túneles previstos en este tramo.

El nuevo túnel es el principal hito de ingeniería del subtramo Vilariño-Campobecerros, segmento dividido



en vía derecha (7 kilómetros) y vía izquierda (7,9 kilómetros), y ha comprendido la excavación de dos tubos paralelos de vía única de 9,9 metros de diámetro, con una longitud de 6.785 metros en vía derecha y 6.776 metros en vía izquierda, separados a una distancia de 30 metros entre ejes y enlazados por 18 galerías de conexión transversales entre tubos. Dada la envergadura de la obra, cada una de las vías del subtramo se adjudicó en 2012 en contratos separados a dos uniones de empresas, que luego aunaron esfuerzos en la UTE Túneles de Bolaños (FCC Construcción, Acciona Infraestructuras y Collosa), responsable de la ejecución del subtramo. El presupuesto de adjudicación superó los 160 M€.

Construido mediante tuneladora, para la perforación se ha empleado un modelo para roca dura y de escudo simple tipo Herrenknecht S-805, propiedad de las empresas y ya utilizada previamente en secciones de los túneles de Pajares (14 kilómetros excavados) y en el de Sotiello (6 kilómetros), ambos en la Variante de Pajares, siendo la única que ha operado en España durante la realización de la obra. Bautizada como *La Peregrina*, esta gigantesca máquina se ha encargado de perforar los más de 13,5 kilómetros de túneles (con una montera de 210 metros y pendiente máxima del 5 por mil), revistiendo a la vez su sección (de 52 m^2, apta para vía única) con anillos de dovelas de hormigón prefabricado, de 37 centímetros de espesor y 1,6 metros de

Parte de las casi 60.000 dovelas empleadas en la obra, alineadas en el exterior. Al fondo, boca de los túneles de O Espiño y a la derecha, la pedanía de Campobecerros.



▶ *Vista aérea de* La Peregrina*, con su* back-up *de más de 100 metros de longitud, poco antes de atacar el túnel de vía izquierda.*

longitud cada una, proceso que ha favorecido los plazos de ejecución. Los falsos túneles en ambas bocas (más de 140 metros) se construyen por métodos convencionales.

Proceso de excavación

Los trabajos de preparación de la obra, prolongados durante cerca de un año, desde finales de 2012 hasta el otoño de 2013, han comportado un importante esfuerzo logístico de la UTE para acondicionar la zona de ataque, próxima al núcleo de Campobecerros, desplegar las instalaciones de obra (entre ellas la enorme planta de dovelas) y trasladar a este remoto paraje de la montaña ourensana tanto el material y la maquinaria necesarios para desarrollar las actuaciones como la propia tuneladora. Esta máquina fue previamente acondicionada en el parque de maquinaria de Acciona Infraestructuras en Noblejas (Toledo) con objeto de incorporar mejoras para optimizar el proceso de excavación.

La perforación se ha acometido desde la boca del lado Campobecerros en sentido hacia Vilariño. Primero se ejecutó el túnel derecho (noviembre 2013-octubre 2014), al término del cual se abrió un tiempo de parada, necesario para el desmontaje y traslado de la tuneladora al punto de partida, así como para la reparación, refuerzo y acondicionamiento de la cabeza de corte debido a la agresividad del terreno excavado, operación realizada también en el parque de Noblejas. El túnel izquierdo, perforado en el mismo sentido, se ha completado entre noviembre de 2015 y diciembre de 2016, con una parada para tramitar una actuación complementaria. En total, se ha excavado un volumen de tierra superior a un millón de metros cúbicos y se han instalado casi 60.000 dovelas. El rendimiento medio de excavación en el primer tubo ha sido de 19,40 metros al día, completándose en 11,5 meses. Estas cifras se han mejorado en el segundo tubo, con un rendimiento medio de 24,32 metros diarios y un plazo de 9,5 meses de ejecución, dos menos que el primer túnel.



Completada la perforación, actualmente se acometen diversos trabajos de obra civil en los túneles, entre ellos la ejecución de la solera y de los andenes de evacuación y de servicios, así como la instalación de canalizaciones (obras ya concluidas en el tubo derecho), procediéndose a ejecutar también los falsos túneles, con longitudes de 54 y 18 metros, y a revestir las 18 galerías de conexión, de 18 m^2 de sección y 30 metros de longitud. La tuneladora y las instalaciones en el interior y exterior del túnel están en proceso de desmontaje. En el resto del tramo, a cielo abierto, una vez finalizados los dos viaductos (41 metros de longitud) previstos en el proyecto, actualmente se desarrollan en ambas vías otros trabajos de pasos inferiores y superiores, drenajes longitudinales y transversales, restauraciones y remates, quedando por ejecutar un puesto de banalización.

.\ Actuaciones innovadoras

Durante la ejecución de ambos tubos las constructoras han llevado a cabo una serie de actuaciones singulares destinadas a dar una respuesta eficaz a los condicionantes planteados por las características de los subterráneos. En varios casos se trata de actuaciones o medidas completamente innovadoras en el ámbito de la obra subterránea en España, lo que ha convertido a los tubos de Bolaños en un verdadero laboratorio de ensayo de nuevas tecnologías aplicadas a la construcción de túneles, abriendo la puerta a su implementación en obras ferroviarias futuras. La puesta en marcha de todas estas medidas ha sido aprobada previamente por Adif Alta Velocidad, titular del subtramo en construcción.

Entre estas actuaciones singulares se encuentra un sistema de estabilización de terrenos de alta inestabilidad geológica. En los túneles, excavados a través de terrenos compuestos por un 50% de pizarras y un 50% de cuarcitas, cuarzo filitas y areniscas, los materiales hallados eran geotécnicamente peores de lo previsto en los estudios, especialmente en una zona de pizarras lami-

▶ *Bocas del túnel en el lado Vilariño. Debajo, tren auxiliar en el interior del túnel de vía derecha.*





▶ *Vista aérea de la boca del lado Campobecerros, lugar de ataque de ambos tubos.*

Los túneles del tramo Lubián-Ourense

El tramo Lubián-Ourense es el segmento geográfica y técnicamente más complejo de la línea de alta velocidad Madrid-Galicia debido al accidentado terreno montañoso que cruza en la provincia de Ourense. Se trata de un tramo de 100 kilómetros, flanqueado por los tramos Zamora-Lubián (en construcción) y Ourense-Santiago (en servicio), con dos características singulares: gran parte del trazado discurre soterrado por 27 túneles y un total de 61,1 kilómetros se construyen mediante dos vías únicas paralelas, con contratos de plataforma independientes. Por eso abundan los túneles de tipología bitubo (un tubo para cada vía).

El tramo incluye el mayor agrupamiento de grandes túneles (más de 5.000 metros de longitud) de la red de alta velocidad española, con 12 subterráneos que suman 87 kilómetros de trazado bajo tierra. Su proceso de construcción, iniciado entre 2012 y 2013, se ha realizado en todos los casos –salvo en los túneles de Bolaños– según el nuevo método austriaco y todos ellos ya han sido calados entre 2015 y 2016, procediéndose ahora a su revestimiento y a otras actuaciones de obra civil. En esta situación se encuentran los túneles de O Corno vía derecha (8.577 m) y vía izquierda (8.583 m), O Espiño vía izquierda (7.909 m) y vía derecha (7.853 m), A Canda vía izquierda (7.301 m) y vía derecha (7.304 m), O Cañizo vía izquierda (5.369 m) y vía derecha (5.372 m), Prado vía derecha (7.606 m) y vía izquierda (7.628 m), además de los de Bolaños.

De todos ellos, los de Bolaños y O Espiño, prácticamente contiguos, son los únicos ya totalmente revestidos de hormigón. En los túneles de O Espiño, el sistema constructivo empleado, consistente en una galería de ataque intermedia y cuatro frentes de trabajo por tubo, ha acortado los plazos de obra. Como singularidad, Ferrovial Agromán, constructor del túnel de vía derecha, ha empleado una innovadora solución a base de tecnosoles para mejorar el tratamiento en vertedero de los materiales piríticos y metales pesados procedentes de dicho túnel. Se trata de suelos artificiales fabricados a la carta, sustitutivos de la tradicional caliza, que, en convergencia con los suelos naturales, les confieren propiedades de protección medioambiental (control de lixiviados, filtro y depurador de agua, sumidero de carbono, reserva genética) para prevenir la extensión al medio ambiente de la contaminación presente en el material de excavación.

nadas con un elevado grado de alteración en el segundo tubo, lo que ha causado problemas al avance de la tuneladora debido a la cantidad de material extraído y al aumento de par motivado por las características de este terreno. Para estabilizar este tipo de terreno y poder seguir excavando se implantaron criterios alternativos de perforación. Inicialmente se variaron los parámetros de funcionamiento de la tuneladora (penetración, vueltas y empuje) para adaptarlos a la realidad del terreno. Posteriormente, a través de un sistema de bombas automatizado instalado en la tuneladora, a medida que se producía el avance se han inyectado resinas de poliuretano de dos componentes que, al entrar en contacto, reaccionan y se expanden, proporcionando estabilidad inmediata al terreno y evitando desprendimientos sobre la máquina. Esta técnica ha permitido superar con éxito las zonas críticas del segundo tubo.

También presentan grandes dosis de innovación las actuaciones llevadas a cabo para mejorar la estanqueidad de los túneles, diseñadas con carácter previo a la excavación. Se trata de una serie de soluciones técnicas para reforzar la impermeabilización de la estructu-



Adif Alta Velocidad

ra destinadas a resolver el problema de las importantes aportaciones de agua del terreno. Este problema fue detectado a raíz de los estudios realizados durante la redacción del proyecto constructivo sobre los caudales de agua previstos, que pronosticaron una elevada presión de agua en determinados puntos de la excavación (hasta 140 metros de columna de agua), estimándose puntas de caudal de agua infiltrado de hasta 100 litros por segundo. Estas innovaciones han sido obra de los departamentos de I+D de las constructoras.

Los poderes de 'La Peregrina'

Potencia	6.150 kW
Peso cabeza de corte	1.209 t
Peso del remolque	1.730 t
Longitud cabeza de corte	10,4 m
Longitud total	120 m
Diámetro de excavación	9.900 cm
Nº de cortadores	64
Empuje nominal	0-9.000 t
Empuje alta presión	9.000-18.000 t

Como principal solución pionera en este campo destaca el empleo de un sistema de impermeabilización a base de un mortero bicomponente, en lugar del mortero convencional, para rellenar el *gap* (hueco) generado entre el diámetro de perforación y el diámetro exterior del revestimiento. De manera análoga a las resinas empleadas en la estabilización de frentes, se trata de un mortero formado por dos componentes (A, con cemento, bentonita, agua y un retardador; y B, silicato de sodio líquido como acelerante) que, al ser inyectado en su avance por la tuneladora –previamente adaptada para esta función– en todo el perímetro del anillo, produce una reacción que en pocos segundos crea un gel endurecido y de alta resistencia (0,4 MPa en las primeras 24 horas). Este gel fija casi inmediatamente la pieza al terreno, se expande de forma homogénea por el hueco y aísla la dovela totalmente del agua. Con ello, además se evitan movimientos diferenciales del anillo de do-

▶ *Cabeza de corte de la tuneladora asomando al exterior tras el cale del túnel de vía izquierda.*

La mejora del rendimiento de excavación en el segundo tubo ha permitido completarlo en 9,5 meses, dos menos que el primero



▶ *Interior del túnel de vía derecha, con sección libre de 52 m² y revestido con dovelas trapezoidales.*

Desafío logístico

"Cuando llegamos no había nada", recuerdan en la UTE Túneles de Bolaños sobre el remoto lugar donde a finales de 2012 arrancaron los trabajos de los tubos gemelos, junto a Campobecerros, pedanía de 125 habitantes en plena montaña ourensana y de difícil acceso, apenas conectada con Verín, capital comarcal, y la autopista A-52 por una carretera provincial (OU-114) de grandes desniveles y que alcanza los 1.200 metros de altitud. A este apartado lugar, de estíos calurosos e inviernos muy lluviosos y con copiosas nevadas, las empresas tuvieron que trasladar por esta vía absolutamente todo lo necesario para poner la obra en marcha y desarrollarla durante más de cuatro años: tuneladora, maquinaria auxiliar, suministros (solo la planta de dovelas consumía una media de 27 bañeras de áridos y cinco cisternas de cemento diarias), personal, etc.

Lo más urgente era la electricidad, al no existir en la zona suministro de energía suficiente. Con objeto de abastecer a la tuneladora y al resto de instalaciones (planta de dovelas, planta de mortero bicomponente, instalaciones del personal) se construyeron 36 kilómetros de línea eléctrica (26 aéreos y 10 bajo tierra) que, tras conectarse a grupos electrógenos y transformadores, permitieron alimentar toda la obra, y además con un bajo impacto ambiental, al evitar el uso de generadores diésel. Para la gestión de las aguas procedentes del túnel se construyó incluso una planta de tratamiento de aguas para depurarlas antes de su vertido a los cauces naturales. Igualmente se repararon decenas de accesos a carreteras de montaña en esta zona. Al término de la obra, todas estas actuaciones permanecerán para el uso de la comunidad local.

velas debidos al retraso en la fraguada del mortero. Esta solución, ya empleada con buenos resultados por Acciona Infraestructuras en la excavación de los túneles urbanos de Legacy Way en Brisbane (Australia), está reemplazando en el último lustro al mortero convencional para este tipo de obra subterránea, aunque es la primera vez que se emplea en España en tuneladoras de escudo simple.

Igualmente relevantes han sido las innovaciones implementadas para mejorar la calidad de los anillos y, por tanto, su estanqueidad. Entre ellas figura un nuevo sistema de doble junta para las dovelas que, al duplicar la junta de sellado que rodea a cada dovela, colocándola en el trasdós y en el intradós, aumenta la estanqueidad, además de reducir la deformación y distribuir las cargas más uniformemente. Otra innovación ha sido el cambio en la conicidad del anillo equivalente a un radio mínimo del mismo a 350 metros (inferior al que puede describir la tuneladora, que es de 400 metros), con lo que se corrigen las pequeñas desviaciones que describe la tuneladora respecto a la línea teórica de trazado, evitando el riesgo de acodalamiento en el escudo. Finalmente, en la obra se han empleado dovelas trapezoidales en lugar de las rectangulares habituales. Según las empresas, este cambio mejora la compresión longitudinal de las juntas, evitando patologías que pudieran ser causadas por las cargas de los gatos de empuje. El resultado es una componente de compresión adicional a la del erector en todas las juntas radiales, que no se produce en las dovelas rectangulares. ▮



Salvamento Marítimo prestó auxilio a un total de 17.921 personas durante 2016

Una mano tendida en la mar

Begoña Olabarrieta. Fotos: Sasemar

Salvamento Marítimo ha presentado su balance anual: 5.693 actuaciones en las que se asistió a una media de 49 personas al día. Datos relativos a 2016, un año en el que la entidad ha mantenido el rumbo para culminar su plan estratégico (que finalizará en 2018) y se ha afianzando como referente en el ámbito internacional y en el día a día de los usuarios.


DON INDA
BS-11



Es habitual que al hablar de balances se destaquen las inversiones y los retornos, los beneficios y las pérdidas, pero en el caso de Salvamento Marítimo la cosa es diferente. Desde su creación en 1993 la labor de esta entidad pública, adscrita al Ministerio de Fomento a través de la Dirección General de la Marina Mercante, ha sido y es dar respuesta a todas las emergencias que puedan surgir en el mar y, por lo tanto, sus balances se traducen en vidas, seguridad, lucha contra la contaminación, atención al ciudadano, prevención, formación.

Una respuesta que en 2016 coordinó el rescate, asistencia o búsqueda de 17.921 personas (una media de 49 al día) en las 5.693 actuaciones marítimas (más de 15 diarias) atendidas en toda España.

Esto supone un aumento con respecto al año anterior de un 4% en su actividad, que se centró en salvamento de vidas –en concreto 4.478 actuaciones–, las intervenciones dirigidas a garantizar la seguridad marítima –otras 743– y las relacionadas con la protección del medio ambiente marino –472–.

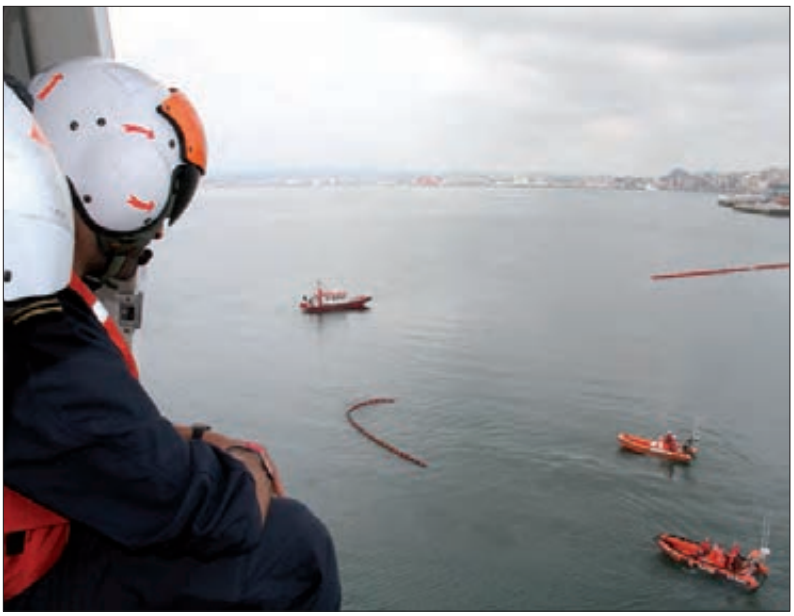
Por otra parte, el número total de buques controlados por los centros de Salvamento Marítimo ha sido de 318.070. De ellos, 149.444 corresponden a buques identificados a su paso por los Dispositivos de Separación de Tráfico de Fisterra, Tarifa, Cabo de Gata y Canarias Oriental y Occidental, y los otros 168.626 se controlaron en las entradas y salidas de los puertos españoles.

Rescate e izado de una persona mediante helicóptero. Debajo, un helicóptero de Salvamento y el remolcador María de Maeztu.





Extinción de un incendio a bordo de una embarcación. Debajo, varias unidades de Salvamento durante un ensayo de control de vertido contaminante.



Detrás de todas estas operaciones hay un dispositivo que funciona 24 horas al día, 7 días a la semana, 365 días al año, con 73 unidades marítimas de intervención, 14 unidades aéreas, 6 bases estratégicas, 20 Centros de Coordinación (CCS) y un Centro de Seguridad Marítima Integral (Jovellanos) destinado a la formación. Integrados en ellos, 1.500 profesionales.

Como destaca Lourdes Oña, Jefa del Centro Nacional de Coordinación de Salvamento CNCS, "tanto los controladores de los CCSs, el personal de flota y el personal aéreo se destacan por su dedicación y compromiso. Después de tanto tiempo de actividad todos, en cierta medida, han tenido experiencias que les hacen ser sumamente conscientes de que se dedican al salvamento de vidas y lo que eso significa".

4 objetivos para una respuesta aún más eficaz

El Plan Nacional de Salvamento (2010-2018) está entrando en su recta final, en su penúltimo año de vigencia. Definido siguiendo los objetivos y recomendaciones marcados por la Política Marítima de la Unión Europea, ha supuesto desde su inicio un importante esfuerzo inversor, de dotación de recursos humanos y de medios materiales, lo que ha convertido a SASEMAR en un referente europeo en la materia.

Estos son sus 4 objetivos:

1. *Reforzar el sistema preventivo actuando sobre la normativa y los instrumentos que garanticen su cumplimiento, es decir, vigilancia, inspección y sanción en los casos de contaminación marina en colaboración con el Ministerio Fiscal y las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, así como la difusión de la cultura de seguridad y protección del medio ambiente.*
2. *Afianzar el desarrollo de un sólido sistema de respuesta ante incidentes y accidentes en el mar, especialmente en las áreas geográficas y ámbitos más vulnerables, buscando la eficacia y eficiencia en el uso de las capacidades disponibles. Para ello se trabaja en la capacitación de los profesionales, potenciando el Centro Jovellanos de formación, y desarrollando sistemas de información que faciliten la toma de decisiones.*
3. *Crear un marco de relación institucional con otros organismos y administraciones, basado en la concertación y cooperación a nivel internacional, nacional y autonómico para robustecer la participación de todas las instituciones junto con los medios del Ministerio de Fomento en el desempeño de las actividades relacionadas con el salvamento marítimo y la lucha contra la contaminación.*
4. *Avanzar en la Innovación e Investigación para el uso sostenible del mar, con carácter multidisciplinar, en colaboración con Puertos del Estado y participación de otros centros de investigación, universidades y empresas públicas y privadas.*



Rondando el cuarto de siglo

La Sociedad Estatal de Salvamento y Seguridad Marítima está rondando el cuarto de siglo. Fue en 1993 cuando finalmente se ponía en marcha como ente encargado de los servicios de rescate, búsqueda y salvamento marítimo, prevención y lucha contra la contaminación del medio marino y control del tráfico marítimo.

Desde aquellos inicios se ha evolucionado mucho. Lo más destacable, sin duda, su crecimiento: se ha aumentado el número de unidades en un 70%, pero también la coordinación para ser más eficaces y efectivos.

En estos años se han establecido acuerdos entre las diferentes organizaciones nacionales (Cruz Roja Española, Agencia Estatal de Meteorología, Guardia Civil, Servicio de Vigilancia Aduanera, Armada, etc.) para colaborar en materia de salvamento, se participa activamente en foros internacionales (OMI, EMSA, REMPEC, etc.) y se han establecido contratos de prestación de servicios con diferentes Autoridades Portuarias para realizar un control de tráfico de buques.

Y, junto a los acuerdos, la visibilización de la labor que han venido desempeñando durante estos casi 25 años. "Los usuarios reconocen nuestro trabajo y lo valoran. Se reclama nuestra presencia y asistencia para solucionar emergencias y como un interlocutor profesional que atiende a las necesidades de las personas", asegura Lourdes Oña, Jefa del Centro Nacional de Coordinación de Salvamento CNCS.



Buques implicados

Medios y personal se movilizan según lo requiere cada operación, dependiendo de su magnitud. En 2016 se destacó el rescate de los 11 miembros de la tripulación del pesquero "Novo Jundiña" en el mes de enero, que tras reportar una vía de agua tuvo que abandonar la embarcación en un bote salvavidas. Para conseguir el éxito del operativo se movilizó al helicóptero H/S "Helimer 401" y se trasladó a la zona a la salvamar "Shaula", a la guardamar "Concepción Arenal", al helicóptero de los guardacostas "Pesca II" y a los barcos mercantes de paso.

Equipo de buceo preparándose para una inmersión y, al lado, buque remolcador Alonso de Chaves.

Presencia internacional

La cooperación, una de las señas de identidad de Salvamento Marítimo, ha tenido un gran impulso en 2016, con diversos acuerdos de cooperación suscritos, especialmente con nuestros países vecinos:

- ✔ *Planes de intervención conjunta en casos de salvamento y lucha contra la contaminación firmados con la Prefectura Marítima del Atlántico (Francia)-Plan Golfo de Vizcaya y con la Prefectura Marítima del Mediterráneo (Francia)-Plan Golfo de León.*
- ✔ *Colaboración para el desarrollo de métodos y técnicas en casos de lucha contra la contaminación con el Centro de Documentación de Investigaciones y Experimentación-CEDRE (Francia).*
- ✔ *Acuerdos con Marruecos y el Reino Unido.*

A estos se unen otros proyectos orientados al I+D+i para fomentar vías de financiación y de innovación y promover el liderazgo a nivel internacional:

- *Proyecto STM (Connecting Europe Facility CEF 2014): Liderado por Suecia tiene como objeto validar mediante dos bancos de pruebas a gran escala, en el Mediterráneo y en el Báltico, los conceptos y servicios definidos en el anterior proyecto MONALISA 2.0 sobre Gestión del Tráfico Marítimo. Los ensayos serán respaldados por la red de simuladores europea de la que el simulador de Jovellanos forma parte.*
- *Proyecto CORE LNGAS HIVE (Connecting Europe Facility CEF 2014): De la Comisión Europea, liderado por Puertos del Estado y coordinado por Enagás para el impulso del gas natural licuado (GNL) como combustible marino más limpio. El objetivo del proyecto es desarrollar una cadena logística integrada, segura y eficiente para fomentar el uso del GNL en la península ibérica como combustible. SASEMAR lidera la actividad sobre el uso del LNG como combustible alternativo para su flota.*
- *PROYECTO PICASSO (Connecting Europe Facility CEF 2014): El proyecto Preventing Incidents and Accidents by Safer Ships in the Ocean es también continuación del proyecto MONALISA 2.0 en el ámbito de la seguridad operacional en relación con la innovación tecnológica, el factor humano y la formación. Liderado por Salvamento Marítimo, cuenta con la participación de 14 socios de 8 países de la UE más Israel.*
- *Presidencia de la EUROPEAN COAST GUARD FUNCTIONS TRAINING NETWORK (red de formación para guardacostas europeos): Salvamento Marítimo asumió el 8 de marzo la presidencia de la recién creada junta directiva de la Red de formación para guardacostas europeos, en la que participan España, Finlandia, Italia, Portugal, Alemania, Reino Unido, Grecia y Chipre. El encargado de representar a la entidad dependiente de Fomento es José Manuel Díaz, Jefe de formación del Centro Jovellanos de Gijón.*

También destacable fue el rescate de los 22 tripulantes del buque "Modern Express" por el "Helimer 401" y el "Pesca II" (de los guardacostas), con el apoyo del avión "Sasemar 102" en una emergencia coordinada por el MRCC Falmouth, pero que se llevó a cabo con medios de SASEMAR.



La Salvamar Alkaid navega junto a un grupo de orcas.

Estos son tan sólo dos ejemplos de las emergencias atendidas el pasado año en las que se vieron implicados 4.018 buques, de los cuales un 10% eran mercantes, un 14% pequeros y un 60% buques de recreo. A estos hay que unir un 16% restante que corresponde a lo que Salvamento Marítimo denomina "otros tipos de buques", entre los que se encuentran las pateras.

Aunque no mayoritaria en porcentaje respecto al total de las intervenciones de la entidad, la actividad de asistencia a pateras que intentan llegar a las costas españolas es una de las más visibles por la fragilidad y vulnerabilidad de este tipo de embarcaciones y de las personas que van a bordo. En 2016 se consiguió el rescate de 6.726 personas desde las 464 pateras a las que se asistió, lo que ha supuesto un aumento de casi 2.000 inmigrantes más rescatados en emergencias de este tipo.

Y, por último, hay otras intervenciones en las que no se ven involucrados buques y que corresponden a actividades recreativas como surf, windsurf o submarinismo, caída de personas al mar desde tierra, rescate en acantilados, etc., que en 2016 sumaron 1.829 asistencias.

En definitiva, un balance que reafirma un año más a Salvamento Marítimo como una mano tendida en la mar. ▮



Reparado de emergencia el histórico puente Mayor de Castrogonzalo, dañado por una crecida

Rehabilitación en el Esla

Javier R. Ventosa. Fotos: DCE en Castilla y León Occidental

La obra pública en carreteras, además de nuevos trazados, funcionales viaductos y túneles, abarca también una notable labor de mantenimiento y de obras menos espectaculares pero igualmente necesarias para garantizar la circulación de personas y mercancías. Ejemplo de ello es la reciente rehabilitación del puente Mayor de Castrogonzalo (Zamora), estructura en servicio de alto valor histórico y patrimonial dañada por las crecidas del río Esla.



▶ *Estado final del puente Mayor de Castrogonzalo tras la intervención.*

El puente de Castrogonzalo, integrado en la vía de servicio de la autovía del Noroeste (A-6), es una de esas estructuras singulares que sorprenden al viajero. Visible desde los viaductos de la autovía paralela, se trata de un conjunto de puentes levantados sobre el cauce del Esla, de origen y factura medieval aunque transformados en la Edad Moderna, que sobresale precisamente por su eclecticismo al incorporar formas, materiales (desde sillería medieval hasta hierro y hormigón) y recursos constructivos de distintos siglos que lo revisten de un valor histórico y patrimonial de primer orden. Su tramo más representativo, el tramo III o puente Mayor, fechado entre los siglos XVII y XVIII, es un puente de 134 metros de longitud, con ocho vanos de luces 8,20-11,50 metros formados por bóvedas de cañón, pilas de 4 a 5 metros de anchura y tímpanos ma-



cizos, además de tajamares rectangulares aguas abajo y triangulares aguas arriba, todo ello en sillería. La plataforma alberga un carril unidireccional de 5,30 metros de anchura.

Este tramo sufrió importantes daños estructurales el 1 de mayo de 2016, tras una semana de fuertes caudales en el río Esla debidos a una conjunción de factores, como el deshielo, la lluvia y los desembalses preventivos. La fuerte crecida de las aguas colapsó la cimentación del estribo 2 (lado Benavente) y la zona curva de unión con el arco del vano número 8, provocando el derrumbe del tímpano de aguas arriba de dicha zona curva y de unos 15 metros de muro del estribo, dejando al descubierto los rellenos del interior del puente.

El colapso produjo un socavón en buena parte de la calzada superior del puente, por lo que la circulación en este tramo de vía del denominado camino de Torrizales, que conecta Benavente con Castrogonzalo, se interrumpió por motivos de seguridad. El importante tráfico agrícola de la zona, obligado a dar un gran rodeo para realizar el anterior recorrido, fue desviado a un carril especialmente habilitado de la cercana autovía A-6, dotada con tres carriles en esta zona.

Declaración de emergencia

Técnicos de la Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla y León Occidental, apoyados por una empresa de ingeniería especializada, analizaron y valoraron los daños en la estructura y en apenas una semana ya existía una propuesta de reparación, pero requería una actuación inmediata para evitar el agravamiento de los daños y restituir cuanto antes el uso del puente. Por ello se estimó necesaria una declaración de emergencia, procedimiento previsto en el Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público, mediante el cual el órgano de contratación, sin obligación de tramitar expediente administrativo, puede ordenar la ejecución de una obra para remediar los daños causados por acontecimientos catastróficos, acortando los plazos. Por el procedimiento normal, la obra habría tardado plazos incompatibles con la urgencia de la actuación.

Estado del puente, con parte del muro del estribo y una bóveda derruidos, en mayo de 2016. Debajo, socavón en la calzada superior de la estructura.







La declaración de emergencia fue firmada por el Ministerio de Fomento el 14 de julio, una vez realizadas consultas con la Comisión Territorial de Patrimonio de Castilla y León, al tratarse de una actuación sobre el entorno protegido de la Calzada de la Plata, y con la Confederación Hidrográfica del Duero, ante la necesidad de realizar actuaciones en el cauce del río Esla. Con ella quedaba aprobada la "Obra de emergencia de reparación y rehabilitación estructural del puente de Castrogonzalo sobre el río Esla en la autovía A-6 PK 258+100 (vía de servicio)", dotada con un presupuesto de 1,2 M€. El Ministerio de Fomento, a través de la Demarcación y de la Unidad de Carreteras de Zamora, ha actuado como promotor y ha llevado a cabo la dirección de la obra. La actuación fue adjudicada a la empresa Valoriza Conservación de Infraestructuras, que contó con la colaboración de Retineo Ingeniería (especializada en rehabilitación) para el desarrollo de la propuesta de reparación formulada en mayo por la ingeniería IPES, contratada a su vez como asistencia técnica a la dirección de la obra.

Las fases de la obra

Con carácter previo al inicio de la obra se desarrollaron dos actuaciones destinadas a ampliar el conocimiento sobre los daños y el terreno de apoyo de la estructura, que han sido de gran valor para fases posteriores. En concreto, un equipo de inspecciones subacuáticas, con el apoyo de un equipo sonar de alta pre-

Imágenes superiores, formación de la ataguía de tierra y apeo del muro dañado, con los sillares marcados en colores. Derecha, demolición selectiva del muro con medios mecánicos.



cisión, realizó una inspección subacuática de las cimentaciones del arco, del estribo y del resto de las cimentaciones para conocer el alcance real de la socavación. No solo aportaron datos sobre las partes dañadas (además de daños en el estribo 2 y en la pila 7, detectaron socavaciones en las pilas 3, 4 y 5), sino también sobre la batimetría del cauce, lo que luego ha ayudado a la definición de la ataguía necesaria para los trabajos en seco, así como a su ubicación óptima. También han sido relevantes los datos aportados por un estudio geotécnico para caracterizar el terreno de apoyo de la estructura, que han permitido ajustar el recalce de la cimentación en las zonas dañadas

La reconstrucción del puente de Castrogonzalo se ha llevado a cabo con el máximo respeto al carácter histórico de la estructura

Desde su origen, la obra de rehabilitación del tramo III del puente ha estado presidida por una filosofía de máximo respeto al carácter histórico de la estructura y con el objetivo de completarla en el plazo más breve posible para restablecer cuanto antes el tráfico interrumpido. Con esta base, la dirección de obra estableció un programa de ejecución dividido en varias fases consecutivas, cuyas primeras actuaciones arrancaron en agosto de 2016. A continuación se resumen estas fases.



Trabajos previos. En la fase inicial se desarrollaron las actuaciones preparatorias, entre ellas la zonificación de los elementos dañados. Como primera medida, encaminada a conservar en lo posible la obra original, tanto el arco dañado y el contiguo como la pila 7 se instrumentaron mediante cuerdas de convergencias y puntos de extensometría, sistemas destinados a medir el control de movimientos en obra, tanto de la estructura como del terreno.

Al tratarse de una actuación a desarrollar en el cauce, se hizo necesario crear un recinto estanco en la zona dañada, correspondiente al vano número 8, próximo a la orilla, con objeto de llevar a cabo allí los trabajos en seco. Para ello, con el apoyo de camiones y exca-

Arriba, inventariado de sillares ya desmontados procedentes de la estructura. Debajo, trabajos de consolidación de la cimentación.





vadoras, se formó una ataguía mediante tierras procedentes de préstamo formando un terraplén que, partiendo de la orilla, rodeaba la zona de trabajo por ambos lados del puente, generando un recinto al que las aguas del río no podían acceder. En su parte exterior, la ataguía fue reforzada mediante escollera. Bajo el arco dañado se construyó una losa de hormigón, sobre la que en fases posteriores se instaló una cimbra metálica para realizar la reconstrucción de la bóveda.

También se procedió a asegurar las partes del puente no colapsadas. En concreto, el muro de aguas arriba del estribo 2, parcialmente desplomado, se apeó mediante tres jabalcones apoyados sobre una zapata de hormigón ejecutada en la ataguía. Asimismo, se dispuso un zunchado activo (mediante bandas de material polimérico de alta resistencia puestas en carga con tensores) del arco existente entre el estribo y la pila 7 para confinar la estructura y evitar movimientos diferenciales durante el desmontaje de la sillería.

● **Desmontaje y demolición.** Como siguiente paso se procedió al desmontaje de los sillares del muro del estribo, previamente marcados para recolocarlos en su posición original. Esta operación la realizó una retroexcavadora equipada con pinza hidráulica, que desmontó el muro pieza a pieza o por bloques. Los sillares recuperados se depositaron en una explanada cercana para su limpieza (se retiró el mortero de cal adherido) e inventariado por tamaño y ubicación. Aunque se recuperó la mayor parte, algunos sillares desprendidos se encontraban en el río o no se hallaron. Por ello, una parte pequeña de los luego colocados son de nueva aportación.



▶Arriba, cimbra bajo la bóveda dañada, destinada a apoyar su reconstrucción. Derecha, reconstrucción del muro del estribo.

Como segunda actuación de esta fase se realizó la excavación del trasdós de la zona dañada, realizada inicialmente con medios mecánicos al tratarse de material de relleno y más adelante con martillo hidráulico al aparecer zonas consolidadas con lechada o mortero de cal. También se demolió la solera de hormigón de la plataforma del puente.

● **Consolidación de la cimentación.** En esta fase, el equipo de obra procedió a la mejora de las cualidades portantes del terreno donde se asienta el puente como forma de consolidar las cimentaciones de la estructura. La actuación, realizada en la zona perimetral de la pila y del muro del estribo a tratar, se ejecutó mediante perforaciones acompañadas de inyección de lechada de cemento bajo las protecciones existentes en las cimentaciones. Con ello se ha logrado consolidar la capa de gravas detectada en el estudio geotécnico, situada en los sondeos a partir de una profundidad de 2,9 metros, hasta empotrarse en las arcillas situadas bajo la capa de gravas, localizada a partir de una profundidad de 4,2 metros. Con la consolidación de la cimentación se ha mejorado el apoyo de la estructura de fábrica sin variar de forma sensible la interacción cimentación-estructura del puente.



● **Reconstrucción de sillería.** La reconstrucción del muro del estribo y de la bóveda ha sido la fase más laboriosa y duradera debido a la gran precisión requerida. En el caso del muro, en cuya base se ejecutó una cimentación de hormigón ciclópeo, la reconstrucción ha consisti-

▶ *Trabajos de reconstrucción de la bóveda*

Los puentes de Castrogonzalo

Históricamente, el cruce del Esla a la altura de Castrogonzalo (Zamora) ha sido un paso obligado hacia los puertos montañosos del norte y del oeste peninsular, incluido además en la Vía de la Plata, razones por las que siempre han existido puentes en este estratégico enclave. Pascual Madoz, en su célebre Diccionario, *apunta que allí hubo un puente ya en época de los celtíberos y Carlos Fernández Casado, con ocasión de la obra del viaducto de la N-VI en esta zona, atestiguó la existencia de cimentaciones romanas de un puente que probablemente sirvió como paso de la calzada Astorga-Zaragoza y que se abandonó en el siglo XIII.*

El primer documento sobre un puente en Castrogonzalo, de 1221, cita una estructura de piedra, el puente de Santa Marina, como paso de la cañada zamorana, por donde transitaban personas y mercancías hacia la feria de ganado local. Cruzarlo estaba sujeto al pago del pontazgo. Su trayectoria durante los siglos bajomedievales fue agitada, con periodos de ruina y expolio de materiales, reconstrucciones (con aportaciones de las ciudades cercanas) debido a las avenidas que inundaban la vega y el levantamiento de un nuevo puente para sustituir al que quedó en seco por las variaciones del cauce. Tras algunos antecedentes frustrados en el XVI, el primer intento serio de levantar un puente "a la moderna" cristalizó en 1649 con el proyecto de Francisco Llánez, autor del puente Mayor o Grande, de mayor envergadura y más ancho, con 19 bóvedas, que tardó dos décadas en construirse. En 1732, empero, el puente estaba arruinado y su fábrica apenas sufrió algunos parcheos, hundiéndose además una bóveda en 1776.

Por aquellos años del XVIII estaba en plena configuración el camino real o carretera general de Galicia, que demandaba un paso seguro sobre el Esla en Castrogonzalo, reclamado por poderosas figuras como "uno de los pasos más necesarios de toda España para el reino de Galicia y parte de Asturias". Este es el germen del proyecto de los maestros Diego de Ochoa y Juan de Sagarvinaga, dotado con 2,3 millones de reales y construido en el periodo 1781-1788. El resultado, citado por Madoz, fue un puente de piedra de sillería de 27 ojos, al que se la añadieron 12 ojos en 1806 para unir el puente viejo con el nuevo, y que constituía "un punto importante en la carretera Madrid-Galicia". En diciembre de 1808, durante la Guerra de la Independencia, tropas británicas en retirada minaron varios arcos del puente para frenar el avance de las columnas francesas. El propio Napoleón ordenó reparar la zona dañada. En el resto del siglo se le habilitó un tramo de madera y se añadió otro metálico.

Ya en el siglo XX se sucedieron nuevas reparaciones, consolidaciones y la sustitución en 1930 de un tramo de fábrica por otro de hormigón, hasta que el viaducto de la carretera N-VI, construido en paralelo a partir de los años 50 del pasado siglo a la altura del pk 258+100, relegó a la histórica estructura a servir como camino de servicio.

Como consecuencia de su azarosa historia, el actual puente de Castrogonzalo está formado por tres puentes consecutivos: uno de cinco tramos metálicos sobre pilas de fábrica, otro formado por cuatro bóvedas de hormigón elípticas y un tercero –el principal, que cruza el cauce– construido entre los siglos XVII o XVIII sobre los restos de puentes más antiguos, formado por ocho bóvedas de cañón y pilas de sillería, tajamares rectangulares aguas abajo y triangulares aguas arriba, y que es el que ha sido rehabilitado. Además a 200 metros hay restos de un antiguo puente medieval afectado por la construcción de la carretera nacional. Es precisamente la ecléctica traza arquitectónica de este conjunto, con un arco cronológico que abarca al menos seis siglos, lo que hace del puente de Castrogonzalo una obra singular e interesante. A ello se une el carácter monumental del puente y su importancia histórica, que lo convierten en un bien patrimonial de primer orden.

Fuente: Informe histórico del CEHOPU



Vista de la zona del puente una vez rehabilitado, en febrero pasado.

do en la colocación de cada uno de los sillares (más de dos centenares) en su posición original y su rejuntado con mortero de cal. En paralelo a esta actuación se procedió también a le ejecución del trasdós, realizado en condiciones similares a las existentes mediante relleno con piedra y posterior inyección con lechada de cal con espesor variable decreciente con la altura del muro. Finalmente se rellenó con zahorra compactada, igualando el perfil de la parte no colapsada, evitando así comportamientos diferentes entre elementos similares y contiguos.

La reconstrucción del muro y de la bóveda ha consistido en la colocación de cada sillar en su posición original y su rejuntado con mortero

Para la reconstrucción del arco se dispuso una cimbra a medida destinada a asegurar la geometría original. El procedimiento de colocación de sillares fue similar al del arco, pieza a pieza y rejuntados con mortero de cal, ejecutándose el trasdosado con piedra y lechada de cal.

Los sillares que no pudieron ser recuperados se sustituyeron por otros de dimensiones similares a los de la obra original, procedentes de canteras seleccionadas teniendo en cuenta las características de un testigo de piedra extraído del puente y ensayado por el Cedex con motivo de una actuación sobre esta estructura realizada en 2015. El mortero de cal empleado también ha tenido en cuenta los resultados de una muestra de mortero de la fábrica del mismo estribo igualmente tomada por el Cedex. Con esta actuación se ha tratado de respetar al máximo el carácter histórico del muro y la bóveda.

Con carácter complementario a esta obra de cimentación se llevaron a cabo otros trabajos en las pilas 3, 4 y 5 del puente, en las que inspección subacuática había detectado socavaciones importantes. En concreto, un equipo de buzos procedió al encofrado de estas pilas y posteriormente se bombeó hormigón para rellenar oquedades, restaurándose también las zapatas. Con ello se las ha dotado de mayor protección frente a la acción de futuras avenidas.

Trabajos finales. En la última fase de la obra se acometió la construcción de la losa de hormigón en el tablero y la pavimentación de la parte superior del puente, dejándolo listo para su uso, así como la retirada de la cimbra y de la ataguía. La limpieza general y la restitución de la ribera para dejar el lugar como antes de las actuaciones fueron el punto final de la obra.

El Ministerio de Fomento dio por terminadas las obras de emergencia el pasado 20 de febrero, restableciendo ese día la continuidad de la vía de servicio de la A-6 y restituyendo a la autovía el carril “prestado”. Junto al restablecimiento de la importante dimensión funcional del puente de Castrogonzalo, básico para la economía agrícola y ganadera de la zona, pero también utilizado por senderistas del Camino Sur de Santiago y de la Vía de la Plata, la actuación de la ingeniería ha permitido recuperar con rapidez un bien de alto valor histórico y patrimonial que ahora vuelve a lucir como nuevo.

Investigadores españoles desarrollan proyectos punteros de observación astronómica a través de ALMA

Tras los secretos del cosmos



Pepa Martín. Fotos: Observatorio Astronómico Nacional y European Soulthern Observatory (ESO)

Han pasado décadas desde que los científicos del Observatorio Astronómico Nacional (OAN), adscrito al Ministerio de Fomento a través del Instituto Geográfico Nacional (IGN), iniciaran sus estudios sobre el Universo con el radiotelescopio de Yebes, hasta la participación en el proyecto internacional ALMA, el interferómetro más preciso y potente del mundo, que desde su entrada en funcionamiento ha aceptado numerosas propuestas de observación de los astrónomos del Observatorio para sus proyectos de investigación.



A.Duro/ESO



Ariel Marinkovic/ESO

▶ *Vista aérea de las antenas de ALMA en el desierto de Atacama.*

Mucho ha evolucionado la observación del espacio desde aquel primer radiotelescopio que los astrónomos del Observatorio pusieron en marcha entre finales de los 70 y principios de los 80 en Yebes (Guadalajara), que a día de hoy está obsoleto, pero que en aquel momento marcó un hito no sólo por sus 14 metros de diámetro, sino porque fue el primero que hubo en España de propiedad nacional, y permitió a los científicos del IGN iniciar su actividad como radioastrónomos.

Luego sirvió para entrenar ingenieros que acabaron montando laboratorios en el propio OAN, y que han permitido a su vez hacer grandes aportaciones a organismos internacionales, como es el caso del Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM), en el que se integran, por parte de España, el Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de Fomento, del cual depende el Observatorio, el Centro Nacional para la Investigación Científica (CNRS), por parte de Francia, y la Sociedad Max Planck, de Alemania.

De Yebes, los astrónomos del OAN pasaron a utilizar los dos observatorios que este Instituto montó a mediados de los 80 en Pico Veleta, en Sierra Nevada (Granada), de 30 metros de diámetro, y que a día de hoy todavía es el más potente del mundo en su clase, y el instalado en los Alpes franceses, en el Plateau de Buré, que ha sido el interferómetro de ondas milimétricas más potente del mundo hasta la puesta en funcionamiento de ALMA, el gran observatorio del desierto de Atacama (Chile), que proporciona las imágenes con mayor sensibilidad, las más precisas y con más detalle, nunca vistas hasta ahora del universo en ondas radio.

Aunque tanto los astrónomos como los ingenieros del Observatorio siguen trabajando hoy en día con todos estos instrumentos, poder observar con ALMA permite progresar mucho más rápido en sus estudios gracias a que ofrece unas posibilidades mayores en cuanto a sensibilidad o detalle del cartografiado, por poner unos ejemplos, pero sobre todo por el tiempo en el que se pueden obtener los datos, que es muchísimo menor en relación con otros radiotelescopios. Hay proyectos que sin ALMA no se podrían acometer porque hacerlo con otros instrumentos requeriría unos tiempos de observación im-

Observar con ALMA permite a los astrónomos cartografiar el cosmos con un detalle y una velocidad impensables años atrás



Investigadores españoles han desarrollado hasta la fecha más de 30 estudios publicados en prestigiosas revistas científicas. (Fotografía cortesía de P. Planesas).

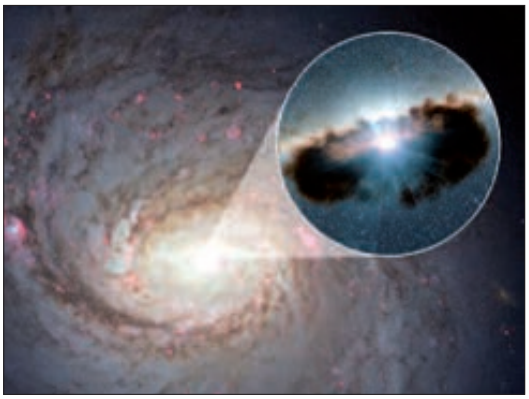
posibles, de semanas, y con ALMA, con dos o tres horas de observación, y en algunos casos hasta minutos, ya se obtienen resultados.

Es por ello que el objetivo de los investigadores del OAN es conseguir buenos tiempos de observación con ALMA para avanzar en sus investigaciones, una expectativa que se está cumpliendo con creces ya que, desde su entrada en funcionamiento en 2013, son muy numerosas las propuestas que se están aceptando para que puedan trabajar en los proyectos seleccionados de la forma más eficaz.

Grandes descubrimientos

"Hasta la fecha son más de 30 proyectos los que se han publicado en las revistas de astronomía o científicas más prestigiosas del mundo, en los que han trabajado los astrónomos del Ministerio de Fomento a través de observaciones realizadas con ALMA, y al menos ocho de ellos tienen como primer autor a un astrofísico nuestro, a los que hay que sumar otros cuatro proyectos de los que ya tenemos datos y en los que también estamos trabajando", cuenta Pere Planesas, astrofísico del Observatorio Astronómico Nacional que conoce bien las entrañas de ALMA, ya que estuvo trabajando durante tres años como científico del Observatorio Europeo Austral en la puesta en marcha del interferómetro del desierto chileno de Atacama.

El aprovechamiento científico de ALMA es, por lo tanto, muy positivo. "Si se cuantifica, nos detalla Planesas, la contribución de España en el presupuesto de ALMA es de un 3 por ciento, y el Observatorio Astronómico Nacional obtiene de aprovechamiento científico un 1,5 por ciento de retorno. Si a ello añadimos los beneficios que obtienen los investigadores del Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y de las Universidades,



¿Qué es ALMA?

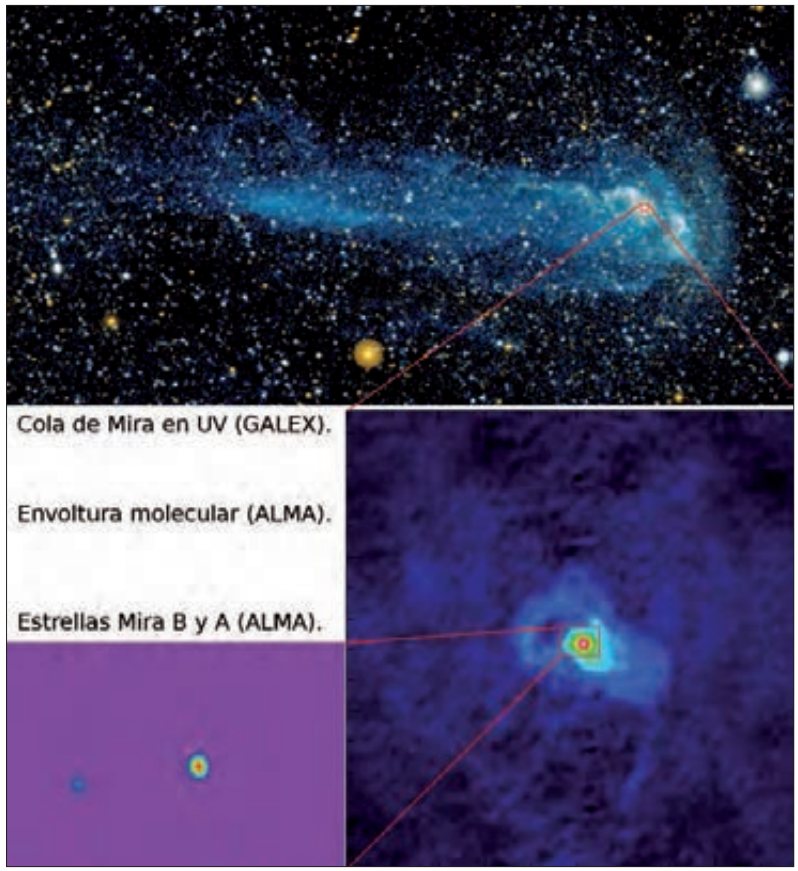
En el Llano de Chajnantor, Chile, a 5.080 metros de altitud, se ubica ALMA (Atacama Large Milimeter/Submilimeter Array) el mayor complejo astronómico del mundo, fruto del trabajo conjunto del Observatorio Europeo Austral (ESO), organismo del que España forma parte desde julio de 2006, y del Observatorio Radio Astronómico Nacional (NRAO) de EEUU, junto a los Institutos Nacionales de Ciencias Naturales (NINS) de Japón, además de contribuciones de Canadá, Taiwán, Corea del Sur y Chile.

Compuesto por 66 radiotelescopios –54 de 12 metros de diámetro y los 12 restantes de 7 metros– capaces de moverse al unísono para apuntar directamente hacia cualquier astro, funciona como un interferómetro gigante –un conjunto de radiotelescopios que actúan conjuntamente para simular una antena que tenga el diámetro de las distancias entre todas ellas, en este caso alcanza los 16 kilómetros– para observar longitudes de onda milimétricas y submilimétricas.

Esta característica les permite trabajar de día y noche y penetrar en las nubes de polvo hasta en donde en muchas ocasiones los telescopios tradicionales no pueden ver. La información que captan sus antenas se combinan y se procesan en el llamado correlador, un ordenador gigante considerado el más potente del mundo, compuesto por más de cien millones de procesadores, todo un desafío tecnológico.

Para desarrollar este instrumento de altísima precisión se combinan de forma rigurosa técnicas de vanguardia en construcción de antenas con fibra de carbono, en ingeniería de microondas, en sistemas de comunicación de altísima velocidad, o en equipos de bajísimo ruido operando en regímenes criogénicos, entre otras, que dotan al complejo de un poder de resolución angular –capaz de discernir pequeños detalles– y de una sensibilidad sin precedentes.

Todo ello no sería posible sin su ubicación –el Llano de Chajnantor es el desierto más árido del mundo– que se eligió por su altura y extrema sequedad, ya que el vapor de agua absorbe las ondas milimétricas y submilimétricas y distorsiona las señales que llegan del espacio, y al hecho de que se encuentra en el hemisferio sur, desde donde la Vía Láctea puede observarse mucho mejor, convertía a este lugar en el más adecuado del mundo.



Representación artística del anillo de gas y polvo frío que rodea el núcleo de la galaxia espiral NGC 1068 (cortesía de NASA). Al lado, cola que deja la estrella Mira, ampliación que muestra su envoltura medida con ALMA, y segunda ampliación que permite distinguir las dos estrellas que componen la binaria.

ese 3 por ciento de inversión está más que amortizado porque obtenemos más de lo que aportamos".

El procedimiento para obtener esos tiempos de observación con ALMA es un tanto complejo, ya que "opera como un telescopio espacial, tú no vas allí a poner el ojo, si no que otras personas expertas en el uso y manejo de este instrumento realizan la observación que tú solicitas", nos cuenta Pere Planesas. Para ello se realiza una propuesta de observación detallada sobre el estudio en curso, razonando que la observación con ALMA va a permitir realizar las mediciones necesarias para obtener respuestas a aquellas dudas o especulaciones que se quieren comprobar en torno a lo que se ha descubierto anteriormente.

Una vez al año ALMA abre un periodo para que los científicos presenten sus propuestas, para que sean evaluadas por un Comité, constituido a su vez en paneles temáticos, en los que se integran astrofísicos especializados en cada una de las materias, ya sea cosmología, galaxias o estrellas, que escogen los proyectos que consideran mejores, los más adecuados, o los más interesantes. Hay que decir que Rafael Bachiller y Asunción Fuente, astrofísicos del Observatorio, han formado parte del Comité de Dirección y del Comité de Evaluación de Propuestas, respectivamente. Hay un coordinador al que llaman Chairman, que en función de



▶ *Grupo de antenas de ALMA al atardecer.*

los temas invita a los investigadores, que considera son expertos cualificados en la materia, a participar en los paneles.

Suelen recibirse entre 1.000 y 2.000 propuestas y se seleccionan en torno a 300 ó 400. Se solicita entonces a los investigadores de los proyectos elegidos por el Comité que especifiquen cómo desean que se concrete la observación, que se realizará cuando se den las condiciones más idóneas para ello. Una vez obtenidos los datos, que con ALMA al ser tan potente es cuestión de 3 ó 4 horas de observación, a veces incluso de decenas de minutos, los astrónomos de ALMA hacen una evaluación de los resultados para ver si tienen la calidad exigida, y si es así se cuelgan y descargan en una base de datos con la que los científicos ya pueden trabajar para obtener información astrofísica.

El colofón a este proceso, que puede tardar más de un año, es la elaboración de las conclusiones del estudio, redactadas en un artículo que se envía a las revistas más prestigiosas de astronomía, como son Astronomy and Astrophysics, en Europa, y The Astrophysical Journal en EEUU, o bien a Nature o Science, que aunque no son especializadas gozan de un gran prestigio. El hecho de que aparezca publicado en ellas, tras su revisión por expertos, es una forma de dar validez a los resultados de la investigación.

La astrofísica intenta resolver las dudas que nos planteamos en torno al origen del Universo, y es por ello que los proyectos en los que trabajan los astrónomos del OAN giran en torno a temas muy diversos, como puede ser el de la evolución estelar, concretamente la de las estrellas viejas y el nacimiento de otras nuevas y sus planetas, o el estudio no sólo de nuestra galaxia, sino de aquellas otras que nos rodean.

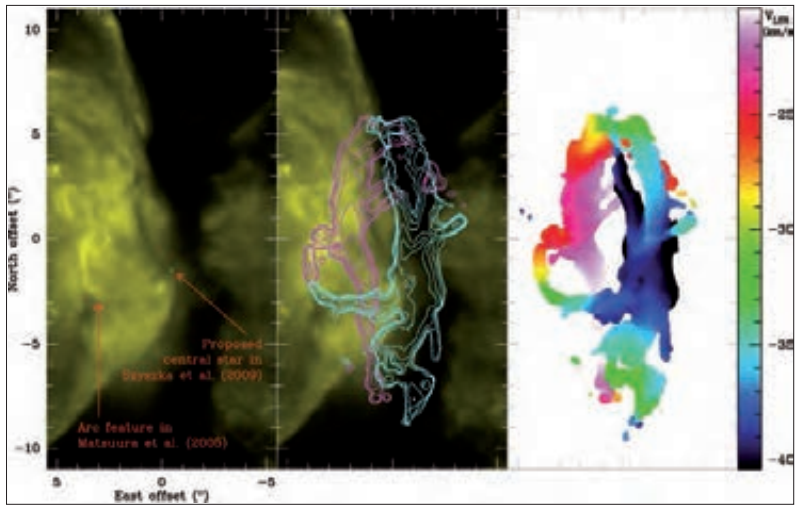
Los estudios de los astrónomos españoles a través de ALMA giran muchos de ellos en torno a la evolución estelar o la formación de planetas y galaxias

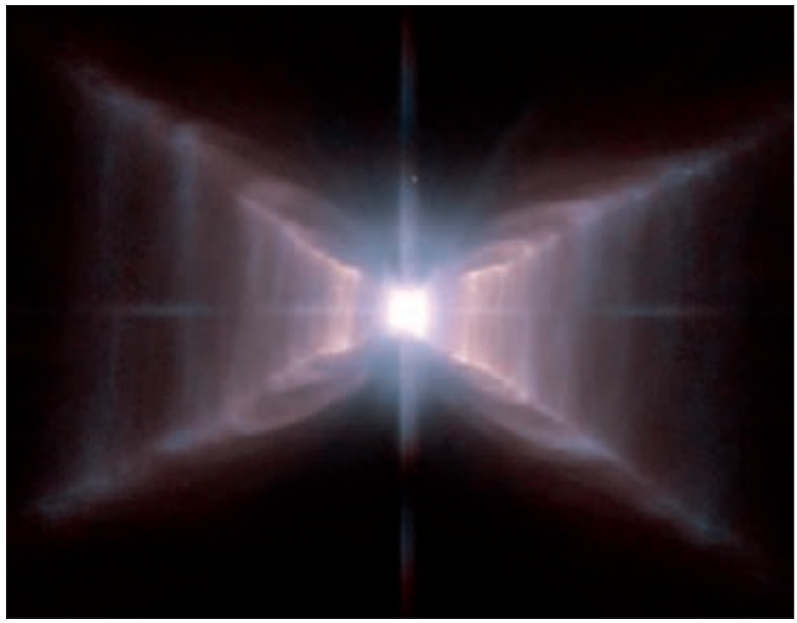
Las estrellas nacen, envejecen y mueren, aunque es un proceso tan lento que no es apreciable en escalas de tiempo humanas. El nacimiento, por ejemplo, dura varios cientos de miles de años, y hoy sabemos que empieza cuando en una densa nube molecular, fría, la fuerza de la gravedad inicia un proceso de contracción. El proceso también da lugar a la formación de un disco que puede convertirse en un sistema planetario, pero antes, la estrella que se está formando (protoestrella) produce un rápido viento bipolar formado por dos chorros opuestos de material de alta velocidad que dispersan parte de la nube materna donde nace la estrella y hacen que ésta, una vez formada, sea visible a nuestros ojos.

Estudios con ALMA

Aunque son más de una treintena los proyectos de investigación emprendidos por los astrofísicos del Observatorio Astronómico Nacional mediante datos obtenidos a través de la observación con ALMA desde 2013, hay ocho de ellos que cabe destacar especialmente, más aún considerando que el primer autor es un científico del OAN, adscrito al Instituto Geográfico Nacional dependiente del Ministerio de Fomento.

- *Mario Tafalla y colaboradores, 2017, Astronomy and Astrophysics. "Anatomía de los arcos de choque internos del chorro protoestelar IRAS 04166+2706".*
- *Valentín Bujarrabal y colaboradores, 2017, Astronomy and Astrophysics. "Una segunda nebulosa post-AGB que contiene gas en rotación y en expansión: mapas con ALMA de IW Carinae".*
- *Miguel Santander-García y colaboradores, 2017, Astronomy and Astrophysics. "Observaciones de alta resolución angular con ALMA de la región de gas molecular denso de NGC6302".*
- *Pere Planesas y colaboradores, 2016, Astronomy and Astrophysics. " El espectro de radiocontinuo de Mira A y Mira B hasta longitudes de onda submilimétricas".*
- *Valentín Bujarrabal y colaboradores, 2016, Astronomy and Astrophysics. "Observaciones adicionales con ALMA y modelado detallado del Rectángulo Rojo".*
- *Santiago García-Burillo y colaboradores, 2016, The Astrophysical Journal. "ALMA resuelve el toroide de NGC1068: emisión en continuo y líneas moleculares".*
- *Santiago García-Burillo y colaboradores, 2014, Astronomy and Astrophysics. "Emisión de líneas moleculares en NGC1068 cartografiada con ALMA: Un flujo de materia impulsado por el AGN en el gas molecular denso".*
- *Valentín Bujarrabal y colaboradores, 2013, Astronomy and Astrophysics. "Observaciones con ALMA del Rectángulo Rojo, un análisis preliminar".*





▶ *Distribución y cinemática de los dos anillos de la densa región molecular de la Nebulosa del Insecto (cortesía de ALMA y NASA/ESA). En la imagen inferior, fotografía de la nebulosa protoplanetaria de Rectángulo Rojo (NASA/ESA).*

Estudios punteros

Observaciones realizadas con ALMA por un equipo liderado por el astrofísico del OAN Mario Tafalla, de los chorros de la protoestrella IRAS 04166+2706, recogidas en Astronomy and Astrophysics, han permitido ver detalles desconocidos de su estructura y así constatar la presencia de ondas de choque que por primera vez pueden permitir evaluar la evolución posterior de los chorros y sus efectos sobre la nube ambiente.

Cuando las estrellas envejecen agotando las reservas de combustible nuclear (hidrógeno) de su núcleo, se produce un gran cambio en su imagen tanto en tamaño como en color, y el radio de la estrella se hace tan grande que englobaría (calcinándolo) un planeta que girara con la órbita de la Tierra. A este tipo de estrellas se les llama gigantes rojas, y su característica más notable es la lenta eyección de materia al espacio circundante, donde los átomos se unen formando moléculas y algunas se agrupan en granos de polvo. Cuando ha eyectado más de la mitad de su masa, queda al descubierto el pequeño núcleo central, una enana blanca.

Ese paso final se produce en mil o dos mil años, en los que también el entorno cambia de forma espectacular, originándose lo que se denominan nebulosas planetarias, de bellas y muy variadas formas. El material expulsado terminará disperso en el espacio interestelar y eventualmente podrá acumularse en una nube molecular en la que nacerá una nueva generación de estrellas.

En torno a estos descubrimientos, otro de los estudios basados en datos de ALMA, liderado por el astrofísico del OAN Pere Planesas, también publicado en la revista europea, ha permitido analizar en detalle la emisión

P. Horálek/ESO



▶ *Grupo de antenas de ALMA y, debajo, trabajos de ajuste en el correlator.*

en ondas de radio de la famosa estrella gigante roja Mira y su pequeña compañera Mira B, mostrando la complejidad de esta última, y permitiendo determinar con mayor precisión que nunca la posición relativa entre ellas.

En la nebulosa planetaria denominada Rectángulo Rojo, hay una estrella binaria estudiada por el astrofísico del Observatorio Valentín Bujarrabal y sus colaboradores, que con observaciones realizadas con ALMA en 2014, y confirmadas con nuevas medidas en 2016, descubrió, inesperadamente, que tenía un disco de materia en rotación en su parte central, lo que ha llevado a especular sobre si tales discos pueden ser determinantes en dar forma alargada a algunas nebulosas planetarias e incluso si podría llegar a formarse algún planeta. En 2017 el mismo equipo ha publicado en Astronomy and Astrophysics el descubrimiento, con ALMA, de otro disco con tales características en la nebulosa IW Carinae.



Max Alexander/ESO

ALMA está revelando situaciones aún más complejas, como ha sido la observación realizada para el estudio liderado por el becario postdoctoral del OAN Miguel Santander, recogido en la revista de astronomía europea, que muestra que la Nebulosa del Insecto (NGC6302) tiene dos anillos de materia girando alrededor de la estrella central, casi perpendiculares entre sí, siendo uno de los anillos mucho más joven que el otro. Se especula si el origen está en que la estrella es triple o si el anillo más débil es fruto de la destrucción de un planeta gigante.

Astrónomos españoles han conseguido por primera vez imágenes de los anillos que rodean los agujeros negros de las galaxias

En cuanto a las investigaciones realizadas en torno a las galaxias activas, otro equipo de astrónomos encabezados por el astrofísico del Observatorio Santiago García Burillo ha conseguido, por primera vez, la imagen de uno de los anillos que, durante mucho tiempo, se pensaba que existen rodeando a los agujeros negros en los núcleos de las galaxias. Hasta la entrada en funcionamiento de ALMA, no había sido posible distinguir estos anillos con los telescopios convencionales, pero el interferómetro de Chile ha permitido observar las entrañas del prototipo de las galaxias activas, la galaxia espiral NGC1068, que se encuentra a una distancia de 47 millones de años luz, dando validez así, por fín, a esta teoría. ▮

La red de Aena alcanza su mejor registro histórico y supera los 230 millones de pasajeros en 2016

Un año para recordar



Pepa Martín. Fotos: AG Aena

El tráfico de viajeros que utilizaron los aeropuertos españoles creció durante el pasado año un 11 por ciento, un incremento que se ha visto favorecido por la buena marcha del sector turístico, y que ha llevado a Aena a registros de récord, superando en más de 230 millones el número total de pasajeros.


DUTY
FREE

De esta forma, 2016 se coloca como el mejor ejercicio en la historia de los aeropuertos nacionales, superando la histórica cifra de 2007, año en el que se registraron 210,4 millones de viajeros. Las perspectivas son además igualmente positivas, ya que la previsión es que durante 2017 continúe esta tendencia al alza.

Los pasajeros que transitaron por nuestros aeropuertos lo hicieron, en su mayoría, en vuelos internacionales, suponiendo un total de 161,7 millones de personas, casi un 12 por ciento más que en 2015, mientras que los 67,5 millones restantes, un 8,8 por ciento más que el año anterior, correspondieron a viajeros de vuelos nacionales.

También gran parte de estos usuarios, 206,6 millones, realizaron vuelos comerciales. De ellos, 144,4 millones fueron en operaciones internacionales, un 5,9 por ciento más que en 2015, lo que supone nuevamente un récord histórico de viajeros en este segmento, mientras que los 62,1 millones restantes fueron nacionales, un 6,1 por ciento más que el año anterior.

El aeropuerto que registró mayor número de pasajeros fue el de Adolfo Suárez Madrid-Barajas, con 50,4 millones durante 2016, un 7,7 por ciento más que el año anterior, el mejor dato de cierre desde 2012 y con el que acumula dos años consecutivos al alza. Por su parte, el de Alicante-Elche fue el que registró el mayor incremento porcentual, un 16,7 por ciento más, y 12,3 millones de viajeros, superando además por segunda vez en su historia los 10 millones de pasajeros.

Entre los principales aeropuertos cabe destacar también el de Barcelona-El Prat, con 44,1 millones de pasajeros y un 11,2 por ciento más de incremento con respecto al año anterior; Palma de Mallorca, con 26,2 millones y un 10,6 por ciento de aumento; Málaga-Cos-



Los pasajeros de vuelos internacionales crecieron en el pasado año un 12 por ciento respecto a 2015.





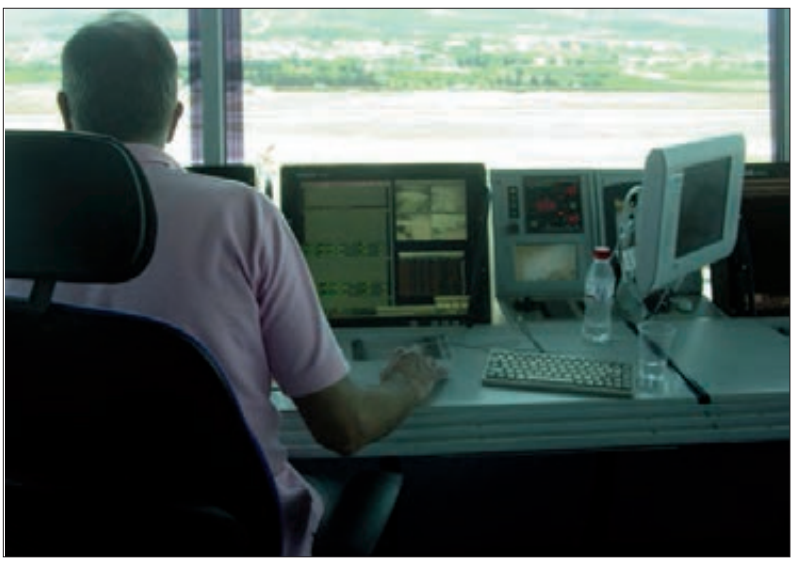
Durante el pasado año se batió el récord de operaciones en la red de Aena.

ta del Sol, con 16,6 millones y un 15,7 por ciento más, y Gran Canaria, con 12 millones y un 13,8 por ciento de incremento, todos ellos ubicados en algunas de las zonas más turísticas de nuestro país.

Operaciones

Durante 2016 también se batió el récord de operaciones en la red de Aena, con más de 2 millones de movimientos, un 7,5 por ciento más que el año anterior, siendo también el de Adolfo Suárez-Madrid Barajas el aeropuerto que se situó en cabeza, con 378.150 operaciones, entre aterrizajes y despegues, lo que supuso un incremento del 3,1 por ciento con respecto al año anterior.

El de Alicante-Elche destaca también en este sentido por su aumento porcentual, cifrado en un 17,6 por ciento, y un total de 87.113 movimientos. Pero los registros más importantes correspondieron a los aeropuertos de Barcelona-El Prat, con 307.864 vuelos, y un 6 por ciento más; Palma de Mallorca, con 197.639, y un incremento del 10,9 por ciento; Málaga-Costa del Sol, con



En el podio de la puntualidad

Además de por su creciente volumen de pasajeros, el aeropuerto Madrid-Barajas Adolfo Suárez destacó también en otros aspectos operacionales como es el de la puntualidad. Un informe de la prestigiosa consultora británica OAG, especializada en el sector aéreo, lo sitúa como el tercero más puntual entre los grandes de Europa, solo por detrás de los alemanes de Münich y Francfort. A nivel mundial, el aeropuerto de Tokio, donde el 91,25% de los vuelos que aterrizan o despegan cumplen con precisión su horario, encabeza este listado de puntualidad, seguido de los de Münich y Sao Paulo, todos por delante del de Madrid, que en este ranking a escala planetaria se coloca en un digno décimo segundo puesto. Este mismo informe sitúa también a la aerolínea Iberia en el puesto número ocho del ranking de puntualidad entre más de cien compañías internacionales.

Por encima de la media europea

La buena marcha del sector aéreo también se ha trasladado a la gestión del tráfico aeroportuario. Según los registros de Enaire, el gestor de la navegacion aérea en Espana, en 2016 también se ha conseguido un récord histórico en cuanto al número de vuelos controlados, un 7,9 por ciento más, un porcentaje muy por encima de la media europea, que se situó en un 2,7 por ciento.

Así, a lo largo del pasado año, Enaire ha gestionado 1.867.734 vuelos, lo que supone 137.300 movimientos de incremento con respecto al año anterior, un crecimiento que viene siendo una constante durante los últimos 39 meses. Por tipo de tráfico, los vuelos internacionales alcanzaron un total de 1.115.360 operaciones, un 10,1 por ciento más, mientras que los nacionales sumaron 370.062 operaciones, un 4,3 por ciento más, y los sobrevuelos, que son los movimientos entre aeropuertos no españoles que transitan por el espacio aéreo español, crecieron un 5,4 por ciento, hasta alcanzar la suma de 382.312 gestionados.

El centro de control aéreo de Enaire que más vuelos gestionó fue el de Madrid, con un total de 1.027.379 operaciones, y un incremento del 6,6 por ciento; el de Barcelona, con 866.337 vuelos gestionados, sumó por su parte un 8,6 por ciento más; Sevilla, por su parte, alcanzó un total de 356.757 operaciones y un 7,1 por ciento de incremento; el de Canarias, gestionó un total de 309.011 vuelos, con un aumento del 10,7 por ciento, mientras que el de Palma de Mallorca, que registró el mayor incremento porcentual, logró un total de 295.172 operaciones en términos absolutos, lo que significó el 11,2 por ciento más.

Es preciso aclarar que la suma de los vuelos de los cinco centros de control que Enaire gestiona en nuestro país no se corresponde, sin embargo, con la suma total de los vuelos programados por cada uno de ellos. Ello se debe a que un vuelo se contabiliza en función de la ruta y el espacio aéreo que atraviesa, y si sale, por ejemplo, del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas con destino al aeropuerto de Barcelona-El Prat se contabilizarán las operaciones de control llevadas a cabo respectivamente en cada uno de ambos centros.



En 2016, Enaire batió también su registro de vuelos controlados, alcanzándose un total de 1.867.734.



123.700 movimientos y un aumento del 13,6 por ciento, y el de Gran Canaria, con 111.996 operaciones, y un 11,5 por ciento más.

En el capítulo concerniente al transporte de mercancías, durante 2016 el incremento global fue de un 11,2 por ciento con respecto al año anterior, contabilizándose en total más de 800.000 toneladas operadas en la red de Aena. Los cuatro aeropuertos que registraron mayor tráfico fueron los siguientes: Adolfo Suárez Madrid-Barajas, con 415.773 toneladas y un incremento del 9 por ciento; Barcelona- El Prat, con 132.754 toneladas y un 13,3 por ciento más; Zaragoza, con 110.563 toneladas y el mayor crecimiento porcentual, alcanzando hasta el 29 por ciento, y Vitoria, con 52.134 toneladas de mercancías transportadas y un aumento respecto a 2015 del 12,4 por ciento.

Crecimiento consolidado

La tendencia anual al alza en el incremento de los tráficos fue especialmente significativa durante el mes de diciembre de 2016, mes en el que se contabilizaron 13,3 millones de pasajeros en los aeropuertos de Aena. Esta cifra significó un aumento del 9 por ciento en cuanto a pasajeros. También los más de 131.000 vuelos



El tráfico de pasajeros de vuelos nacionales creció un 8,8 por ciento a lo largo de 2016.

registrados ese mismo mes se tradujeron en un aumento del 7,1 por ciento más con respecto a diciembre de 2015. Se trata de un dato especialmente significativo que avala y consolida la tendencia de crecimiento continuado que viene produciéndose de forma consecutiva en los últimos 26 meses.

El aeropuerto madrileño también está a la cabeza de esta tendencia teniendo en cuenta que durante el último mes del pasado año transitaron por sus instalaciones más de 4 millones de pasajeros, en su mayoría para utilizar vuelos comerciales, lo que representa un porcentaje de crecimiento del 10,6% con respecto al mismo periodo de 2015. De ese total de viajeros, 1.107.067 lo fueron en vuelos con origen/destino nacional, lo que representó un 8,1 por ciento más que el año anterior, y otros 2.922.851 fueron pasajeros en vuelos internacionales, cifra que representó un incremento de un 11,5 por ciento respecto a diciembre de 2015.



En 2016 creció el transporte aéreo de mercancías, superándose las 800.000 toneladas

En cuanto al número de operaciones registradas en ese mismo mes de diciembre, se alcanzó un total de 30.269, un 3,5% más que el mismo mes de 2015. De ellas, 10.044 correspondieron a tráfico nacional, un 1,6 por ciento más que en diciembre de 2015, y otras 20.136 lo fueron de tráfico internacional, con un 4,3 por ciento de aumento respecto al mismo mes del año anterior. Esta tendencia tuvo lugar también en el tráfico de mercancías, que alcanzó las 38.309 toneladas gestionadas, un 12,5 por ciento más con respecto a diciembre de 2015.

El parque minero de Ríotinto conserva algunas de las máquinas de vapor más antiguas de España

A todo vapor



Marián Campra García de Viguera. Fotos: Archivo Fundación Riotinto

Una de las locomotoras de vapor más antiguas de España en funcionamiento circula aún por Río Tinto, en la provincia de Huelva, a lo largo de un antiguo trazado rehabilitado que se empleaba para el transporte del mineral. Es la número 14, del tipo C, y fue construida en el año 1875 por la prestigiosa firma británica Beyer Peacock. La ruta llegaba hasta el puerto de Huelva. Aún hoy el viajero puede hacer parte de aquel recorrido en esta locomotora y admirar otras piezas igualmente legendarias conservadas en el Museo del Parque Minero de Río Tinto.


14

Es toda una experiencia remontarse al pasado con sólo subir a este tren propulsado por una locomotora de vapor que tiene más de 140 años y dentro de un vagón con olores y sonidos que nos recuerdan al siglo XIX, en plena expansión de la revolución industrial.

Todo empieza con la llegada del consorcio británico "Rio Tinto Company Limited", en 1873, que obtiene del Gobierno español la concesión para explotar los recursos mineros de la comarca de Río Tinto. La construcción del ferrocarril tenía como principal objetivo la conexión de las minas con el puerto de Huelva. Un total de más de 300 kilómetros de vías, de los cuales algo más de 260 correspondían a ramales de conexión (entre los yacimientos, talleres, depósitos de decantación y tratamiento del mineral, etc.) y otros 84 a la línea comercial entre la estación de Río Tinto y el puerto de Huelva, el ferrocarril de vía estrecha de Rio Tinto (1.067 mm.).

Las obras de plataforma se iniciaron simultáneamente desde cinco puntos diferentes en el mismo año de 1873 y la construcción tardó tan solo dos años, todo un récord para la época. Finalizó el 28 de julio de 1875 y supuso un coste total de 767.190 libras de entonces. El trazado, supervisado por el ingeniero George Bairclay Bruce, cruzaba arroyos y barrancos mediante un total de 8 puentes de hierro, además de cinco túneles. Los trenes hacían parada en 12 estaciones, casi siempre sin perder de vista el curso del río Tinto. Por su trazado y su intenso tráfico, especialmente durante los años de mayor actividad minera, desde 1876 y hasta el primer tercio del siglo XX, se puede decir que fue uno de los ferrocarriles de vía estrecha más importantes del mundo.

Por entonces, en 1876, estaban ya operativos en el puerto de Huelva el muelle y el cargadero de minerales, una de las joyas de nuestro patrimonio industrial, con más de un kilómetro de longitud. Gracias a él, los trenes podían cargar y descargar directamente en los barcos atracados. El cargadero se mantuvo plenamente operativo hasta 1975. Por su parte, el servicio de ferrocarril también fue desde su entrada en funcionamiento uno de los de mayor intensidad en cuanto a tráfico de viajeros, calculándose que solo en sus primeras dos décadas de actividad, hacia el 1900, ya habían viajado en él más de un millón de personas.

.\ Tráficos

La Rio Tinto Company Limited no escatimó tampoco en cuanto al material rodante, habiéndose inventariado unos 1.300 vagones y cerca de 2.000 vagonetas de diferentes tipos y tamaños destinados a la carga de mineral, que según estimaciones rondó los 130 millones de toneladas métricas a lo largo de los casi 100 años de vida del ferrocarril minero. Igualmente, y por lo que respecta al parque de maquinaria, los historiadores de la Fundación Río Tinto han documentado que en total, y a lo largo de los casi cien años durante los que la línea estuvo operativa, se pusieron en servicio unas 147 locomotoras de vapor, además de nueve diésel hidráulicas y otras 21 eléctricas. Estas últimas fueron utilizadas en los túneles de enlace entre las minas y los depósitos de tratamiento del mineral. Por su parte, de las 147 locomotoras documentadas se han catalogado a su vez diez modelos diferentes y otras trece tipologías también distintas. Todas ellas, excepto seis, fueron de fabricación inglesa y se construyeron entre los años 1874 y 1954. En cuanto al transporte de viajeros, el ferrocarril dispuso de un total de 41 coches de pasajeros que comprendían dos tipos: los de primera clase, para los directivos de la compañía, y los de segunda, para trabajadores y otros viajeros.

El ferrocarril minero siguió funcionando durante todo el tiempo que la Rio Tinto Company Limited fue propietaria de las minas. También prolongó su existencia hasta más allá de 1954, cuando la explotación pasó a un consorcio de empresas españolas. Su uso comenzó a decaer a partir de 1964, cuando se construye el Polo



Locomotora nº 106 en uno de sus últimos viajes con pasajeros hacia 1977.



Vagón tolva del tipo MB años 30 del siglo XX. Foto A.F.R.T.

Químico de Huelva. Desde entonces el mineral ya no se embarcaba hacia Inglaterra y resultaba más rentable transportarlo en camiones. Finalmente, en el año 1975 el muelle levantado por los ingleses dejó de utilizarse para el embarque de mineral y, en 1984, la línea férrea terminó también por clausurarse después de que un 8 de febrero el último tren cubriera el trayecto entre Las Mallas y la estación de Río Tinto.

Conservación de las locomotoras

De las 147 locomotoras de vapor con las que llegó a contar en su día el Río Tinto Railway, en la actualidad se conserva casi una decena. De ellas dos han sido completamente restauradas y se encuentran en perfecto orden de marcha, siendo las que se utilizan en el Ferrocarril Turístico Minero. Son la número 14 de la clase "C" y la 51 de la clase "I". También hay otras dos que fueron rehabilitadas y que pueden admirarse en el Museo Minero. Se trata de la número 106 de la clase "K" y la 150 de la clase "N". Otra pareja se encuentra actualmente en proceso de restauración, la número 146 de la clase Garratt y la 204 de la clase "200". Además las números 201, 203 y 205 de la clase "200" cuentan a día de hoy con avanzados proyectos de reparación.

De las nueve locomotoras diésel hidráulicas y los seis automotores con que llegó a contar el parque móvil del Ferrocarril Minero de Río Tinto, actualmente se conservan cuatro de estas locomotoras y otros dos automotores. 4 de estas unidades están en perfecto orden de marcha.



La locomotora nº 14 a su paso por Zarandas.



Locomotora 932 Maniobrando en la zona de Zarandas-Naya en 1978. Foto A.F.R.T.

También se emplearon 21 locomotoras eléctricas, principalmente en los túneles de conexión de las minas con las plantas de tratamiento y fundición del mineral. Algunas de ellas eran de baterías o acumuladores para un ancho de vía de 610 mm., muy apropiadas para el trabajo en contramina. Actualmente la Fundación Río Tinto conserva dos locomotoras eléctricas. De ellas, la número 1 fue restaurada para exposición, encontrándose instalada en la sala 12 del Museo Minero de Rio Tinto. La número 3 está estacionada en Zarandas en proyecto de reparación.

Por lo que concierne al parque remolcado, la Fundación Río Tinto solo conserva dos coches de viajeros, uno

de primera clase y otro de tercera, del total de 41 de los que dispuso el ferrocarril. Tan escaso parque de vehículos conservados se debe a que tras el cese del tráfico de viajeros, gran parte de los coches de viajeros fueron desguazados.

Esto hizo que a partir del año 1992, cuando la Fundación decide sacar adelante el proyecto del Ferrocarril Turístico, encargara también la construcción de varios vagones.

Hoy, además de admirar ese material móvil, en el Museo de la Fundación se pueden contemplar numerosos elementos auxiliares del ferrocarril como campanas, termómetros, faroles, semáforos, máquinas de telégrafos utilizadas para comunicar cualquier posible incidencia entre las estaciones, así como placas de las locomotoras, carteles de estación, cambios de vía manual o palas de carboneros.

Viaje en ferrocarril al siglo XIX

La Fundación Río Tinto, creada en 1987 para salvaguardar y promocionar el patrimonio histórico minero de la comarca, ha recuperado unos 12 kilómetros de la antigua línea comercial, además de diversas locomotoras y vagones procedentes del parque móvil de la antigua compañía minera. El tren turístico, que se desliza por un pequeño recorrido paralelo al curso del río Tinto, permite evocar aquellos antiguos viajes gracias no solo a la buena restauración y reproducción de sus materiales, sino también a coquetas estaciones como la de Los Frailes o el inolvidable tramo de Zarandas. Desde la ventanilla, el afortunado pasajero, generalmente grupos familiares de turismo en la zona, puede disfrutar del escenario de las minas y también del bello paisaje de la serranía del Andévalo, con sus colinas, llanuras, monte bajo, pinares y cortas mineras, en unos parajes cuyos recursos mineros ya fueron explotados por los tartesios hace más de tres milenios.

> La locomotora nº 14, hoy completamente restaurada y en funcionamiento, fue construida en Manchester en 1875

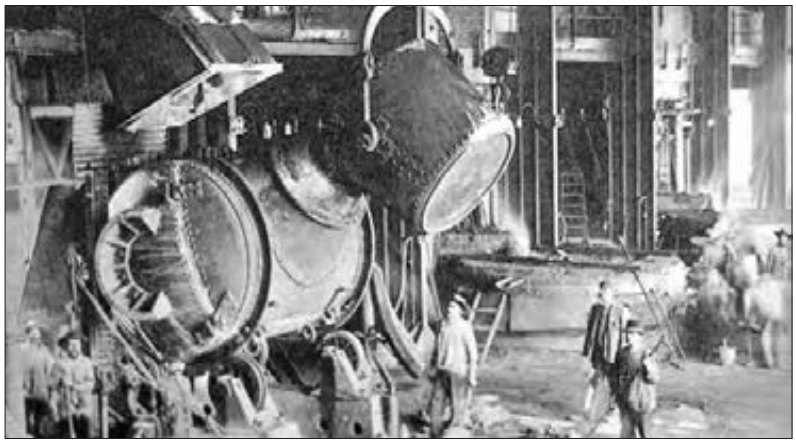
Así, cuando arranca la vieja locomotora de vapor nº 14, construida en Manchester en 1875, el viajero parte al encuentro de un pasado menos lejano de lo que parece. La locomotora, con el número de serie 1439, fue adquirida en su día por unas 2.000 libras y formaba parte de un lote de otras doce locomotoras comprado por la Río Tinto Company Limited. Podía remolcar hasta 25 vagones de mineral del tipo A, de 10 tonela-



Trabajos de construcción del cargadero de minerales en el puerto de Huelva (1875). La Ilustración Española y Americana.



Tren de pasajeros hacia 1966.



Interior de la fundición a finales del XIX.



▶ *La locomotora nº 51 en la estación de Zarandas.*

das cada uno, y hacía el recorrido entre Río Tinto Estación y el puerto onubense, unas tareas a las que estuvo destinada durante unos veinte años. Para su restauración se aprovecharon elementos de bronce originales de la cabina así como los embellecedores procedentes de otras máquinas similares conservados entre los fondos del Museo Minero. Luego se procedió al pintado de los exteriores siguiendo los colores característicos del Ferrocarril de Río Tinto: la locomotora en negro mate,


Locomotor nº 204 en la Estación de Huelva 1965. Foto A.F.R.T.

con la topera delantera y trasera en rojo bermellón, usado también en parte de las bielas. Se rotuló también el numeral catorce en grande y muy visible, en blanco y con una altura de ocho pulgadas, tal y como había regularizado Mr. Lewis, jefe del departamento ferroviario de la compañía desde los años 30 del siglo XX.

Los trabajos de restauración y reparación duraron un año y medio y se llevaron a cabo por profesores y alumnos de la Escuela Taller de la Fundación Río Tinto, finalizando el 30 de enero de 2003. La intervención en la carrocería fue muy liviana, limitándose a unos pocos arreglos; se sustituyó la cubierta del domo y el chasis fue revisado y reforzado, al igual que la suspensión y el sistema de frenos. En cuanto al equipo motor, la caldera se puso a prueba y, tras comprobar que funcionaba con normalidad, tan solo se procedió a unas pocas intervenciones para asegurar su estanqueidad, al igual que en la caja de fuego.

El primer domingo de febrero de 2003 fue puesta en orden de marcha en el circuito del Ferrocarril Turístico Minero del Parque Minero de Río Tinto, donde desde entonces presta servicio. Se convertía así en la locomotora de vapor más antigua de España en funcionamiento. Toda una reliquia que aún evoca el sabor clásico de la voz “pasajeros al tren” mientras su corazón de vapor palpita en el andén. ▮

Centro de publicaciones

Librería de publicaciones oficiales



www.fomento.gob.es

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es



RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN

Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.



PVP: 10 €

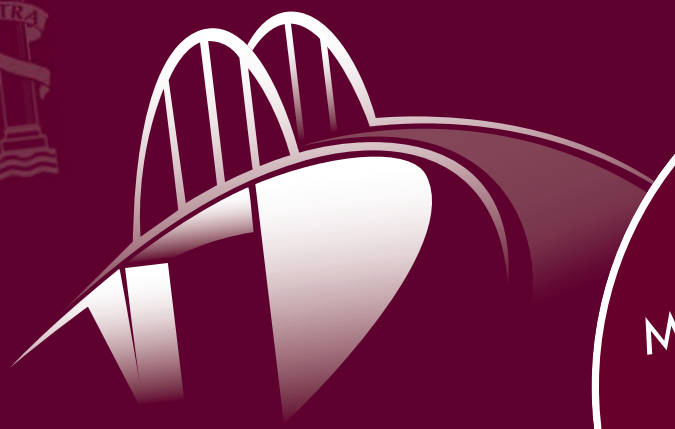
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

2017

Mapa Oficial de Carreteras©

ESPAÑA



GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

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*



También en el DVD:

1112 Espacios Naturales Protegidos
152 Rutas Turísticas
117 Vías Verdes

Edición 52
P.V.P.: 22,74€

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 670, marzo 2017.**

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

Año de edición: 2017

Características Edición:
1ª edición electrónica: mayo 2017
Formato: PDF
Tamaño: 15 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€

Aviso Legal: Todos los derechos reservados.Esta publicación no podrá ser reproducida ni en todo, ni en parte, ni transmitida por sistema de recuperación de información en ninguna forma ni en ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico o cualquier otro.

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES

Revista del Ministerio de

Fomento

Abril 2017 Nº 671 3€

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE FOMENTO



El tramo Valencia-Castellón del Corredor Mediterráneo entra en fase de pruebas

Proyecto de presupuestos 2017 del Grupo Fomento

Adif y Adif Alta Velocidad actualizan sus declaraciones de Red

I+D+i aplicada a la mejora de la vialidad invernal

Revista del Ministerio de
Fomento



El correo y las comunicaciones postales en España (1716-2016)

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

MONOGRÁFICO
Julio-Agosto 2016

PVP: 6 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

Contenido

Director de la Revista: Antonio Recuero.
Maquetación: Aurelio García.
Secretaria de redacción: Ana Herráiz.
Archivo fotográfico: Vera Nosti.
Portada: Renfe Patier.
Elaboración página web: www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
Suscripciones: 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos).
Colaboran en este número: Jaime Arruz, Luis Fort López-Tello, Carmen Fort Santa-María, Pepa Martín Mora, Javier R. Ventosa y Julia Sola.
Comité de redacción: Presidencia: Rosana Navarro Heras. *(Subsecretaria de Fomento).*
Vicepresidencia: Alicia Segovia Marco. *(Secretaria General Técnica).*
Vocales: *Patricia Crespo González (Directora de Comunicación),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora 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),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Regina Mañueco del Hoyo *(Directora del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director 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.

FERROCARRIL
02
Tiempo de pruebas.
Trenes de Adif evalúan el tramo Valencia-Castellón del Corredor Mediterráneo antes de su apertura.





PRESUPUESTOS
10
Afianzar la recuperación.
El proyecto del presupuesto global para el Grupo Fomento asciende a 17.104 M€ en 2017.



FERROCARRIL
20
Inventario al día.
Adif y Adif Alta Velocidad actualizan sus declaraciones de Red para 2017.



CARRETERAS
26
Contra la nieve y el hielo.
Nuevas soluciones tecnológicas aplicadas a la mejora de la vialidad invernal.

34. La Alta Velocidad llega a Nueva York.
Los proyectos de desarrollo de líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (V).

42. Tesoros del saber.
La Sala de las Ciencias de la Tierra y el Universo del Real Observatorio de Madrid guarda una valiosa colección de instrumentos astronómicos.

48. Grande en capacidad, ligero en consumo.
Airbus ultima su modelo A-350-1000, la variante de mayor tamaño y una autonomía de 14.800 km.

Trenes de Adif evalúan el tramo Valencia-Castellón del Corredor Mediterráneo antes de su apertura

Tiempo de pruebas





▶ *Tren laboratorio BT de Adif estacionado en la terminal de Valencia-Joaquín Sorolla.*

Javier R. Ventosa. Fotos: Adif

El Ministerio de Fomento ha dado un nuevo paso en el proceso de construcción del Corredor Mediterráneo con la finalización de las obras de adaptación al ancho estándar del tramo Valencia-Castellón y el arranque de las fases de pruebas con trenes y de certificación de la infraestructura, previas a su puesta en servicio. La activación del nuevo eslabón del eje mediterráneo permitirá establecer una relación de alta velocidad entre Madrid y Castellón que reducirá sensiblemente los tiempos de viaje entre ambas ciudades.

El proceso de construcción del Corredor Mediterráneo sigue quemando etapas. Este proyecto ferroviario, prioritario en la planificación del Ministerio de Fomento, está llamado a transformar la anterior red de líneas existentes en este corredor, heterogénea y construida en ancho ibérico (1.688 mm), en un nuevo eje homogéneo de gran capacidad y altas prestaciones, configurado en ancho estándar o internacional (1.435 mm), destinado a revolucionar las comunicaciones por tren en el arco mediterráneo y a impulsar el tráfico de mercancías con Europa gracias a la interoperabilidad de la infraestructura, parte inicial de un corredor transeuropeo. La mayor parte de los trabajos, ya sea de modernización del eje existente o de construcción de nuevas líneas de alta velocidad, se encuentran en marcha a lo largo del Corredor, con tramos ya operativos y otros en ejecución, estando ya conectadas a este eje, y a la red de alta velocidad, cinco de las ocho capitales situadas entre el trazado entre la frontera francesa y Almería (Girona, Barcelona, Tarragona, Valencia y Alicante), a las que próximamente se sumará Castellón con la puesta en servicio del tramo renovado Valencia-Castellón.

En este nuevo eslabón del eje mediterráneo, de 71 kilómetros de longitud, el Ministerio de Fomento ha invertido cerca de 175 M€ (cofinanciados por el mecanismo europeo CEF) en un programa de actuaciones destinadas a homologarlo a los demás tramos del Corredor y compatibilizar así el tráfico mixto (pasajeros y mercancías) y de altas prestaciones de trenes de ambos anchos, manteniendo además el tráfico de Cercanías existente. Las obras concluyeron a principios de marzo, y desde el día 20 de ese mes Adif Alta Velocidad desarrolla la fase de ensayos dinámicos sobre la nueva infraestructura, que se prolongarán durante unos meses.

.\ Tren laboratorio

En esta fase el protagonismo recae en el tren laboratorio BT de Adif, convoy autopropulsado bitensión que juega un papel central en los trabajos previos a la puesta en servicio y certificación de la nueva infraestructura ferroviaria. En sus viajes diarios entre Valencia y Castellón, a distintas velocidades y en ambos anchos de vía pero siempre en horario nocturno para no interferir el tráfico existente, la misión del tren verde y de los técnicos que lleva a bordo es realizar la auscultación dinámica y geométrica de la vía, así como analizar y valorar el comportamiento de la superestructura y su interacción con la infraestructura y los sistemas de señalización. El objetivo es comprobar que reúne los parámetros de seguridad y fiabilidad exigibles para su explotación comercial, así como verificar que no produce disfunciones en el tráfico convencional. Sus diagnósticos servirán eventualmente para realizar ajustes o modificaciones en la nueva infraestructura antes de la puesta en servicio.



Una vez concluida esta fase se desarrollará la fase de simulaciones comerciales, mediante circulaciones con trenes de Renfe Operadora sin viajeros para que los técnicos de Adif Alta Velocidad comprueben la fiabilidad de la infraestructura y su compatibilidad con el material



Infraestructura ya renovada en la estación de Nules-Villavieja (Castellón).

rodante que la explotará. En paralelo a estas fases se desarrolla también el periodo de instrucción de los maquinistas de la operadora, destinado a que conozcan la ruta y las particularidades de la vía. El último paso del proceso, imprescindible para autorizar la fase de explotación comercial, es la certificación de la infraestructura. Esta función corre a cargo de la Agencia de Seguridad Ferroviaria (AESF), organismo que desde 2015 ejerce como autoridad responsable de la seguridad ferroviaria en España y cuyos técnicos ya están llevando a cabo su propio programa de seguimiento y análisis de las pruebas realizadas por Adif sobre el tramo.

La puesta en servicio del nuevo tramo permitirá estrenar la nueva relación de alta velocidad Madrid-Castellón, que mejorará en aproximadamente media hora los mejores tiempos de viaje del actual servicio Alvia, esta-

El tercer carril

El tercer carril es una solución consistente en la implantación de un carril sobre una vía convencional para generar una vía de tres carriles que permite compatibilizar sobre la misma plataforma el tráfico mixto (pasajeros y mercancías) de trenes de ancho ibérico (1.688 mm) y ancho estándar o internacional (1.435 mm). Adif ha desarrollado una tecnología novedosa que permite la explotación de las vías en los dos anchos a velocidades superiores a 200 km/h. Para ello el sistema también requiere la modernización de los elementos de la superestructura ferroviaria (catenarias polivalentes, sistemas de señalización, traviesas de tres carriles, desvíos, cambiadores de hilo, más potencia de electrificación y una nueva generación de enclavamientos), así como un importante esfuerzo en la gestión del tráfico, con innovadoras prácticas de operación y explotación en corredores con tráficos muy densos, con objeto de compatibilizar la circulación de trenes de mercancías con mayor carga por eje y potencia de tracción con trenes rápidos y ligeros. El tercer carril, además, exige un mantenimiento exhaustivo del carril y los aparatos de vía.

En la actualidad, en la red ferroviaria española de interés general, dominada por el ancho ibérico (11.000 kilómetros) frente al estándar (unos 2.500 kilómetros, según la Declaración sobre la Red), existen algunos tramos con vías de tres carriles. La mayor parte se encuentra en Cataluña (tramos Morrot-Can Tunis-Castellbisbal, Castellbisbal-Mollet, Girona Mercancías-Vilamalla y Variante de Figueres, con cerca de 90 kilómetros), destacando también el tramo Tardienta-Huesca (21,4 km) y el tramo de ensayos Olmedo-Medina del Campo (15,5 km), junto a otros menores en puertos y factorías. Actualmente el tercer carril se está implantando en el tramo Astigarraga-Irún, que permitirá la continuidad de la línea de alta velocidad Vitoria-Bilbao-San Sebastián hasta la frontera francesa. Su finalización está prevista para 2019.



Dragados


Dragados

▶ *Las actuaciones han incluido la implantación de diversos aparatos de vía para compatibilizar las circulaciones en ambos anchos. Sobre estas líneas, desvío mixto y doble escape.*

blecidos en 2 horas 55 minutos. El propósito de Renfe Operadora es arrancar la nueva relación con cuatro servicios diarios (en total, ocho viajes), dos con trenes AVE y dos con trenes Alvia, con un total de 1.270 plazas por sentido, lo que supondrá cuadruplicar la actual oferta de frecuencias y de plazas. Además, desde noviembre de 2016, cuando finalizaron las actuaciones de instalación de desvíos, la infraestructura ha recuperado la anterior capacidad existente para la circulación de tráficos convencionales, limitada temporalmente por las obras.

Las actuaciones

Las obras de adaptación al ancho estándar en este tramo, contratadas a partir del año 2013 y desarrolladas en el periodo 2014-2017, han estado revestidas de una especial dificultad al llevarse a cabo sobre un corredor ferroviario por donde discurre un importante tráfico de trenes de Cercanías (líneas C-6 Valencia-Castellón y C-5 Valencia-Caudiel vía Sagunto), además de servicios de largo recorrido, regionales y convoyes de mercancías. Con objeto de minimizar al máximo la afección a las circulaciones, las obras se han realizado mayoritariamente en horario nocturno.

La principal actuación en el tramo, comprendido entre las estaciones de Castellón y Valencia-Joaquín Sorolla, ha sido la implantación de un tercer carril, con traviesas mixtas, en una de las dos vías existentes (vía del lado mar entre Castellón y Sagunto y vía del lado montaña entre Sagunto y Valencia-Fuente San Luis), quedando de esta forma instalado el ancho mixto entre las dos capitales levantinas. Es la primera vez que se implanta en un tramo continuo de tanta longitud, estando previsto instalarlo en la segunda vía en una fase posterior, según fuentes oficiales. El tercer carril se ha montado sobre balasto en todo el tramo, salvo en los túneles de Valencia-Cabañal y Castellón, donde discurre en placa de hormigón. También se han realizado actua-



ciones puntuales en estructuras, ampliación de radios de curvas en el trazado existente y medidas correctoras destinadas a minimizar el impacto ambiental.

Como consecuencia de la implantación del ancho de vía mixto se han requerido otras actuaciones complementarias para configurar una nueva superestructura ferroviaria que posibilite la circulación de trenes en ancho estándar e ibérico. Estas actuaciones han incluido la adaptación de los descentramientos de catenaria para permitir las circulaciones en ambos anchos, así como la instalación de catenaria transformable, que permitirá cambiar en un futuro de 3 kV a 25 kV. También se han desplegado nuevas instalaciones de seguridad y comunicaciones (nuevos enclavamientos y adaptación de los existentes, balizas, adecuación del sistema de detección del tren y adaptación del CTC de Valencia-Fuente San Luis a la nueva configuración, entre otras). Esta última actuación se ha realizado en el marco de un contrato que comprende también un tramo entre Valencia-Fuente San Luis y Almussafes, con la previsión de que esté igualmente montado con el tercer carril para conectar la factoría Ford al Corredor.

Obras en estaciones

Los trabajos de adaptación de la infraestructura se han hecho especialmente visibles en las 20 terminales y apeaderos existentes a lo largo del tramo (11 en la provincia de Valencia y nueve en la de Castellón), dado que la implantación del tercer carril ha supuesto actuaciones directas tanto en el esquema de vías como en las



Un convoy de Renfe circula junto a la vía equipada con tercer carril. Derecha, el ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, durante un viaje por el tramo en el tren laboratorio de Adif.



▶ *Técnicos de Adif monitorizan con sus equipos la infraestructura a bordo del tren laboratorio BT.*

instalaciones de estas estaciones, la mayoría de ellas de tamaño modesto. A continuación se detallan los trabajos más relevantes llevados a cabo en este ámbito.

En todas las estaciones se han renovado tanto las vías como el balasto, incorporando el tercer carril y adecuando la catenaria y las instalaciones de seguridad. En una docena de ellas también se ha remodelado por completo el haz de vías, con la sustitución de 73 desvíos (aparatos que posibilitan el cambio de una vía a otra para circulaciones de diferentes anchos), 49 de ellos de ancho mixto y tecnología novedosa según la siguiente distribución: 22 desvíos con directa mixta y desviada en ancho ibérico (DMR), sin corazón obtuso; dos desvíos con dirección mixta y desviada en ancho estándar (DMI), sin corazón obtuso (cabecera norte Sagunto); un desvío con directa en ancho ibérico y desviada en ancho estándar (DRI), sin corazón obtuso; 16 desvíos con directa y desviada mixta (DMM) y corazón obtuso de puntas móviles; cinco cambiadores de hilo o cambiadores de mano (4 con alineación recta en ancho ibérico y 1 con alineación recta en ancho estándar) y tres transversales (cruce de una vía de ancho ibérico con una de ancho estándar). Los 24 desvíos restantes instalados corresponden a 23 desvíos en ancho ibérico tipo P1 y un desvío en ancho estándar tipo G. En siete apeaderos (Roca-Cúper, Albuixech, El Puig, Los Valles, La Llosa, Chilches y Almazora), los trabajos de renovación de vías e implantación del tercer carril se han realizado sin necesidad de instalar desvíos.

En la estación de Nules-Villavieja se ha construido la única nueva variante de trazado de todo el tramo. Se trata de una variante de doble vía de 1 kilómetro de longitud, que ha implicado el desplazamiento del eje de las vías de la estación hacia el este, hasta el lugar ocupado por el anterior aparcamiento. Al ampliarse el radio de las curvas respecto al trazado existente, la nueva variante posibilitará la velocidad de paso en curva a 170 km/h. El nuevo aparcamiento se ha construido en el lugar anteriormente ocupado por las dos vías generales, junto al edificio de viajeros.

Impulso en primavera

La construcción del Corredor Mediterráneo es uno de los proyectos ferroviarios prioritarios del Ministerio de Fomento debido a su carácter estratégico para la vertebración territorial, la economía y la conexión con Europa. Esta actuación, de gran envergadura y duración temporal, habrá configurado a su término un moderno corredor ferroviario interoperable con las redes transeuropeas de las que forma parte con el doble objetivo de mejorar las comunicaciones entre ciudades y nodos logísticos e impulsar el transporte de mercancías en el arco mediterráneo. Actualmente ya se han ejecutado más de 13.500 M€ de la inversión global del proyecto en el ramal litoral del Corredor, fijada en 17.000 M€, según datos oficiales. Entre 2012 y 2016 el ministerio ha invertido más de 1.000 M€ anuales en el eje, esfuerzo plasmado en diversas obras en marcha en las cuatro comunidades que atraviesa (Cataluña, Comunidad Valenciana, Región de Murcia y Andalucía). El presupuesto estatal para 2017 mantiene el esfuerzo inversor, con una asignación de 728 M€. El ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, ha destacado, además, que el objetivo del ministerio es impulsar este proyecto y finalizar las obras en curso sin que haya un solo tramo que deje de hacerse o se ralentice por falta de disponibilidad presupuestaria. Para ello, entre 2017 y 2020 se destinarán al Corredor 3.122 M€.

Con el inicio de la primavera el Corredor ha recibido un renovado impulso en forma de calendario oficial con la programación de obras y plazos de finalización de diversos tramos del eje. En la parte norte, los tres tramos catalanes del Corredor entrarán en servicio en 2020, según anunció el presidente del Gobierno durante la presentación de un programa de inversiones en infraestructuras para Cataluña en el periodo 2017-2020. Precisó, además, que en la primavera de 2018 arrancará la fase de pruebas en el tramo Tarragona-Vandellós, lo que reducirá en media hora el tiempo de viaje entre Barcelona y Valencia. En la parte sur, el ministro de Fomento presentó en Almería la nueva planificación integral del



▶ *Tren comercial de Renfe a su paso por la estación de Puzol (Valencia).*

La adaptación del tramo al ancho estándar se ha realizado en horario nocturno para evitar la afección al tráfico de trenes

tramo de alta velocidad Murcia-Almería, incluido en el Corredor, que contempla una nueva licitación de los siete contratos en que se divide este tramo, el inicio de obras en 2019 y la puesta en servicio completa en 2023, con una inversión global estimada de 1.780 M€. Previamente se habían anunciado tres hitos que hablan del grado de avance de la infraestructura en algunos tramos: el inicio de la fase de pruebas en el tramo Valencia-Castellón, ya en marcha, y el arranque para antes de final de año de los ensayos con trenes en el tramo de alta velocidad Monforte del Cid-Murcia y en la línea Antequera-Granada. Otros hitos menores recientes han sido el inicio de montaje de vías sobre traviesas polivalentes en la Variante de Camarillas y la puesta en tensión de la catenaria en el subtramo Torrent-Xátiva (52 km), perteneciente al tramo de alta velocidad Valencia-Xátiva-La Encina (95,3 km).

También a principios de primavera tomó posesión el coordinador general para las obras de construcción del Corredor, responsabilidad que ha recaído en Juan Barios, ingeniero hasta ahora destinado como jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Cataluña. Se trata de un cargo de nueva creación con el que el ministerio pretende impulsar el pleno desarrollo del eje ferroviario y facilitar la interlocución con las distintas administraciones públicas y agentes sociales implicados en el mismo. El nuevo coordinador general se encargará de proponer a los agentes implicados un plan de trabajo del Corredor (con planificación de inversiones y calendario de ejecución) y de hacer el seguimiento de su ejecución, informando de su desarrollo. También será el interlocutor con el coordinador europeo del Corredor Mediterráneo de la red TEN-T, eje prioritario de la red básica transeuropea de 3.000 kilómetros entre Algeciras y la frontera húngaro-ucraniana cuyo tramo español está formado por el ramal litoral mediterráneo y el ramal interior vía Zaragoza y Madrid.

En cinco estaciones (Valencia-Fuente de San Luis, Nules-Villavieja, Burriana-Alquerías del Niño Perdido, Villarreal y Almazora) se ha llevado a cabo la remodelación y recrecido de los andenes. Por regla general, los andenes secundarios han sido ampliados hasta una longitud de 200 metros y una anchura de 6 metros, realizándose en alguna ocasión (estación de Villarreal) el recrecido a la cota 68 cm para facilitar el acceso a los trenes de personas con movilidad reducida (PMR).

En 13 estaciones (Valencia-Joaquín Sorolla, Valencia-Estación del Norte, Valencia-Fuente de San Luis, P.B. Alboraya, Massalfassar, Puçol, Sagunto, Almenara, Moncófar, Burriana-Alquerías del Niño Perdido, Villarreal, Castellón y Las Palmas) se ha procedido a instalar nuevos enclavamientos de tecnología electrónica de última generación (en sustitución de otros de tipo eléctrico) o a adaptar los enclavamientos electrónicos existentes. Estos aparatos son sistemas electrónicos de accionamiento de señales y cambios de vía que posibilitan la gestión de la circulación ferroviaria.

En cuatro estaciones del trazado se han desarrollado diversas actuaciones destinadas a mejorar la permeabilidad. En el apeadero de Almazora se ha construido un paso a diferente nivel entre los dos andenes existentes, mientras que en las estaciones de Burriana y Valencia-Fuente de San Luis se han construido nuevos pasos inferiores entre andenes. También se ha ampliado el paso inferior entre andenes de la estación de Nules-Villavieja hasta la nueva variante. En algunas estaciones, además, se ha aprovechado para renovar el mobiliario, la señalización vertical y los sistemas de información al pasajero. ▮

El proyecto del presupuesto global para el Grupo Fomento asciende a 17.104 M€ en 2017

Afianzar la recuperación

Redacción R.F.

Garantizar los grandes proyectos de infraestructuras comprometidos, y con ellos la vertebración territorial y la cohesión social, impulsando así el desarrollo económico y la creación de empleo, son los grandes objetivos de los presupuestos del Grupo Fomento para 2017, cuyo montante se eleva a 17.407 M€ y unas inversiones totales previstas de 8.969 M€, un 45% más sobre lo ejecutado en 2016.

El Grupo Fomento dispondrá el próximo año de un presupuesto total de 17.104 M€, conforme al proyecto de Presupuesto presentado el pasado 4 de abril por el ministro de Fomento, Íñigo de la Serna. Se trata, por múltiples motivos –prórroga del presupuesto del año anterior, cierre contable anticipado en julio del pasado año, gobierno en funciones y no disponibilidad o limitación en el gasto de determinadas partidas-, de un presupuesto de imposible comparación respecto al de años precedentes. No obstante, respecto al año anterior, cerrado con 13.769 M€ en su balance final de ejecución, el presupuesto global de 17.104 M€ para 2017 supone un incremento del 24,2%.





Además de avanzar en la recuperación económica y contribuir en la generación de empleo, los presupuestos del Grupo Fomento cuentan entre sus principales objetivos de cara al presente año: abordar una planificación rigurosa que permita avanzar en el desarrollo de infraestructuras, así como en el de las políticas de transporte y vivienda comprometidas en todas las Comunidades Autónomas; blindar todos aquellos proyectos que se encuentran en fase de ejecución avanzada, en especial de aquellos ejes ferroviarios que garantizan considerables reducciones en los tiempos de viaje; mejorar la calidad y eficiencia en los sistemas de transporte, y promover la intermodalidad del sistema de transporte, con especial impulso a la mejora logística. Serán también prioritarias las actuaciones de mejora, conservación y mantenimiento de la red viaria, incrementándose de manera especial las inversiones destinadas a mejoras en los accesos viarios y ferroviarios de la red portuaria, así como a las infraestructuras aeroportuarias y la mejora de la calidad del servicio aéreo, según manifestó el ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, durante el acto de presentación celebrado el pasado 4 de abril: “hay unos objetivos muy claros en estos nuevos presupuestos, que buscan ser los del afianzamiento de la recuperación, y estos son, sobre todo, los de proseguir dotando al país de la mayor vertebración territorial posible e impulsar con ello su desarrollo económico”.

Ferrocarril

Las actuaciones en materia ferroviaria recibirán la parte más sustanciosa de las inversiones un año más, ascendiendo estas en total a 4.471 M€, lo que supone



casi el 49,9% del total inversor del Grupo Fomento para 2017. De ese montante, casi la mitad, 2.283 M€, se destinan a la Alta Velocidad, teniendo como objetivo preferente la conclusión de los corredores de Alta Velocidad en ejecución, para los que se consignan las partidas necesarias a fin de acelerar su finalización en los plazos comprometidos. Por su parte, las inversiones en las redes de Cercanías verán incrementada su dotación hasta los 374 M€, casi un 26% más que el pasado año; otras partidas irán destinadas a la reposición de material móvil y reposición de activos en la red convencional y al fomento del transporte de mercancías, que incluye inversiones con cargo al fondo de Accesibilidad Terrestre Portuaria.

Respecto a las inversiones por corredores de Alta Velocidad, el Corredor Mediterráneo contará en 2017 con una asignación presupuestaria de 715 M€, que se prolongará hasta el año 2020 para alcanzar en total los 3.123 M€. Entre las principales actuaciones programadas en este corredor cabe destacar la adaptación a ancho estándar del tercer carril para habilitar circulaciones en alta velocidad en los tramos Frontera francesa-Barcelona; Barcelona-Tarragona-Castellón-Valencia-Alicante-Murcia; Murcia-Cartagena; Murcia-Almería; Bobadilla-Granada. Se han previsto asimismo diversas inversiones que tendrán como fin la realización de estudios y proyectos, entre otros para la construcción en puntos logísticos de interés de apartaderos para trenes mercantes de gran longitud y la implantación de ancho estándar internacional en aquellos tramos de mayor densidad circulatoria.



Los corredores Mediterráneo y Noroeste de Alta Velocidad contarán en 2017 con unas asignaciones de 715 M€ y 728 M€, respectivamente.

Las actuaciones en este corredor se completarán con la mejora en los accesos a las zonas portuarias de Barcelona, Tarragona, Castellón, Sagunto, dársena de Escombreras (Cartagena) y en el corredor Antequera-Algeciras.

El Corredor Noroeste dispondrá de un presupuesto de 728 M€ en 2017, que para el período 2017-2020 se ampliará hasta sumar un total de 2.136 M€. El Eje Atlántico y, en concreto, los tramos Olmedo-Lubián-Ourense-Vigo y Ourense-Lugo-A Coruña, concentrarán la mayor parte de las inversiones a lo largo de este año.

El Corredor Norte tendrá un presupuesto de 482 M€, con inversiones por valor de 3.269 M€ hasta el 2020. Las prioridades se concentran en el avance de las conexiones con Asturias, en concreto: en los tramos Venta de Baños-León-Variante de Pajares, León-La Robla, además de diversas actuaciones de renovación en zo-



Actuaciones en redes de Cercanías y proximidad

Las inversiones previstas para 2017 se sitúan en 374 M€, que se distribuyen conforme a los siguientes grandes núcleos:

Cataluña (Barcelona, Girona y Tarragona): *271 M€, cuyas actuaciones más destacadas serán, entre otras:*

- *Mejora de la dotación, instalaciones y accesibilidad en las estaciones de: Granollers Centre, Lavern-Subirats, Mollet San Frost, Mollet Santa Rosa, els Monjos, Rubí, Sabadell Centre, Sant Cugat del Vallés, Sant Miquel de Gonteres, Sant Joan Despí, Viladecavalls, Sant Pol de Mar, Figueres, Port Bou, Francia, Paseo de Gracia y Tarragona.*
- *Nuevo acceso a la T1 del aeropuerto de El Prat.*
- *Implantación de ERTMS y aumento de la disponibilidad de GSM-R en la red de cercanías de Barcelona. Tramo L Hospitalet de Llobregat-Mataró (línea R1).*
- *Nuevo CTC e instalación de ERTMS en Barcelona y mejora en diversas instalaciones.*
- *Desdoblamiento de línea R-3.*
- *Modernización y renovación de catenaria y subestaciones eléctricas.*
- *Supresión de limitaciones temporales de velocidad.*
- *Renovación integral de vía en tramo MaÇanet-Caldes de la línea Tarragona-Barcelona-Francia.*
- *Renovación material rodante.*

Cercanías de Madrid: *52 M€*

- *Mejora de la dotación y accesibilidad en estaciones, entre otras: Santa Eugenia, Alcalá de Henares Universidad, Meco, Los Molinos, San José de Valderas, Pozuelo de Alarcón, Colmenar Viejo, Orcasitas, Las Zorreras, Recoletos, Aranjuez, Vicálvaro y nueva estación de Mirasierra.*
- *Estudios y proyectos, entre otros para la extensión de la red de Cercanías a Soto del Real, San Agustín de Guadalix, Algete, Humanes-Illescas, Mejorada del Campo.*
- *Desarrollo nuevas estaciones de O' Donnell, Imperial y Campo de las Naciones.*
- *Renovación de material rodante.*

Núcleo del País Vasco: *10 M€*

- *Mejora de la dotación y accesibilidad en estaciones, entre otras: Tolosa, Beasaín, Ugao-Miraballes, San Mamés, Ametzola, Ordizia, Lezo-Rentería, Andoaín y Urnieta.*
- *Actuaciones de mejora de la red: refuerzo y revestimiento de los túneles de El Callejo y del Arroyo en la línea Bilbao-Santander, entre otros.*
- *Renovación de material rodante.*

Núcleos de Valencia, Alicante y Murcia: *9 M€*

- *Mejora de la dotación y accesibilidad en estaciones, entre otras: Benifaió-Almussafes, Carcaixent, Tavernes de la Valldigna, el Puig de Santa María, Silla, Valencia-Cabanyal, Valencia-Nord y Xeraco.*
- *Renovación de material rodante.*

Núcleos de Cádiz, Málaga y Sevilla: *6 M€*

- *Mejora de la dotación y accesibilidad en estaciones: Virgen del Rocío, Cantillana y San Bernardo.*
- *Proyecto de prolongación de las cercanías a Marbella y Estepona.*
- *Estudios de ampliación de cercanías en Sevilla.*
- *Renovación de material rodante.*

Otros núcleos: *26 M€*

- *Mejora de la dotación y accesibilidad de estaciones, entre otras: Lugones, Pola de Lena, Corrales, Maliaño, Nueva Montaña, Parbayón, Lombera, Guarnizo, Boo, Bárcena, Valdecilla, Viérnoles, Zurita, Torrelavega Centro, Balsicas-Mar Menor, Oviedo, Pola de Siero, La Calzada, Santander, Renedo, etc.*
- *Proyecto de Metrotrén en Córdoba.*



nas del puerto de Pajares, Pola de Lena y otras ciudades del Principado. En la conexión a Cantabria, una buena parte de la inversión irá destinada al nuevo trazado entre Palencia y Aguilar de Campoo, así como a diversas actuaciones de mejora y renovación en la línea Palencia-Santander. Por último, en la conexión con el País Vasco, una parte importante de las inversiones irá destinada a los tramos Valladolid-Venta de Baños-Burgos-Vitoria-Bilbao-San Sebastián (la conocida como Y vasca) y a la conexión Astigarraga-Irún.

El Corredor Nordeste contará con 45 M€ de inversión para este año, que se multiplicarán casi por diez hasta alcanzar los 445 M€ en el período 2017-2020; además de impulsar el tramo Castejón-Pamplona, se llevarán a cabo los estudios técnicos para el desarrollo de los corredores Zaragoza-Castejón-Logroño-Miranda y Pamplona-Y vasca.

En cuanto a otros corredores, la línea Madrid-Extremadura-Frontera portuguesa contará con 189 M€ asignados para este año (1.015 M€ para el período 2017-2020) y, además de avanzar en la conexión Madrid-Extremadura, las actuaciones contemplan la instalación de nueva señalización en el tramo Illescas-Navalmoral y la conexión en alta velocidad en el tramo Pantoja-Talavera-Navalmoral.

Otras inversiones previstas para 2017 son en la línea Sevilla-Huelva: 19 M€ (114 M€ hasta 2020); Sevilla-Cádiz: 4 M€ (10 M€ hasta 2020); en la conexión en ancho internacional entre las estaciones de Atocha-Chamartín y el intercambiador de Torrejón de Velasco: 68 M€ en 2017 (322 M€ hasta 2020); en la línea Madrid-Jaén: 3 M€ en 2017 (41 M€ hasta 2020); en la línea Sagunto-Teruel-Zaragoza: 15 M€ (335 M€ hasta 2020). También están previstas inversiones por valor de 15 M€ para la implantación de ERTMS en diversos tramos, así como a distintas actuaciones de renovación y mantenimiento de equipos e instalaciones en la línea Madrid-Sevilla, por un valor total de 277 M€ hasta el año 2020.



El transporte ferroviario de mercancías contará con un programa de inversiones que contempla, entre otras actuaciones, la mejora de accesos en diversos puertos.

Las inversiones en el capítulo ferroviario alcanzarán también a la red convencional, en la que se llevarán a cabo diversas actuaciones de mejora y reposición de activos, entre otras en la línea Huesca-Canfranc, en la línea Madrid-Ávila, en la de Salamanca-Fuentes de Oñoro, donde se procederá a su electrificación, en el eje La Encina-Mogente-Xátiva, en el que se realizarán diversas actuaciones de renovación y mejora de la seguridad, así como también en la conexión entre A Coruña y Ferrol.

Asimismo, con el objetivo de impulsar el transporte de mercancías por ferrocarril, el programa de inversiones a desarrollar en 2017 contempla entre otras actuaciones: el desarrollo de nuevos accesos a los puertos de: Barcelona, Castellón, Sagunto, variante de Camarillas, dársena de Escombreras (Cartagena), Sevilla, terminales interiores de los puertos de Sevilla/Huelva (Majarabique), Algeciras (La Línea), terminal de Tarragona (zona centro), además de la construcción de apartaderos de 750 m en la línea Madrid-Barcelona y distintas actuaciones para la adecuación de la línea Aranda-Burgos.

Carreteras

En 2017 la partida destinada a carreteras se eleva a 1.913 M€, destinados tanto a construcción de obra nueva como a conservación y que suponen un incremento del 10,6% respecto a ejecución total de gasto en 2016. De esa cantidad, 954,9 M€, casi el 49 % del total, se dedicarán a actuaciones de nueva construcción. Esta nueva partida inversora destinada a la ampliación de la Red de Autovías permitirá concluir o emprender la ejecución de nuevos tramos en los siguientes itinerarios: Autovía A-11 del Duero; Autovía A-12 del Camino de Santiago; Autovía A-21 Jaca-Pamplona; Autovía A-22 Lleida-Huesca; Autovía A-23 tramo Huesca-Jaca; Autovía A-33 Blanca-Font de la Figuera; Autovía A-32 Linares-Albacete; Autovía A-44 y GR-43 Circunvalación exterior de Granada; Autovía A-54 Lugo-Santiago; Autovía A-56 Lugo-Ourense; Autovía A-57 de Circunvalación de Pontevedra; Autovía A-63 Oviedo-La Espina; Autovía A-67 ramal de continuidad Sierralpando-Barreda; Autovía A-68 Zaragoza-Pamplona; Autovía SE-40 Circunvalación de Sevilla; duplicación de la N-II en Cataluña; Autovía A-27 entre Valls y Montblanc; Autovía MU-30 del Reguerón; Autovía A-38 Favara-Cullera; Autovía A-60



▶ *Carreteras contará con un presupuesto de 1.913 M€.*



tramo Santas Martas-León; Autovía A-62 Fuentes de Oñoro-Frontera con Portugal; variante de Vallirana y tramo Olesa-Viladecavalls de la B-40, y Autovía de conexión entre Ronda litoral y C-32 (Baix Llobregat).

Se contempla asimismo desarrollar y completar la mejora de los accesos por carretera en diversos puertos y aeropuertos, entre otros: acceso Sur al puerto de Barcelona; acceso al puerto de El Musel (Gijón); acceso al puerto de Gandía; accesos Norte y Sur al puerto de Algeciras; ramal de acceso directo al puerto de Santander; acceso Norte al aeropuerto de Málaga; acceso al aeropuerto de Valencia, y acceso al aeropuerto de Alicante.

Por su parte, los programas de conservación y seguridad vial dispondrán de un presupuesto de 958,1 M€.



De esa cantidad, 380M€ se dedicarán a conservación integral y otros 300 M€ sólo a las llamadas autovías de primera generación. Se destinan también otros 271 M€ a obras de rehabilitación y conservación programadas a través de la Dirección General de Carreteras del Departamento (197 M€) y de la Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre (SEIT),74 M€.

Está previsto también dedicar 208,4 M€ al desarrollo de convenios con otras administraciones, con el objetivo de promover la construcción de carreteras e infraestructura viaria mediante acuerdos de financiación con comunidades autónomas y otras corporaciones locales.

La inversión en carreteras contará asimismo con otros 32,7 M€ destinados a la bonificación de peajes, bonificaciones que tendrán como prioridad incentivar la utilización de aquellos tramos de movilidad obligada en los que los itinerarios alternativos arrojan tráficos elevados, y sus principales beneficiarios serán los propietarios de vehículos pesados.

.\ Transporte aéreo

Las inversiones previstas para 2017 en aeropuertos, navegación aérea y seguridad aérea se sitúan en 809 M€, lo que supone un 22% más con respecto a las del pasado año.

Entre las principales actuaciones programadas para 2017 por parte de Aena cabe destacar las siguientes: Regeneración de la pista 07L-25R y remodelación de la plataforma y edificio dique-sur de Barcelona el Prat; adecuación general de plataforma, repavimentación de la



pista y otras actuaciones estratégicas del Plan de Calidad en Tenerife sur; recrecido de la pista sur, reconstrucción de la plataforma B y adecuación de las puertas H-6, H-7 y H-8 de Palma de Mallorca; regeneración de la pista 18L-36R del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas; recrecido de pista en Valladolid; adecuación de plataformas de aviación general en Ibiza; suministro e instalación de pasarelas de embarque en Málaga-Costa del Sol; adecuación del campo de vuelos de La Palma; remodelación de galería comercial y sala de embarque para adaptación de la normativa contra incendios en Gran Canaria; mejora de drenaje en Alicante; adecuación al reglamento eléctrico de baja tensión en edificios terminales de Sevilla; adecuación de la cubierta del edificio terminal (fase II) en Bilbao; adecuación de plataforma (fase II) en Lanzarote; remodelación de la terraza del edificio terminal en Almería, e instalación de sistemas automatizados para equipajes de mano en filtros de seguridad en los aeropuertos de la Red.

Por su parte, entre las principales actuaciones programadas por Enaire sobresalen: Desarrollo del Sistema Automatizado de Control de Tránsito Aéreo (SACTA) en los centros de control de Madrid, Barcelona, Sevilla y Gran Canaria, además de los centros de control de área terminal de Palma de Mallorca, Zaragoza, Santiago, Valencia y Málaga. Se prevé también la modernización de sistemas de comunicación por voz en el centro de control de Madrid, además de la implantación de nuevas funcionalidades por enlace de datos en los centros de control de Madrid, Barcelona, Sevilla y Canarias. Otras actuaciones destacadas serán la instalación de nuevos radares de última generación en Málaga, Lanzarote y Cancho Blanco (Cáceres); la optimización del diseño del espacio aéreo mediante nuevos procedimientos satelitales, y la renovación tecnológica de los sistemas de navegación aérea en los aeropuertos de Santander, Vigo, Bilbao, San Sebastián y Melilla.

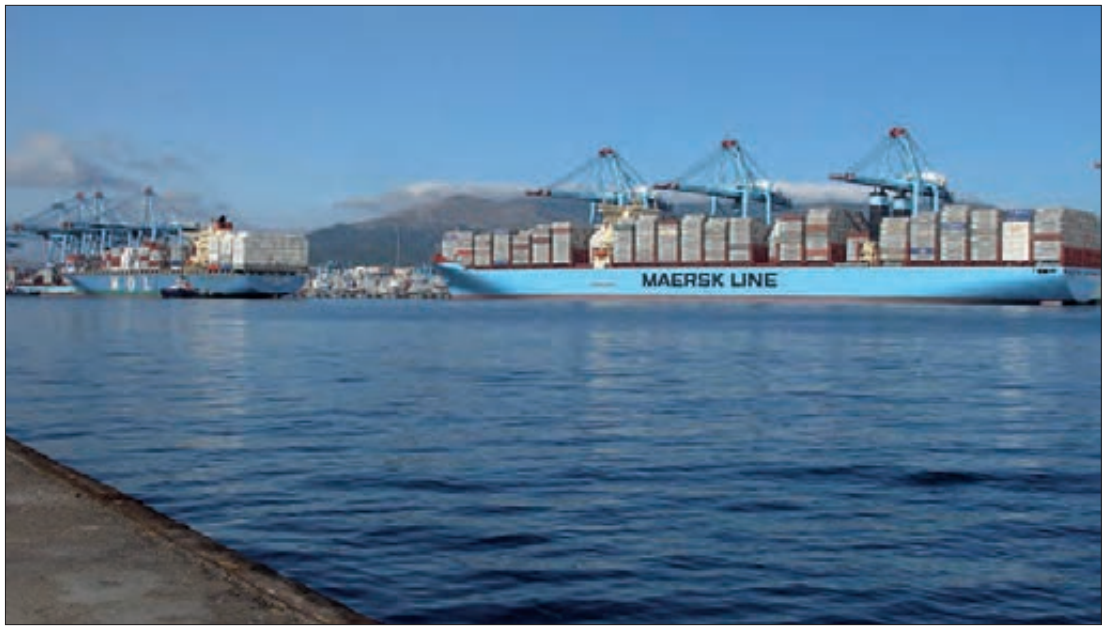
▶Las inversiones en aeropuertos y navegación aérea crecerán un 22% con respecto a 2016.

.\ Puertos y Seguridad Marítima

Puertos y seguridad marítima contarán en 2017 con una asignación total de 1.029 M€, de los que 864 M€ corresponderán a inversiones en la Red de Puertos del Estado. La consolidación del Fondo Financiero de Acce-



La inversión prevista en la Red de Puertos será de 864 M€ en 2017.

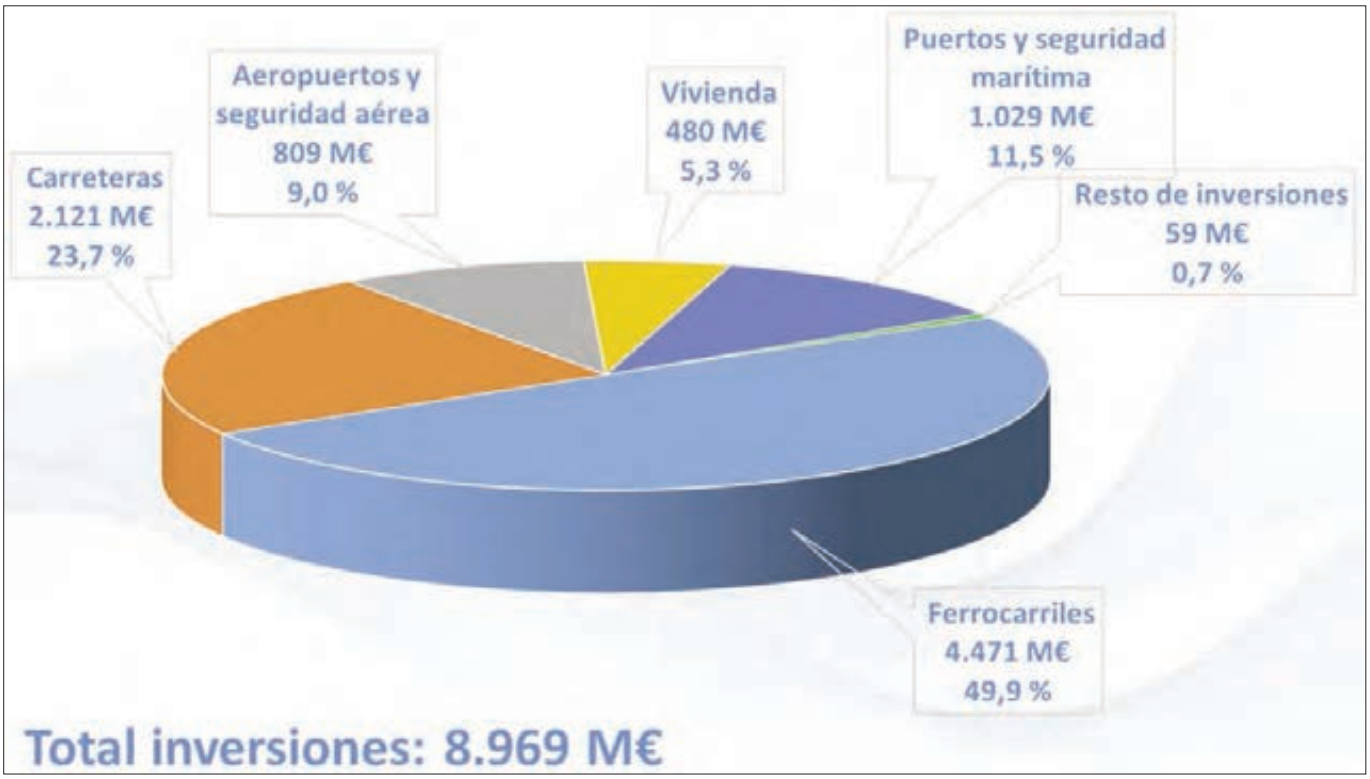


sibilidad Terrestre Portuaria permitirá acometer actuaciones de mejora en las condiciones de acceso a los puertos, tanto viarias como por ferrocarril, de modo que la inversión prevista en este concepto ascenderá en total a 226,8 M€ en 2017, de los que 138,9 M€ será por cuenta del Fondo Financiero. Igualmente, junto a esas inversiones previstas en los PGE, se estima que la inversión privada ya programada alcance los 981 M€ a lo largo del presente año, con un incremento del 65% sobre 2016.

Las inversiones previstas del Fondo Financiero de Accesibilidad Terrestre Portuaria serán de 138,9 M€ a lo largo del año

Entre las actuaciones más destacadas programadas por las diferentes Autoridades Portuarias cabe destacar las de: Autoridad Portuaria de Barcelona, con un presupuesto para inversiones de 157,2 M€ (de los que 13,1 M€ serán del Fondo de Accesibilidad) y que irá destinado a diversos proyectos como los del nuevo acceso ferroviario, la ampliación del muelle adosado en su segunda fase (terminal polivalente), el nuevo Syncrolift del muelle Cataluña o la ampliación del muelle adosado en su 3ª fase y la construcción de nuevos atraques en el muelle de la Energía); Autoridad Portuaria Bahía de Algeciras, con un presupuesto de 61,9 M€ y con vistas a las siguientes actuaciones: nuevo pantalán de armamento en Campamento y subestación eléctrica en Ampliación Isla Verde exterior; Autoridad Portuaria de Bilbao, con inversiones de 77,8 M€ (2,3 M€ del Fondo de Accesibilidad) y donde está previsto acometer la primera fase del espigón central en la dársena de la ampliación y la estabilización de la ladera en Punta Lucero; Autoridad Portuaria de Valencia, con un presupuesto inversor de 50,6 M€ para, entre otras, efectuar actuaciones en materia de accesibilidad ferroviaria (remodelación terminal ferroviaria, mejora calado y dragado en muelle y dársena Príncipe Felipe, adaptación ancho UIC); Autoridad Portuaria de Ferrol San Cibrao, con inversiones de 30 M€ (28,30M€ del Fondo de Accesibilidad) y actuaciones de mejora de la accesibilidad al puerto exterior; Autoridad Portuaria de Cartagena, que efectuará inversiones por valor de 36,1 M€ (13,6 M€ del Fondo de Accesibilidad) y una de cuyas actuaciones más importantes será la ejecución del tramo I (ferrocarril/carretera) del acceso ferroviario a la dársena de Escombreras, además de la ampliación del muelle de cruceros; Autoridad Portuaria de Huelva, con un presupuesto inversor de 49,6 M€ y una de cuyas actuaciones más destacadas será la reordenación y mejora de accesos en la zona ZAL de la Punta del Sebo, junto a la ampliación del muelle Sur (1ª fase) y la nueva lonja con urbanización aledaña; Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife, que realizará inversiones por 80,8 M€ para el desarrollo y ejecución de proyectos como las obras de abrigo en el puerto de Granadilla (54 M€) o el segundo tramo del muelle polivalente de Granadilla; la Autoridad Portuaria de Las Palmas, con inversiones por valor de 58,4 M€ para prolongación del dique de Los Mármoles en el puerto lanzaroteño de Arrecife y en muelles interiores de La Esfinge, además de la ampliación de la explanada sur

GRUPO FOMENTO. Inversiones total y por áreas



del muelle de pasajeros de Santa Catalina; Autoridad Portuaria Bahía de Cádiz, que efectuará inversiones por 22,2 M€, entre otras en los accesos a la nueva terminal de contenedores; Autoridad Portuaria de Tarragona, con inversiones previstas por 40,2 M€ (9,5 M€ del Fondo de Accesibilidad) que permitirán la mejora de accesos a la zona ZAL y a la terminal intermodal; Autoridad Portuaria de Baleares, con un presupuesto inversor de 36,9 M€, entre cuyas actuaciones más destacadas cabe mencionar la ampliación de la explanada del muelle de Poniente Norte y la ampliación y remodelación de la terminal nº 6, ambas en el puerto de Palma; la Autoridad Portuaria de A Coruña dispondrá de 20,3M€ y dos de sus actuaciones más destacadas serán la ampliación del muelle A2-A3 y la habilitación de la zona de graneles sólidos, ambas a desarrollar en Punta Langosteira; la Autoridad Portuaria de Sevilla dispondrá de 21,0 M€ para inversiones (2,5 M€ del Fondo de Accesibilidad) y acometerá diversas actuaciones de mejoras tanto en accesos, como en la dársena del Cuarto y en el anillo ferroviario; la autoridad Portuaria de Vigo, con un presupuesto inversor de 17,7 M€ (0,8 del Fondo de Accesibilidad), para ampliación y mejora en la plataforma logística del puerto vigués; la Autoridad Portuaria de Melilla, con 13,6 M€ para inversiones, de los que una buena parte se dedicarán a la ampliación del puerto exterior; la Autoridad Portuaria de Pasaia, que contará con 12,8 M€ para inversiones y desarrollará actuaciones de mejora en almacenes, Zona A y Oeste Herrera, y la Autoridad Portuaria de Marín y ría de Pontevedra, con 3,7 M€ para inversiones en diversas actuaciones, como la prolongación del nuevo muelle comercial de Marín.

Las inversiones totales (capítulos 6,7 y 8) del Grupo Fomento en 2017 ascienden a 8.969 M€, lo que supone un crecimiento del 45% respecto de las inversiones totales ejecutadas en 2016.

Subvenciones al transporte

Las subvenciones y ayudas al transporte aéreo y marítimo tienen como principal objetivo garantizar la movilidad de los residentes en los territorios no peninsulares (Baleares, Canarias, Ceuta y Melilla). Las bonificaciones a los billetes de avión y barco alcanzarán un montante total de 441,12 M€ en 2017 para atender las bonificaciones a residentes y familias numerosas. Se mantiene así la bonificación del 50% en los billetes aéreos y marítimos de residentes no peninsulares en los trayectos con origen o destino en las Islas Canarias, Baleares, Ceuta y Melilla y cualquier otro destino u origen nacional y, además, la bonificación del 25% en los billetes de transporte marítimo entre islas (el Ministerio de Fomento asume un 25% de la subvención y el resto de la subvención la asume el Gobierno Autonómico correspondiente). Se incrementan las subvenciones para el transporte de mercancías, que se sitúan en 55,3 M€, y se completan con otros 4,4 M€ para las autopistas del mar.

Con respecto a las asignaciones previstas para 2017 a las Obligaciones de Servicio Público (OSP), se ga-



Proseguirán las actuaciones de mejora de acceso a los puertos, tanto viaria como por ferrocarril.

rantiza la continuidad de todos los servicios establecidos y dispondrán de una partida de compensación de 605,4 M€ en el caso de los servicios de Cercanías y Media Distancia ferroviarios, incluida la compensación por los servicios prestados a la Generalitat de Catalunya por Renfe Operadora bajo la consideración de OSP en el ejercicio de 2016. Igualmente se asigna una partida de 4,14 M€para mantener las compensaciones por las OSP de transporte aéreo a las cuatro rutas aéreas intracanarias y a la ruta aérea Menorca-Madrid, así como otros 15,13 M€ a garantizar los contratos de navegación en líneas marítimas de interés público, entre ellas: Algeciras-Ceuta, Málaga-Melilla, Almería-Melilla y Península-Canarias.

Arquitectura, vivienda y suelo

Además de la elaboración de un nuevo Plan Estatal de Vivienda para el período 2018-2021, las principales líneas a desarrollar comprenden también la actualización de la estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España, conforme a lo previsto en el artículo 4 de la Directiva 2012/27/UE. Se prevé también avanzar en las políticas comprendidas en las Agendas Urbanas (Agenda Urbana europea y Agenda urbana de Naciones Unidas).

El capítulo inversor del Plan Estatal de Fomento del Alquiler de viviendas, rehabilitación edificatoria y de la regeneración y renovación urbanas 2013-2016 destinará en total 442,8M€ en 2017, de los que 342,8 serán en concepto de ayudas estatales al fomento del alquiler y la rehabilitación y otros 100 M€ para el mantenimiento de las ayudas de subsidiación de préstamos para adquirientes de vivienda protegida.

Las subvenciones y ayudas al transporte aéreo y marítimo tendrán como objetivo garantizar la movilidad de los residentes no peninsulares

Por su parte, los convenios específicos para la construcción de vivienda en alquiler y para la rehabilitación de viviendas, en vigor en Melilla, Ceuta, Lorca y Canarias, contarán con una asignación de 12,4 M€.

Finalmente, los programas de Rehabilitación y Conservación del Patrimonio Arquitectónico dispondrán de asignación de 26,5M€, de los que 15,4 M€ corresponderán a inversiones directas y otros 11,1 M€ a transferencias de capital con destino a las actuaciones de recuperación del patrimonio con cargo al 1,5% cultural.

Adif y Adif Alta Velocidad actualizan sus declaraciones de Red para 2017

Inventario al día



La Red titularidad de Adif Alta Velocidad suma 3.146 km.

Pepa Martín Mora

La actualización de la Declaración sobre la Red de Adif y la Declaración sobre la Red de Adif Alta Velocidad ya están a disposición de todas aquellas empresas interesadas en la prestación de servicios ferroviarios. Se trata de una herramienta imprescindible que garantiza el acceso a la infraestructura ferroviaria a todas aquellas empresas interesadas en ofrecer sus servicios como operadoras.

Fomento ha dado luz verde al acuerdo del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF) que aprueba la actualización para 2017 del Documento de Declaración sobre la Red de Adif, así como de la Red de Adif Alta Velocidad. Se trata de una herramienta imprescindible con la que se garantiza el acceso a la infraestructura ferroviaria de todas aquellas empresas que quieran prestar servicios, en la que se facilita toda la información relativa a las características de dicha infraestructura y a las condiciones de uso.



Renfe Patier



Casi dos millones de trenes circularon por la Red de Adif en 2016.

Ambos documentos recogen las normas generales, plazos, procedimientos y criterios relativos a los sistemas de cánones y adjudicación de capacidad, así como las instrucciones necesarias para cursar una solicitud de capacidad de infraestructura, incluyendo el Horario de Servicio 2017/2018. De esta forma, Fomento garantiza la transparencia y el acceso no discriminatorio a la infraestructura ferroviaria de todas las empresas interesadas en solicitar capacidad para prestar servicios de transporte ferroviario.

También se incorpora información detallada sobre la variación en los activos, ya sean altas, bajas o modificaciones, de la Red titularidad de Adif y de Adif Alta Ve-

Infraestructura titularidad de Adif Alta Velocidad	
Estaciones	42
Red ferroviaria titularidad de Adif Alta Velocidad	3.146 km
Red de Alta Velocidad de Ancho Estandar (1.435 mm separación de carriles)	2.534 km
Red Convencional de Ancho Iberico puro (1.668 mm separación de carriles)	613 km
Líneas Equipadas con ERTMS	1.733 km
Líneas Equipadas con ASFA	3.053 km
Líneas Equipadas con Sistemas de Bloqueo Automatizados	2.988 km
Líneas Equipadas con ATP-EBICAB	147 km
Líneas dotadas con CTC	2.955 km
Línea Electrificada	2.862 km
Número de Circulación de Trenes año 2016	254.725



Adif en cifras	
Activos no corrientes	15.582.583 miles €
Fondos Propios	1.281.192 miles €
Patrimonio Neto	11.548.752 miles €
Empleados Adif	2.761

Adif Alta Velocidad en cifras	
Activos no corrientes	43.303.034* miles €
Fondos Propios	13.810.834* miles €
Patrimonio Neto	24.302.889 * miles €
Empleados Adif Alta Velocidad	215

locidad debido a su modernización, así como la puesta en servicio de nuevos tramos, además de las principales obras de mejora que se han realizado o están en ejecución en sus infraestructuras.

A fecha 31 de diciembre de 2016, la Red de Adif suma 12.180 kilómetros de vías por las que transitaron durante el pasado año 1.960.637 trenes, un total de 1.456 estaciones y 39 terminales de transporte de mercancías. La Red de Adif Alta Velocidad, por su parte, cuenta con 3.146 kilómetros de vías, por las que circularon 254.725 trenes, además de con 42 estaciones.

Ambos documentos se estructuran en seis capítulos con sus correspondientes anexos, empezando con una breve descripción del sector ferroviario en el primero de ellos, junto con información general. El segundo recoge las condiciones de acceso, con los requisitos legales necesarios que regulan el acceso a la RFIG (Red Ferroviaria de Interés General), gestionada por Adif y por Adif Alta Velocidad de las empresas ferroviarias; una descripción de las infraestructuras ferroviarias junto con las características principales de las respectivas redes es la materia del capítulo tres, disponible para la solicitud de adjudicación de capacidades. Por su parte, el número cuatro describe el proceso por el cual Adif y Adif Alta Velocidad asignan franjas horarias a las empresas ferroviarias. En el capítulo cinco se detallan los servicios que pueden prestar Adif y Adif Alta Velocidad. Y, finalmente, la descripción de las tasas ferroviarias y cánones, así como de las tarifas por prestación de los servicios complementarios son el contenido del capítulo número seis.

Las declaraciones de Red de Adif y de Adif Alta Velocidad también recogen mapas explicativos de las principales características de la red titularidad del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, así como una serie de anexos en los que se ha agrupado toda la información que puede ser objeto de frecuente actualización, incluyendo ademas otros contenidos que completan su carácter informativo.

Tras el preceptivo trámite de consultas, el Consejo de Administración de Adif aprobó ambos documentos completos, así como el catálogo de instalaciones de servicio, supervisado y finalmente validado mediante una resolución de la Secretaría General de Infraestructuras del Ministerio de Fomento.

Novedades

Entre las principales novedades incorporadas en esta ocasión, destaca la actualización del índice de la Declaración sobre la Red conforme a la estructura común y Guía de Implementación, aprobada por la Asamblea General de Rail Net Europe el 23 de marzo de 2016, así como la información de las instalaciones y prestación de servicios a las empresas ferroviarias en relación a la Ley 38/2015 del Sector Ferroviario.



También se ha procedido a la actualización del régimen económico y tributario del uso de la infraestructura según lo estipulado en los Presupuestos Generales del Estado para 2016, por lo que durante este año se aplicará la Tasa de Seguridad en el Transporte de Viajeros y los Cánones Ferroviarios fijados en los Presupuestos para 2015.

En cuanto a las tarifas por la prestación de servicios complementarios, durante este año se aplicarán en la RFIG (Red Ferroviaria de Interés General) y en las áreas de las zonas de servicio ferroviario administradas por Adif y por Adif Alta Velocidad, aprobadas por acuerdo de su Consejo de Administración conforme a la Ley de Sector Ferroviario.

Además se ha actualizado el Calendario de Adjudicación de Capacidad del Horario de Servicio 2017/2018, conforme a las directrices de Rail Net Europe (RNE), para que los candidatos interesados puedan realizar sus

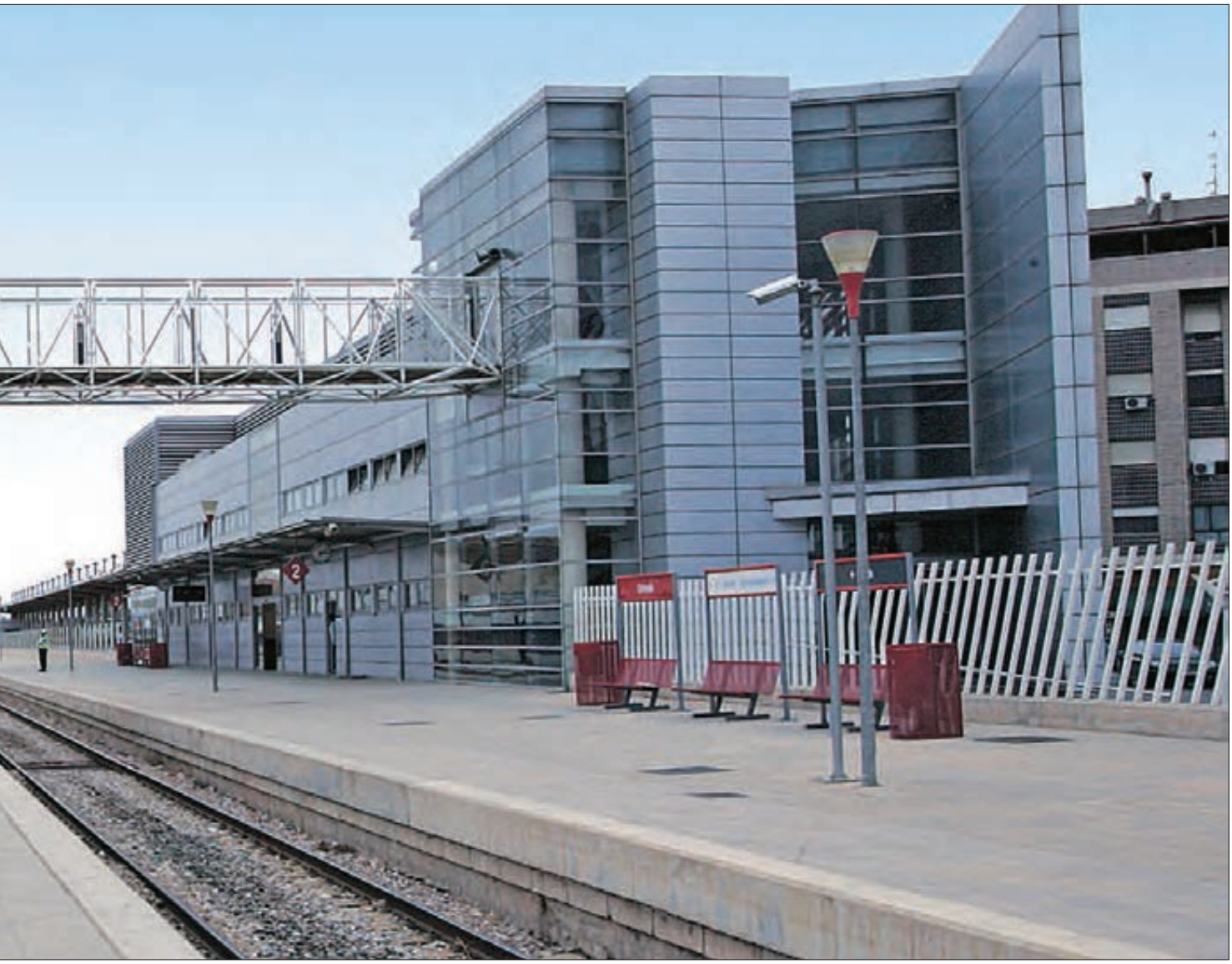
Un documento imprescindible

La publicación de la Declaración sobre la Red de Adif y la Declaración sobre la Red de Adif Alta Velocidad están contempladas en el Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda 2012-2024 del Ministerio de Fomento, en el que se establecen las directrices específicas para el desarrollo de la política ferroviaria en nuestro país, en coherencia con la política económica del Gobierno.

Este Plan define una cartera de servicios públicos del Estado en materia de transportes, y es garantía de calidad y eficiencia mediante la optimización de las infraestructuras existentes y de una planificación adecuada a las necesidades reales.

Por otra parte, potencia el mantenimiento de las infraestructuras existentes y garantiza la movilidad mediante la prestación de las Obligaciones de Servicio Público (OSP) en condiciones de calidad. Todo ello manteniendo el nivel de seguridad del transporte ferroviario, con un sistema de mantenimiento integral y preventivo, y con un alto estándar de sostenibilidad medioambiental.

Así, impulsa la participacion del sector privado en las inversiones, la optimización del uso de las infraestructuras y la mejora de la competitividad, de ahí la importancia de la publicación de este documento de carácter anual para todas aquellas empresas interesadas en prestar servicios ferroviarios.



▶ *12.180 km de vías y 1.456 estaciones integraban la Red de Adif al cierre 2016.*

solicitudes ya adaptadas a esos requerimientos. El Horario de servicio para este año permanecerá vigente hasta el 9 de diciembre, y el de 2018 hasta el día 8 del mismo mes, incluidas las fechas determinadas para realizar los correspondientes ajustes concertados y los mensuales, así como el Catálogo actualizado de Surcos Internacionales.

Se ha actualizado también el Anexo F "Documentación de Referencia", con la información de la legislación en vigor más relevante sobre el Sector Ferroviario a fecha 31 de enero 2017, tanto en el ámbito nacional como europeo, conteniendo adicionalmente las referencias sobre la principal normativa técnica vigente en la Red de Adif, mientras que en la Red Adif Alta Velocidad el anexo actualizado es el E.

Las declaraciones de Red garantizan el acceso no discriminatorio a la infraestructura ferroviaria

Mapas de Red

También la información de los Mapas de la Red gestionada tanto por Adif como por Adif Alta Velocidad, así como su presentación, no sólo se han actualizado, sino que se ha editado en formato PDF interactivo, lo que permite agregar y desagregar capas para visualizar e imprimir individualmente el contenido de cada uno de ellos.

Por otro lado, se han incorporado menciones específicas en los correspondientes capítulos en función de la publicación de la Ley del Sector Ferroviario, del Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Ferroviaria que entró en vigor en enero de este año.

Ambos documentos se publican anualmente y son revisables durante el año. Están disponibles en las webs de Adif (www.adif.es) y Adif Alta Velocidad (www.adifaltavelocidad.es). ■

Nuevas soluciones tecnológicas aplicadas a la mejora de la vialidad invernal

Contra la nieve y el hielo



Máquina de empuje despejando la nieve de la calzada de una autovía.



Javier R. Ventosa. Fotos: ACEX

La innovación tecnológica ha irrumpido con fuerza en las campañas de vialidad invernal, históricamente ligadas al empleo de métodos tradicionales y que hoy recurren a un catálogo crecientemente diversificado de productos y servicios avanzados para neutralizar los efectos de nieve y hielo en las carreteras españolas. Estas soluciones originales, varias de ellas ya aplicadas en la campaña recién concluida, comprenden desde esparcidores de fundente eléctricos y nuevos materiales para las cuchillas quitanieves hasta la última tecnología en neumáticos o los modernos pronósticos meteorológicos para decidir qué tratamiento adoptar en la calzada.

La campaña de vialidad invernal, desarrollada entre el 1 de noviembre y el 30 de abril, ha activado los planes de mantenimiento invernal, concepto que engloba el conjunto de actuaciones que las administraciones públicas llevan a cabo en los meses más fríos del año para evitar, minimizar o eliminar, en su caso, la presencia de nieve o hielo en la calzada. Se trata de un servicio público con carácter de temporalidad que es competencia del Ministerio de Fomento en la Red de Carreteras del Estado y de otras administraciones en el resto de la red viaria española. Según la Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras (ACEX), asociación sin ánimo de lucro comprometida desde hace más de 20 años con la conservación eficiente y sostenible de las infraestructuras españolas, en cada campaña se emplean unos 2.500 equipos quitanieves y 400.000 toneladas de fundentes para mantener los niveles de servicio y de seguridad vial en las carreteras, con una inversión cercana a los 120 M€ La aportación del Ministerio de Fomento a la campaña recién concluida ha sido de 1.359 máquinas quitanieves y 240.000 toneladas de fundentes (principalmente sal), distribuidas en 347 almacenes y 525 silos.

En este campo específico del mantenimiento de carreteras, basado durante décadas en el empleo de métodos tradicionales (quitanieves, fundentes), la innovación tecnológica se abre paso con firmeza y renueva la oferta de productos y servicios cada vez con mayor celeridad. Así, en la pasada campaña se han lanzado al mercado y/o estrenado en las vías españolas un buen



número de novedosas soluciones en maquinaria, meteorología, neumáticos o gestión del negocio desarrolladas por los departamentos de I+D de las empresas del sector, formado por compañías españolas de tamaño medio o pequeño y filiales de empresas multinacionales. Estas novedades conforman el actual estado del arte de la tecnología en vialidad invernal, enfocada hacia la mayor efectividad operativa, la reducción de costes, el ajuste a las necesidades de la demanda y la sostenibilidad ambiental. A continuación se detallan algunas de estas soluciones.

Maquinaria de vialidad invernal

Buena parte de las novedades se ha circunscrito a la maquinaria utilizada para garantizar la vialidad invernal (máquinas de empuje, esparcidores de fundente, máquinas dinámicas para grandes espesores de nieve y máquinas auxiliares), precisamente el elemento más reconocible de esta actividad.

En el segmento de maquinaria de empuje, cuyo fin es retirar la nieve acumulada fuera de la calzada mediante vehículos equipados con hojas o cuñas, las empresas han desarrollado nuevos materiales para las cuchillas quitanieves, elemento situado en la parte inferior de las hojas que, al interactuar con el pavimento, sufre un elevado desgaste y debe sustituirse al poco tiempo. La empresa Lagon Rubber, por ejemplo, ha combinado aceros especiales con otros materiales, como cerámica (corindón), caucho y carburo de tungsteno (tan duro como el diamante), para crear cuchillas de durabilidad extrema, buenas propiedades deslizantes, menor coste por kilómetro y sostenibilidad (no daña la calzada). Junto a su versatilidad (existen tres modelos para distintas su-

Arriba, máquina quitanieves a pleno rendimiento. Debajo, nuevos materiales (cerámica, caucho, tungsteno) elevan la vida útil de las cuchillas quitanieves.



Lagon Rubber

perficies: autovías, carreteras secundarias o de montaña y zonas urbanas), dos de estos modelos incluyen una modificación en la cuchilla para evitar que la nieve empujada salte al parabrisas y dificulte la visibilidad durante la limpieza de la calzada.

Otro desarrollo innovador en este segmento es la hoja convertible Giletta U de Maquiasfalt, híbrido entre una hoja de doble cuchilla y una cuña de limpiar nieve que aúna las ventajas de ambos elementos, configurable según las necesidades para limpiar alturas de nieve importantes, limpiar nieve a ambos lados de la carretera o empujar nieve en los parkings. Por su parte, el fabricante Rasco dispone de un amplio catálogo de cuchillas quitanieves, para todo tipo de vehículos y superficies, así como un singular cepillo de limpieza que, montado entre los ejes del vehículo, elimina la nieva retenida en baches o surcos tras el paso de la cuchilla y, así, reduce la cantidad de fundentes a utilizar, con el consiguiente ahorro.

Esparcidores de fundente

Los avances tecnológicos también han llegado al segmento de esparcidores de fundente, máquinas dispuestas sobre el chasis de un camión que extienden fundentes sólidos (sal), líquidos (salmuera) o mixtos (sal sólida humificada) para prevenir o eliminar el hielo de la calzada. Como novedad en un campo dominado exclusivamente

Esparcidor de fundente eléctrico, novedad en un ámbito dominado exclusivamente por los esparcidores hidráulicos.

La sal marina como fundente

El cloruro sódico (sal marina o procedente de minas) y el cloruro cálcico (un subproducto de la sosa) son los productos más utilizados como fundente en vialidad invernal, bien en forma sólida (tratamientos curativos y humidificados), bien como salmuera (tratamientos preventivos). La sal marina tiene una gran eficacia en las tareas de validad invernal debido a su alto contenido (99%) en cloruro sódico (mayor rendimiento y rapidez de resultados, imprescindible para fabricar salmuera), su contenido mínimo de insolubles (menor coste de limpieza, idea para zonas urbanas) y su humedad natural (que activa la fundición del hielo sin aporte de humedad exterior y se agarra mejor en la calzada).

Aunque en España se comercializan productos de sal marina para cada necesidad de vialidad invernal, lo cierto es que, salvo algunas recomendaciones, ninguna norma fija con claridad las características que debe reunir para este fin. Algo que cambiará con una nueva norma europea, actualmente en fase de borrador final, sobre el uso de la sal en carretera. El borrador introduce diversas novedades para este tipo de sal, entre ellos los requisitos generales (deben limitarse los contenidos máximos en una docena de metales pesados e hidrocarburos), los requerimientos químicos (contenido mínimo del 90% en cloruro sódico y máximo del 3% en sulfatos), la clasificación según su humedad (seca, semiseca y húmeda) o granulometría (extra fina, fina, media y gruesa), el etiquetado y descripción del producto o los requisitos para elaborar salmuera (contenido en cloruro sódico entre 18 y 26%).



Maquiasfalt



Carretera despejada en una ladera de montaña por la acción de una máquina quitanieves, estacionada junto a una curva.

Las innovaciones están enfocadas hacia la mayor eficacia operativa, la reducción de costes y la sostenibilidad ambiental

por los esparcidores de accionamiento hidráulico, Maquiasfalt ha lanzado un inédito esparcidor cien por cien eléctrico, consistente en un camión con batería recargable y tres motores eléctricos para activar los distintos subsistemas (cadena, humidificación y grupo esparcidor). La solución eléctrica, comparada con la hidráulica, tiene un mínimo impacto ambiental (no emite CO_2, líquidos o ruidos a la atmósfera), presenta una alta eficiencia en el esparcimiento de la sal gracias a un sistema inteligente de regulación de los motores, es fiable y tiene un coste menor (ahorros del 40% en energía, del 100% en mantenimiento y combustibles fósiles). Este desarrollo tecnológico eco-friendly puede montarse en camiones y en medios ligeros urbanos o pesados.

En la búsqueda de una mejora en el extendido de fundentes, Emsa Maquinaria y Proyectos, del grupo Boschung, ha aportado varios desarrollos innovadores cuyo denominador común es la protección del medio ambiente. Dos sistemas patentados por este fabricante mejoran respectivamente la eficacia y la precisión del extendido de fundente mediante la homogeneización de la mezcla de sal/salmuera, que permite lograr flujos constantes y una humificación óptima para una mayor adherencia del fundente sobre la calzada (sistema Optiwet), y a través del ajuste automático del brazo distribuidor para adaptar el patrón de extendido, manteniendo siempre el mismo punto de caída del material sobre el disco espercidor (sistema ASN). Con ello, además, se aporta mayor seguridad a los usuarios de la vía y se reducen los costes en material fundente. Otra innovación, el sistema Thermomat, mejora la eficacia en el consumo de fundente, con la reducción de hasta un 30% y un mí-



Meteogroup

Mapa térmico de la ciudad de Nimega (Holanda), con pronóstico de temperatura y situación de la calzada punto a punto.

nimo impacto ambiental, mediante la medición automática y constante de la temperatura del pavimento –con cámaras infrarrojo, que realizan mediciones hasta 90 veces por segundos- y la regulación automática de la dotación de fundente en función de la temperatura. Un último desarrollo es el depósito flexible para fundente líquido para esparcidores, de gran capacidad, fácil montaje y ahorro económico, que mejora la versatilidad de los equipos de vialidad invernal.

En la misma línea de respeto por el medio ambiente, Infonorte Tecnología ha lanzado su gama de productos para vialidad invernal desarrollados en acero inoxidable, material con notables propiedades mecánicas (elasticidad, dureza, ductilidad y resistencia al desgaste), inalterable e inerte en su relación con el medio ambiente y con una alta resistencia a la corrosión, lo que se traduce en larga vida útil y mantenimiento casi inexistente. De este material fabrica tanques de sal/salmuera para montar en camiones, tolvas estancas, máquinas multifunción y el singular dosificador de cloruro cálcico, dispositivo que, al aprovechar la energía calorífica liberada por la mezcla de cloruro cálcico y agua, acelera los efectos de la mezcla sobre el hielo. Esta empresa también apuesta por la sencillez de su mando de control para esparcidor frente a la sofisticación de otros equipos que pueden provocar disfunciones en su uso.

Los vehículos que incorporan el equipamiento específico para la vialidad invernal son otro segmento de interés. En este campo, Renault Trucks se ha posicionado con sus camiones de la gama K, de gran robustez, que ofrecen defensas sólidas (defensa 100% en acero, chapa protectora bajo el motor, refuerzos en chasis, mejor ángulo de ataque del mercado) y longevidad de las cadenas cinemáticas (motores, cajas de cambios, ralentizadores…), además de motores de gran potencia y par para una buena tracción y pre-equipamientos de serie para montar equipos de vialidad invernal.

Servicios meteorológicos

Uno de los aspectos más relevantes para los trabajos de mantenimiento en vialidad invernal es la meteorología. Conocer de antemano la incidencia de los fenómenos invernales (nieve, agua, aguanieve, helada, granizo, lluvia engelante, rocío, escarcha, niebla…) en una zona determinada es algo básico para decidir cuándo y qué tipo de tratamiento preventivo se debe aplicar a la calzada para que este sea efectivo. Sin una información adecuada, existe el riesgo de aplicar el tratamiento demasiado pronto o tarde e incluso de realizar tareas innecesarias, con los consiguientes costes añadidos. Por ello, disponer de un servicio meteorológico preciso y fiable es un eje esencial para la buena vialidad invernal.

Meteogroup, la mayor compañía meteorológica privada de Europa, con oficinas en Madrid, ha desarrollado dos soluciones para ayudar al mantenimiento de la



▶ *Nuevas fórmulas de gestión de la vialidad invernal permiten planificar y monitorizar el despliegue de la flota de equipos quitanieves.*

vialidad invernal. La primera es el modelo específico de calzada, basado en el principio de que el aire y la calzada tienen distintos comportamientos ante la pérdida o ganancia de calor. Se trata de un modelo matemático que combina las variables del entorno de una carretera (datos en tiempo real e históricos, tipo de calzada, modelo atmosférico, efecto radiación, efecto de las precipitaciones…), aportadas por sensores, y elabora un mapa térmico con el pronóstico de la temperatura y el estado del pavimento. El modelo, existente en aplicaciones web y móvil, hace pronósticos hora a hora, hasta 15 días vista, sobre nieve acumulada, heladas y temperatura y estado de la calzada.

La segunda innovación, el sistema de ayuda a la toma decisiones, se apoya en los pronósticos atmosférico y de calzada, las observaciones de los sensores de pavimento y la experiencia para crear protocolos de actuación para el usuario. Esta herramienta transforma los pronósticos meteorológicos en decisiones objetivas de actuación, teniendo en cuenta todos los factores que inciden en una zona (desde la posibilidad de heladas hasta la presencia de sal residual), e informa de la existencia de ventanas temporales óptimas para realizar los tratamientos curativos/preventivos, lo que supone una mayor garantía para completar estos trabajos con éxito y reduce los costes. El sistema, que elabora pronósticos hora a hora hasta 15 días vista, también está disponible en aplicaciones web o móvil.

.\ Gestión del mantenimiento

Más allá del equipamiento y del material, las empresas también comercializan diferentes fórmulas para una mejor gestión del mantenimiento de la vialidad invernal. Ejemplo de ello es Aemi Schmidt Ibérica, fabricante de su propia maquinaria (cuchillas galvanizadas sin mantenimiento, plantas de salmuera con control remoto, sistemas de seguridad…), que ofrece un planteamiento empresarial para aportar un mayor rendimiento y eficacia a través de un servicio integral, a la medida de las necesidades de cada empresa, que ofrece consultoría, asistencia, formación, recambios, mantenimiento o comunicaciones online, entre otros, con el apoyo de tecnologías avanzadas como GPS, para una optimización de las flotas de máquinas, las operaciones y los procesos que componen el mantenimiento de la vialidad invernal.



Más de 2.500 equipos quitanieves participan en cada campaña de vialidad invernal. En la imagen, máquina quitanieves en el puerto de Pando (León).

Neumáticos e invierno

Con la llegada del invierno, el estado de los neumáticos se convierte en un factor crítico para la seguridad de la conducción. En los países más fríos es habitual sustituir los neumáticos de verano por otros de invierno, con mejores prestaciones en bajas temperaturas, pero en España, sin apenas sensibilización hacia la conducción invernal, el único recurso empleado, y prescrito por las autoridades de tráfico, son las cadenas para zonas nevadas (el 80% de los usuarios nunca las ha montado y/o no sabe montarlas). Apenas se tiene en cuenta, sin embargo, que los neumáticos pierden propiedades por debajo de los 7 grados.

Por ello, la Comisión de Fabricantes de Neumáticos defiende el uso de neumáticos de invierno entre los meses de octubre y marzo como opción ideal para zonas de alta montaña debido a sus características de adherencia, evacuación del agua y motricidad en condiciones difíciles. A muy bajas temperaturas, son la opción más segura y confortable, sea cual sea el estado del firme: sus resultados son mejores que los del uso de cadenas en neumáticos de verano, incontestables en entornos de frío y visiblemente elocuentes sobre la nieve, donde son una alternativa legal al uso de cadenas cuando estás son obligatorias.

Para el resto del territorio español, donde los inviernos no son muy extremos, la recomendación son los neumáticos All Seasons, diseñados para funcionar solventemente todo el año. Presentan una notable capacidad invernal (agarre consistente, probada tracción y frenada en nieve), gran rendimiento en pavimento mojado o con aguanieve (mayor resistencia al aquaplaning) y mejoras sobre superficie seca (estabilidad, direccionabilidad, maniobrabilidad). Están homologados como neumáticos de invierno (no requieren cadenas) y mejoran las prestaciones de los neumáticos de invierno tradicionales en las épocas de calor. Estos neumáticos polivalentes se comercializan en España desde hace un par de años.

El fabricante Rasco, por su parte, ha dado a conocer al mercado las características de un sistema avanzado para la gestión, control centralizado, informes y optimización de las actividades relacionadas con el mantenimiento de carreteras (ARMS), que puede integrarse en un sistema de información de tráfico ITS. El sistema, apoyado en aplicaciones basadas en la nube y en una interfaz apoyada en la web, incluye el seguimiento y control de las horas de trabajo del personal y la maquinaria, así como la monitorización en tiempo real de los recursos gastados (combustible, fundente), entre otros, y es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones.

Otra empresa, Asistencia Técnica Invernal (ATI), defiende las ventajas de su modelo de negocio, vigente desde hace más de dos décadas, consistente en el alquiler de maquinaria y equipos quitanieves con o sin conductor especializado. Este sistema, enfocado hacia empresas públicas o de conservación de carreteras, aporta sobre todo un importante ahorro económico y de tiempo al cliente (el coste fijo de la maquinaria se convierte en un coste variable), así como una gran variedad de maquinaria, la reposición inmediata en caso de avería o la formación a sus empleados.

Los Proyectos de desarrollo de líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (V)

La Alta Velocidad llega a Nueva York



Luis Fort López-Tello y Carmen Fort Santa-María

El proyecto Atlantic Coastal Corridor comprende el desarrollo de la Alta Velocidad en la costa oriental de Estados Unidos, desde Whasington D.C. a New York City, uniendo en un corredor de altas prestaciones algunas de las ciudades más pujantes económicamente y también más pobladas de ese extenso sector: Boston, Baltimore, Filadelfia, Providence, además de las ya mencionadas Washington D.C. y New York City.



Google Images

▶ *Puente de Brooklyn.*

Este quinto artículo de la serie iniciada en la Revista Fomento "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos", podría subtitularse: "New York Connection". La Unidad Estructural I2": Atlantic Coastal Corridor" del desarrollo de la USHSRS, se ocupa del paso de la alta velocidad ferroviaria de Estados Unidos por la costa atlántica de esta nación, desde Washington D.C. a Boston (Massachussets), pasando por Baltimore (MD), Philadelphia (PA), Trenton (NJ), New York (NY), Hartford (CT) y Providence (RI), siguiendo el trazado de la líneas HSR "Liberty Line" (Washington D.C.-New York) y HSR "Independency Line" (New York-Boston), definido en el Anteproyecto "Chesa-Hudsanan-Charles", de los autores de este artículo.



También de los autores del presente artículo es el Anteproyecto "Ohio-Potomac" "Washington Connection", que en forma análoga define la tercera parte "Appalachian Side (Saint Louis-Washington D.C.) de la Unidad Estructural II "Intercoasts Way: San Francisco Airport(CA)-Washington D.C.".

Historias de New York

Con anterioridad al descubrimiento de América por Cristóbal Colón, el 12 de octubre de 1492, el área de la actual New York City estuvo habitada por diversos grupos de tribus de indios algonquianos nativos americanos, cuya tierra natal conocida como "Lenapehoking" incluía Staten Island, la parte oeste de Long Island (los actuales condados de Brooklyn y Queens), Manhattan, el Bronx y el Bajo Valle del Hudson.

En 1501, como ya se mencionó en el artículo anterior, relativo a La Florida Española, los exploradores españoles habían cartografiado la línea de costa atlántica al norte de Florida hasta pasada la Bahía de Chesapeake, en el emplazamiento del actual Washington D.C. y siguiendo la costa por la que ahora se anteproyecta el desarrollo del trazado de la HSR "Liberty Line" Washington D.C.-Baltimore-Philadelphia-New York (Desembocadura del Hudson), e incluso continuando hasta Boston, que también sigue parcialmente el trazado propuesto de la HSR "Independency Line" New York-Boston y más al norte.

La primera visita documentada de un europeo al área de New York fue la del italiano Giovanni da Verrazzano, explorador florentino al servicio de la corona francesa, quien en 1524, con su nave "La Dauphine" entró en lo que hoy es el puerto de Nueva York, por lo que el puente colgante que actualmente cruza "The Narrows" en la desembocadura del Hudson River en la "Lower Bay", lleva su nombre "Verrazzano-Narrows Bridge".

Unos meses más tarde, en enero de 1525 una expedición española mandada por el capitán portugués Esteban Gómez, navegando para el emperador Carlos V, a bordo de la carabela "La Anunciada" llegó y cartografió a la desembocadura del Hudson River, al que él llamó Río de San Antonio. Una gran capa de hielo paralizó posteriores exploraciones de esta expedición, regresando a España en el mes de agosto. El Padrón

Infografía del intercambiador de transportes del World Trade Center (Estudio Santiago Calatrava). Debajo, vista de la ciudad de Baltimore.



Google Images



▶ *La Gran Manzana de noche. Debajo, la ciudad de Philadelphia.*

Real de 1527, primer mapa científico en mostrar la costa este de Norteamérica de forma continua se hizo con esta información. La parte noreste de Estados Unidos recibió en su honor el nombre de "Tierra de Esteban Gómez".

La ciudad de New York está situada en el sudeste del Estado de New York, aproximadamente a mitad de camino entre Washington D.C. y Boston. La localización de la ciudad en la desembocadura del río Hudson (mapa 2), que atiende un área del interior como puerto naturalmente protegido y además como puerto del océano Atlántico, ha ayudado al crecimiento de la ciudad en importancia como puerto comercial. La mayor parte de la ciudad está construida sobre las tres islas de Long Island, Manhattan y Staten Island y la forman cinco distritos ("the five boroughs"): "Manhattan" (New York County), "Brooklyn" (Kings County), "Queens" (Queens County), "Staten Island" (Richmond County) y "The Bronx" (Bronx County).



Ed Yokovich

El río Hudson fluye a través del "Hudson Valley" a la Bahía de New York. Entre la ciudad de New York y Troy/Albany (NY), el río es un estuario. Al llegar a la ciudad, separa ésta del Estado de New Jersey.

El "East River", un "paso estrecho de marea" fluye desde Long Island Sound y separa Bronx y Manhattan de "Long Island. El "Harlem River", otro "paso estrecho de marea" entre el "East River" y el "Hudson River", separa la mayor parte de Manhattan del Bronx. El "Bronx River", que fluye a través de los condados de Bronx y Westchester, es el único río enteramente de agua dulce en la ciudad.

"The Narrows" es el estrecho que conecta las partes superior e inferior de la bahía de New York. El puente Verrazzano-Narrows de 1.298 m de luz en su tramo central, que lo cruza, conecta los distritos de Staten Island y Brooklyn. Ahora se propone que la alta velocidad ferroviaria cruce este estrecho con un nuevo puente paralelo al "Verrazzano" en su trayecto hacia la terminal de New York, John Fitzgerald Kennedy Airport, desde donde los viajeros de alta velocidad pueden acceder al nuevo intercambiador de Calatrava, núcleo de la reconstrucción del World Trade Center en el corazón del Bajo Manhattan, a través de las redes de metro y de cercanías del PATH.

Tabla Resumen: USHSRS-Atlantic Coast Corridor (Unidad Estructural I-2: Corredor de la Costa Atlántica)

		"Liberty line"	"Shawmut/Trimountaine Line"	CHESAPEAKE/SAN ANTONIO/CHARLES Project
Unidades	Secciones	HSL WASHINGTON D.C.-NEW YOR NEW YORK Connection	HSLNEW YORK-PROVIDENCE-BOSTO BOSTON Connection	ATLANTIC COASTAL CORRIDOR WASHINGTON-NEW YORK-BOSTON
Km	Longitud Total	460,0 (286mile)	387,0 (241mile)	847 (527mile)
Km (%)	Longitud a cielo abierto (Desmontes y Terraplenes)	416,4 (90,52%)	361,6 (93,44%)	778 (91,83%)
Km (%)	Longitud Total de Túneles	26,5 (5,76%)	6,0 (1,55%)	32,5 (3,84%)
Km (%)	Longitud Total de Viaductos	17,1 (3,72%)	19,4 (5,01%)	36,5 (4,31%)
Estaciones	Localización estaciones intermedias	BALTIMORE-PHILADELPHIA	NEW HAVEN-HARTFORD-PROVIDENCE	WASHINGTOND.C.- BALTIMORE-PHILADELPHIA- NEW YORK-NEW HAVEN-HARTFORD-PROVIDENCE-BOSTON
Número (E/Sint)	TSAP/PIB/(Línea + estación) (PAET/BIP)	16 (12+4)	15 (10+5)	31 (22+9)
Km/h	Velocidad Media	328 (2 Stops)	314 (1Stop)	322
Mm^3	Movimientos de Tierras (Total)	178,56	154,86	333,42
Mm^3	Excavación	40,95	35,33	76,28
Mm^3	Relleno	133,90	118,64	252,54
Mm^3	Túneles	3,71	0,90	4,61
Mm^3	Tras compensaciones	-92,95	-83,31	-176,26
Mm^3	Déficit (-)	-109,33	-96,54	-205,87
Mm^3	Exceso a Vertedero (+)	60,61	14,13	74,74
Number	Total Túneles	4	2	6
nb (Km)	Túneles Gran Longitud (≥6 Km)	3 (22,0)	0 (0,0)	3 (22,00)
nb (Km)	Túneles menores (≤ 1,25 Km)	0	0	0
Km	Longitud grandes túneles	10,0/6,0/6,0	-	10,0/6,0/6,0
m^2	Total Estructuras	919.940	1.033.420	1.953.360
nb	Viaductos	18	5	23
nb-m^2	Otros Puentes	97 357.800	167 734.400	264 1.092.200
nb-Km	Puentes colgantes (800 m de luz)	5 8,00	5 8,00	10 16,00
M$	Presupuesto (A+B+C+D+E+F+G)	10.510	9.374	19.884
M$	Movimiento de tierras (a)	4956	4368	9.324
M$	Túneles (b)	899	204	1.103
M$	Estructuras (c)	1654	1815	3.469
M$	A - Infraestructuras (a+b+c)	7509	6387	13.896
M$	B - Superestructuras	1469	1474	2.943
M$	C - Instalaciones	953	801	1.754
M$	D - Protección medioambiental	186	162	348
M$	E - Proyecto, Garantía de Calidad, Dirección de obra	253	265	518
M$/Km	F -Suplemento por Estaciones y Edificios en PAETs	137	277	414
M$/Km	Coste unitario (incluido estaciones)	22,57/(22,87)	23,49/(24,22)	22,99/(23,49)
M$/Km	Coste medio de eficiencia Ministerio español de Fomento (ref. 2010)	19.89	21,19	20,48
FOM(2010) M$/Km	Relieve - Tipo - Naturaleza	FS-2-Mar Urb	FVS-2-Mar Urb	FVS-2-Mar Urb
M$/estados	Imputación de Costes	389 VIRGINIA 4505 MARYLAND 1589 PENSYLVANIA 3020 NEW JERSEY 1007 NEW YORK"	1284 NEW YORK 5256 CONNECTICUT 920 RHODE ISLAND 1914 MASSACHUSSETS"	389 VIRGINIA 2291 NEW YORK 4505 MARYLAND5 256 CONNECTICUT 1589 PENNSYLVANIA 920 RHODE ISLAND 3020 NEW JERSEY 1914 MASSACHUSSETS

.\ "Atlantic Coastal Corridor" (Structural Unit I_2)

En la tabla resumen adjunta se desglosan por líneas las magnitudes características, morfológicas, constructivas y económicas de este proyecto. Puede destacarse de forma general que este proyecto requiere la construcción de 847 km (527 mile) de plataforma de vía, de los cuales 32,5 km en túnel (tres "long tunnels"), 36,5 km en viaducto (diez puentes colgantes, con 16 km de longitud) y 778 km a cielo abierto (329 Mm^3 de movimiento de tierras más 5 Mm^3 de excavación en túneles). La explotación de este "Corredor", en condiciones de seguridad y adecuado servicio se proyecta hacerla con nueve estaciones (cuatro grandes terminales: Washington (Dulles Airport), Philadelphia (Int'l Airport), New York (JFK Airport) y Boston (Bedford A.F.B. Transfert) y 31 puestos de adelantamiento y estacionamiento de trenes (PAETs/TSAPs).

Este proyecto supone una inversión total de 19.884 M$, con un coste unitario de 23,49 M$/km, un 15% su-

perior al medio de eficiencia FOM (coste que el Ministerio de Fomento del Gobierno de España aprobó en 2010 para la ejecución de obras públicas de infraestructura ferroviaria de alta velocidad), en condiciones medias aplicables por analogía.

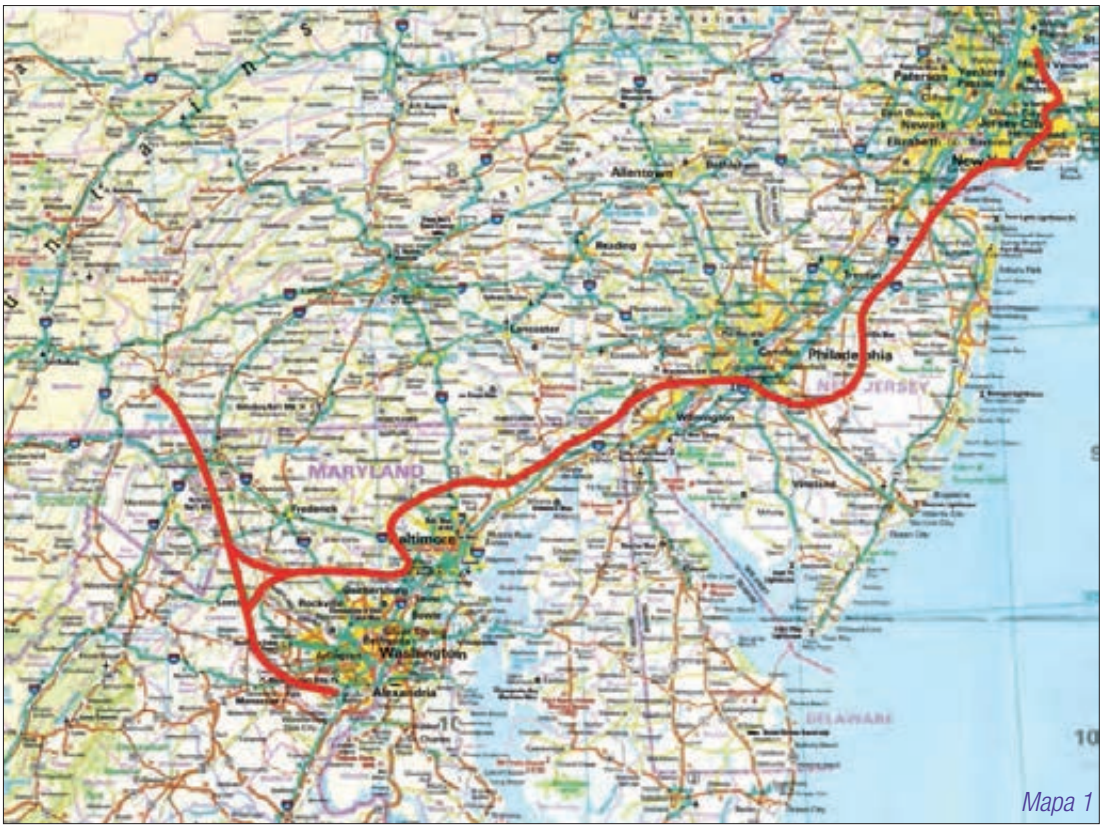
El coste total imputable a cada uno de los ocho estados por los que discurre esta infraestructura ferroviaria interestatal es de 389 M$ (17 km) a Virginia (1,96%), 4.505 M$ (197 km) a Maryland (22,66%), 1.589 M$ (70 km) a Pennsylvania (7,99%), 3.020 M$ (132 km) a New Jersey (15,19%), 2.291 M$ (97 km) a New York (11,52%), 5.256 M$ (217 km) a Connecticut (26,43%), 920 M$ (38 km) a Rhode Island (4,63%) y 1.914 M$ (79 km) a Massachussets (9,63%).

Se planifica la construcción del Corredor Atlántico, desde los "Work Poles" 7 y 10, instalados en New York y Boston, respectivamente, en un plazo de diez años.

A continuación se describen con algún detalle las dos líneas que forman parte del Chesa-Hudsanan-Charles Project, esquematizándose su trazado en planta.

New York Connection. Solución propuesta: "Liberty Line"

El trazado de esta HSL, parte de la estación terminal Washington Dulles Airport (72 m) en el Estado de Virginia, para entrar a 17 km en el Estado de Maryland y con suave pendiente y tras conectar en el PAET Georgetown con el *by-pass* de la línea Pittsburgh-Washington cruza la Fwy 270 y llega a la estación de Baltimore-Washington Int'l Airport (36m) en el pk 83, cruzando con un puente colgante de 800m de luz central y 400m de tramos laterales (tomado como simbólico de la USHSRS) el río Patapsco y el afluente de la "Middle Branch Chesapeake Bay" El trazado en descenso más suave aún, circunvala la ciudad de Baltimore y continúa por la costa norte de la Bahía de Chesapeake, paralelo a la Fwy 95 hasta entrar en el pk 199 en el Estado de Pennsylvania. En el pk 251 se sitúa la estación terminal Philadelphia Int'l Airport (20 m), salvando el trazado el paso de los ríos Schuilkyll y Delaware con viaductos en arco de tablero superior de 200 m de luz y puente colgante de 800 m de luz central, con tramos de acceso de 100 m en la zona urbana. A continuación el trazado, alejándose del Delaware River Valley en una gran curva centro izquierda, se adentra en la penillanura costera de la formación Bridgeton en el Estado de New Jersey (entre los pk 242 a 250 y 264 a 388), hasta las proximidades de la ciudad de Trenton, capital del Estado, donde se alinea de nuevo semiparalelo a la Fwy 95, en dirección NE hasta llegar al PAET de Sayreville, a partir del cual se accede con tramos de 100 m de luz a un gran viaducto "multisuspension bridge" con dos puentes colgantes con apoyo intermedio común (400-800-400/400-800-400) m para salvar la Raritan Bay en el estrecho de Amboy y



Mapa 1

▶ *En rojo, trazado del corredor de Alta Velocidad Liberty Line.*

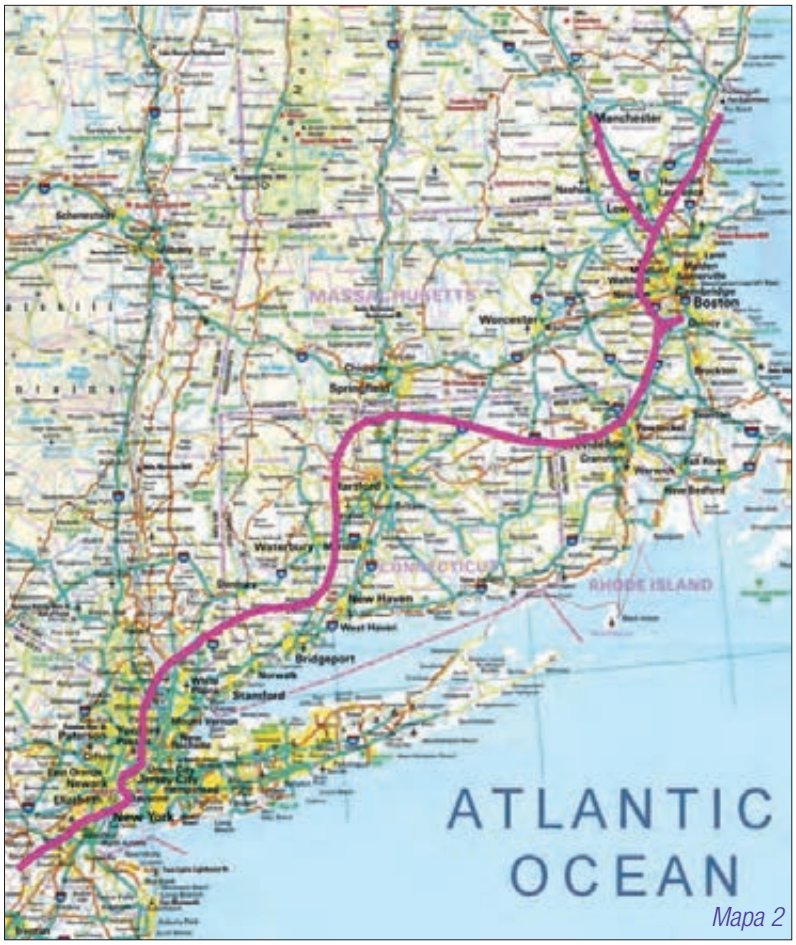
conectar con la Staten Island Railroad entre Tottenville y Grasmere, ya en el Estado de New York (desde pk 328).

Finalmente, con un viaducto de puente colgante de 800 m de luz central e importantes viaductos de acceso de tramos de 100 m, paralelo al Verrazano-Narrows Bridge se salva The Narrows y continúa con plataforma anexa a los Blvds Hamilton y Linden para terminar en la terminal de New York J.F.K. Airport (9 m) en el pk 432.

En la ciudad de Baltimore se prevé, además, un tramo urbano de 15 km, desde la Terminal Baltimore Int'l Airport a la Estación Baltimore-Charles en el Inner Harbor: "Inner Harbor Branch", con dos túneles artificiales de 6 km cada uno y 3 km en estructura elevada

En Philadelphia se proyecta un tramo de 12,5 km, parte elevado (8 km) y parte en túnel artificial (4,5 km) para el acceso desde la terminal al centro: Branch Philadelphia Int'l Airport-West Philadelphia Market Station

Se proyectan en total dieciséis PAETs, cuatro en Maryland, situados en pk 35 (Germantown), pk 106 (Reiterstown), pk 145 (Bel Air), pk 172 (Craigtown), dos en Pennsylvania, pk 200 (Newark) y pk 241 (Chester), dos en New Jersey, pk 306 (Red Lion) y pk 380 (Sayreville) y tres en New York, pk 390 (Tottenville), pk 407 (Grasmere) y pk 412 (Fort Hamilton), además de los situados en las Terminales HSR de Washington, Philadelphia y New York y en las estaciones de Baltimore y Trenton.



Mapa 2

Boston Connection. Solución propuesta: "Independency (Shawmut/Trimountaine) Line

El trazado de esta HSL, parte de la estación terminal New York JFK Airport (9 m) en el Estado de New York, para continuar durante 12 km con plataforma anexa a la Van Wick Expwy hasta el PAET Flushing que da acceso en HSR al Aeropuerto de La Guardia y con acondicionamiento de plataforma en 8 km conectar con la Long Island Railroad hasta la estación de Little Neck en un PAET del que arranca un tramo de nueva plataforma de 4 km hasta el PAET Kings Point, que alberga el HSR Crossing Sound Control 1.

A partir de ese PAET en rampa del 12% se llega al "Long Island Sound MultiSuspension Bridge" compuesto por el Viaducto 1 "Acceso New York" en rampa del 21% y 1.200 m de longitud, con tramos de 100 m de luz, que da acceso al "multiSuspension Bridge 1 NASSAU" de dos puentes colgantes: 2*(400m+800m+400m)

▶ *Trazado del corredor del Independency Line. Debajo, vista de Boston.*


Google Images



Ibagli



Google Images

▶ *Vista áerea del puente de Verrazzano-Narrows y vista de la ciudad de Boston.*

con rampa y pendiente respectivas del 4‰ que permiten gálibo de navegación de 43 a 50 m. El Viaducto 2 "Hart Island"de 1.300 m de longitud, con tramos de 100 m de luz, salva la "Hart Island" y da acceso al "multi Suspension Bridge 2 WESTCHESTER" de tres puentes colgantes: 3*(400m+800m+400m) con rampas y pendientes sucesivas del 8,7‰-4,4‰-5,8‰-8,7‰, que mantienen gálibo de navegación de 43 a 50 m. El último vano de 400 m del tercer puente colgante y el Viaducto 3 "Acceso Connecticut", ambos en pendiente del 21‰ dan entrada al PAET New Rochelle en el que se sitúa el HSR Crossing Sound Control 2.

El trazado sigue en suave rampa por la costa de Connecticut del Long Island Sound por el Estado de New York hasta el pk 56, a la salida del PAET White Plains, a partir del cual sigue con rampas y pendientes muy suaves por el Estado de Connecticut paralela a la autopista 15, 6-7 km al norte hasta cruzarla llegando a New Haven. Sigue, rumbo Norte, en rampa del 0,5‰, cruza las Hwy

El proyecto "Atlantic Coastal Corridor" contempla en total la construcción de unos 847 km de plataforma de vía

91, 84, 4, 6 y algunos FC , llega a la Estación Hartford/Springfield Bradley Int'l Airport (57 m) en el pk198, y girando al este cruza el "Connecticut River" y, en pendiente del 0,22‰, tras cruzar las autopistas "Wilbur Cross (84)" y "(395)" llega en el pk 298 a Providence (28 m), capital del Estado de Rhode Island, con estación dando servicio a su aeropuerto estatal. El trazado de esta línea pasa al Estado de Massachussets, Condado de Norfolk, y en el PAET Walpole Boston Fork (pk 333) se bifurca en el tramo de acceso a BOSTON Suffolk (pk 348) donde conecta con la red de metro de Boston y en el tramo de circunvalación de Boston por la cabecera del "Delta del Charles River" hasta la Terminal de BOSTON Bedford Station Transfert AFB (pk 372). De ahí partirán las conexiones HSR a Montréal (CANADA) y a Portland (Estado de Maine).

Se proyectan en total quince PAETs, cinco en New York, situados en pk 12 (Flushing), pk 20 (Little Neck), pk 24 (Kings Point), pk 36 (New Rochelle), pk 52 (White Plains), dos en Connecticut, en los pk 112 (Shelton) y pk 228 (Wilburg Cross Hwy), y uno en Massachussets, pk333 (Walpole Boston Fork), además de los situados en las terminales HSR de New York J.F.K.Airport y Boston Bedford y en las estaciones de New Haven, Bristol/Hartford, Hartford/Springfield (Bradley Int'l Airport, Providence, Boston Suffolk. ▮

Bibliografía

- *Fort, L. & Fort, C. (2016) "España y la red de Alta Velocidad en Estados Unidos" Revista de Obras Públicas (ROP) nº 3580 Octubre 2016 Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2016) "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (I): Del Pacífico a las Rocosas" Revista del Ministerio de Fomento, Febrero 2016, Nº 658, Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2016) "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (II): El descenso de Las Rocosas" Revista del Ministerio de Fomento, Septiembre 2016, Nº 664, Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2016) "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (III): Por las Grandes Llanuras al Golfo de México" Revista del Ministerio de Fomento, Octubre 2016, Nº 665, Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2016) "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (IV): Por las llanuras de la antigua Florida Española" Revista del Ministerio de Fomento, Diciembre 2016, Nº 667, Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2017) "Alta Velocidad Ferroviaria en USA: Los Puentes colgantes de "Raritan Bay", "The Narrows" y "Long Island Sound" en New York" Revista Ingeniería Civil Nº 184 En-Feb-Mar 2017 (próxima publicación) CEDEX Ministerio de Fomento, Madrid, España.*

Julia Sola Landero. Fotos: IGN

Abierta desde 2010, la Sala de las Ciencias de la Tierra y el Universo del Real Observatorio de Madrid, adscrito al Instituto Geográfico Nacional, guarda en su interior un valioso tesoro científico: la más completa colección de instrumentos de observación astronómica, geodésica, cartográfica y geofísica, conservados desde el despuntar de estas disciplinas en nuestro país. Visitarla es emprender un maravilloso viaje hacia los orígenes de la ciencia moderna en España.

Corrían los últimos años del siglo de las luces. Años en los que España quería competir con Europa en conocimiento y necesitaba mejorar las técnicas de navegación para defender su imperio ultramarino. Además, desde 1759 reinaba un monarca ilustrado dispuesto a modernizar el Madrid desaliñado de la época y a crear una "ciudad del saber" en la capital del reino. Era la hora de la ciencia.

En aquel tiempo venturoso, además de impulsar el Real Jardín Botánico, y la Academia de las Ciencias –sede más tarde del Museo del Prado–, Carlos III ordenó, en 1785, la creación del Real Observatorio de Madrid (ROM), levantado en el Cerrillo de San Blas, un altozano que, situado en las afueras de una ciudad en ciernes, disfrutaba de magníficas noches oscuras. Mas tarde, convertido ya en la acrópolis de Madrid, pasó a ser conocido como la Colina de las Ciencias.

El proyecto era ambicioso. Concebido como un templo del conocimiento, la sede del ROM fue encargada a Juan de Villanueva, quien proyectó en un bellísimo edificio su visión más libre del neoclasicismo. La prestancia de la sede fue pareja con la misión que se le encomendaba: la Real Orden de constitución, firmada ya por Carlos IV en 1790, establecía que el ROM habría de encargarse de la astronomía, las aplicaciones a navegación, agricultura, geografía y meteorología.

La idea era avanzar en materia de astronomía y ciencias de la tierra, utilizando para ello a los mejores profesionales y la tecnología más puntera de la época. Era preciso seguir la corriente de Europa, donde por esas fechas ya funcionaban observatorios astronómicos como el de Greenwich impulsado en 1645 por Carlos II de Inglaterra; el de Berlín, de 1700; el de Toulouse, fundado en 1733, o el de Milán, que funcionaba desde 1764. Para unirse a esa carrera, en 1796 se creó el Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos, cuyos miembros fueron enviados a distintos países europeos para mejorar las técnicas de observación y construccion de instrumentos de precisión.



La Sala de las Ciencias de la Tierra y el Universo del Real Observatorio de Madrid guarda una valiosa colección de instrumentos astronómicos

Tesoros del saber



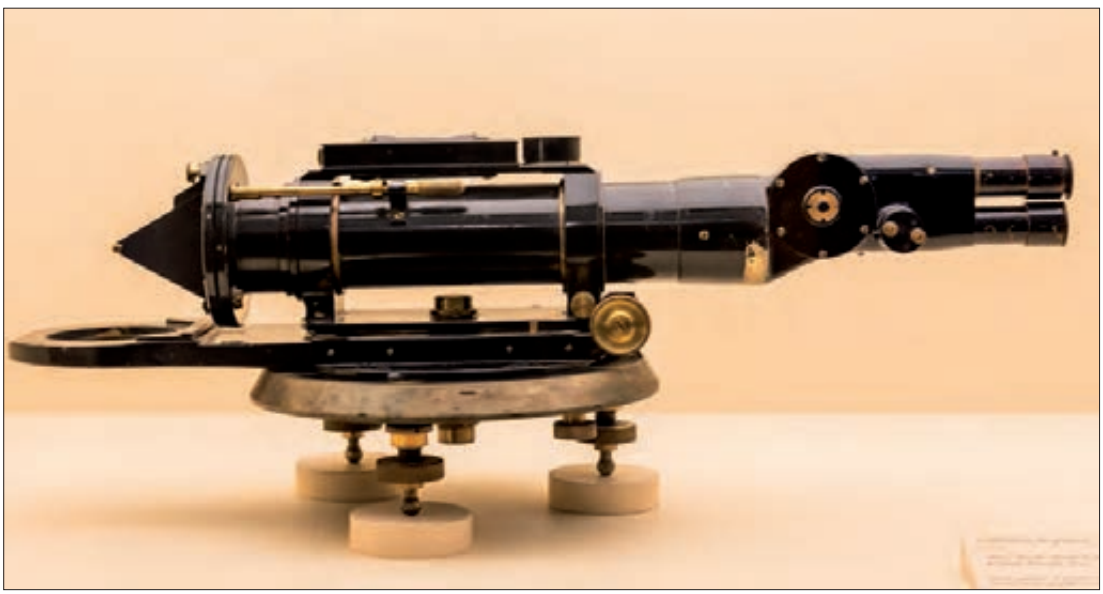
Sin embargo, poco tiempo después de estos primeros y decisivos pasos y tras la invasion francesa, el ROM fue utilizado como polvorín, su personal se dispersó y una buena parte de los instrumentos fueron destruidos, entre ellos, el extraordinario telescopio de Herschel del que hoy se puede ver una fiel reproducción. Años después, bien entrado ya el siglo XIX, las actividades volvieron a reanudarse y el ROM comenzó su larga andadura.

Singular museo

Ahora y desde el año 2010, se puede ver un testimonio impagable de esa andadura en el museo situado entre el conjunto de edificios que forman el ROM. Es la Sala de las Ciencias de la Tierra y el Universo, un pabellón –guardián de la historia de la astronomía en nuestro país– que reúne en sus 400 m^2 de exposición, el singular conjunto de instrumentos antiguos utilizados por los astrónomos, ingenieros y geógrafos del ROM y del Instituto Geográfico Nacional (IGN), creado en 1870 y en el que se integraría el Observatorio en 1904.

La idea de crear el museo nació fruto de la necesidad de reunir, preservar y dar a conocer todo ese material que el ROM y el IGN han ido acumulando a lo largo de su historia, decenas de instrumentos de precisión ya convertidos en piezas históricas. El conjunto expuesto suma alrededor de un centenar de utensilios de medida y observación –anteojos, sismógrafos, astrolabios, péndulos, buscadores de cometas– que ilustran el inmenso esfuerzo realizado para descifrar los secretos de la tierra y el universo. El museo –un edificio de una sola planta sobre rasante proyectado por Antonio Fernández Alba– está organizado por temáticas: Astronomía, Geodesia, Cartografía y Geofísica.





Sobre estas líneas, reproducción del telescopio de Herschel. A la izquierda, un astrolabio de prisma.





Heliómetro de 1785 y, al lado, anteojo ecutorial de 1900.

Ilustrando los trabajos en Astronomía se puede ver uno de los primeros instrumentos con los que contó el ROM: un Cuarto de Círculo, construido en Londres (1788) y utilizado para mejorar la precisión de las marcas angulares en las placas de los instrumentos de medición astronómica como el sextante (60°) y el cuadrante o cuarto de círculo (90°). Otra de las piezas más antiguas de la colección es el anteojo acromático, uno de los adelantos técnicos de la época más celebrados, porque fue capaz de mejorar la nitidez de los objetos observados. Fabricado en Londres (1785) por el óptico inglés John Dollond –tan ilustre, que un cráter lunar lleva su nombre–, la lente acromática está formada por dos vidrios superpuestos con índices de dispersión diferentes, lo que corrige la presencia de aberraciones cromáticas alrededor del objeto observado. También de la Casa Dollond es un heliómetro de mediados del siglo XVIII utilizado para medir el diámetro angular del Sol y las estrellas.

Asimismo se puede ver el anteojo ecuatorial de 3 metros de altura, fabricado por Grupp en Dublín (1900) y equipado con un ingenioso mecanismo de relojería que mueve el anteojo para hacer un seguimiento continuo del astro, lo que permite fotografiar objetos con grandes tiempos de exposición y mejorar así la luminosidad de las imágenes.

Aquí se encuentra también el astrógrafo Zeiss-Prin (1926) adquirido para realizar fotografías astronómicas en busca de asteroides y cometas. También un cronoscopio fabricado en Suiza (1870): contador de tiempo con tracción mecánica de la máxima precisión que llega a apreciar la milésima de segundo dentro de intervalos de tiempo muy cortos.

En la Sala se puede admirar una valiosa colección de instrumentos que hicieron posible el nacimiento de la Astronomía como ciencia

Interesante también el buscador de cometas construido en Münich (1850), que se utilizaba para la observación de nebulosas y cometas, para lo que estaban dotados de anteojos de gran abertura y corta distancia focal. O el espectrógrafo firmado por Adams Hilger y fabricado en Londres (1913): un instrumento que, acoplado a un anteojo astronómico, permitia estudiar la composición química de los cuerpos obervados. También se puede ver un círculo meridiano –telescopio que permite medir posiciones estelares o a partir del conocimiento de éstas, determinar el tiempo exacto–. Y, entre otros utensilios, un sextante (1850), un círculo de reflexión (1790), un círculo meridiano portátil (1900), una esfera lunar (1800), un cronómetro del tiempo sidéreo (1900) o un cronómetro de marina (1850).



Auscultando a la Tierra

En las secciones de Geodesia y Geofísica se encuentran los aparatos que interpretan el territorio y auscultan los latidos del planeta Tierra, detectando los movimientos sísmicos, los sentidos del viento, el brillo solar, la humedad relativa del aire o la velocidad de las nubes.

Una de las piezas más valiosas de la colección está en la sección de Geodesia; se trata de la Regla Geodésica de la Comisión del Mapa de España, una singular pieza de precisión que está en el origen de la actual cartografía española. Fabricada en París por la casa Brünner entre 1854 y 1857, la regla, con algo más de 400 mm, está hecha con dos tipos distintos de metal sobre un soporte de latón, bastidor de hierro y rodillos deslizantes de apoyo sobre trípodes de madera. Con ella se midió el territorio nacional, tarea que comenzó en 1858 en la base geodésica de Madridejos –localidad elegida para realizar los cálculos y donde se trazó la primera línea, de 14 kilómetros de longitud–. A partir de aquel primer hito, se realizó la triangularización geodésica española, para lo que la regla se desplazó un total de 3.655 veces.



Importante también el Mareógrafo (1874) con el que se pudo determinar el nivel medio del Mediterráneo realizando diferentes mediciones en Alicante, lo que sirvió para conocer el resto de las altitudes de la península. En la sección de Geodesia también se pueden ver instrumentos de últimos del s.XIX y primeros del s.XX: teodolitos, cámaras fotogramétricas, azimútmetro (permitía medir distancias con una brújula de gran precisión), aritmómetro (primera máquina de calcular fabricada industrialmente), brújulas nivelantes y taquimétricas, magnetómetro de campo o un nefoscopio (medía la velocidad y dirección de las nubes y el porcentaje de cielo cubierto en un punto).

Regla Geódesica de 1854 utilizada por la Comisión del Mapa de España y, debajo un astrolabio.



▶ *Mareógrafo de 1875.*

Si la tierra se mueve

El museo guarda un conjunto de sismógrafos con los que se han medido los grandes o pequeños terremotos: desde los aparatos más elementales, como el sismoscopio Agamennone (1897), que consiste en un péndulo vertical que capta los movimientos sísmicos por oscilación del mismo, hasta el sismógrafo astático cruzado de Wiechert (1910), considerado como uno de los mejores que existieron a principios del siglo XX y cuyos sismogramas han sido muy utilizados internacionalmente para el estudio de los grandes terremotos ocurridos en la primera mitad del siglo XX.

Entre el amplio catálogo de ingenios pensados para captar seísmos, está un sismógrafo horizontal (1909), utensilio relativamente sencillo, utilizado para establecer la primera red sísmica nacional; o el sismógrafo Wiechert vertical (1931), que llegó a alcanzar una amplificación de 1.500 veces el movimiento del suelo.

Y junto al conjunto de sismógrafos, se encuentran variómetros geomagnéticos de 1930 y 1935, un magnetómetro (1935), un barógrafo de mercurio y un barógrafo-altímetro (1880 y 1900), una veleta anemómetro de 1880, un anemoscopio, que registraba en papel los sentidos del viento; un hisómetro (1880), para medir la presión atmosférica y determinar altitudes. Un psicrómetro de 1880 (medía la humedad relativa del aire), el nefoscopio de 1880 (medía la velocidad y dirección de las nubes), un registrador de brillo solar o un termómetro de mínima de 1890 (sólo registra la temperatura mínima alcanzada). ▮

Difundiendo la ciencia

Durante los ultimos 20 años, el Real Observatorio de Madrid (ROM) ha realizado un laborioso esfuerzo para la conservacion y promoción tanto del conjunto de instrumentos históricos como del patrimonio edificado –todo el recinto del Observatorio, catalogado como conjunto histórico-artístico–.

Además de la construcción de la Sala de las Ciencias de la Tierra y el Universo, se han realizado actuaciones como la restauracion de la sala del circulo meridiano y de la biblioteca del edificio Villanueva; la instalación de un pendulo de Foucault; o la reconstrucción del magnífico telescopio de Herschel de 25 pies, para el que se construyó expresamente un pabellon aledaño a la sala/museo.

Para mostrar todo este valioso patrimonio, el personal del ROM organiza visitas guiadas de 1,30 horas de duración en los siguientes horarios:

Horario de invierno de octubre a junio

- *Viernes: 16:30 horas*
- *Sábado: 12:00 y 16:30 horas*
- *Domingo:12:00 horas*

Horario de verano de junio a septiembre

- *Viernes: 17:30 horas*
- *Sábado: 12:00 horas*
- *Sábado: 17:30 horas (sólo en junio)•*
- *Domingo:12:00 horas*

Centros educativos

- *Viernes: 10:00 y 12:00 horas*

Todo el año, excepto julio, agosto y septiembre.

Dirección: C/ Alfonso XII, 3, Parque del Retiro (Madrid)

Información y reservas

+34 91 597 95 64 / +34 91 506 12 61

Más información:

reservas.rom@cnig.es

www.ign.es/rom/visitas/index.jsp

AIRBUS ULTIMA SU MODELO A350-1000, LA VARIANTE DE MAYOR TAMAÑO Y UNA AUTONOMÍA DE 14.800 KILÓMETROS

Grande en capacidad, ligero en consumo





Sylvain Ramadier

Jaime Arruz. Fotos: Airbus

El Airbus A350-1000, la variante de mayor tamaño de toda la familia de aviones de fuselaje más ancho de la compañía europea, ya surca los cielos. Tras las primeras pruebas de vuelo con uno de los tres prototipos, Airbus acelera la puesta a punto final para poder comenzar las entregas a finales de año.

A finales del pasado mes de noviembre se llevó a cabo, en Toulouse (Francia), el primer vuelo de prueba del nuevo Airbus A350-1000, la versión alargada y de mayor capacidad del último y más innovador avión del fabricante aeronáutico europeo. Así se inicia la cuenta atrás para que, a finales de año, las primeras unidades comiencen a operar en las más de diez compañías aéreas que ya han encargado en total algo más de 200 unidades entre todas ellas.

Está previsto que sea Qatar Airways la primera aerolínea que pueda disfrutar del nuevo estandarte de Airbus. Y le seguirán, entre otras: British Airways, Cathay Airways, IranAir, TAM Airlines, Japan Airlines, Virgin Atlantic o United Airlines, que han reservado también varios prototipos para renovar sus flotas de largo recorrido.

Y es que si algo ofrece el nuevo modelo por encima de todo es una excelente capacidad interior, sumada a una gran autonomía de vuelo y unos consumos de combustible muy ajustados, algo que lo hace sumamente atractivo para las aerolíneas, especialmente en un mercado dominado por los vuelos *low-cost*. Así, el A350-1000, de 73,78 metros de longitud total, ofrece 366 asientos en su configuración estándar, aunque su modularidad permite incrementar la capacidad hasta 440 pasajeros. Se propulsa gracias a dos reactores RR Trent XWB de Rolls Royce que, junto a unos depósitos de carburante capaces de alojar hasta 156.000 litros de queroseno, permiten a la nueva propuesta de Airbus alcanzar una autonomía de unos 14.800 kilómetros.



Gousse Hervé

▶ *La tripulación del nuevo prototipo tras el aterrizaje del primer vuelo de prueba. Debajo, un Airbus A330-900 en vuelo junto a un A350-900.*

Y por si esto fuera poco, el Airbus A350-1000 reúne lo más avanzado en diseño, aerodinámica y últimas tecnologías con el objetivo de reducir al mínimo el consumo de carburante e incrementar su eficiencia, para lo que el consorcio aeronáutico europeo ha apostado, además de por unos motores de última generación, por diferentes aleaciones de aluminio, titanio y materiales compuestos, que llegan a alcanzar hasta un 70% del total de las piezas empleadas en su construcción. Todo ello permite, según el constructor aeronáutico europeo, lograr una eficiencia un 25% superior a la de sus más directos competidores, en especial los fabricantes nor-


Fixion

Philipe Maschet



El nuevo A350-1000 en las pista del aeropuerto de Toulouse.

teamericanos. Aun así, como consecuencia de su elevado peso máximo al despegue (308 toneladas), el A350-1000 cuenta con un tren de aterrizaje principal de seis ruedas en lugar de cuatro.

Todavía más avanzado

El nuevo A350-1000 ofrece mejores prestaciones que el A350-900, la versión inmediatamente anterior en la gama A350 XWB. Por ello, y en cuanto a su configuración estándar, uno tiene capacidad para 366 pasajeros mientras que el otro solo alcanza para 325, si bien en ambos casos la modularidad de la familia A350 XWB permite llegar hasta 440 asientos.

A combustible cero, el peso máximo del A350-1000 es de 220 toneladas, ligeramente más que el A350-900 (192 toneladas). Los 73,78 metros de longitud total del avión de mayor tamaño de la gama A350 XWB de Airbus se ven acompañados de una distancia entre ejes de 32,48 metros, una envergadura de alas de 64,75 metros, una altura de 17,08 metros y una anchura de fuselaje de 5,96 metros. Comparte cotas con el A350-900, salvo en longitud –siete metros más– y distancia entre ejes –casi cuatro metros más–.

La carga útil máxima del A350-1000 llega a 20,89 toneladas, casi cinco toneladas más que el A350-900. Las dos versiones de mayor capacidad y tamaño de la familia A350 XWB comparten motor RR Trent XWB de Rolls Royce, aunque el del A350-1000 es más potente:432 kN (kilonewton) frente a 374 kN.

Primer vuelo

El desarrollo de la versión alargada del avión más innovador de Airbus, el A350-1000, será rematado gracias a los minuciosos test efectuados a partir de tres prototipos, dos de los cuales ya han salido de la cadena de montaje del fabricante europeo y estarán en fase de estudio y pruebas desde finales de 2016 hasta finales de este 2017, cuando comiencen ya las primeras entregas a los clientes. Durante esa fase de pruebas está previsto que, de los chequeos llevados a cabo en los tres prototipos, se sometan a control más de 600.000 parámetros diferentes, todo gracias a la red monitorizada de sensores con más de 120 kilómetros de cable desplegados en su interior.

El primer vuelo de prueba, efectuado el 24 de noviembre del pasado año, se llevó a cabo con el primer



Pascal Pigeyre

▶ *El nuevo prototipo despega en uno de sus numerosos vuelos de prueba.*

Participación española

Tanto los futuros A350-1000 que entren en línea de producción como los tres prototipos con los que se efectuarán los test a lo largo de este año, serán fabricados en la factoría de Airbus en Toulouse, donde se lleva a cabo el ensamblaje de todas las versiones de la gama A350, si bien determinadas piezas proceden de otras plantas del consorcio europeo. En concreto, desde las factorías de Airbus en España está previsto que se suministren componentes de las alas, la cola y el motor.

De esta forma, Airbus Operations, filial española de la multinacional aeronáutica europea, tiene y tendrá gran protagonismo en la construcción del nuevo A350-1000, gracias a una inversión de más de mil millones de euros en las plantas de Airbus en Getafe (Madrid), Puerto Real (Cádiz) e Illescas (Toledo). Gracias a ello, el proyecto A350-1000 de Airbus permitirá generar más de 4.000 empleos en España, unos 1.300 en el propio consorcio aeronáutico y otros 2.700 en diversos proveedores.

Hasta 200 compañías españolas participan como suministradores de primer, segundo y tercer nivel en el desarrollo y fabricación del A350-1000, para alcanzar un 11% del total del proceso de ensamblaje. Airbus Operations es responsable de la fabricación y montaje de la cola del avión, así como del recubrimiento inferior de las alas, en este caso gracias a única pieza de fibra de carbono que se produce en la planta de Illescas (Toledo). Sello español lleva también el motor RR Trent XWB de Rolls Royce, ya que la turbina de baja presión es responsabilidad de la filial española de Industria de Turbo Propulsores (ITP).

prototipo y duró algo más de cuatro horas. Se realizó en el suroeste de Francia, con despegue y aterrizaje en la pista del aeropuerto de Toulouse, construido expresamente para los ensayos del mítico Concorde. Durante ese vuelo de estreno, en la cabina hubo también unos protagonistas de lujo: Hughes Van Der Stichel –piloto jefe de la familia A350– y Frank Chapman –veterano piloto de pruebas–, a los que acompañaron los ingenieros de ensayos de vuelo: Gérard Maisonneuve, Stephane Vaux, Emanuele Costanzo y Patrick du Che.

.\ Cuidado diseño

Confort, servicio, ambiente y diseño han sido las cuatro variables que los máximos responsables de Airbus tuvieron en mente a la hora de dar forma a la cabina del A350-1000. Esta ha sido desarrollada, según el fabricante aeronáutico europeo, de tal forma que el espacio interior y el ambiente en general, desde los asientos a los colores de toda la cabina, hagan más agradable la experiencia de vuelo y se minimicen los efectos del *jetlag*.

Por su parte,todos los asientos del nuevo A350-1000 están dotados de sistema multimedia y pantalla táctil, en la que se podrá contemplar una gran oferta de contenidos –será concretada por cada aerolínea–. Además, el nuevo modelo estrella de Airbus podrá ofrecer conexión *wi-fi* para que los pasajeros permanezcan conectados durante todo el vuelo. Así, se podrá viajar de Shanghái a Boston, de Manchester a Los Ángeles o de Dubái a Melbourne con unos altos niveles de confort. ▮



RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN

Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.



PVP: 10 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

2017

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*



También en el DVD:

1112 Espacios Naturales Protegidos
152 Rutas Turísticas
117 Vías Verdes

Edición 52
P.V.P.: 22,74€

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 671, abril 2017.**

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

Año de edición: 2017

Características Edición:
1ª edición electrónica: junio 2017
Formato: PDF
Tamaño: 14,23 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€

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.



Revista del Ministerio de

Fomento

Mayo 2017 Nº 672 3€

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE FOMENTO



Nuevo Plan Estatal de Vivienda 2018-2021

25 aniversario de la línea de Alta Velocidad Madrid-Sevilla

La carretera GC-2 pone fin al aislamiento de La Aldea, en Gran Canaria

Nuevas propuestas en los trenes turísticos de Renfe

Revista del Ministerio de
Fomento



El correo y las comunicaciones postales en España (1716-2016)

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

MONOGRÁFICO
Julio-Agosto 2016

PVP: 6 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

Contenido

Director de la Revista: Antonio Recuero.
Maquetación: Aurelio García.
Secretaria de redacción: Ana Herráiz.
Archivo fotográfico: Vera Nosti.
Portada: Archivo RF.
Elaboración página web: www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
Suscripciones: 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos).
Colaboran en este número: Pepa Martín Mora, Begoña Olabarrieta y Javier R. Ventosa.
Comité de redacción: Presidencia: Rosana Navarro Heras. *(Subsecretaria de Fomento).*
Vicepresidencia: Alicia Segovia Marco. *(Secretaria General Técnica).*
Vocales: *Patricia Crespo González (Directora de Comunicación),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora 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),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Regina Mañueco del Hoyo *(Directora del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director 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.

VIVIENDA
02
Una ayuda para cada necesidad.
Presentado el borrador del Plan Estatal de Vivienda 2018-2021.





FERROCARRIL
10
El tren que rejuveneció el ferrocarril.
25 años de la puesta en servicio de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Sevilla.

CARRETERAS
22
Nueva era en La Aldea.
Un tramo de carretera pone fin al aislamiento de un municipio de Gran Canaria.





FERROCARRIL
28
Viajar en tren, todo un placer.
Renfe Operadora inicia la temporada de trenes turísticos con nuevas e interesantes propuestas.

34. El río atajado.
Corta de la Merlina, primer desvío del Guadalquivir que desde 1795 hizo más segura su navegación.

40. Un siglo de innovación.
La Compañía Auxiliar de Ferrocarriles (CAF) cumple 100 años.

46. Visiones anticipadas.
Eduardo Torroja: Propuestas para la Bahía de Cádiz 1927-28.

Vivienda

Redacción R.F.

El Ministerio de Fomento ha presentado el borrador del Real Decreto que desarrolla el Plan Estatal de Vivienda 2018-2021. Con un marcado carácter social, el nuevo Plan se articula en torno a 10 grandes programas de ayudas que buscan favorecer el acceso a una vivienda, en propiedad o en alquiler, especialmente a jóvenes, mayores de 65 años, así como a aquellos colectivos que atraviesan situaciones de gran vulnerabilidad económica, como afectados por un proceso de desahucio.



El Ministerio de Fomento ha elaborado ya el borrador del Real Decreto del nuevo Plan Estatal de Vivienda 2018-2021. El documento fue remitido a principios de mayo para su estudio a todas las comunidades autónomas, asociaciones y profesionales del sector, que tuvieron de plazo hasta el 30 de ese mismo mes para presentar sus respectivas observaciones.

Respecto al anterior Plan 2013-2016 son varias las mejoras recogidas en el nuevo Plan, muchas de ellas de acentuado carácter social y fraguadas merced al contacto permanente mantenido durante este periodo entre el Ministerio y las CCAA. Con el objetivo de hacer más intensivo el carácter social del nuevo Plan, las ayudas y sus importes se plantean especialmente orientadas a los colectivos con menos recursos y en situación de mayor vulnerabilidad social.

Novedades: jóvenes y mayores de 65

Así, una de las principales novedades del nuevo Plan será el programa específico de ayudas a los jóvenes para el uso o disfrute de una vivienda habitual, bien mediante las ayudas reguladas para su adquisición o bien a través de las establecidas en el programa de ayuda al alquiler. Podrán acogerse a este programa los jóvenes con edades comprendidas hasta los 35 años en el momento de la solicitud, y los importes de las ayudas previstos alcanzan hasta el 50% del alquiler mensual, en el caso de alquileres por importe de hasta 600€/mes, y para el caso de alquileres de entre 600€ y 900€/mes, siempre que sean justificados dichos importes, con un incremento de hasta el 30% en este tramo. El plazo de la ayuda al alquiler se establece en tres años y los requisitos para acceder a ella son: tener unos ingresos inferiores a 3 veces el IPREM (Indicador Público de Rentas de Efectos Múltiples), constituir residencia habitual



Presentado el borrador del Plan Estatal de Vivienda 2018-2021

Una ayuda para cada necesidad



El nuevo Plan contempla la promoción de edificios y complejos residenciales dotados de servicios para personas mayores.

y permanente durante el periodo de la ayuda y no ser propietario o usufructuario de una vivienda en España (excepto si se justifica su no disponibilidad por separación, divorcio o causas ajenas a la voluntad del posible beneficiario de la ayuda).

Por su parte, para aquellos jóvenes que prefieran optar por la compra de vivienda, la ayuda alcanzará hasta los 10.800€ de su valor, con el límite del 20% del precio de adquisición. Los requisitos para acceder a las ayudas serán los de constituir residencia habitual y permanente durante un periodo mínimo de cinco años y no ser propietario o usufructuario de una vivienda en España (excepto no disponibilidad por separación, divorcio o causas ajenas a su voluntad).

Otra novedad importante del Plan 2018-2021 serán los programas diseñados específicamente para personas mayores. El primero de ellos orientado a la promoción de edificios y complejos residenciales dotados de servicios e instalaciones comunes para personas en edad avanzada (deportivos, lavandería, sanitarios, restauración, etc.). Los beneficiarios de las ayudas serán administraciones, organismos y entidades de derecho público, empresas públicas y sociedades mercantiles participadas por las administraciones, fundaciones y asociaciones declaradas de utillidad pública, ONG y entidades privadas con o sin ánimo de lucro. El importe de la ayuda alcanzará hasta 400€/m² útil de vivienda con un límite del 40% de la inversión. Los destinatarios de las viviendas deberán ser personas de más de 65 años, sus ingresos no superarán en más de 4,5 el IPREM, no dispondrán de vivienda en propiedad y su patrimonio deberá ser inferior a 200.000€. Otros requisitos contemplados en el borrador del nuevo Plan es que las viviendas serán en régimen de alquiler durante un

PLAN ESTATAL DE VIVIENDA 2018-2021. PROGRAMAS

1. *Programa de subsidiación de préstamos convenidos*
2. *Programa de ayuda al alquiler de vivienda*
3. *Programa de ayuda a los desahuciados de su vivienda habitual*
4. *Programa de fomento del parque de vivienda en alquiler*
5. *Programa de fomento de mejora de la eficiencia energética en viviendas*
6. *Programa de fomento de la conservación y mejora de la accesibilidad en viviendas*
7. *Programa de fomento de la regeneración y renovación urbana y rural*
8. *Programa de ayuda a los jóvenes*
9. *Programa de viviendas para personas mayores*
10. *Programa de ayuda a personas mayores (al alquiler, gastos de comunidad, etc....)*



Las ayudas al alquiler podrán alcanzar hasta el 40% del importe mensual.

mínimo de 40 años y que el precio máximo del alquiler deberá establecerse en 9,5€/m² de superficie útil.

Respecto al segundo de los programas específicamente orientados a personas mayores de 65 años, cuenta básicamente con dos tipos de ayudas: ayuda al alquiler y ayuda para los gastos de comunidad, mantenimiento y suministros para los propietarios. En ambos casos los destinatarios serán personas mayores de 65 años con ingresos inferiores a 3 IPREM. En el caso de las ayudas al alquiler podrán alcanzar hasta el 50% de la renta mensual y hasta 200€/mes para los gastos de mantenimiento, comunidad o suministros. El plazo establecido para la ayuda alcanza en ambos casos hasta los tres años y se establecen como requisitos que, en el caso del alquiler, el importe no supere los 600€/mes (900€/mes en supuestos justificados), que los ingresos del solicitante no superen 3 IPREM, que carezca de vivienda en propiedad y que su patrinomio no exceda de los 100.000€. Por lo que se refiere a las ayudas para gastos de mantenimiento, se destinan a aquellos propietarios de vivienda habitual y permanente con ingresos no superiores a 3 IPREM y cuyo patrimonio no supere los 100.000€.

Otros programas

Además de estos programas especialmente dirigidos hacia los jóvenes y personas mayores de 65 años, el nuevo Plan Estatal de Vivienda 2018-2021 contempla otra serie de programas y líneas de ayudas concretas, como el programa de subsidiación de préstamos convenidos, enfocado a hacer frente al pago de las cuotas de préstamos concedidos a los compradores de viviendas protegidas y promotores de vivienda protegida en alquiler, ya regulados en planes de vivienda anteriores pero que siguen aún en vigor conforme a la normativa establecida.

Por su parte, el programa de ayuda al alquiler de vivienda del nuevo Plan Estatal, dirigido especialmente a aquellos ciudadanos que atraviesen una situación de dificultad económica, prevé ayudas cuyo importe podrá alcanzar hasta el 40% de la renta de alquiler, e introduce dos importantes mejoras con respecto al anterior Plan 2013-2016, pues se suprime el límite máximo de 2.400€/año y se prolonga el plazo de las ayudas hasta los tres años, frente al año prorrogable sólo por otro más que establecía el Plan Estatal 2013-2016. Los beneficiarios de este programa deberán acreditar unos ingresos inferiores a 3 IPREM (para la unidad de convi-



El nuevo Plan amplía las ayudas destinadas a actuaciones de conservación y mejora de la accesibilidad, tanto para edificios residenciales de carácter colectivo como para viviendas unifamiliares.

vencia); la vivienda arrendada será su domicilio habitual y permanente, y no podrán ser propietarios o usufructuarios de otra vivienda excepto si acreditan su no disponibilidad por causas ajenas a su voluntad. Como límite de renta mensual de la vivienda a alquilar se ha establecido un importe igual o inferior a 600€/mes o hasta 900€/mes en casos justificados.

El programa de fomento del parque de vivienda en alquiler va dirigido fundamentalmente a administraciones, organismos y entidades de derecho público y privado, empresas públicas y sociedades participadas por las administraciones públicas, fundaciones, ONG y asociaciones declaradas de utilidad pública, y tiene como principal objetivo favorecer la creación de un parque de



El nuevo Plan contempla la ampliación del plazo hasta finales 2019 para la finalización de las actuaciones de regeneración y renovación urbanas acogidas al anterior Plan.

vivienda en alquiler de titularidad pública y/o privada. Como principal novedad respecto al anterior Plan cabe destacar la ampliación de la titularidad del parque al sector privado, pues aquel sólo admitía actuaciones para viviendas de titularidad pública. Se fijan dos tipos de ayuda; el primero de hasta 300€/m² útil por vivienda, con un límite del 40% de la inversión y de 31.500€/vivienda, y el segundo de hasta 350€/m² útil por vivienda, con un límite del 50% de la inversión y de 36.750€/vivienda. Los requisitos para acceder a las ayudas establecen, para el primer caso, que los ingresos de los inquilinos no superen 4,5 IPREM por unidad de convivencia, con un precio máximo de alquiler de 7€/mes/m² útil (más 60% por m² útil de garaje o trastero), y para el segundo, que los ingresos de los inquilinos no excedan 3 IPREM por unidad de convivencia, con un precio máximo del alquiler de 5,5€/mes/m² útil (más 60% por m² útil de garaje o trastero). En todos los supuestos las viviendas deberán mantenerse en régimen de alquiler por un período mínimo de 25 años.

Otro de los programas dirigido a aquellos ciudadanos que se encuentran en grave situación de vulnerabilidad social y económica es el que tiene como principales destinatarios a aquellas personas que afrontan un proceso de desahucio. Sus beneficiarios podrán ser tanto arrendatarios como propietarios que hayan sido objeto de desahucios, con ingresos inferiores a 3 IPREM por unidad de convivencia y sin disponibilidad de una vivienda. Para ellos el programa pone a disposición viviendas desocupadas y disponibles de la SAREB y de las entidades financieras, que podrán ocupar en régimen de alquiler a precios de entre 150€ y 400€/mes. Las ayudas pueden alcanzar hasta los 400€/mes conforme a los criterios de los servicios sociales de la comunidad autónoma o el ayuntamiento en que residan; el plazo de la ayuda será hasta por dos años.

El programa de fomento de mejora de la eficiencia energética depara como principal novedad su extensión a las viviendas unifamiliares y no sólo a los edificios de tipología residencial colectiva como sucedía en el Plan 2013-2016. Sus beneficiarios serán tanto comunidades de propietarios y agrupaciones de comunidades, como propietarios de viviendas en edificios de tipología residencial colectiva y unifamiliar. Las ayudas, en el caso de las viviendas unifamilliares, alcanzan hasta los





Las ayudas a la rehabilitación pueden alcanzar hasta los 12.000€ por vivivenda.

12.000€ por vivienda –lo que supone un incremento de 1.000€ respecto al anterior Plan–, en el caso de edificios se fija una cuantía de 8.000€/vivienda y 80€/m^2 para locales –con incremento de 1.000€/vivienda y 10€/m^2 local respecto al Plan 2013-2016–. Los límites a las ayudas se concretan en el 40% de la inversión con carácter general y en el 75% de la inversión en el caso de que los ingresos de los solicitantes no alcancen 3 IPREM, o cuando las obras se dirijan a mejorar la accesibilidad de residentes con movilidad reducida o mayores de 65 años. Los requisitos para acceder a las ayudas de este programa son que el edificio o vivienda tenga una antigüedad anterior a 1996, que el 70% de la superficie de los edificios esté destinada a uso residencial de vivienda y que el 50% de las viviendas o la vivienda unifamiliar constituyan el domicilio habitual de los solicitantes.

La conservación y mejora de la accesibilidad en viviendas, especialmente en edificios de tipología residencial colectiva, en las viviendas dentro de estos y también en viviendas unifamiliares cuenta asimismo con un programa específico dentro del nuevo Plan. Sus beneficiarios podrán ser las comunidades de propietarios, agrupaciones de comunidades, propietarios únicos de edificios de viviendas, cooperativas y empresas constructoras, administraciones públlicas, organismos y entidades de derecho público, empresas públicas y sociedades mercantiles participadas por las administraciones,

PLAN ESTATAL DE VIVIENDA 2018-2021. Líneas estratégicas y principales novedades

Mejora de las ayudas al alquiler

- *Ampliación de las ayudas para alquileres hasta 900€/mes.*
- *Gestión más flexible: las CCAA podrán abonar las ayudas con la periodicidad que estimen más conveniente y podrán convocar las ayudas en régimen de concurrencia competitiva o mediante procedimiento abierto.*

Atención a personas en situación de desahucio de su vivienda habitual *(mediante viviendas en régimen de alquiler, gestionado a través de las CCAA, procedentes de la SAREB y de las entidades financieras).*

Mejora de las ayudas a la rehabilitación edificatoria y a la regeneración urbana y rural, con especial incidencia en la eficiencia energética y la accesibilidad.

Programas especialmente orientados a los jóvenes, bien para la adquisición o bien para el alquiler

Dos nuevos programas especialmente enfocados a las personas mayores:

- *Programa destinado a la promoción de viviendas que cuenten con servicios e instalaciones comunes adecuados para personas mayores.*
- *Programa de ayuda al alquiler o de ayuda al pago de los gastos de mantenimiento, comunidad, suministros, etc.*

Medidas complementarias:

- *Ampliación sin límite a las CCAA de la suspensión del periodo de amortización de los préstamos convenidos acogidos a planes estatales anteriores.*
- *En el caso de las áreas de regeneración y renovación urbana, ampliación del plazo de finalización de las actuaciones acogidas al anterior Plan, siempre que lo necesiten, hasta el 31-XII-2019.*





El programa de fomento de la regeneración urbana y rural busca la reactivación de aquellas áreas más degradadas o afectadas por fenómenos como el chabolismo o infraviviendas.

así como propietarios de viviendas en edificios de tipología residencial colectiva y unifamiliar. Los importes de las ayudas de este programa alcanzan hasta los 2.000€/vivienda sólo en caso de conservación y hasta los 6.000€/vivienda si se trata de mejoras para la accesibilidad o incluyen a la vez conservación y accesibilidad. Estas ayudas suponen un incremento de 1.000€ por vivienda con respecto al anterior Plan. Los límites a estas ayudas se han establecido en el 40% de la inversión con carácter general, y en el 75% de la inversión cuando los solicitantes no alcancen 3 IPREM o se destinen a obras de accesibilidad para residentes con movilidad reducida o mayores de 65 años. En cuanto a los requisitos para acceder a estas ayudas será necesario que los edificios o viviendas tengan una antigüedad anterior a 1996, que el 70% de la superficie del edificio tenga uso residencial como vivienda y que el 50% de las viviendas del edificio o la vivienda unifamiliar en su caso constituyan el domicilio habitual.

Cabe mencionar finalmente el programa de fomento de la regeneración urbana y rural, cuyo objetivo es establecer una línea de ayudas especialmente orientadas a obras de rehabilitación/renovación en edificios y viviendas y de urbanización o reurbanización, en zonas concretas, comprendiendo expresamente aquellas más degradadas o afectadas por chabolismo e infravivienda. Las ayudas para la rehabilitación pueden alcanzar los 12.000€ por vivienda y 120€/m^2 por local comercial; hasta los 30.000€ para la renovación o nueva construcción en caso de infravivienda; hasta 2.000€/vivienda en obras de urbanización; hasta los 4.000€ para el realojo (por un máximo de 3 años y unidad de convivencia), y hasta 1.000€/vivienda para los equipos técnicos y oficinas de planeamiento que promuevan la actuación. Los límites a estas ayudas oscilan desde el 40% de la inversión con carácter general al 60% cuando se reduzca la demanda energética anual global de calefacción y refrigeración o hasta el 75% de la inversión si los ingresos de los beneficiarios no superan 3 IPREM o las actuaciones incluyen mejoras de la accesibilidad para personas con discapacidad o mayores de 65 años. Entre los requisitos para acogerse a las ayudas de este programa es necesario que el ámbito preferente de la actuación alcance a unas 50 viviendas, que las viviendas de nueva construcción obtengan una calificación energética mínima B, que al menos del 70% de la edificabilidad sobre rasante tenga uso residencial (excluida planta baja), y que al menos el 50% de las viviendas se destinen a uso residencial.

Las comunidades autónomas dispondrán de más flexibilidad para abonar las ayudas con la periodicidad que estimen más conveniente

Otras medidas complementarias incluidas en el nuevo Plan serán, en primer lugar, la autorización a las comunidades autónomas de una concesión para que puedan ampliar sin límite el plazo de la suspensión del periodo de amortización de los préstamos convenidos acogidos a planes estatales anteriores (en el anterior Plan Estatal 2013-2016 el plazo máximo establecido era de sólo tres años), y en segundo, respecto a las áreas de regeneración y renovación urbana subvencionadas con cargo al Plan Estatal 2013-2016 y cuyas actuaciones finalizan el 31 de diciembre de 2017 o el 31 de diciembre de 2018 si se acogieron a los convenios de ejecución de prórroga, el nuevo Plan contempla la ampliación con un mayor plazo aún, hasta el 31 de diciembre de 2019, de modo que se puedan adecuar los plazos al avance real de las actuaciones.



25 años de la puesta en servicio de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Sevilla

El tren que rejuveneció el ferrocarril



El presidente del Gobierno, Mariano Rajoy, junto al ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, y el secretario de Estado de Insfraestructuras, Transporte y Vivienda, Julio Gómez Pomar, durante el viaje conmemorativo Madrid-Sevilla.

Pepa Martín Mora. Fotos: Renfe Operadora y A.R.F.

El AVE cumple 25 años, un cuarto de siglo con el que quedan muy atrás aquellos primeros 471 kilómetros de la línea de Alta Velocidad Madrid-Sevilla, toda una revolución en los sistemas de transporte de media/larga distancia que permitió unir por tren las dos ciudades en menos de tres horas.

El 21 de abril de 1992 el tren de Alta Velocidad realizaba su primer viaje comercial desde la estación de Madrid Puerta de Atocha a la sevillana de Santa Justa, una semana después de su inauguración oficial coincidiendo con la celebración de la Exposición Universal de Sevilla. El tiempo empleado en recorrer los 471 kilómetros que hay entre ambas ciudades fue de 2 horas y 45 minutos en una primera fase, y 2 horas 30 minutos en la segunda.

Desde entonces, y al margen de la reducción de tiempo en los viajes, uno de los mayores logros que se puede apuntar en el haber de la Alta Velocidad ha sido, sin duda, el de aportar un nuevo grano de arena en la vertebración del territorio peninsular. Además de unir Madrid y Sevilla, junto con Ciudad Real, Puertollano y Córdoba, que fueron las primeras ciudades agraciadas con parada del AVE en esta línea pionera accesible para 7.8 millones de ciudadanos, el 20 por ciento de la población española, la red ferroviaria de Alta Velocidad ha llegado a día de hoy a conectar hasta 47 ciudades de 26 provincias que aglutinan ya al 68 por ciento de la población peninsular, estando previsto que en los próximos años se amplíen las conexiones a Galicia, Asturias, País Vasco, Extremadura, Castellón, Granada, Murcia y Almería.

Para hacer posible esta vertebración ha sido necesario construir 3.240 kilómetros de nuevas vías de alta velocidad, lo que ha supuesto casi multiplicar la red por siete, a los que hay que sumar otros 1.500 km que están en construcción. También algunos tramos de la red convencional se han adaptado para permitir circulaciones a más de 200 km por hora, y ofrecer así un servicio de Alta Velocidad siguiendo los criterios fijados por la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC). Todo ello suma una inversión acumulada hasta la fecha de alrededor de 51.775 millones de euros, según datos de Adif.



Esta experiencia acumulada durante estos 25 años ha convertido a nuestro país en uno de los líderes mundiales de la Alta Velocidad. España actualmente es un referente tanto en materia tecnológica como industrial en su desarrollo, al que acuden otros países en busca de asesoría gracias al conocimiento adquirido en la construcción de nuestra red. Buena muestra de ello es que Adif, el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, ha recibido en los últimos cuatro años un total de 375 visitas de distintas delegaciones extranjeras, tanto públicas como privadas, interesadas en conocer nuestro sistema ferroviario y su funcionamiento.

Como resultado, el organismo dependiente del Ministerio de Fomento ha recibido recientemente el encargo de realizar estudios de viabilidad en dos de los principales mercados ferroviarios internacionales emergentes: India y Egipto. También se han suscrito contratos con nuevos mercados internacionales, como Dinamarca, Ucrania o Israel, con Malasia para participar en el consorcio de asesoramiento sobre el nuevo marco ferroviario, o con Estados Unidos, que cuenta con la participación de Adif en el Partners Forum/Corredor del Noreste, a través de Amtrak –la agencia estatal que controla las comunicaciones ferroviarias en 46 estados–, además de otros contratos de prestación de servicios y acuerdos de colaboración con Suecia, Reino Unido, Turquía, Rusia, Marruecos, Arabia Saudí y Polonia.

Línea pionera

El desarrollo de la actual red de Alta Velocidad en nuestro país fue complicado desde sus inicios, cuando se proyecta construir en 1987 la primera línea que uniría Madrid con Sevilla con el objetivo inicial de solucionar el mayor cuello de botella que en la época existía en el ferrocarril español: el paso de Despeñaperros, un largo tramo de vía única que limitaba la comunicación ferroviaria de Andalucía con el resto de España.

Dos imágenes del desarrollo de las obras en la línea hacia 1990.



Apeadero de la Expo de Sevilla y, en la imagen inferior, frontal de una de las primeras locomotoras S-100 que cubrian el trayecto.





Dejando a un lado a quienes dudaban de su viabilidad y, por lo tanto, denostaban el proyecto, teniendo en cuenta la decadencia a la que parecía abocado el tren, España partía de una posición de clara desventaja si nos comparábamos con los países de nuestro entorno, como Alemania o Francia, y qué decir si lo hacíamos con otros, aunque más lejanos, donde la Alta Velocidad se situaba entonces a la vanguardia a nivel mundial, como era el caso de Japón.

Al margen de los retos tecnológicos, el trazado de la línea convencional resultaba muy complicado en su paso por Despeñaperros; era de vía única y con radios de curvatura muy reducidos, entre 300 y 600 metros, que permitían velocidades máximas de entre 70 y 100 km/h. Al estudiar posibles alternativas se pensó en duplicar la vía existente, pero esta solución presentaba graves problemas de ejecución por las características orográficas del recorrido, y exigía fuertes inversiones además de afecciones a la explotación.

Finalmente se aprobó un corredor alternativo para atravesar sierra Morena, el denominado Nuevo Acceso Ferroviario a Andalucía (NAFA), cuyo recorrido discurría por la línea Madrid-Badajoz hasta Brazatortas, en Ciudad Real, desde donde arrancaría la nueva variante hasta la ciudad de Córdoba. Así, se construyó un trazado con una primera parte desde Madrid a Brazatortas con orografía muy favorable, una segunda parte muy accidentada en la travesía de Sierra Morena y el posterior descenso hasta el valle del Guadalquivir, y una tercera nuevamente favorable que discurre en paralelo al río entre Córdoba y Sevilla.



En un principio el planteamiento era ejecutar un nuevo trazado en ancho ibérico entre Brazatortas (Ciudad Real) y Alcolea (Córdoba), y la mejora integral de las líneas ya existentes hacia Madrid y Sevilla. Sin embargo, con las obras ya iniciadas se decide introducir un cambio en el proyecto que finalmente la historia ha demostrado que revolucionaría el concepto del transporte ferroviario en España: adoptar el ancho estándar europeo, de 1.435 mm, en lugar del ibérico, de 1.668 mm, y un sistema de electrificación a 25 kW en corriente alterna, lo que suponía construir una línea completamente nueva, no sólo en el tramo central, con parámetros de diseño más ambiciosos que permitieran velocidades de hasta 270 km/h.

A ello se añadió la intención política de que esta primera línea iniciara su explotación comercial coincidiendo con la inauguración de la Exposición Universal, que se celebraría en la capital hispalense en 1992. Había que ejecutar una obra novedosa con un plazo escaso en comparación con los tiempos consumidos en obras análogas realizadas en el resto del mundo. En 1989, el Rey Juan Carlos puso la primera traviesa de la futura línea y, pese a los cambios de diseño que se realizaron y las repercusiones que esto tuvo en la redacción de los proyectos y en la contratación, el día previsto para su puesta en servicio la primera línea de alta velocidad inició su andadura en España.

Superado el que parecía ser el primer gran escollo, el de la orografía abrupta, había que solventar la diferen-

Actos conmemorativos

Sevilla ha sido el escenario central de los actos conmemorativos del 25 aniversario del primer viaje en tren de Alta Velocidad, actos que se iniciaron en Madrid, en la estación Puerta de Atocha, de donde partió a los 8.55 de la mañana del 24 de abril un tren muy especial: la unidad 11 de la serie 100 con la librea original de los primeros trenes AVE, con logotipos conmemorativos de la efeméride y bautizada con el nombre de Miguel de Cervantes en recuerdo del insigne escritor, de quien recientemente también se ha celebrado su V centenario.

A bordo, acompañando al presidente del Gobierno, Mariano Rajoy, altos cargos del Ministerio de Fomento, como su titular Iñigo de la Serna, directivos de Renfe y de Adif, que fueron recibidos en la estación de Atocha por la presidenta de la Comunidad Cristina Cifuentes, y a su llegada a Sevilla por la de la Junta de Andalucía, Susana Díaz.

Estos actos, en los que se han dado a conocer los retos de futuro del tren de Alta Velocidad en términos de mejora tecnológica e incremento de servicios y de destinos conectados, han servido también para poner en valor los atributos del AVE, como son su velocidad, confort, innovación, vanguardia, movilidad y sostenibilidad, así como lo que ha supuesto para el ferrocarril español, a día de hoy una potencia mundial en el sector, capaz de vertebrar y cohesionar nuestro país.

También se han realizado cuatro importantes anuncios relacionados con el Tren de Alta Velocidad, el primero de ellos una campaña comercial conmemorativa a cargo de Renfe Operadora, que pondrá a la venta 250.000 billetes de tren a 25 euros todos los días 25 de cada mes hasta finalizar el año. La primera fue el pasado mes de abril con un gran éxito, ya que llegó a superar las expectativas de la propia compañía.

El resto de proyectos fueron el bautizo de los trenes AVE con nombres de personajes históricos, como esta primera unidad llamada ya Miguel de Cervantes; la ejecución de la opción de compra de otros quince trenes de alta velocidad como consecuencia de la agilización de las obras en distintos corredores, y el inicio del proceso de licitación de la Variante en Almodóvar, que permitirá la conexión directa en Alta Velocidad de Sevilla con Málaga y Granada sin necesidad de entrar en la estación de Córdoba.



Con la construcción de la nueva línea comenzó la implantación progresiva del ancho internacional de vía en la Red ferroviaria española.

cia de ancho que nuestras vías tenían respecto a las de otros países europeos. Esta circunstancia impedía una comunicación fluida y sin interrupciones con el resto de Europa, y obligaba a los trenes convencionales al llegar a la frontera con Francia, en los pasos de Irún y Port Bou, donde existían cambiadores de ancho de tecnología Talgo, a realizar una parada técnica para el cambio de vía.

En su apuesta por el ancho internacional, el proyecto de la línea de Alta Velocidad Madrid-Sevilla impulsa esta tecnología con la instalación de una segunda generación de cambiadores Talgo, situados en las inmediaciones de Madrid y Sevilla, y en la estación de Córdoba. De esta forma, los trenes Talgo de la serie 200, que estaban preparados para alcanzar los 200 km/h y cuyos vagones contaban con la tecnología necesaria para cambiar de ancho, se beneficiaban de la infraestructura de alta velocidad, realizando los cambios que les permitían circular por líneas convencionales de ancho ibérico hasta Málaga, Cádiz y Huelva.

El sistema continuó su evolución y en 1998 la empresa CAF desarrolló su propio sistema de cambio para

La flota

AVE

El S-100 fue el primer tren de Alta Velocidad para ancho UIC de España y el que realizó el viaje inaugural. Fabricado por Alstom alcanza una velocidad máxima de 300km/h.

El AVE S-102 y el AVE S-112 comenzaron a circular en 2005 en la línea Madrid-Zaragoza-Lleida. Fabricados por Talgo-Bombardier pueden alcanzar una velocidad máxima de 330 km/h.

El AVE S-103 fabricado por Siemens fue adquirido en 2007, y consigue alcanzar los 350 km/hora.

ALVIA

El S-120 fabricado por CAF y Alstom comenzó a circular en 2006 en la relación Madrid-Barcelona (entre Madrid y Lleida por ancho UIC y entre Lleida y Barcelona por ancho convencional). Fue el primer tren de ancho variable, por lo que puede circular indistintamente por vías de ancho peninsular y UIC.

El S-130 es un tren de ancho variable construido por Talgo y Bombardier que alcanza los 250 km/hora. La evolución más versátil de este tren, conocido como el híbrido S-730, permite combinar, además de dos anchos de vía, la tracción eléctrica y la diésel.

El Alvia S-121 fabricado por CAF y Alstom similar al S-120 se utiliza para cubrir servicios de medias distancias por vías UIC y convencionales.

AVANT

EL Avant S-104 fabricado por CAF-Alstom es el primer tren que prestó el servicio de Alta Velocidad para trayectos de media distancia por vías de ancho UIC. Circular desde diciembre de 2004 y alcanza una velocidad máxima de 250 km/h.

El Avant S-114 es una evolución del anterior con igual distribución pero con mejoras en confort, interiorismo, eficiencia energética, tracción y freno.

El Avant S-120 y el S-121 fabricados por CAF y Alstom se utilizan para servicios de medias distancias por vías UIC y convencionales.







equipar en trenes automotores. En 2002 Adif desarrolla un cambiador de tercera generación (TCRS1) que permite que las plataformas de cambio de ancho de cada tecnología se instalen en el mismo conjunto constructivo, y en 2007 se introduce una nueva tipología de cambiador dual (TCRS2). Pero es en 2010 cuando se desarrolla una cuarta generación de sistemas (TCRS3) al amparo del proyecto de investigación nacional UNICHANGER, que integra en una única plataforma las dos tecnologías de cambio de ancho, Talgo y CAF, que mejora el mantenimiento de la instalación y reduce el coste de adquisición.

Otra de las grandes dificultades que se tuvieron que afrontar fue la integración en la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla de dos tecnologías hasta el momento independientes, la alemana y la francesa, a través de la combinación de la señalización de la primera y del material rodante de la segunda. Lo que entonces parecía un imposible se convirtió en el primer gran logro para nuestro país en el camino hacia el desarrollo de la alta velocidad.

Experiencia de líder

Lejos de frenar la expansión de la red, todas estas dificultades que se tuvieron que sortear favorecieron, por el contrario, importantes mejoras en los procesos administrativos, agilizando y acortando los plazos de elaboración y ejecución de los proyectos, y también en los constructivos, convirtiendo a nuestro país en líder destacado por la experiencia acumulada en materia de tunelación, dada la complicada orografía peninsular, que ha obligado a perforar túneles en toda clase de terrenos y composiciones geológicas: granito en Guadarrama, arenisca en San Pedro, salinos en el Regajal, o carboníferos y acuíferos en Pajares o Abdalajís.

Líneas de Alta Velocidad en servicio

- *Madrid-Sevilla*
- *Madrid-Toledo*
- *Madrid-Barcelona-Frontera francesa*
- *Zaragoza-Huesca*
- *Madrid-Málaga*
- *Madrid-León*
- *Madrid-Zamora*
- *Eje Atlántico (Vigo-A Coruña)*
- *Tramo Ourense-Santiago (futura LAV Madrid-Galicia)*
- *Madrid-Valencia*
- *Madrid-Alicante*
- *Sevilla-Cádiz*

Renfe Patier



En la actualidad el número de viajeros se ha cuadruplicado en la Red de Alta Velocidad, de modo que más de 35 millones de personas la usaron en 2016.

Para ello ha sido necesario emplear maquinaria altamente especializada y tecnológicamente muy avanzada, como las tuneladoras de distinta tipología, adaptadas a las características morfológicas del terreno a horadar. También se han aplicado técnicas constructivas innovadoras y respetuosas con el medio ambiente en la construcción de otra infraestructura singular, como viaductos, para salvar grandes desniveles o ríos, como son los de Arroyo del Valle, Ulla, Contreras, Tajo o Almonte, especialmente adaptados a circulaciones del tren de Alta Velocidad.

Otro de los retos superados ha sido la actualización del concepto de estación ferroviaria, que en el caso de una tan histórica, como la de Puerta de Atocha, en Madrid, supuso hace 25 años la ejecución de una profunda remodelación para adaptarla a los requerimientos de la Alta Velocidad, al igual que se hizo después con la de Toledo, o la de Campo Grande, en Valladolid, mientras que en el caso de Sevilla se procedió entonces a la construcción de una nueva, la de Santa Justa, a la que siguieron otras en grandes ciudades, como la de Zaragoza/Delicias o la de Valencia/Joaquín Sorolla. Actualmente son 47 las estaciones a las que llega la Alta Velocidad.

La primera línea de Alta Velocidad supuso, sin duda alguna, un antes y un después en la historia de la modernización de nuestro país, que pasó de tener un ferrocarril que no superaba los 160 km/ h a otro que circulaba a casi 300 km/h a bordo de cualquiera de las 24 unidades de la serie 100 de Alstom, que fueron los primeros trenes de alta velocidad españoles, y un despegue de los servicios ferroviarios que superaron el problema técnico de la baja capacidad de la línea antigua, el económico que provocaba la pérdida de viajeros y mercancías y el de la calidad del servicio.

Es, sin duda alguna, la mayor obra pública realizada en España en el siglo XX, y la de más envergadura de

Previsión de nuevas líneas

- *Alicante-Murcia.*
- *Murcia-Almería.*
- *Antequera-Granada.*
- *Zamora-Ourense (LAV Madrid-Galicia).*
- *Venta de Baños-Burgos.*
- *Burgos-Vitoria.*
- *Vitoria/Gasteiz-Bilbao-Donostia/San Sebastián/Frontera francesa.*
- *León-Asturias (Variante de Pajares).*
- *Centro (Chamartín-Torrejón de Velasco).*
- *Plasencia-Badajoz (LAV Madrid-Extremadura).*
- *Palencia-Santander (Palencia-Aguilar de Campoo en Alta Velocidad y Aguilar de Campoo-Santander de altas prestaciones).*
- *Castejón-Pamplona.*

ingeniería ferroviaria realizada hasta aquella fecha, en la que se invirtieron 350.000 millones de pesetas, que equivalen a 2.100 millones de euros, sumados los costes de ejecución, de estudios, proyectos, asistencias técnicas, medidas correctoras de impacto ambiental y expropiaciones, casi 740 millones de pesetas por kilómetro, 4,5 millones de euros.

La ejecución de la línea implicó la construcción de 9.845 metros de viaductos, además de otros 15.819 metros de túneles

En ella se pusieron en práctica nuevos procedimientos constructivos y sistemas de control no utilizados hasta entonces, como los referidos a protección medioambiental de las zonas de alto valor ecológico por las que atraviesa la línea. Se tuvieron que excavar a lo largo de los 471 kilómetros hasta 38 millones de metros cúbicos de tierra y más de 35 millones de metros cúbicos de terraplén; construir 31 viaductos con una longitud total de 9.845 metros, además de cuatro saltos de carnero y diecisiete túneles que suman otros 15.819 metros. En el tendido de la vía se utilizaron 2,84 millones de metros cúbicos de balasto, 1,6 millones de traviesas y 113.010 toneladas de carril.



La nueva línea arrancó con doce trenes diarios, seis por sentido, que empleaban algo menos de tres horas entre Madrid y Sevilla, frente a las más de 7 horas de los trenes que hasta ese momento unían ambas ciudades. A los seis meses se estrenaba el servicio de lanzaderas entre Madrid-Ciudad Real y Puertollano, y en un solo año el AVE se hizo con la mitad del mercado para viajar entre Sevilla y Madrid y el número de viajeros entre ambas ciudades se duplicó, haciéndose con el 85% de la cuota de mercado frente al avión.

En 2013 entró en servicio la esperada conexión con Francia a traves de Barcelona, Girona, Figueres y Perpignan.





Concierto inaugural de la estación de Atocha reformada en 1992.

Aquellos trenes, que aún siguen circulando tanto en ésta línea como en otros trayectos de la red de alta velocidad española, eran capaces de alcanzar una velocidad máxima de 300 km/h, tenían una potencia de 8.800 kW y podían alimentarse tanto en corriente alterna a 25.000 voltios (necesaria para alcanzar altas velocidades) como en corriente continua a 3000 voltios (para acceder a las estaciones de Madrid y Sevilla, que inicialmente mantuvieron el sistema de electrificación de la red convencional española para evitar interferencias electromagnéticas, la tracción se realizaba a través de motores síncronos trifásicos que alimentaban a cuatro bogies motores, con dos motores de 1.100 kW cada uno, y el frenado por discos con sistema antibloqueo y disponían de suspensión neumática.

La expansión

La nueva infraestructura benefició las comunicaciones de otras ciudades andaluzas con el centro de la península, y en 1993 los trenes de Málaga, Cádiz y Huelva circulaban por la línea, lo que redujo en tres horas los tiempos de viaje gracias a la alta velocidad y a los trenes de rodadura desplazable.

Los proyectos posteriores se dirigieron a llevar la Alta Velocidad hacia el noreste de la península, para unir la red con Francia y el resto de Europa, iniciándose en 1997 la construcción de la línea de Alta Velocidad Madrid-Zaragoza-Barcelona-Frontera Francesa, conexión que entró en funcionamiento en 2003.

En diciembre de 2007 entró en servicio el tramo entre Córdoba y Málaga, uniendo Madrid con la Costa del Sol, así como la línea de alta velocidad Madrid-Valladolid. El 20 de febrero de 2008 entró en servicio el tramo Roda de Bará-Barcelona, haciendo posible recorrer los 659 kilómetros que separan Madrid de Barcelona en 2 horas y 30 minutos, dando por finalizada la conexión entre las dos mayores ciudades españolas tras más de diez años de obras. Dos años después, en 2010 se inauguró la LAV Madrid-Levante que conecta Madrid, Cuenca y Valencia en un tiempo de viaje de 1 hora y 35 minutos.

El 10 de diciembre de 2011 se inauguró la línea de Alta Velocidad Madrid-Galicia entre Ourense y A Coruña, aunque en una fase inicial por esta línea no circulan trenes AVE, y en enero de 2013 se inauguró el tramo entre Barcelona, Girona y Figueres, donde se realizaba el transbordo con el TGV francés. Así finalizaba la esperada conexión con Francia, tras más de 15 años de obras.

Renfe Patier



▶ *Talgo S-112 en la LAV Madrid- Levante.*

El 17 de junio de 2013 se inauguró el tramo entre Albacete y Alicante, y en diciembre del mismo año entró en servicio la conexión directa con Francia, con trayectos sin transbordo entre Barcelona y París en un tiempo aproximado de seis horas y veinte minutos, y posteriormente trayectos directos a Lyon, Toulouse y Marsella.

Y en septiembre de 2015 se inaugura una nueva línea que une Valladolid-Palencia-León, aunque llega en una sola vía, frente al doble trazado del resto de los trayectos del país. Este tramo supone un avance de importancia para la siguiente conexión con Asturias y Cantabria.

Los viajeros

En todo este tiempo, más de 357 millones de viajeros han transitado por las vías de Alta Velocidad españolas. Solo en 2016 fueron más de 35,2 millones de usuarios los que viajaron en trenes Ave, Avant –que son las unidades para Alta Velocidad de Media Distancia–, y Alvia, los de ancho variable que combinan las dos redes que existen en nuestro país.

La marca comercial

La marca comercial utilizada por Renfe Operadora para sus trenes de alta velocidad ha pasado a denominarse AVE-Alta Velocidad Española, pese a que durante estos 25 años el uso popular ha mantenido el término AVE que incluso está recogido por el Diccionario de la Real Academia Española. Además del AVE, que es el tren de mayor gama que circula a una velocidad máxima de 310 kilómetros por hora, existen otros servicios de alta velocidad como Alvia o Avant.

El primero de ellos, la línea Madrid-Sevilla ha pasado de transportar 162.000 viajeros al mes en 1992 a 360.000 en 2016, siendo la cifra acumulada desde entonces de 72 millones de usuarios. Más de 52 millones de viajeros han utilizado el corredor Madrid-Barcelona-Figueres desde su inauguración hace 9 años; otros 4 millones el corredor Madrid-Comunidad Valenciana, y 3,8 millones el corredor Madrid-Valladolid-León.

El número de viajeros en las líneas de alta velocidad se ha cuadruplicado en la última década, sobre todo en los trayectos de larga distancia, un incremento en el que ha tenido gran protagonismo la línea entre Madrid y Barcelona, la principal de toda la red, y son casi el doble de los pasajeros de los trenes convencionales.

Actualmente la velocidad comercial media de la red de Alta Velocidad en nuestro país se sitúa en 222 km/h, superior a las de Francia y Japón, gracias a una flota compuesta por más de 200 trenes, entre ellos los diseñados para circular por vías de ancho internacional (o ancho UIC, que en España equivale a la alta velocidad) o ancho convencional peninsular.

Esto ha sido posible gracias a la evolución de la flota, que se ha ido modernizando desde aquellos primeros convoyes de Alstom, de Talgo-Bombardier y de Siemens, a los próximos 30 nuevos trenes AVE que está construyendo Talgo, que alcanzarán velocidades de hasta 320 kilómetros por hora y una capacidad para transportar a un mínimo de 400 viajeros.

Sin embargo, la llegada de la Alta Velocidad invirtió esa tendencia, e inició una evolución tecnológica que dio lugar a una época de crecimiento sostenido en infraestructuras, servicios y prestigio social, que se ha prolongado hasta nuestros días y cuya continuidad parece asegurada. ▮

Centro de publicaciones

Librería de publicaciones oficiales



www.fomento.gob.es

Un tramo de carretera pone fin al aislamiento de un municipio de Gran Canaria

Nueva era en La Aldea

Javier R. Ventosa. Fotos: Gobierno de Canarias

Que la obra pública debe tener primordialmente un fin de utilidad social es una máxima que cobra todo su sentido con el nuevo tramo de la carretera GC-2 entre La Aldea y El Risco, al oeste de Gran Canaria. Este moderno trazado sustituye a una sinuosa vía montañosa, al borde de acantilados y con peligrosos desprendimientos, que durante décadas ha sido la única y difícil salida desde La Aldea hacia el norte de la isla y su capital. El nuevo tramo, que incluye el túnel más largo del archipiélago, ha supuesto para este municipio el principio del fin del aislamiento. El Ministerio de Fomento ha financiado casi un tercio de esta actuación.





▶ *Bocas del túnel bitubo de La Aldea. Página opuesta, mapa con el nuevo trazado de la GC-2 en negro y el antiguo de la GC-200 en rojo.*

La red viaria de Gran Canaria, que cubre con los ejes de gran capacidad del anillo insular las fachadas norte, este y sur de la isla, encomienda las comunicaciones en la fachada oeste, la menos poblada, a la carretera convencional GC-200. En el tramo de esta vía entre Agaete y La Aldea de San Nicolás, que discurre por una zona abrupta de acantilados, la denominada carretera de La Aldea es conocida como "la de las 365 curvas" porque presenta múltiples curvas de pequeño radio, fuertes pendientes y dificultades para las maniobras de adelantamiento. A ello se suman los desprendimientos de roca en época de lluvia, causa de riesgo de accidentes, cortes y periodos de incomunicación de La Aldea. El difícil trazado y la inseguridad y escasa fiabilidad de esta vía han complicado durante décadas la conexión de este municipio con el norte de la isla y la capital, generando un sentimiento de aislamiento.

Con objeto de mejorar las comunicaciones en esta fachada, el Gobierno de Canarias tiene en marcha un importante proyecto destinado a cerrar por el oeste el anillo insular mediante una nueva carretera entre Agaete y Mogán que sustituya a la anticuada GC-200. En ese proyecto ya está en desarrollo la nueva GC-2 entre Agaete y La Aldea, dividida a su vez en dos fases (fase I: La Aldea-El Risco, de 10 kilómetros, en ejecu-





ción, y fase II: El Risco-Agaete, de 8 kilómetros), que mejorará sustancialmente la conexión entre ambas localidades al reducir el trazado existente en casi un 60% (de 32 a 18 kilómetros). Su culminación abrirá una nueva era en las comunicaciones por carretera en esta apartada zona de la isla al configurar un moderno enlace con el anillo insular.

El pasado 7 de abril se dio un importante paso hacia ese objetivo con la puesta en servicio del subtramo Enlace Andén Verde-El Risco, que comprende el 71% del tramo La Aldea-El Risco. Desarrollado en una franja de terreno más interior que la GC-200, el subtramo posee características de trazado y de plataforma muy superiores a la antigua carretera, incluido un largo túnel, que aportan al usuario mayor seguridad y comodidad en la conducción, así como importantes ahorros de tiempo: el recorrido que antes se hacía en más de 27 minutos se completa ahora en 8 (reducción del 80%). Su apertura, además, ha terminado con el aislamiento por el norte de

Hacia un nuevo Convenio de Carreteras

El Convenio de Carreteras es un instrumento de colaboración entre la Administración General del Estado y el Gobierno de Canarias para el desarrollo de la red viaria insular que se puso en marcha en 1994 y que ha tenido sucesivas ediciones en 1997 y 2006. Mediante estos convenios el Estado ha financiado un importante número de actuaciones que han dado un impulso sin precedentes en la modernización de las carreteras del archipiélago. El último Convenio, que incluyó una adenda en 2009, ha supuesto hasta ahora la transferencia al Gobierno canario de más de 1.500 M€ para financiar obras, entre ellas el tramo La Aldea-El Risco de la GC-2.

El actual Convenio expira este año, por lo que ya se han iniciado contactos entre el Ministerio de Fomento y el Gobierno de Canarias para liquidar el vigente y firmar uno nuevo. El cuarto Convenio establecerá el marco financiero y regulatorio para la ejecución de un nuevo paquete de actuaciones, cuyo primer listado ya fue presentado por el consejero de Obras Públicas y Transportes del Gobierno canario al Ministerio de Fomento en abril. Este listado recoge las obras prioritarias en materia de carreteras para el Gobierno regional a partir de las propuestas realizadas por los siete cabildos, entre las que figuran el tramo El Risco-Agaete de la GC-2 en Gran Canaria, el eje norte-sur de Fuerteventura o la ampliación de las carreteras TF-1 y TF-5 en Tenerife. Se espera que el nuevo Convenio pueda firmarse antes de final de año.



Interior del túnel de La Aldea, el de mayor longitud del archipiélago canario.

La Aldea, como subrayaron responsables del Gobierno canario en la inauguración, festejada como hito histórico por los habitantes del municipio. Los beneficios de la nueva vía se ampliarán el próximo verano con la puesta en servicio de los 3 kilómetros restantes del tramo La Aldea-El Risco. La GC-200, por su parte, ha sido cerrada al tráfico en esta zona tras 77 años de vida operativa.

La construcción del subtramo Enlace Andén Verde-El Risco ha sido promovida por el Gobierno autónomo de Canarias y ha tenido un coste de 89 M€. Al estar incluida en el Convenio de Carreteras entre la Administración General del Estado y el Gobierno de Canarias, la ejecución de esta infraestructura ha sido sufragada parcialmente por el Ministerio de Fomento, que ha destinado 26,7 M€ a la misma con cargo a los Presupuestos Generales del Estado de 2016. El interés del Departamento por el desarrollo de esta carretera se hizo patente con ocasión de la visita realizada por el ministro Íñigo de la Serna a las obras en diciembre pasado. El proyecto ha sido construido por la unión temporal de empresas La Aldea (FCC Construcción, OHL y Hermanos Tito) y la asistencia técnica a la dirección de obra ha corrido a cargo de la UTE formada por las ingenierías Euroestudios y Rabadán 17.

Características del tramo

El nuevo trazado, que se desarrolla por los términos municipales de La Aldea, Artenara y Agaete, tiene una longitud de 7,1 kilómetros frente a los 13 kilómetros de la GC-200, lo que supone una reducción del 44% de recorrido. Se trata de una carretera de tipo convencional, con velocidad de proyecto de 80 km/h, que presenta una pendiente máxima del 7% y radios en planta mínimo de 400 metros y máximo de 5.000 metros. El paquete de firmes está formado por 30 centímetros de suelo cemento, 7 centímetros de aglomerado asfáltico AC-22 en capa base y 5 centímetros de aglomerado AC-16 en capa de rodadura.

La carretera presenta tramos de calzada única, resueltos mediante una plataforma de 15,50 metros, distribuida en tres carriles de 3,50 metros, dos arcenes de 1,50 metros y dos bermas de 1 metro; y tramos de calzadas separadas, constituidos por una plataforma de 11,50 metros de ancho distribuidos en dos carriles de 3,5 metros, arcén exterior de 1,50 metros e interior de 1 metro y dos bermas de 1 metro. En las zonas de rampa prolongada se ha generado un carril adicional. También se han dispuesto dos lechos de frenado.

El tramo permite la conexión con la GC-200 mediante dos enlaces: en el origen se sitúa el enlace de Andén Verde, de tipo trompeta, con la calzada transversal a nivel inferior respecto al mismo, y al final se dispone el enlace de Güi-Güí, que conecta con El Risco. En el capítulo de estructuras, además del paso inferior del enlace de Andén Verde (pórtico de hormigón armado de 24 metros de longitud), destaca el viaducto del Barranco de la Arena, con tablero de 118 metros de longitud dividido en tres vanos, plataforma de 15 metros de anchura (apta para tres carriles de 3,50 metros y arcenes de 1,50 metros) y altura máxima de pilas de 29,5 metros. También se han ejecutado muros de contención en hormigón ciclópeo.

En el apartado de drenaje transversal, se han construido un total de 12 obras, entre ellas un marco de hormigón armado de 2,50 x 3,0 metros y una longitud de 330 metros en el enlace de Andén Verde y una bóveda de hormigón armado de 6 metros de ancho y 4,50 metros de altura, con una longitud total de 257,50 metros, en el cauce del barranco de Güi-Güí Grande.

El principal elemento del tramo es el túnel de La Aldea, situado al principio del mismo, con tipología de doble tubo unidireccional de calzadas separadas, con dos carriles por sentido, que destaca por su gran longitud: 3.176 metros en el tubo izquierdo y 3.162 metros en el tubo de-



▶ *Construcción del viaducto del Barranco de la Arena, con el paisaje montañoso y los invernaderos de La Aldea de fondo.*

recho. Estas magnitudes convierten al túnel en el más largo del archipiélago canario, superando al de Taurito (2.450 metros, en la GC-1, abierto en 2013), y en el décimo de España, por encima de túneles tan emblemáticos como el de Guadarrama en la AP-6 (2.870 metros). Precisamente su gran longitud, que supone cerca de la mitad del subtramo abierto, es la que permite recortar drásticamente el trazado de la GC-2 respecto a la GC-200.

El túnel se ha excavado a través de terrenos rocosos de calidad media a buena (basaltos y basaltos vacuolares poco alterados), seleccionándose para su ejecución el nuevo método austriaco a sección completa. El sostenimiento se ha realizado mediante una capa de sellado de 5 centímetros de hormigón proyectado y bulones de acero, sobre la que se ha agregado una capa de 5 a 22 centímetros de hormigón proyectado con fibra de acero. Sobre la capa anterior se ha ejecutado una capa de revestimiento de hormigón proyectado con adición de fibras de polipropileno de propiedades ignífugas. En ambos extremos se han ejecutado túneles artificiales para conseguir la máxima integración de la obra con el entorno.

La sección transversal del túnel se ha resuelto mediante una bóveda circular y existen siete galerías de conexión entre tubos situadas cada 400 metros. La plataforma de cada tubo tiene una anchura total de 11 metros, que alberga dos carriles de 3,5 metros de ancho, un arcén de 1,5 metros en el lado del carril derecho y de 1 metro en el lado del carril izquierdo, más dos aceras de 0,75 metros de anchura mínima.

Junto a sus magnitudes, el túnel de La Aldea sobresale también por ser "el más seguro de España", según las constructoras, al incorporar las últimas tecnologías en instalaciones subterráneas y seguridad. El sistema de iluminación está equipado con alumbrado cenital tipo LED, de mayor eficiencia energética que las lámparas de vapor de sodio, balizamiento de guiado LED en el carril derecho, alumbrado de evacuación LED para ca-

Unidades de obra

Excavación a cielo abierto	*1.490.000 m³*
Excavación voladura de túnel	*610.000 m³*
Terraplén	*2.100.000 m³*
Hormigón armado en estructuras	*20.543 m³*
Hormigón ciclópeo en muros	*17.080 m³*
Acero B-500 S	*2.711.220 kgs*
Acero pretensado en tableros	*72.644 kgs*
Suelo cemento	*54.000 m³*
Aglomerado asfáltico en firmes	*46.000 tn*



Los tramos de calzada única incorporan tres carriles de circulación.

so de incendio cada 20 metros y alumbrado de emergencia. La ventilación está asegurada por 16 ventiladores de chorro y un sistema de presurización en las galerías. Despliega un moderno sistema de detección y extinción de incendios (cables sensorizados fibrolaser, 131 extintores y 34 hidrantes para bomberos), postes SOS cada 150 metros (49 en el interior y 4 en el exterior), sistema de detección automática de incidentes cada 100 metros (66 cámaras de televisión), megafonía cada 30 metros y radiocomunicaciones avanzadas para los servicios de seguridad, emergencia, mantenimiento y usuarios. Ambos tubos son gobernados desde el centro de control de Arguineguín, con apoyo del centro de atención inmediata en la boca del túnel lado La Aldea.

Preservación del entorno

El trazado de la GC-2 entre Agaete y La Aldea, de 18 kilómetros, discurre, salvo en sus últimos 4 kilómetros, por un área de especial sensibilidad ambiental, el Parque Natural de Tamadaba, que a su vez es Zona Especial de Conservación (ZEC) y Zona Especial de Protección de Aves (ZEPA), catalogados dentro de la Red Natura 2000. El estudio de impacto ambiental del proyecto estableció la adopción de un completo plan de medidas correctoras y compensatorias, llevado a cabo por las empresas constructoras del tramo La Aldea-El Risco.

Una de las medidas compensatorias más relevantes ha sido la restauración del hábitat de cardonal-tabaibal, formado por dos tipos de arbustos adaptados al clima semiárido grancanario, el cardón (*Euphorbia Canadiensis*) y la tabaiba dulce (*Euphorbia Balsamífera*), que son endémicas de la franja costera de la isla. Desde 2015, las empresas constructoras han procedido a la restauración de dicho hábitat mediante la repoblación de ambas especies arbustivas en una superficie forestal de 228.000 m^2 situada cerca de la nueva carretera.

Otras medidas medioambientales puestas en práctica han sido el ajardinamiento de taludes e isletas, incluyendo malla de coco en el talud del enlace de El Risco, la disposición de muros con cara vista de piedra y la instalación de tres tipos de barreras con tratamiento medioambiental (barreras flexibles de acero-madera en el enlace del Andén Verde, barreras flexibles de acero con color integrado en el entorno y posterior cepillado del efecto madera, y barreras rígidas tipo New Jersey con aplacado de piedra en los trasdoses visibles). El paquete de medidas se ha completado con la vigilancia ambiental durante la obra y la realización de prospecciones arqueológicas.

Renfe Operadora inicia la temporada de trenes turísticos con nuevas e interesantes propuestas

Viajar en tren, todo un placer

Begoña Olabarrieta. Fotos: Renfe Operadora

Con la llegada de la primavera se inician, un año más, los recorridos de los trenes turísticos ofertados por Renfe Operadora, un catálogo de viajes que combina ocio, cultura y gastronomía a bordo de convoyes clásicos y de lujo, y que se consolida año a año. En esta temporada 2017 se presentan nuevas propuestas y nuevos destinos, abarcando más territorio y más facilidades para los viajeros.





Expreso Al-Ándalus.



Expreso de La Robla.

La temporada 2017 de trenes turísticos en España ya está en marcha. Con las primeras salidas de los más emblemáticos, el Transcantábrico en sus dos versiones, Gran Lujo y Clásico, y el Al-Ándalus, se abren los recorridos de estos cruceros sobre raíles por el norte y el sur del país.

Junto a los dos grandes, este año se repiten las rutas por los lugares más emblemáticos de la geografía gallega, con dos nuevas ofertas, y también vuelve el Tren del Peregrino que, una vez más en agosto, saldrá de Madrid para hacer su particular Camino de Santiago, dando la posibilidad a sus viajeros de obtener la Compostela al final del viaje. Para completar el catálogo 2017, una nueva ruta se abre por el oeste, desde Sevilla a Madrid, atravesando tierras extremeñas.

Una apuesta por el turismo ferroviario que sigue consolidándose como una de las más interesantes para viajeros de todo el mundo, como lo atestigua la ocupación masiva de extranjeros en todos los viajes programados. En la pasada temporada 2016 fueron alemanes, americanos, australianos, argentinos, chinos, japoneses y rusos los que mayoritariamente se animaron a participar en alguna de estas experiencias únicas, y se fletaron 7 viajes chárter especialmente programados para ellos.

Con la ampliación de la oferta en 2017, Renfe Operadora espera aumentar esta ocupación, y ya en el inicio de la temporada tiene cerrados 5 chárters a los que espera sumar algunos más antes de que acabe la campaña que, dependiendo de la ruta, se alargará hasta octubre.





▶ *El Al-Ándalus en los andenes de la estación de Córdoba y, al lado, salón del Transcantábrico.*



El expreso de La Robla en la estación del Ferrol.

El éxito, se afirma desde esta entidad pública adscrita al Ministerio de Fomento, radica en su capacidad de adaptar la oferta a la demanda, ofreciendo alternativas de duración, itinerario y tarifas para casi todos los bolsillos, y la opción de viajes a medida. Y los datos respaldan la apuesta, ya que para todos los trenes que operaron el año pasado la ocupación no bajó del 79%, llegando casi a un 96% en el caso del Transcantábrico Gran Lujo.

Los clásicos reinventados

El Al-Ándalus, que inició su andadura en 1985, se consolida cada año como uno de los trenes con mayor arraigo entre los turísticos de lujo del mundo. Sus viaje de 7 días por Andalucía sigue siendo uno de los más demandados por nacionales y extranjeros, que se sumergen en sus coches de estilo belle époque para disfrutar de un alojamiento con todas las comodidades de tiempos pasado mientras recorren los paisajes que les llevan a las ciudades de parada: Sevilla –donde se recibe a los integrantes de la expedición en el emblemático Hotel Alfonso XIII–, Jerez de la Frontera, Cádiz, Ronda, Granada, Baeza, Úbeda y Córdoba.

Además, este año el Al-Ándalus se reinventa. Durante los meses de abril, mayo, septiembre y octubre cubre su trayecto tradicional, pero varía su ruta para via-

Galicia, paso a paso

En Galicia, un año más, se renueva la colaboración con la Xunta de Galicia y el Instituto Ourensán de Desenvolvemento Económico, Inorde, para la circulación de trenes turísticos temáticos, con dos novedades que se añaden a la oferta: la Ruta Ourense Termal, con la que se incorporan las termas de Ourense a las diversas propuestas de viaje, y la Ruta Descubriendo A Coruña, que permitirá a los viajeros conocer esta bella capital y disfrutar también de un circuito termal.

Las excursiones de los trenes temáticos gallegos tienen una duración de un día y permiten al viajero descubrir tanto el patrimonio cultural como la naturaleza gallega.

Las rutas que se proponen en el programa son:

- *Ruta de los Jardines y Pazos Históricos*
- *Ruta de los Faros*
- *Ruta del Vino Ribeiro-Rías Baixas*
- *Ruta del Vino Ribeira Sacra*
- *Ruta del Vino Rías Baixas*
- *Ruta del Vino Monterrei*
- *Ruta del Vino Ribeira Sacra-Valdeorras*
- *Ruta de la Lamprea*
- *Ruta Lugo Romano*
- *Ruta Ourense Termal*
- *Ruta Descubriendo A Coruña*



Detalle de la suite Gran Lujo del Transcantábrico.

jar entre Sevilla y Madrid, y a la inversa, en junio y al inicio de septiembre, con un itinerario que atraviesa el oeste pasando por tierras extremeñas, Toledo y Aranjuez.

Pero si el Al-Ándalus es el tren emblemático del sur, el Transcantábrico es el del norte. Un año más las versiones Clásica y Gran Lujo recorren la fachada cantábrica entre abril y octubre. En 2017 la ruta del Transcantábrico Gran Lujo ofrecerá viajes de 8 días y 7 noches entre San Sebastián y Santiago de Compostela, mientras que el Transcantábrico Clásico permitirá elegir entre el itinerario completo León-Santiago (también de 8 días y 7 noches) o viajes más cortos: Santiago de Compostela-Santander (o viceversa), de 5 días y 4 noches; y León-Santander (o en sentido inverso), de 4 días y 3 noches.

> El Al-Ándalus se consolida año tras año como uno de los trenes turísticos más demandados en el mundo

En estas propuestas de viaje, para cualquiera de las salidas e itinerarios, se incluye el alojamiento en el tren, que durante las noches se detiene en alguna estación del recorrido para facilitar el descanso de los viajeros, excursiones en autobús con guía, y una oferta gastronó-

La nueva ruta extremeña

Este año el Al-Ándalus deja tierras andaluzas en junio y en septiembre para dirigirse al norte, emulando a los viajeros de la Ruta de la Plata y llegar a Madrid, no sin parar antes en Toledo y en Aranjuez. Un camino que recorrerá vestigios arqueológicos, ciudades medievales y naturaleza antes de llegar a la capital.

Tiene 2 salidas, el 17 de junio emprende camino desde Sevilla hacia Madrid, y el 12 de septiembre recorre el camino de regreso con las mismas paradas.

Sevilla / Madrid (6 días-5 noches) *

Día 1: Sevilla-Zafra. Con recepción de viajeros en el emblemático hotel Alfonso XIII y recorrido por la capital hispalense. Una vez embarcados en el tren se inicia el camino adentrándose en Extremadura con la primera parada en Zafra, histórica ciudad que conserva importantes huellas de su rico pasado.

Día 2: Zafra-Mérida. Se inicia el camino hacia la Emérita Augusta de los Romanos, la actual Mérida, no sin antes visitar una finca de cerdo ibérico y el Lago Proserpina, para más tarde perderse por los vestigios romanos de la ciudad.

Día 3: Mérida-Cáceres. Recorrido por la ciudad monumental, declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

Día 4: Cáceres-Monfragüe. Pocos lugares como el Parque Nacional de Monfragüe, que alberga más de 200 especies de vertebrados, permiten al viajero observar el vuelo de los buitres en todo su esplendor.

Día 5: Monfragüe-Torrijos-Toledo-Aranjuez. El Al-Ándalus se detiene en Torrijos, desde donde se accede en autobús a la monumental Toledo, declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, un lugar donde las culturas cristiana, musulmana y judía convivieron durante siglos.

Día 6: Aranjuez-Madrid. Visita al Real Sitio con su magnífico Palacio Real y sus extensos jardines, antes de visitar la histórica bodega Carlos III. De regreso al tren, tras un almuerzo de despedida a bordo del Al Ándalus, se llega Madrid, final del viaje.

** Itinerario de salida del Al Ándalus en junio. La salida de septiembre se realizará desde Madrid y hará el recorrido inverso.*



El Transcantábrico a su paso por los impresionantes paisajes norteños y, debajo, uno de los salones con mirador.

mica que va variando y adaptándose a las especialidades de cada parada del camino, tanto a bordo del tren, como en los restaurantes de las ciudades que se visitan.

Y, para mejorar su experiencia, los viajeros, tanto del Al-Ándalus como del Transcantábrico, pueden disfrutar de un descuento del 50% en AVE y en Alvia para los traslados de acercamiento hasta el punto de inicio del itinerario turístico, además de contar con el servicio de equipajes puerta a puerta.

Un servicio de equipajes que también se incluye en la propuesta del Expreso de La Robla, quizá el más clásico de todos los trenes que se ofertan cada año. El renovado "tren hullero", como se le conocía antaño, recorre la antigua ruta que daba servicio a las zonas mineras del norte de España, ofreciendo hoy dos itinerarios: el de La Robla, entre León y Bilbao (o viceversa) por el trazado que seguía el convoy de mineral, y el Paraíso Verde, la denominación que se ha dado al recorrido que este tren realiza por la cornisa Cantábrica, entre Bilbao y Oviedo (o en sentido contrario).



El Tren del Peregrino

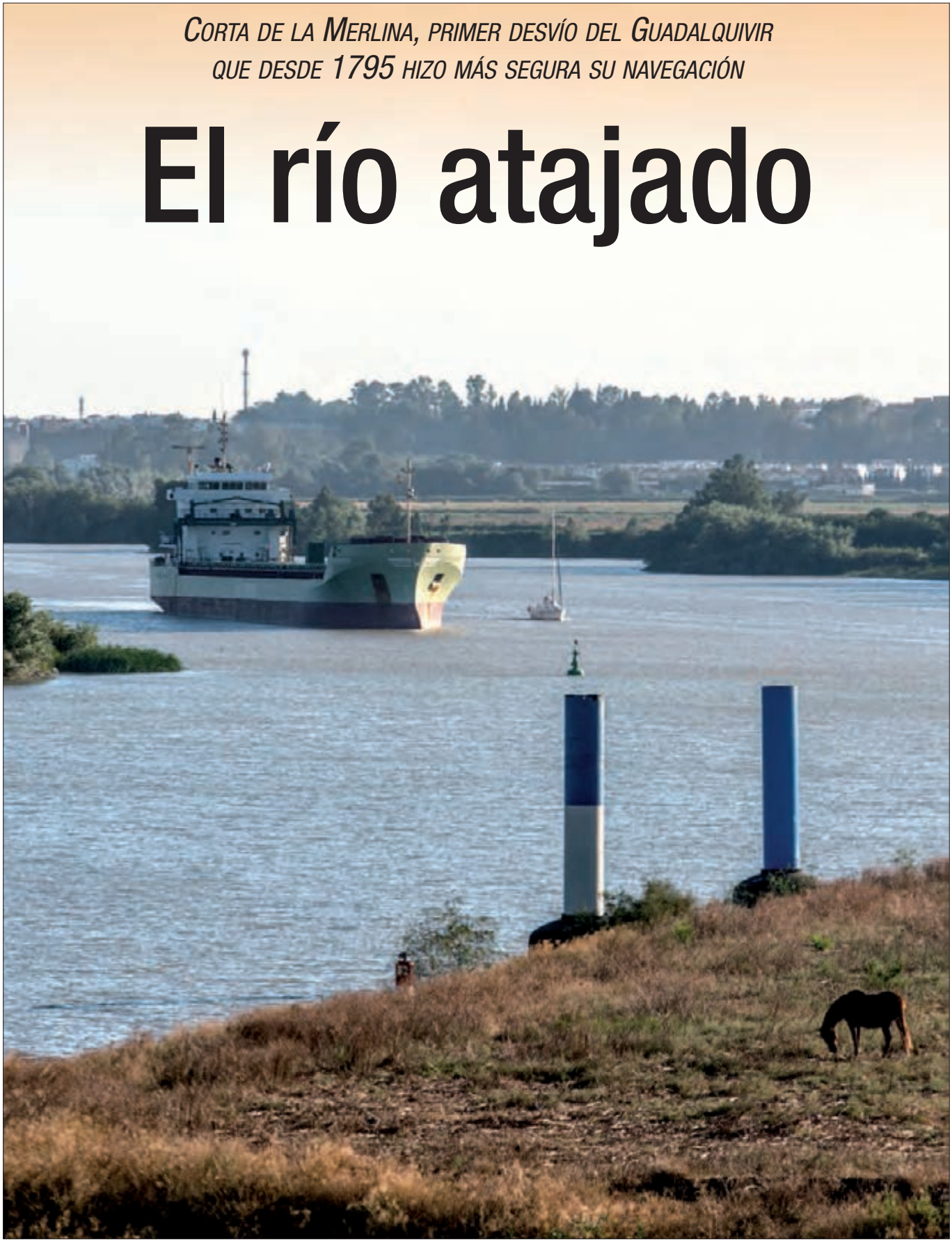
Iniciando su tercer año de andadura, el Tren del Peregrino volverá a adentrarse por el Camino de Santiago con cuatro salidas, todas en agosto, de 5 días (4 noches). En realidad es un hotel rodante que ofrece alojamiento y desayuno en una cabina Gran Clase con baño, acompañando a los peregrinos hasta el inicio de cada etapa del camino y recogiéndolos cuando la finalizan. Una forma de peregrinaje diferente y confortable atravesando algunas de las poblaciones del camino portugués, como Tui, O Porriño, Mos, Redondela, Arcade, San Amaro, Villagarcía de Arousa, Cambados, O Grove, Caldas de Rei, Valga, Padrón o Teo.

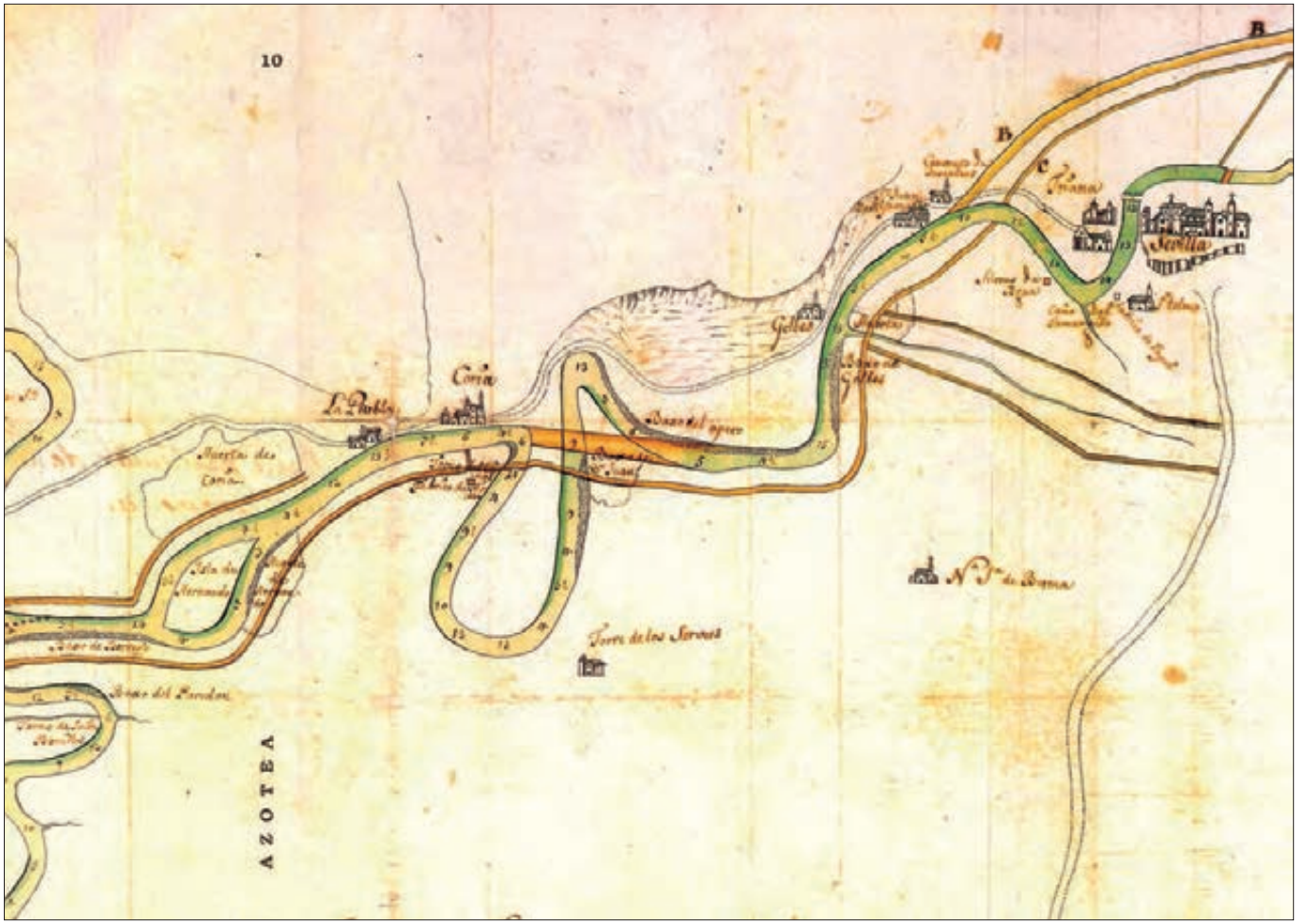
Además, aquellos que lo deseen podrán conseguir la Compostela al final del viaje si recorren a pie algunas etapas cuya longitud sumada les permita acceder a ella.

Por el norte, por el sur y ahora también por el oeste, la experiencia acumulada y la calidad de los servicios prestados en estos cruceros sobre raíles han permitido que los turísticos de Renfe se sitúen como referente mundial en el sector de los trenes de lujo.

Corta de la Merlina, primer desvío del Guadalquivir que desde 1795 hizo más segura su navegación

El río atajado





▶ *Mapa histórico del cauce del Guadalquivir, con la corta de la Merlina (en color naranja) junto a Coria y el meandro al que elimina. Página opuesta, navegación actual por el cauce del río.*

Javier R. Ventosa. Fotos: Ayuntamiento de Coria del Río y Autoridad Portuaria de Sevilla

Desde los tiempos de la aventura americana, la navegabilidad del río Guadalquivir fue un asunto de capital importancia para gobernantes, navegantes y comerciantes, preocupados por solventar los problemas causados por barras y bajos o por reducir la larga navegación entre Sevilla y el mar. Ya desde el siglo XVIII la ingeniería hidráulica proyectó diversas soluciones para hacer más segura y rápida la travesía. La construcción de la corta de la Merlina, de la que se conmemora el 223 aniversario, marcó el inicio de una larga lista de obras en los dos siglos posteriores para mejorar las condiciones de navegabilidad del río.

El río Guadalquivir ha sido históricamente fuente de vida, riqueza y progreso para Sevilla, fundada junto a su cauce. El río da salida al mar a la ciudad, la ubicó en el mundo como centro del comercio con América gracias a la protección brindada por su puerto interior y propició su época de mayor esplendor económico y cultural. Pero el gran río también la ha maltratado con inundaciones y ha presentado siempre importantes problemas de navegabilidad. La pérdida del monopolio del comercio de Indias en favor del puerto oceánico de Cádiz, en 1717, debe explicarse, entre otras razones, por la insegura, sinuosa y lenta navegación entre Sevilla y la desembocadura debido a factores tan perjudiciales como la barra de Sanlúcar, los calados reducidos por la continua sedimentación de materiales del río y los problemas derivados de los meandros o tornos en su trazado, todos ellos causantes de naufragios y otros accidentes.

El torno de Coria o de Merlina, una cerrada y amplia curva de 10 kilómetros de longitud situada unos 12 kilómetros aguas abajo de Sevilla, junto a Coria del Río, ha sido desde siempre un punto de difícil navegación en

el río, el último gran obstáculo para llegar al puerto sevillano o el primero a sortear en el camino hacia las Indias. Era temido por los pilotos debido a la existencia de dos peligrosos bajos (Torre de los Herveros y Casa del Padre don Juan) que dificultaban o impedían el paso de buques de cierto calado y, sobre todo, a la extrema lentitud del avance por las aguas de esta zona ("Amanecer en Coria, atardecer en Coria", proclamaban los navegantes al aludir a este torno). Era tal la dificultad que entrañaba para la navegación que los barcos tardaban casi un día en dar la vuelta al lóbulo del meandro. Debido a estos condicionantes, el puerto de Coria fue escenario para el alijo de carga de navíos con destino a Sevilla y zona de descanso para viajeros que preferían evitar el largo rodeo, además de aduana. La zona también sirvió como fondeadero ante el progresivo encenegamiento del cauce.

Tanto los problemas causados a la navegación por bajos y tornos similares al de Merlina como los derivados de las periódicas inundaciones del río son históricamente conocidos a través de textos, noticias y quejas, pero durante los siglos XVI y XVII, el periodo de máxima actividad comercial con las Indias por el río, no hubo ninguna iniciativa para darles solución. Habría que esperar para ello al siglo XVIII. Expertos como el catedrático y exrector de la Universidad Internacional de Andalucía Juan Manuel Suárez Japón, autor de *Notas para la geo-historia del Bajo Guadalquivir: la corta de Merlina (1795)* y de varias publicaciones sobre el río, no esconden su sorpresa ante la tardía toma de decisiones al respecto –cuando Sevilla ya había perdido el monopolio comercial con América, debido en parte a la incapacidad del río para sostener una navegación segura– y la sensación de una cierta dejadez por parte de las autoridades ante una cuestión tan trascendente para la ciudad y esta región andaluza.

.\ Primeros proyectos

A partir del siglo XVIII, la llegada de la dinastía borbónica al trono español supuso un importante impulso en la modernización de infraestructuras de transporte y de regadío para sacar al país de su secular atraso, traducido en la realización de obras de ingeniería hidráu-

Conmemoración

El pasado 27 de abril se celebró en Coria del Río el 223 aniversario de la corta de la Merlina, con participación del presidente de la Autoridad Portuaria de Sevilla, Manuel Gracia, y el alcalde de esta localidad sevillana, Modesto González, entre otros, Durante el acto, celebrado junto al paseo marítimo del municipio, ambos mandatarios descubrieron un monumento conmemorativo con un mapa histórico de la corta. También realizaron dos actos simbólicos que ponen de manifiesto la histórica y estrecha relación entre el puerto de Sevilla y Coria del Río: por un lado, inauguraron la avenida corta de la Merlina, tramo urbano de la carretera Coria del Río-Sevilla (A-8058), y por otro, el presidente de la Autoridad Portuaria cedió al municipio coriano un ancla del patrimonio industrial del puerto hispalense.





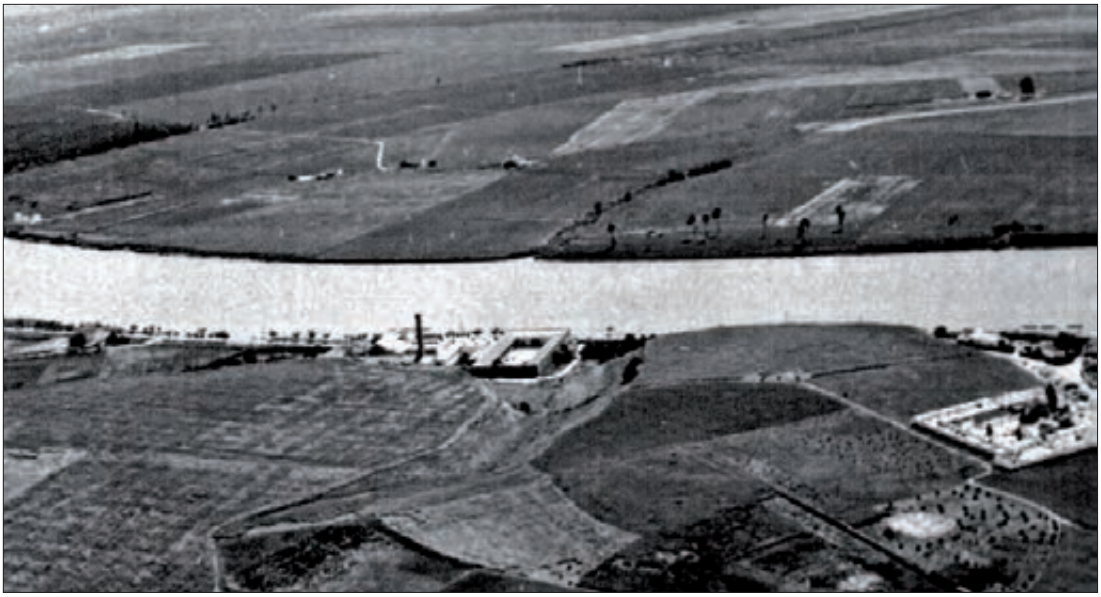
Vista aérea de Coria del Río y del cauce del Guadalquivir, parte del cual corresponde a la torna de la Merlina. En la parte inferior, la carretera de Coria a Sevilla.

lica tan relevantes como el Canal de Castilla y el Canal Imperial de Aragón. Es en este nuevo clima donde comienzan a sucederse los proyectos para mejorar la navegabilidad del río Guadalquivir. En su conjunto, estos proyectos giraban en torno a dos orientaciones políticas de la época sobre cómo llevar el progreso a Andalucía: por un lado, la continuación del viejo sueño de hacer navegable el tramo fluvial Sevilla-Córdoba y, por otro, la eliminación de los tornos perjudiciales tanto por su incidencia en la navegación como por acentuar los daños de las frecuentes riadas en la ciudad y en los campos de la vega hispalense. En este segundo aspecto, la eliminación del torno de Merlina fue siempre prioritaria.

Tras dos siglos sin iniciativas, en el XVIII se sucedieron los proyectos para mejorar la navegabilidad del Guadalquivir

Proyectos como los de Alberto Mienson (1720), Matías de Figueroa (1745) o Ignacio Salas (1746) ya trazaron una temprana solución teórica para el torno de Merlina, aunque debido a diversas circunstancias no se llevaron a la práctica. Igual suerte corrió un plan para ejecutar varias cortas en el cauce fluvial, aprobado por el Cabildo de Sevilla en 1749, que autorizó al conde de Mejorada para solicitar al rey Fernando VI ayuda a tal efecto. Pero la gravedad del problema ya había alcanzado las altas instancias políticas y 11 años después, en 1760, el Supremo Consejo, principal centro de poder de la estructura política borbónica, aprobó la autorización para ejecutar la corta del torno de Merlina, encomendándose su puesta en marcha definitiva al Real Consulado. No obstante, aún pasaría más de un tercio de siglo hasta el inicio de las obras.

Durante este largo periodo, la navegabilidad por el Guadalquivir se había deteriorado de forma muy notable, como refleja un informe del Real Consulado, de la década de los 90, con testimonios de los pilotos encargados de dirigir la navegación por el río, que hacían hincapié en las dificultades en el torno de Coria, donde los calados apenas superaban los 2 metros. “El bajo de la Torre de Herveros, que se ha hecho ya uno con el de la Casa del Padre don Juan, ha cortado ya el paso a las embarcaciones de alguna cala”, afirman, y concluyen más adelante diciendo que “a excepción de lo que coge el torno de la Merlina y el bajo de la Torre de los Herveros y Casa del Padre don Juan, se halla este río en una regular navegación en los tiempos de pleamar hasta Sevilla” y que pese a ello, “esta navegación va cortándose e inutilizándose diariamente por los predichos bajos”, por lo que dicen “estar firmemente persuadidos que remediando éstos, el río por sí mismo mejorará los otros”. El diagnóstico estaba claro y el Real Consulado actuó en consecuencia.



Cauce del río Guadalquivir cerca de Coria del Río en 1954.

Este organismo, con competencias para entender de todo lo relacionado con el río y su gobierno, creó una comisión destinada a estudiar los proyectos para solucionar el problema del torno de Merlina, comisión que encabezó el ingeniero hidráulico italiano Scipión Perosini, designado a tal efecto por el rey Carlos IV. Perosini había destacado en Cádiz por sus obras de la canalización de las aguas del Tempul y la rehabilitación del acueducto romano de Jerez. La comisión rechazó, entre otros, los proyectos de Francisco José de Pizarro, maestro de matemáticas del Real Seminario de San Telmo, Manuel Bernardo Mateos, arquitecto mayor de Sevilla, y Félix Caraza, arquitecto hidráulico, que proponían diversas soluciones. Entre ellas destacaba una obra de

Las cortas en el Guadalquivir

En 1720 el recorrido fluvial entre Sevilla y el mar era de 127,5 kilómetros. Ahora son apenas 79. Esta diferencia responde a las cortas construidas en el Bajo Guadalquivir para mejorar las condiciones de navegabilidad del río mediante la eliminación de meandros o tornos que ralentizaban la navegación y su sustitución por cauces artificiales, terminando así con la sedimentación de los arrastres y los problemas de calado de los barcos. También actuaban como protección para evitar las inundaciones en Sevilla. A continuación se detallan las principales por orden cronológico:

Corta de la Merlina (1795). *Cauce de 627 metros en Coria del Río que evitó un meandro de 10 kilómetros.*

Corta Fernandina (1816). *Construida aguas arriba de la Isla Menor, su trazado de 1.600 metros eliminó el meandro de Borrego y redujo el recorrido navegable del río en 16 kilómetros.*

Corta de los Jerónimos (1888). *6,6 nuevos kilómetros a la altura de la Isla Mínima que eliminaron dos bajos y ahorraron 13 kilómetros respecto al cauce original.*

Corta de Tablada o canal de Alfonso XIII (1926). *Elemento central del Plan Moliní (1909-1926), proyecto de mejora del puerto de Sevilla, la ría del Guadalquivir y su desembocadura. Supuso la creación de un canal de 5.860 metros para unir dos tornos y acortar el cauce en 4 kilómetros. Permitió crear una nueva zona portuaria (El Arenal) y un desarrollo urbano donde se celebró la Exposición Iberoamericana de 1929.*

Corta de la Vega de Triana (1949). *Parte del plan Delgado Brackenbury (1929-1951) destinado a evitar las inundaciones del puerto nuevo y proteger la zona de Triana. Las actuaciones comprendieron la apertura de un cauce de 3,5 kilómetros (Cartuja-brazo de San Juan de Aznalfarache) protegido por un muro de defensa, el cerramiento de Chapina y la esclusa de Punta del Verde.*

Corta de la Punta del Verde (1971). *Cauce de 3 kilómetros que suprimió un acusado meandro que formaba el río a la salida o entrada de la nueva esclusa.*

Corta de los Olivillos (1971). *Obra que eliminó un meandro en Isla Menor y conectó con la corta Fernandina.*

Corta de la Isleta (1972). *Nuevo canal a través de la isleta de Hernando que suprimió un recodo del río al sur de Puebla del Río.*

Corta de la Cartuja (1982). *Canal de 6 kilómetros dotado de muros de protección que suprimió el paso por el meandro de San Jerónimo, cuyas defensas estaban socavadas. Eliminó el peligro de inundaciones y ganó para la ciudad un nuevo espacio urbanizable que se denominó Isla de la Cartuja, donde se celebró la Expo 92. Las obras, desarrolladas entre 1975 y 1982, fueron sufragadas por el Ministerio de Obras Públicas.*



Las cortas han reducido en más de 40 kilómetros el trayecto navegable del río entre Sevilla y la desembocadura en el mar.

gran envergadura para salvar el meandro mediante la construcción de un canal que, a través de la margen derecha, rodeaba el casco de Coria del Río.

Obras en tiempo récord

El proyecto finalmente elegido aportaba la solución más sencilla, una corta similar a la propuesta casi 75 años antes por Mienson: salvar con un tramo recto la corta distancia que separaba los dos extremos del meandro. Las obras, dirigidas por el propio Perosini y sufragadas por la Hacienda Pública, se desarrollaron entre septiembre de 1794 y diciembre de 1795, un tiempo récord considerando los medios mecánicos de la época y que también se benefició de la ausencia de crecidas que hubieran ralentizado las actuaciones. Consistieron en la apertura cerca de Coria de un nuevo canal o cauce de 750 varas lineales de longitud (unos 600 metros) y anchura de entre 50 y 75 metros, siendo su profundidad de 4 a 5 metros, aunque otras versiones amplían estas magnitudes. Una gran crecida del río al término de las obras contribuyó a ensanchar el nuevo cauce.

Con la corta, por tanto, se consiguió eliminar el problemático torno y sus temidos bajos, sustituyendo un trazado de 10 kilómetros que suponía horas de navegación por otro más corto que disminuía el tiempo de paso de navíos y permitía un mayor calado de los mismos, mejorando así las condiciones de navegabilidad y, en definitiva, facilitando el acceso entre Sevilla y el mar con seguridad, como reflejan los informes posteriores a la obra.

La corta de la Merlina, de cuyo inicio se conmemoran ahora 223 años, fue un hito de la ingeniería hidráulica en España en el siglo XVIII. Como primera obra de este tipo que se realizó en el Guadalquivir, marcó el inicio de una serie de actuaciones desarrolladas en los siglos XIX y XX destinadas a mejorar la navegabilidad del río, entre ellas ocho cortas realizadas en distintos puntos del cauce que han reducido el trayecto entre Sevilla y el mar, la última de las cuales se completó en 1982 en la capital hispalense. ▮



La Compañía Auxiliar de Ferrocarriles (CAF) cumple 100 años

Un siglo de innovación



En la imagen superior izquierda, plantilla de trabajadores posando junto al primer vagón salido de talleres y, debajo, unas de las primeras locomotoras de vapor de la fábrica de Beasain. A la derecha, tren de Alta Velocidad Oaris en la estación de Zaragoza-Delicias.



Begoña Olabarrieta. Fotos: CAF

Grupo multinacional de sistemas integrales de transporte, con presencia en los 5 continentes y a la vanguardia de la tecnología, la Compañía Auxiliar de Ferrocarriles (CAF) acaba de cumplir 100 años. Un centenario que recorre la historia del ferrocarril, de años de progreso e incertidumbre, de la llegada de nuevos tiempos y de la alta velocidad, de las producciones casi artesanales, a las nuevas tendencias de un futuro cada vez más cercano.

El nacimiento de la Compañía Auxiliar de Ferrocarriles (CAF) se remonta a 1917, en una convulsa Europa inmersa en la Primera Guerra Mundial. Una situación que, pese a la neutralidad de España ante el conflicto, afectó a las empresas y a los empresarios de la época.

Una de ellas la Sociedad Española de Construcciones Metálicas, que desde su fábrica de vagones de Beasain intentaba hacer frente a las complicaciones económicas, materiales y diplomáticas derivadas de la guerra, que ponían en riesgo su continuidad. La solución para salir del aprieto fue la creación de la Compañía Auxiliar de Ferrocarriles, que arrendó la fábrica de vagones vasca y consiguió hacer frente a la situación con el respaldo de capital francés; no en vano el país vecino fue uno de sus mayores clientes en aquel tiempo.

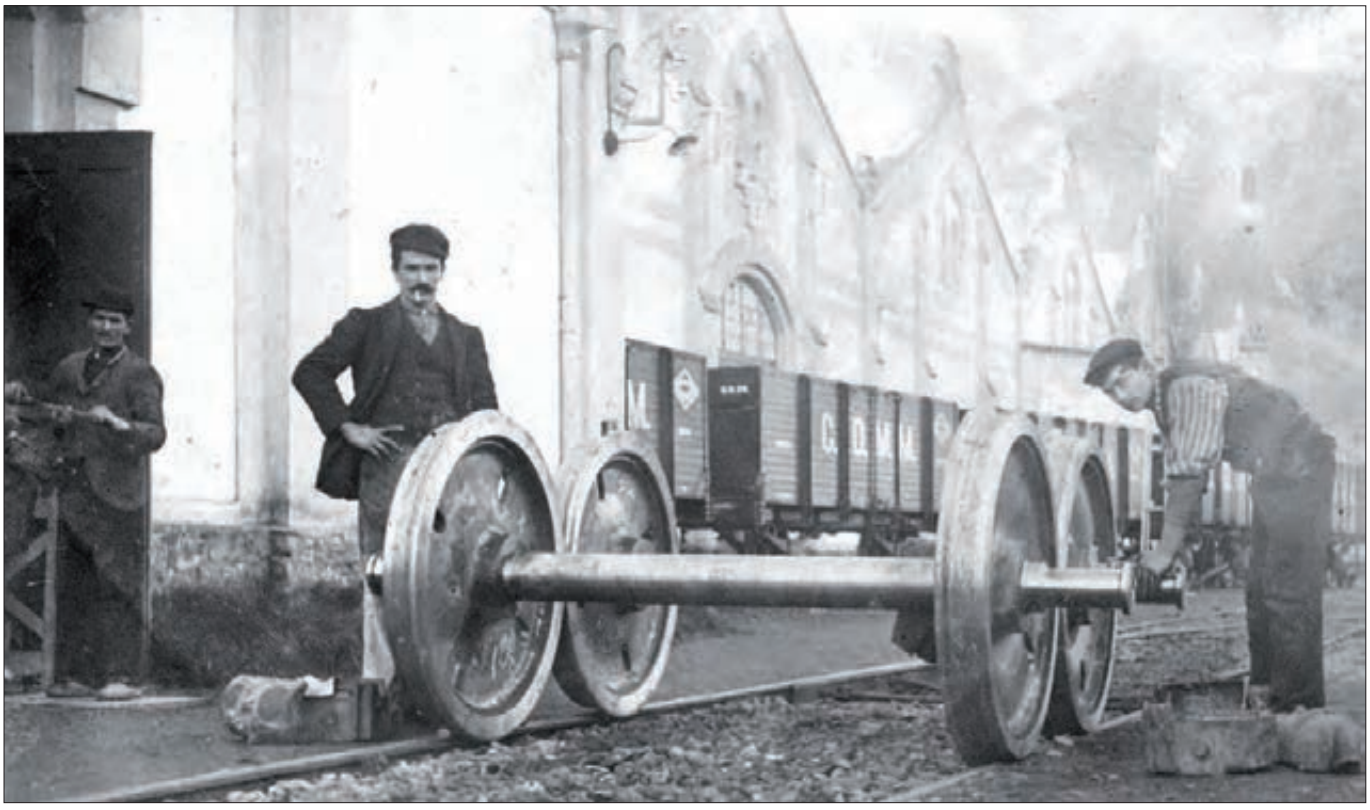


Hacia 1971 CAF inicia una nueva etapa de modernización y expansión construyendo una nueva factoría en Zaragoza

Superando obstáculos

Bajo su nueva denominación, la compañía se creó, tal y como se hace referencia en sus documentos fundacionales, para la construcción, compra, venta o alquiler de vagones y de otros elementos relacionados destinados al transporte y la explotación de caminos de hierro y tranvías.

Central de fuerza de la fábrica de Beasain hacia 1920. Debajo, operarios posando junto a dos ejes con ruedas recién salidos de talleres.





Y, salvados los obstáculos, el negocio prosperó. Tras aquella primera andadura, y ya con el conflicto europeo finalizado, la compañía decide comprar la fábrica de Beasain unos años más tarde, en 1925; pero aún tendría que enfrentar años y tiempos difíciles, esta vez en territorio español, derivados de la situación política y económica y de la Guerra Civil, que conllevó la militarización de las instalaciones y de la producción.

Sobreviviendo de nuevo a los malos tiempos, CAF comienza su expansión con el arriendo de talleres en Irún y en Madrid en los años 40, adquiriendo parte de la Sociedad de Material Móvil y Construcciones de Zaragoza en 1947.

Pero será en los años 70 del pasado siglo cuando la compañía comience una andadura que determinará lo que es hoy en día. Entre 1971 y 1973 se construye una nueva factoría en Zaragoza y, pocos años después, ya en los 80, comienza su reorganización y modernización,

Uno de los primeros coches fabricados en la factoría de Beasain y, debajo modelo Alaris de la serie 120 de Renfe.





▶ *Tranvía circulando en las calles de la ciudad de Houston.*

Vanguardia en Alta Velocidad

Fruto de la apuesta decidida por la investigación y la innovación continuas fue la fabricación y entrega del primer tren de alta velocidad con ancho variable y bitensión en 2004, y el lanzamiento de Oaris en 2011, una de las soluciones emblemáticas de la compañía, una familia de trenes de muy alta velocidad que puede alcanzar los 350 km/h, diseñada con tecnología propia de máxima fiabilidad, a la vanguardia en diseño, accesibilidad, seguridad y confort, que se exporta más allá de nuestras fronteras.

A él se unen, entre otros, los metros automáticos para Helsinki y Santiago de Chile, o del Civity para el Reino Unido.

Proyectos de vanguardia con cien años de historia que hoy van más allá de la construcción, apostando por la movilidad sostenible, con soluciones ferroviarias globales y completas que además del suministro de trenes incluyen estudios de viabilidad, obra civil, electrificación, señalización, mantenimiento y operación del sistema en algunos casos. Como aseguran desde la propia compañía, cien años construyendo futuro.

un camino que culminará en 1996 con la consolidación de su presencia internacional. Lejos quedaban ya aquellos primeros años en los que se trabajaba con algo más de 1.600 empleados que, como muestran la fotos históricas, posaban orgullosos junto a los vagones que salían de sus fábricas.

.\ Líder internacional

Hoy, cien años después de su inicio, CAF es una empresa internacional líder en proyectos integrales de transporte, tiene oficinas en los cinco continentes, conserva la mítica fábrica de Beasain, y las de Irún y Zaragoza, a las que se unen también otras en territorio español y fuera de él, como en Francia, Estados Unidos, Brasil y México.

Exponente de I+D+i, en su oferta de servicios integrales de material rodante, rodajes, equipos de tracción y comunicación, señalización y sistemas de transporte, otro de sus hitos más decisivos fue la inauguración en 2002 del Centro Tecnológico Integral de Mantenimiento Ferroviario, una decidida apuesta por la investigación y el desarrollo. ▮



SUSCRÍBASE A LA EDICIÓN IMPRESA

Revista del Ministerio de
Fomento

TARJETA DE SUSCRIPCIÓN

NOMBRE Y APELLIDOS/EMPRESA ..... **N.I.F.** .....

DOMICILIO ..... **Nº** .....

LOCALIDAD ..... **PROVINCIA** ..... **C. P.** .....

PAÍS ..... **TELÉFONO** ..... **CORREO ELECTRÓNICO** .....

MODALIDAD DE SUSCRIPCIÓN	ESPAÑA	EXTRANJERO
☐ 1 año (11 números)	**25 €**	**35 €**
☐ 2 años (22 números)	**40 €**	**50 €**

Envíenme gratis la el nº extraordinario *"Alta velocidad en España 1992-2011"* que regalan por una suscripción de dos años*
**(Hasta agotar existencias)*

FORMA DE PAGO ☐ **Envío cheque adjunto** ☐ **Envío giro postal nº** ..... ☐ **Domiciliación bancaria** (sólo suscriptores)

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal, usted tiene derecho al acceso, cancelación, rectificación y oposición de los datos facilitados mediante solicitud por escrito a : Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. E-mail: cpublic@fomento.es

Enviar a: **Revista del Ministerio de Fomento**
Pº de la Castellana, 67. 28071 Madrid. **Información y suscripciones: 91 597 64 49.** **Correo electrónico: cpublic@fomento.es**

DOMICILIACIÓN BANCARIA

Entidad bancaria .....

Domicilio entidad ..... Nº .....

C.P. ..... Localidad ..... Provincia .....

Muy Sres. míos:
Ruego que, con cargo a mi cuenta y hasta nuevo aviso, atiendan el pago de los recibos correspondientes a mi suscripción que les presentará al cobro la Revista del Ministerio de Fomento, editada por el Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento.

Les saluda atentamente
(firma)

CÓDIGO IBAN CUENTA CLIENTE																															
E	S																														

....., de ..... de 201

EL TITULAR, Fdo. .....

Enviar a: **Revista del Ministerio de Fomento. Pº de la Castellana, 67. 28071 Madrid.**



Vista de la sala de la Arquería de Nuevos Ministerios.

Eduardo Torroja: Propuestas para la Bahía de Cádiz 1927-28

Visiones anticipadas

Redacción R. Fomento

La Sala Sert de la Arquería de Nuevos Ministerios acoge hasta el 4 de junio la exposición "Eduardo Torroja: Propuestas para la Bahía de Cádiz 1927-28", en la que se muestran sendos proyectos del ingeniero madrileño que anticipan dos de las soluciones que bastantes décadas más tarde darían respuesta a dos históricas carencias de la ciudad y su entorno: un moderno puente que agilizara las comunicaciones, evitando el rodeo por la bahía, y un gran puerto que concentrara el grueso de la actividad industrial y comercial.

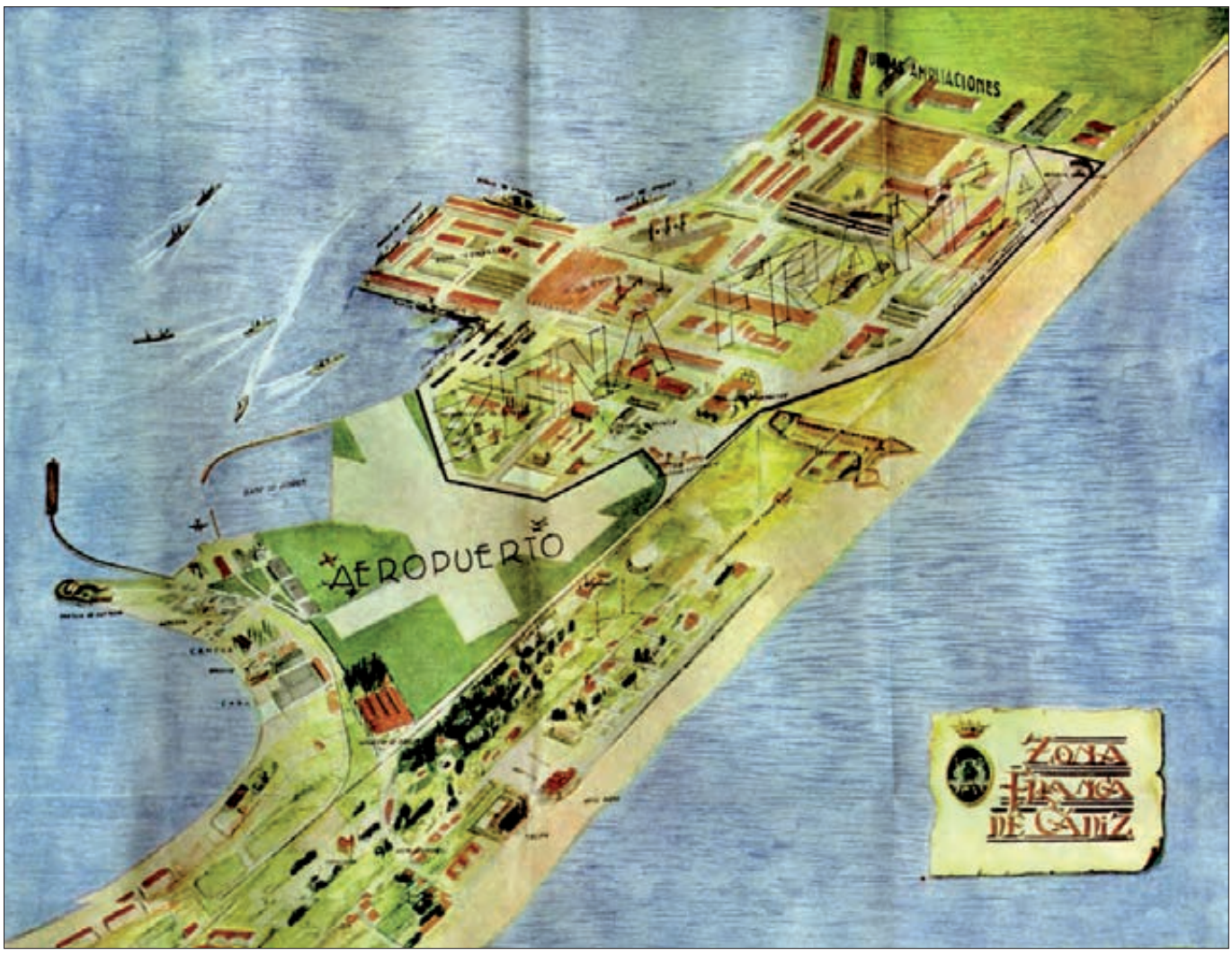
Organizada conjuntamente por el Colegio Oficial de Arquitectos de Cádiz, el Consorcio de la Zona Franca de Cádiz, la Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz, la Fundación Eduardo Torroja y la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo del Ministerio de Fomento, la exposición *Eduardo Torroja: Propuestas para la bahía de Cádiz, 1927-1928* muestra con detalle dos proyectos, ideados por el insigne ingeniero madrileño, en los que latía una adelantada visión para reordenar los espacios y agilizar las comunicaciones en un área tradicionalmente muy densamente poblada y sometida, al tiempo, a enormes condicionantes geográficos como el de la bahía gaditana.

La exposición rescata concretamente dos de esos proyectos, concebidos en la segunda mitad de los años veinte del pasado siglo, durante una de las etapas más productivas y brillantes de Torroja, de quien el gran arquitecto norteamericano Frank Lloyd Wright dijo que era "el más grande ingeniero vivo". El primero de ellos es el que recoge la construcción del puente entre Matagorda y Puntales, cuyo trazado debía acortar el acceso a la ciudad evitando el rodeo por San Fernando, una idea pionera en gran medida de los puentes levantados años más tarde, el León de Carranza y, el más reciente, de la Constitución.

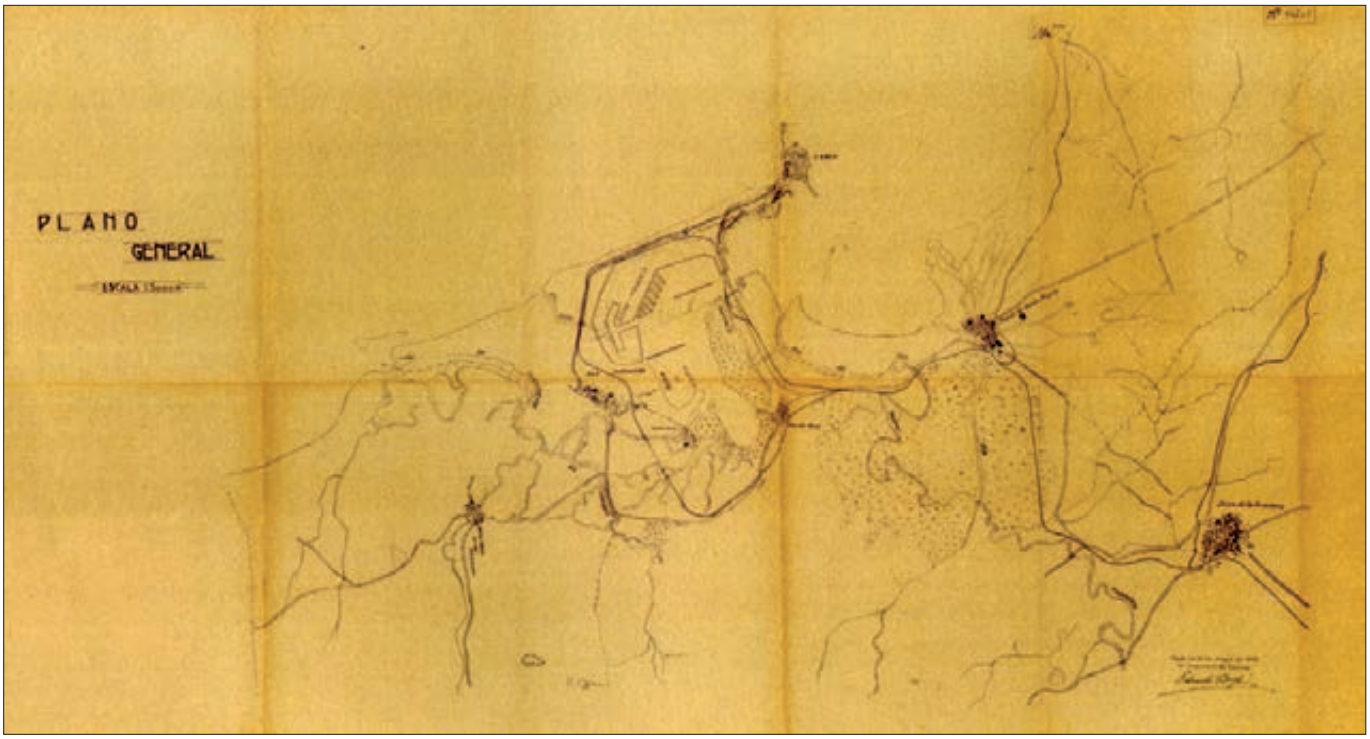
Por su parte, el segundo proyecto contiene el diseño completo de un gran complejo portuario. Con ello, Torroja pretendía dotar a la ciudad de una gran moderna, eficaz y bien comunicada zona portuaria, en la que, además del tráfico portuario, se concentrase el grueso de la actividad industrial y marítima, anticipando en 90 años lo que hoy es, la ya consolidada realidad de la Zona Franca.

Una antigua necesidad

Como explica Ricardo Sánchez Lampreave, comisario de la exposición, ambos proyectos eran ya una necesidad latente en el siglo XVIII, con el auge comercial de la ciudad. El mismo accidente geográfico que la fa-



Plano en perspectiva del proyecto de Zona Franca de Cádiz aprobado por el Ministerio de Obras Públicas en 1951.



vorecía como abrigo marítimo amplio y seguro, se convertía a la vez en rémora que dificultaba la relación entre las distintas actividades y poblaciones diseminadas en el extenso perímetro costero. A mediados del XIX, el debate sobre el mejor emplazamiento para acoger una amplia y moderna zona portuaria, que facilitara la descarga de los grandes navíos-por entonces estos fondeaban casi en el centro de la bahía, y las mercancías se descargaban y transportaban luego mediante embarcaciones más pequeñas que llegaban hasta la playa, donde aguardaban las carretas tiradas por bueyes y caballerías- estaba aún en todo su apogeo. A los argumentos de índole técnica acerca de dónde situar el moderno puerto, muchas veces se superponían también razones e intereses de fondo político. Pero finalmente, en 1865, una Real Orden de la Autoridad Portuaria de la Administración Central estableció un lugar y un proyecto definitivo, ampliando los muelles junto a la zona de murallas y entre el dique de San Felipe y el muelle de Capitanía.

La realidad de un gran complejo portuario gaditano no comenzó, sin embargo, a gestarse sino hacia finales de los años 20 del siglo pasado, al hilo de las oportunidades derivadas de un nuevo ordenamiento legal amparando la creación de zonas francas, exentas de determinadas tasas arancelarias, que debían acoger nuevas instalaciones industriales y depósitos y almacenes para el comercio junto a las instalaciones portuarias. Y es precisamente en este contexto en el que surgen las dos propuestas de Eduardo Torroja ahora mostradas en detalle en la Sala de las Arquerías del Ministerio de Fomento.

Hacia un puente necesario

Con anterioridad, Eduardo Torroja, recién licenciado como ingeniero, había encontrado su primera oportunidad profesional en la empresa constructora Hidrocivil, creada por José Eugenio Ribera. Con ella ya había trabajado en dos importantes obras en la provincia gaditana: la cimentación del puente de Sancti-Petri y el acueducto de Tempul en Jerez de la Frontera. Los fre-

Plano general del proyecto deTorroja para la Zona Franca gaditana. Debajo, un aspecto de la exposición.



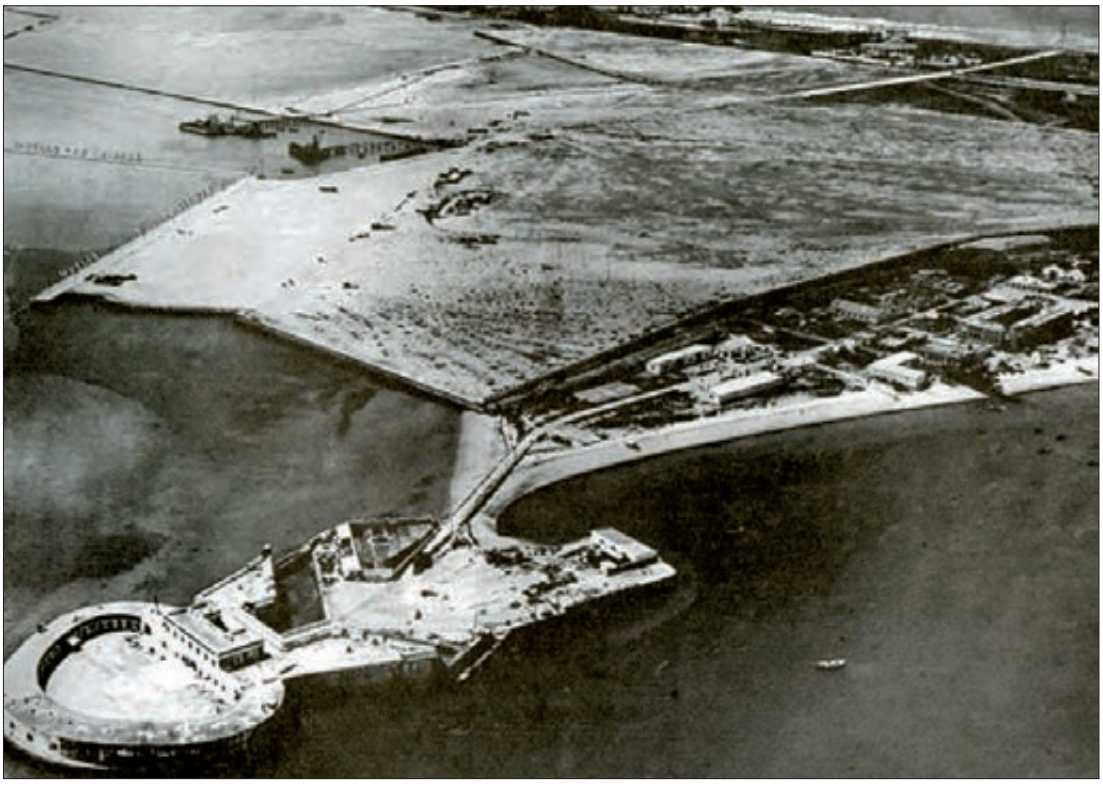


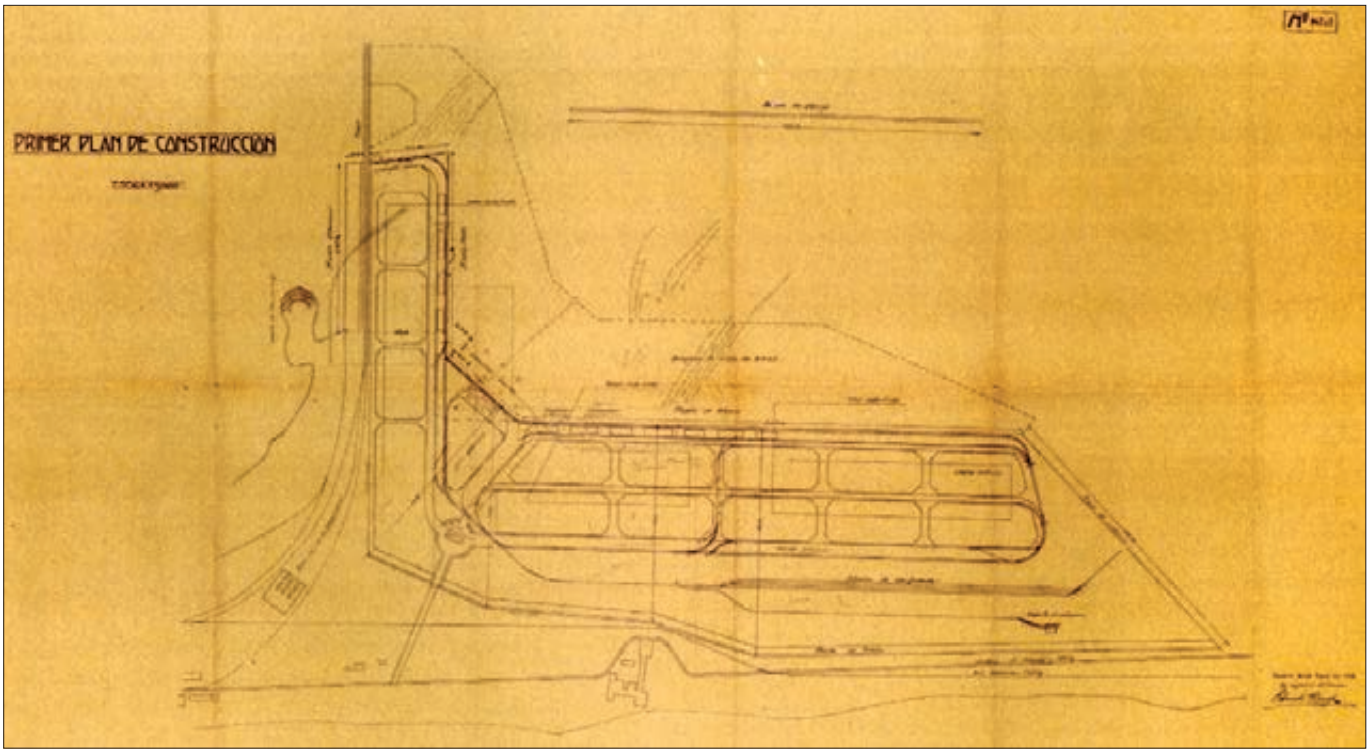
Sobre estas líneas, plano de la Zona Franca. José Romero Carrasco. Archivo Histórico de la Zona Franca de Cádiz. En la imagen inferior, rellenos efectuados en la Zona Franca hacia 1950. Archivo Histórico de la Zona Franca de Cádiz.

cuentes viajes a Cádiz y su provincia con motivo de esas obras, como bien indica Sánchez de Lampreave, le hicieron detectar muy pronto muchos de los problemas y carencias de infraestructuras que sufría la zona, muy singularmente los de abastecimiento de aguas en los pueblos de la campiña jerezana y el de la construcción de un puente de acceso a Cádiz que evitase el largo rodeo por la bahía.

Ya independizado de Hidrocivil y al frente de una oficina de proyectos propia, Torroja elaboró su primera propuesta de un puente para salvar la bahía hacia 1927. La idea inicial era facilitar las comunicaciones desde el interior –Jerez y su comarca– hacia Cádiz, pero sobre todo la salida y entrada de bienes y mercancías desde y hacia la zona portuaria. Conforme a la memoria del proyecto conservada en el Archivo Histórico de la Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz, el puente, con los primeros apoyos en el entorno del castillo de San Lorenzo del Puntal (Cádiz) y en la isla del Trocadero (Puerto Real), tenía cuarenta tramos de hormigón armado de unos 20 m de luz y un núcleo central giratorio para facilitar el acceso a la zona interior de la bahía y, más concretamente, al castillo de San Fernando. Ese núcleo central, sin duda la parte más innovadora y crucial del proyecto, estaba compuesto por seis tramos metálicos con piso de hormigón. Sobre el apoyo central, con un eje giratorio, descansarían dos brazos de 57 m que, al liberarse, permitirían abrir sendos canales de navegación en cada lado permitiendo el paso de barcos. El tablero, por su parte acogía una sola vía férrea y dos calzadas de seis metros de ancho con aceras para el paso peatonal.

El proyecto fue entregado por Torroja al ayuntamiento gaditano, que aprobó su compra por 25.000 pesetas



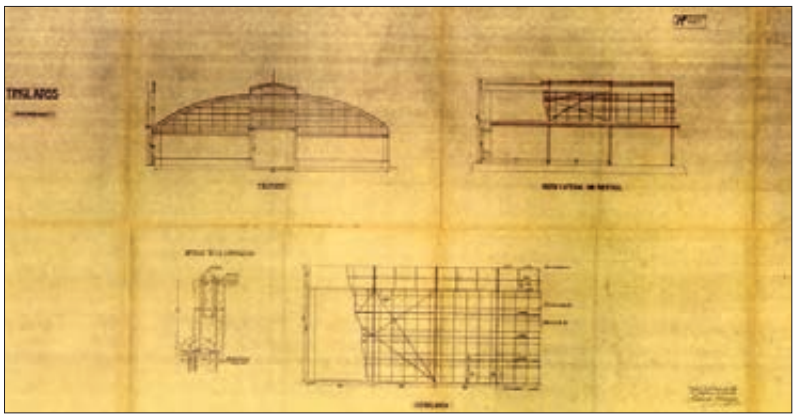


en enero de 1928. Con posterioridad, sin embargo, cuando trascendió y comenzó a hacerse pública la decisión de sacarlo adelante, la oposición primero del ayuntamiento de San Fernando, atravesado por la carretera Madríd-Cádiz y que veía en peligro los privilegios de su tráfico; el marasmo político; la falta de fondos, y finalmente la Guerra Civil, terminaron dándolo en el olvido.

Gran puerto

Apenas seis meses después de remitir ese proyecto, Torroja hará llegar al ingeniero jefe de la Junta de Obras del Puerto, Francisco Ruiz Martínez, su propuesta de Gran Puerto en el lugar que actualmente ocupa la Zona Franca, en el istmo comprendido entre San Fernando, La Cortadura y Puntales. Como se aprecia en la memoria preparada por el propio Torroja, se trata de un proyecto que aprovecha las excepcionales condiciones del terreno para levantar los atraques sin requerir de apenas más infraestructuras de abrigo ni espigones o dársenas. El ingeniero madrileño sí cuidó al máximo el rigor en el cálculo y diseño de los dragados, muelles y diques, así como en el de las infraestructuras de conectividad con las zonas urbanas, tinglados, naves y almacenes, además de con las vías de comunicación y línea férrea.

A partir de los planos y la memoria entregadas por Torroja se puede apreciar que su proyecto de Gran Puerto contemplaba la construcción de tres muelles, a levantar en sucesivas etapas, partiendo en primer lugar del muelle Norte, con atraques por ambos lados y de unos mil metros de longitud. Luego, siguiendo hacia el puente de Puntales, se levantaría el de ribera, de unos 8.000 m de longitud. En ellos se instalarían diversos tinglados y almacenes con una central frigorífica, depósitos de combustible, depósito y distribución de aguas, edificios administrativos, etc. Como en otras ocasiones, la repercusión del proyecto derivó en una batalla política entre la corporación gaditana, con Ramón de Carranza al frente, y el gobierno central, en esta ocasión representado por el Ministerio de Fomento, con Rafael Benjumea como titular. El ministerio creó una comisión encargada de evaluar el proyecto, cuya decisión fue suspender las posibles adjudicaciones de obras y elaborar una nueva propuesta más ajustada. ▮



Primer plano de construcción de la Zona Franca enviado por Torroja a la Junta de Obras del Puerto de Cádiz en 1928. Debajo, detalle de los tinglados para ese mismo proyecto.



RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN

Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.



PVP: 10 €

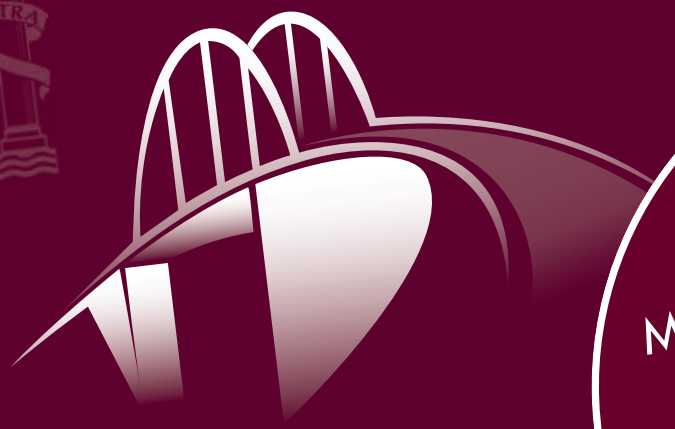
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

2017

Mapa Oficial de Carreteras©

ESPAÑA



GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

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*



También en el DVD:

1112 Espacios Naturales Protegidos
152 Rutas Turísticas
117 Vías Verdes

Edición 52
P.V.P.: 22,74€

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 672, mayo 2017.**

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

Año de edición: 2017

Características Edición:
1ª edición electrónica: junio 2017
Formato: PDF
Tamaño: 13,73 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€

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.



Revista del Ministerio de

Fomento

Junio 2017 Nº 673 3€

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO



La línea La Meca-Medina inicia sus pruebas de Alta Velocidad

Plan de Navegación Aérea 2017-2020

En servicio el enlace de Recajo, que mejora las conexiones de Logroño

La Bienal Iberoamericana de Arquitectura se exhibe en Milán

Revista del Ministerio de
Fomento



El correo y las comunicaciones postales en España (1716-2016)

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

MONOGRÁFICO
Julio-Agosto 2016

PVP: 6 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

Contenido

Director de la Revista: Antonio Recuero.
Maquetación: Aurelio García.
Secretaria de redacción: Ana Herráiz.
Archivo fotográfico: Vera Nosti.
Portada: Consorcio Al Shoula.
Elaboración página web: www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
Suscripciones: 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos).
Colaboran en este número: Pepa Martín Mora, Javier R. Ventosa y Julia Sola Landero.
Comité de redacción: Presidencia: Rosana Navarro Heras. *(Subsecretaría de Fomento).*
Vicepresidencia: Alicia Segovia Marco. *(Secretaria General Técnica).*
Vocales: *Patricia Crespo González (Directora de Comunicación),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora 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),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Regina Mañueco del Hoyo *(Directora del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director 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.

FERROCARRIL
02
Ensayos en el desierto.
El consorcio español inicia las pruebas de Alta Velocidad en la Línea La Meca-Medina.





AVIACIÓN
12
Enaire se prepara para el futuro.
Presentación del Plan de Navegación Aérea 2017-2020.

CARRETERAS
20
Pequeña gran obra.
El enlace de Recajo mejora la movilidad y la seguridad al este de Logroño.





FERROCARRIL
26
El AVE en sus coordenadas.
La Fundación de los Ferrocarriles Españoles publica el Atlas de la Alta Velocidad en España.

32. Traspasando fronteras. La X Bienal Iberoamericana de Arquitectura se exhibe en la Trienal de Milán

40. La Tierra desvelada. La Exposición Ecúmene. La evolución de la imagen del mundo, en la Casa del Mapa del IGN.

46. Un tren de inspiración. El arte del grabado y el ferrocarril del siglo XIX al XXI.



El consorcio español inicia las pruebas de alta velocidad en la línea La Meca-Medina

Ensayos en el desierto



▶ *Composición del Talgo 350 Haramain formada por 13 coches, durante los ensayos.*

Javier R.Ventosa. Fotos: Consorcio Al Shoula

El proyecto Haramain, línea de alta velocidad entre La Meca y Medina (Arabia Saudí), construida y equipada tecnológicamente por un consorcio español, ha registrado en mayo un importante hito con el arranque oficial de las pruebas con trenes en más de la mitad del trazado. Los trabajos en esta inédita línea a través del desierto avanzan a buen ritmo en el resto del trazado y el consorcio trabaja con el objetivo de iniciar antes de final de año una fase precomercial (*service demonstration*), con circulaciones de trenes y pasajeros en toda la línea, como paso previo al lanzamiento de la operación comercial en marzo de 2018. Las tres empresas del Grupo Fomento presentes en el proyecto jugarán un papel central en la segunda parte del mismo.



El pasado 18 de mayo arrancó la fase de ensayos oficiales en los 270 kilómetros que separan Medina y la Ciudad Económica Rey Abdullah (KAEC), tramo norte de la línea de alta velocidad La Meca-Medina, de 450 kilómetros. Estas pruebas, precedidas por meses de circulaciones, se realizan con una docena de trenes Talgo 350 Haramain. Su objetivo es evaluar el comportamiento de la infraestructura y los trenes una vez culminada la fase de construcción, aunque también reflejan el elevado grado de desarrollo de la línea y anuncian la cercanía de la fase de operación. Los ensayos, iniciados a 180 km/h, alcanzaron ese día los 243 km/h y tres semanas después los 280km/h; el objetivo es homologar la línea a 330 km/h (velocidad comercial: 300 km/h). Está previsto que las pruebas se prolonguen hasta julio o agosto, época de máximas temperaturas en la zona, para comprobar la respuesta de la infraestructura al calor, que constituye, junto a la arena desértica, su principal condicionante ambiental.

El inicio oficial de los ensayos marca un hito en el proyecto Haramain, iniciativa del Gobierno saudí para enlazar La Meca y Medina, y propiciar un transporte moderno para los peregrinos musulmanes que visitan estas ciudades santas, con la primera línea de alta velocidad en el desierto. En este proyecto dividido en fases, un consorcio chino-saudí ha construido la plataforma (fase P1P1), firmas locales levantan las estaciones (fase P1P2) y el consorcio Al Shoula (formado por las empresas españolas Renfe, Adif, Ineco, Talgo, OHL, Copasa, Imathia, Indra, Siemens Rail, Inabensa, Cobra y Consultrans, más dos socios locales) desarrolla la fase P2, que incluye a su vez la construcción de la superestructura (fase CAPEX) y la posterior operación de la línea (fase OPEX). El éxito de la fase 2, dotada con 6.736 M€, es todo un reto para el consorcio, y por extensión para el sector ferroviario español, ya que se trata de equipar con tecnología propia y luego explotar la primera línea de alta velocidad en Oriente Próximo. Todo un escaparate para mostrar las posibilidades de exportación del modelo AVE que ahora cumple 25 años. De ahí su distinción como icono de la Marca España.

Tramo a la entrada de La Meca.



▶ *Talgo ha entregado ya al cliente una docena de trenes Haramain.*

Transcurridos cinco años desde el inicio de los trabajos y tras superar numerosos obstáculos, el proyecto Haramain enfila la recta final de su construcción. El escenario final de la fase CAPEX quedó establecido en el acuerdo global firmado en noviembre de 2016 entre el consorcio español y el promotor del proyecto, Saudi Railways Organization (SRO), que reforzó el clima de confianza institucional entre ambas partes. El acuerdo, ratificado durante la visita del Rey Felipe VI y del ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, a Arabia Saudí en enero, estableció un nuevo marco de estabilidad y garantía de finalización del proyecto, con dos puntos básicos: una prórroga de 14 meses para completar la fase CAPEX y el inicio de la operación comercial el 15 de marzo de 2018. El pasado 19 de mayo, el consorcio aprobó el acuerdo económico final con SRO para culminar la fase CAPEX, acuerdo que pone fin a los litigios por sobrecostes entre ambas partes, encarga a las empresas españolas el remate de las estaciones y fija bonificaciones para anticipar el final del proyecto. También establece la circulación anticipada de trenes y pasajeros entre Medina y La Meca para antes de final de año, en una operación no comercial y reducida a grupos organizados, aunque mantiene la fecha de la operación comercial. Fuentes de Al Shoula estiman que el horizonte temporal para finalizar la fase CAPEX es ajustado y está sujeto a condicionantes externos como la entrega de todas las estaciones, aunque los esfuerzos de las empresas se centran en cumplir ese plazo.

El consorcio Al Shoula se ha comprometido con el cliente a lanzar la operación comercial de la línea en marzo de 2018

En los primeros meses de 2017, el consorcio ha dado grandes pasos hacia ese objetivo. La finalización de más del 70% del trazado, incluido el tramo Medina-KAEC, es



el más visible. También lo es el inicio de la construcción de dos infraestructuras estratégicas para la fase OPEX: el taller de mantenimiento de La Meca y el Centro de Control Operativo (OCC) de Yeda, ambos en ejecución desde febrero, a lo que se suma la próxima finalización del taller pesado de Medina. Son esfuerzos reconocidos por SRO, que también acelera los trabajos para entregar las estaciones, y que consolidan la renovada relación bilateral. Al nuevo clima de entendimiento con el cliente, base de los acuerdos alcanzados, han contribuido decisivamente las negociaciones emprendidas por el ministro de Fomento y la dedicación exclusiva del nuevo presidente del consorcio, Jorge Segrelles, en contacto permanente con los responsables de SRO en Arabia Saudí y que ha cimentado la unidad de acción del consorcio. Bajo su dirección opera en el país saudí una estructura con más de 700 empleados destinados por las empresas, además de otros cientos de trabajadores extranjeros, coordinados sobre el terreno por el *general manager* Álvaro Senador-Gómez, que se esfuerzan conjuntamente para culminar con éxito la fase CAPEX e iniciar la fase OPEX. Su situación actual se desarrolla a continuación.

Avances de la fase CAPEX

La fase CAPEX, iniciada en 2013, comprende la construcción de la superestructura y el suministro de trenes, actividades a cargo de las empresas privadas del consorcio bajo la coordinación de Adif, Renfe e Ineco. En esta fase, los trabajos avanzan "pese a los condicionantes inherentes a un proyecto de estas magnitudes", según fuentes del consorcio. El principal de ellos es que esta fase se desarrolla a continuación de las fases de plataforma y de estaciones, a cargo de otras empresas, por lo que los retrasos acumulados se han trasladado a la misma. El consorcio Al Shoula recepcionó en 2013 la primera de las seis áreas de plataforma en que se divide el trazado, una segunda en 2014 y las cuatro restantes entre 2015 y 2016, fechas que han marcado el inicio de sus trabajos y que explican el diferente grado de desarrollo en las distintas áreas. Hoy las empresas españolas ya tienen a su cargo todo el trazado, salvo un tramo en ejecución por firmas locales, el ramal de conexión con la estación del aeropuerto KAIA.

A finales de abril, el consorcio había completado el primer hito de su misión, el montaje de la doble vía, ya instalada en toda la plataforma. En total, las empresas Copasa, OHL e Imathia han montado 940 kilómetros de vía sencilla, la mayoría sobre balasto, con algunos tramos de vía en placa y de vía embebida. En la fase posterior de superestructura se distinguen dos grandes tramos con distintos grados de desarrollo. En la zona norte, entre Medina y KAEC (260 kilómetros), el consorcio ha concluido el equipamiento de la superestructura (catenaria, centros de autotransformación, sistemas de señalización y protección del tren ERTMS nivel 2, enclavamientos y sistemas de comunicaciones) y ahora la prueba con ensayos. Al principio y al final del tramo, además, el consorcio ha recepcionado ya las estaciones de Medina Central y KAEC, que ahora procede a rematar y acondicionar para la operación con trenes –incluida la implantación de las soluciones de *ticketing*, control de accesos e información al pasajero de Indra–, y que también deberá mantener. Otras tres instalaciones de este tramo ya concluidas o en su fase final son el depósito de trenes en la estación KAEC, que acoge el material de Talgo; el centro de control secundario (BOCC), a equipar por Indra con tecnología propia que ya tiene activadas



▶ *Tren estacionado en el interior de la estación de KAEC.*

las salas de telecomunicaciones fijas y móviles que dan cobertura a la línea; y el taller de mantenimiento pesado de Medina, a cargo de Renfe, cuya ejecución supera el 90%. Este tramo, por tanto, dispone de todos los elementos para iniciar la fase de operación, quedando a expensas de los ensayos en marcha.

En la zona sur, el tramo KAEC-La Meca, de 180 kilómetros, que incluye las áreas de plataforma recepcionadas en último lugar, presenta un desarrollo menor. El consorcio ha avanzado sobre todo en el equipamiento entre KAEC y Yeda (105 kilómetros), tramo en ejecución avanzada. Entre Yeda y La Meca (75 kilómetros), cuyo último tramo de plataforma se recepcionó en octubre, las empresas concentran su labor en el despliegue de la electrificación y las tecnologías de señalización y comunicaciones (a cargo de OHL, Cobra, Inabensa, Siemens Rail e Indra). En este tramo, además, Copasa, OHL e Imathia construyen desde febrero las últimas infraestructuras de la zona sur: el taller de mantenimiento de La Meca y el centro de control operativo principal (OCC) de Yeda, que gobernará la línea con la plataforma de gestión de tráfico Da Vinci de Indra y Adif (ya instalada en el BOCC). Además, Indra ultima la puesta en marcha de los dos simuladores de conducción y operación para la Academia de Formación de Yeda. Respecto a las estaciones del tramo (La Meca Central, Yeda Central y Yeda KAIA), su construcción por firmas locales ha avanzado de forma ralentizada, aunque solo la primera es imprescindible para la fase de operación. Debido a ello, SRO destina ahora importantes recursos para terminarla en el plazo más breve.

La superestructura en cifras

Carril	200.000 t
Traviesas	1.310.000 ud
Balasto	4.100.000 t
Desvíos	133 ud
Cable telecomunicaciones	1.900.000 m
Cables de catenaria	4.450.000 m
Cables de señalización	1.900.000 m
Cables alta/baja tensión	2.567.000 m
Postes de electrificación	20.000 ud
Subestaciones eléctricas	6
Centros de autotransformación	39
Estaciones de base GSM-R	147
Equipos de CCTV	1.500
Bases de mantenimiento	2
Centros de control	2



▶ *Tren Talgo 350 Haramain durante los ensayos.*

A lo largo de todo el trazado, tanto las empresas encargadas de construir la plataforma como el consorcio español han implementado un conjunto de medidas preventivas y paliativas para mitigar el impacto de la arena desértica sobre las zonas más expuestas de la infraestructura (trampas de arena, barreras, deflectores, fijación de dunas y, sobre todo, la vía en placa), medidas que deberán complementarse con un importante trabajo de mantenimiento diario para garantizar la seguridad de las circulaciones. Con estas medidas, a las que podrán sumarse las innovaciones del programa de I+D+i AridLap desarrollado en España, se estima que se puede dar una respuesta eficaz a este problema. Además, los ensayos de laboratorio previos realizados por el Cedex sobre el impacto de la arena en el balasto han puesto de manifiesto una afección a las propiedades de este material menor de lo previsto, produciéndose incluso un moderado efecto beneficioso en términos de estabilidad, flexibilidad y elasticidad.

El material rodante, el otro capítulo de la fase CAPEX, no depende de fases previas y cumple con el calendario previsto. Talgo ya ha entregado una docena de trenes Haramain de los 35 previstos en el contrato y tiene el resto en fabricación avanzada en las plantas de

Efecto llamada en el desierto

Las grandes obras públicas internacionales lideradas por consorcios españoles son una importante fuente de proyección y de empleabilidad para otras empresas de nuestro país, que salen al exterior impulsadas por el "efecto llamada". Ocurrió en la obra del Canal de Panamá, donde 80 compañías españolas actuaron en régimen de subcontratación como proveedores del consorcio hispano-italiano que realizó la obra. Y ocurre también en la línea La Meca-Medina, obra con participación de más de una treintena de empresas de nuestro país subcontratadas por Al Shoula. Son empresas de diverso tamaño, desde filiales de multinacionales hasta otras más modestas, incluidas pymes, aunque todas ellas aportan su contribución a la Marca España.

En su mayor parte son proveedores de suministros y servicios, entre ellos destacadas firmas del sector ferroviario. En la infraestructura han participado ArcelorMittal (60.000 toneladas de carril), la UTE Fabrides, formada por Jez, Amurrio, Felguera y Talleres Alegría (69 desvíos de alta velocidad y 64 convencionales), Redalsa (soldado de carril y montaje de desvíos) o La Farga (3.250 toneladas de hilo de cobre para la catenaria), además de otras como Tecsa (cableados y automatismos), Tecnivial (5.000 señales fijas de vía) o Mecael (275.000 contrapesos para la catenaria), todas ellas encargadas de proveer la mayor parte de la superestructura. Copasa y OHL, socios del consorcio, han aportado las traviesas (1,3 millones); la empresa gallega también ha suministrado el balasto (4,1 millones de toneladas). En material rodante, otro grupo ha suministrado componentes al tren que fabrica Talgo, principalmente Bombardier Transportation (motores, bogies, convertidores de tracción y electrónica de control, junto al mantenimiento), así como Knorr-Bremse España (frenos y puertas de acceso), Merak (aire acondicionado) y GMV (comunicaciones), entre otras.

Además, varias empresas han desarrollado o desarrollan trabajos y servicios especializados muy heterogéneos (topográficos, cimentaciones, ingeniería, gestión de servicios de Internet, formación en prevención de riesgos laborales, catering para las bases de trabajo…) o aportan equipos y maquinaria para talleres y edificios técnicos. Entre las compañías que inician su labor en la fase actual figuran dos relacionadas con las estaciones: la consultora gallega GOC apoya como asistencia técnica de Adif la recepción de las terminales de Medina y KAEC, evaluando su estado mediante pruebas de arquitectura e instalaciones, mientras que la valenciana Sky Design ha sido seleccionada para realizar el interiorismo de las salas VIP de las estaciones de la línea.



▶ *Tramo encajonado en la mediana de una gran autopista urbana.*

Las Matas (Madrid) y Ribavellosa (Álava). Estos trenes, basados en la tecnología del Talgo 350, están equipados con el sistema embarcado ERTMS nivel 2 de Alstom y con la última tecnología Wifi y GSM-R de Indra. También incorporan el denominado paquete desértico, una serie de modificaciones para contrarrestar los efectos de la arena y el calor (diseño aislante para evitar la abrasión y la entrada de polvo y arena, refrigeración de altas prestaciones, protección de equipos internos, ruedas de mayor tamaño para minimizar el desgaste por abrasión y sopladores de aire comprimido para eliminar la arena del carril). Cada tren estará formado por 13 coches, con una capacidad de 417 pasajeros. A finales de año, Talgo prevé la entrega del denominado tren VIP. Sus diez coches se han diseñado a medida, con vagón privado para el monarca, dormitorios, comedor de lujo, salas de reuniones y oraciones, completando el convoy dos coches para el séquito.

.\ Diseño de la fase OPEX

Con la fase CAPEX en la cuenta atrás, los socios de Al Shoula preparan desde hace meses el escenario de lo que será la segunda parte del proyecto, la fase OPEX, que arrancará con la entrega y puesta en marcha de la infraestructura. Esta fase, de mayor duración temporal que la primera y también relevante para la imagen de la Marca España, comprende la operación y mantenimiento de la línea y del material rodante durante siete años, ampliables a 12. En caso de que SRO se decida por esta última opción, las empresas españolas permanecerán en Arabia Saudí al menos hasta 2030.

En esta fase, las tres empresas del Grupo Fomento, que controlan el 49,9% del consorcio, jugarán un papel central, más relevante que en la fase CAPEX, dado que llevarán el peso del proyecto, particularmente Renfe y Adif. Así, la operadora se encargará tanto de la puesta



Línea terminada en un tramo del área 4, al norte de KAEC.

en servicio y operación de los trenes como de la operación comercial de la línea. Adif, por su parte, desarrollará la planificación y programación de la capacidad de la línea, la dirección de la circulación, la gestión de las estaciones y, junto con Ineco, la gestión del mantenimiento. El resto de empresas de Al Shoula, cuya actividad ha sido hasta ahora la parte más visible del trabajo llevado a cabo por el consorcio, participará en menor medida con sus respectivos planes de mantenimiento.

Renfe y Adif aportarán la mayor parte del personal de la empresa de operación y mantenimiento de la línea

De cara a esta fase, los socios de Al Shoula preparan ya las distintas estructuras (*management*, gestión y dirección) de la futura empresa de operación y mantenimiento de la línea, que será la primera española de este tipo en el extranjero. Para ello está previsto utilizar como embrión la compañía enclavada en Yeda SSTP (Saudi Spanish Trade Project), que agrupa a los socios del consorcio. La nueva empresa, responsable de solicitar la licencia definitiva de operador, gestionará la línea durante la fase OPEX y al término de la misma deberá ser transferida a SRO para continuar la operación de la infraestructura, aunque existe una opción de prórroga. El personal de la misma será aportado en su mayor parte por Renfe, la compañía que requiere de una estructura más amplia sobre el terreno, aunque también

Singularidades de la línea

La línea La Meca-Medina, primera que operará una empresa española en el exterior, es una infraestructura ferroviaria sin igual dada su situación geográfica en la península Arábiga. Se trata de la primera línea de alta velocidad que se construye en el desierto, lo que para el consorcio implica la adopción de procesos de construcción, operación y mantenimiento inéditos destinados a soportar los condicionantes climatológicos extremos, como el calor, la arena desértica y las tormentas de arena y polvo. Su trazado de 450 kilómetros, con inicio a 277 metros de altitud en La Meca y final a 654 metros en Medina tras bordear la costa del mar Rojo, alterna un paisaje montañoso volcánico en la parte norte y desértico arenoso en la parte sur, con importantes tramos urbanos y periurbanos en Yeda, Medina y La Meca. La geología del terreno es muy estable y no ha planteado problemas a la ingeniería.

La orografía por donde discurre no ha exigido la construcción de grandes estructuras de ingeniería. En total, el trazado incluye 138 puentes y viaductos para salvar autopistas, carreteras, caminos y ramblas, sobresaliendo por su longitud los existentes en entornos urbanos, entre ellos el que cruza sobre el tercer anillo de La Meca, de 2,5 kilómetros, y otros dos que superan los 1.000 metros. En obras subterráneas destaca un túnel urbano junto a la estación de Yeda y otro en ejecución, de 1,5 kilómetros, en el ramal a la estación KAIA. En el trazado, además, se han construido una docena de pasos específicos para camellos (pasos inferiores y superiores, estando previsto reforzar el cerramiento de la línea) y 840 obras de drenaje transversal, actuación clave en zonas de wads, *cauces secos que suponen una amenaza para la línea en caso de lluvias torrenciales (infrecuentes aunque existentes).*

Con todo, una de las principales singularidades de la línea es que su trazado discurre durante una veintena de kilómetros encajonado en la mediana de autopistas en dos tramos urbanos, separado por altos muros. En Medina lo hace en la mediana de la autopista de circunvalación King Abdullah Road, mientras que en Yeda recorre de norte a sur la mayor parte de la superficie periurbana y urbana de la ciudad en la mediana de la autopista número 5, que ejerce como circunvalación exterior. En el diseño de líneas ferroviarias es habitual aprovechar el corredor de una autopista para construir el nuevo trazado a un lado de la misma, aunque según los expertos la solución de implantarlo entre las dos calzadas de la vía no tiene precedentes en el mundo de la alta velocidad.



Antena de comunicaciones frente a la estación KAEC.



Tren Talgo Haramain estacionado en la playa de vías de la terminal KAEC.

por Adif y, en menor medida, por los demás socios. Para arrancar la nueva entidad gestora, este mismo año está previsto el traslado a Arabia Saudí de una cifra relevante de profesionales de estas empresas, de perfil técnico y de distintas especialidades, elegidos previamente en procesos de selección interna.

En los primeros años de la fase OPEX, el porcentaje del personal español en la nueva empresa será relevante, sobre todo en puestos altos e intermedios, allí donde aportan su *know how* y experiencia, pero luego disminuirá progresivamente hasta alcanzar el 70% de saudización del proyecto que estipula el contrato para el final de esta fase. En el caso de los maquinistas, Renfe participa desde el inicio en la formación de más de un centenar de especialistas saudíes, incluida una primera promoción de 20 que realizó su instrucción en España entre 2013 y 2014, y actualmente maquinistas de la operadora apoyan con su maestría la fase de pruebas con trenes, aunque irán cediendo esa responsabilidad a medida que sus homólogos saudíes acumulen experiencia.

Planificación de la línea

Por otra parte, los responsables del consorcio y de SRO proceden a ajustar la planificación global de la línea en el escenario OPEX, habiendo establecido ya que el trayecto completo se realizará en 2 horas y 30 minutos, tiempo que rebaja la duración del viaje en autobús entre La Meca y Medina y que disminuirá la congestión en las autopistas. El objetivo es determinar, en función de la capacidad real de la infraestructura, el volumen de pasajeros a transportar y, por tanto, las frecuencias de trenes a operar, dos variables básicas para la actividad comercial del proyecto. El factor de la peregrinación a las ciudades santas de La Meca y Medina cobra en estos cálculos importancia estratégica para la operación de la línea, y a la hora de determinar el número de frecuencias los planificadores deben conjugar, entre otros factores, las dos grandes modalidades de peregrinación del mundo musulmán: el Hajj, periodo breve aunque masivo de peregrinación, que requerirá un elevado número de circulaciones –según las proyecciones iniciales, la línea deberá transportar 166.000 pasajeros por día en fechas clave–, y la Umrah, periodo distribuido a lo largo de todo el año.

En este ejercicio de planificación, las proyecciones iniciales de demanda de pasajeros –una media de 60 millones al año, según datos de SRO– se han ido actualizando hacia escenarios más realistas, al tiempo que ya se han identificado los trayectos con mayor potencial comercial (Yeda-La Meca, sobre todo, y Yeda-Medina, ambos debido a su conexión con el aeropuerto internacional de Yeda) y se espera a conocer la cuota de peregrinos que el cliente asignará al trayecto Medina-La Meca para establecer el cuadro de frecuencias.

Presentación del Plan de Navegación Aérea 2017-2020

ENAIRE se prepara para el futuro



Javier R. Ventosa. Fotos: Enaire

El crecimiento del tráfico aéreo y la construcción del Cielo Único Europeo son los dos grandes desafíos a corto y medio plazo que tiene planteados ENAIRE, el gestor de navegación aérea en España. Para afrontarlos con garantías ha elaborado el Plan de Vuelo 2020, con actuaciones destinadas a alcanzar cinco objetivos estratégicos: elevar los niveles de seguridad, incrementar la capacidad y calidad de los servicios, contribuir a la sostenibilidad medioambiental, asegurar la competitividad e incrementar el compromiso de sus profesionales. El Plan, que incluye una importante rebaja en la tarifa de ruta, supondrá un ahorro global de 343 M€ para las aerolíneas que debería reducir el precio de cada viaje.



▶ *Radioayuda VOR del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas.*

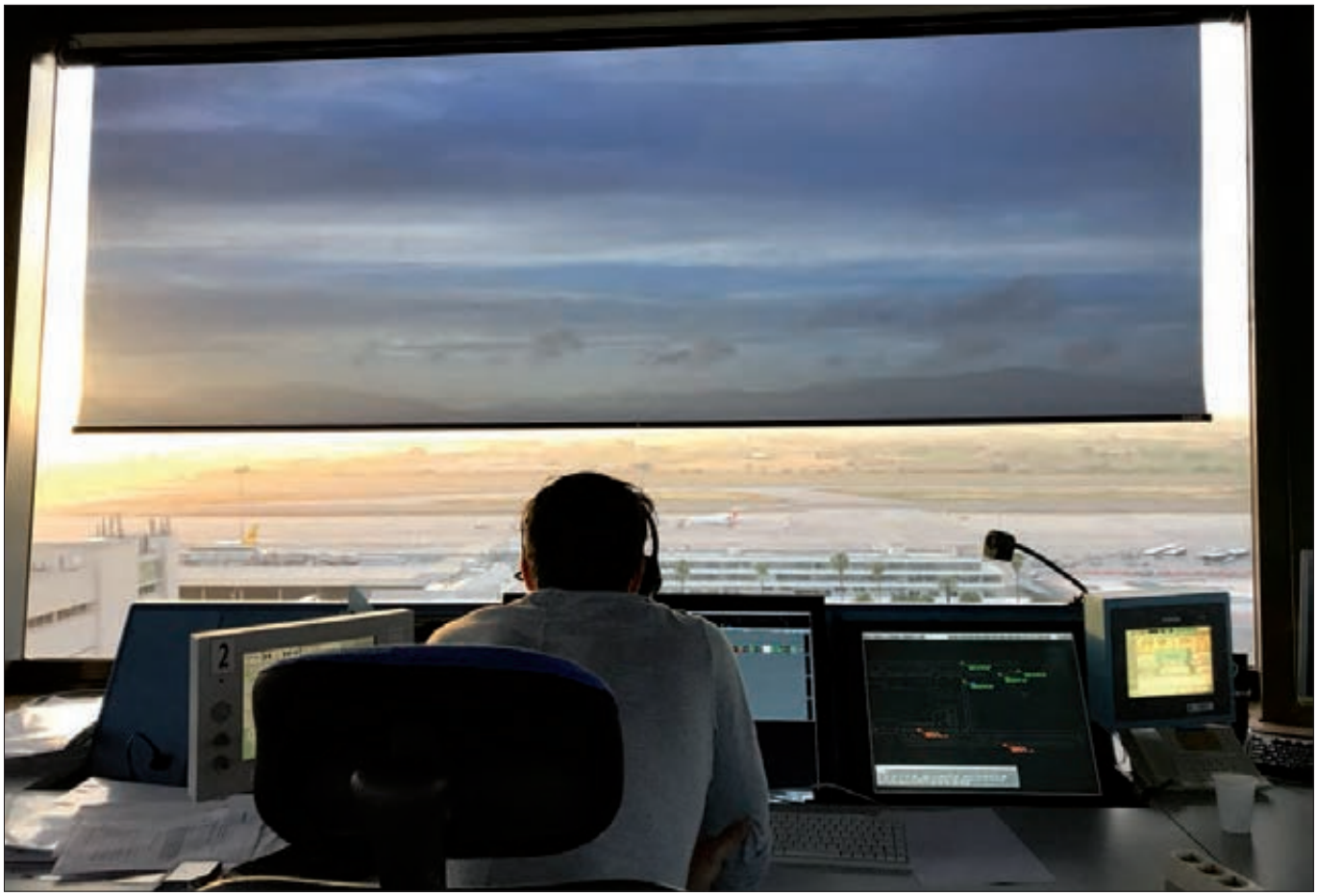
El Plan de Navegación Aérea 2017-2020, presentado el pasado 10 de mayo por el ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, es el primero de estas características desde que el Gobierno decretó en julio de 2014 la división de las competencias sobre gestión de aeropuertos y navegación aérea y su asignación a dos organizaciones diferentes. En palabras del director general de ENAIRE, Ángel Luis Arias, este Plan se hacía necesario "para que toda la organización tenga unos objetivos definidos y todos podamos ir empujando en una misma dirección". La relevancia del documento, además, viene dada por la importancia estratégica que el transporte aéreo tiene para España, dado que ocho de cada 10 turistas llegan a nuestro país por vía aérea.

La nueva hoja de ruta detalla con precisión el marco en el que ENAIRE debe desarrollar su actividad en los próximos años, caracterizado por desafíos de gran magnitud y rápida evolución. Por un lado, el importante aumento del tráfico aéreo en España, que según las previsiones crecerá un 16% hasta 2020, a un ritmo medio del 4% anual. Esto supondrá pasar de los 1,9 millones de vuelos gestionados por ENAIRE en 2016 a 2,2 millones en 2020, es decir, 300.000 vuelos más. Por otro, la construcción del Cielo Único Europeo, iniciativa comunitaria para la reestructuración integral del sistema de gestión del tráfico aéreo europeo y su evolución hacia un sistema de transporte aéreo más eficaz, en la que España está comprometida. Paralelamente, el entorno de la navegación aérea está cambiando rápidamente en Europa con procesos de liberalización y competencia, con la aparición de nuevos servicios y de consorcios internacionales para prestarlos.





Antena del sistema de vigilancia radar. Izquierda, el ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, durante la presentación del Plan de Vuelo 2020.



ENAIRE dispone de una plantilla de unos 2.000 controladores aéreos.

En este marco, la gran meta del Plan de Vuelo 2020 es que ENAIRE, cuarto gestor europeo por volumen de tráfico con más de 1,8 millones de vuelos comerciales gestionados al año (lo que supone el transporte de 230 millones de personas al año), alcance la excelencia en la prestación del servicio de navegación aérea y se consolide en la vanguardia investigadora y tecnológica en gestión del tráfico aéreo.

Para hacer realidad esa visión, el Plan de ENAIRE establece cinco objetivos estratégicos: elevar los niveles de seguridad, aumentar la capacidad del sistema y mejorar la calidad de los servicios, contribuir a la sostenibilidad medioambiental del transporte aéreo, asegurar la viabilidad económica/financiera y mejorar la competitividad de la empresa e incrementar el compromiso y la motivación de la plantilla. Y para alcanzarlos se establecen 20 planes de actuación, 15 de ellos relativos a cada objetivo y otros cinco transversales, cuyo grado de cumplimiento se evaluará a través de 11 indicadores estratégicos.

La estrategia del gestor de navegación aérea fija inversiones por valor de 300 M€ en el periodo de vigencia del Plan. Además, ENAIRE espera un ahorro global de 343 M€ para las aerolíneas gracias a la reducción de las tarifas aéreas de ruta, lo que mejorará la competitividad del sistema de transporte aéreo español y debería permitir la reducción del precio de cada viaje para los usuarios. Esa cantidad es el producto de los ahorros obtenidos en tres variables contempladas en el Plan: 184 M€ correspondientes a la rebaja en la tarifa de ruta, 134 M€ obtenidos por mejoras en la puntualidad de las aeronaves y 25 M€ procedentes de una mayor eficiencia en ruta.

Los retos del Plan

El Plan Estratégico de Navegación Aérea identifica los ocho grandes retos (seguridad, Cielo Único Europeo, capacidad, transformación digital, competitividad, eficiencia económica, sostenibilidad medioambiental e internacionalización) que la entidad pública empresarial adscrita al Ministerio de Fomento debe afrontar, así como las medidas destinadas a alcanzar los objetivos estratégicos previstos. Son los siguientes:

Seguridad. Como objetivo estratégico, el Plan de Vuelo 2020 pretende aumentar los niveles de seguridad de la entidad en sus tres planos: seguridad operacional, seguridad física y prevención de riesgos laborales. En el primer plano, ENAIRE gestiona una media anual de

Las personas como prioridad

ENAIRE cuenta con una plantilla de unos 3.700 trabajadores. De ellos, unos 2.000 son controladores aéreos (dirigen el tránsito aéreo desde las torres y centros de control), 600 son técnicos de mantenimiento (garantizan el funcionamiento de los equipos de guiado, vigilancia y comunicación con las aeronaves), 200 son técnicos de operaciones (gestionan los planes de vuelo) y los 900 restantes son ingenieros o integrantes del staff. La importancia de estas personas para la entidad queda reflejada en el Plan de Vuelo 2020, que las sitúa como uno de los cinco objetivos estratégicos del mismo. El documento establece planes (Desarrollo de Personas y Conciliación y Motivación de Personas) y proyectos (campus corporativo) dirigidos a mejorar el compromiso personal y el clima laboral, así como a garantizar el desarrollo profesional y el bienestar de la plantilla, que es la que con su profesionalidad, experiencia y dedicación diaria marca las diferencias en ENAIRE.

En el marco del personal, ENAIRE está reforzando la plantilla de controladores aéreos, un colectivo estratégico para hacer frente al importante crecimiento del tráfico aéreo previsto en los próximos años. En 2017 la entidad pública empresarial convocará un total de 130 plazas de controlador, que se sumarán a los 106 seleccionados de las convocatorias de 2015 (45 plazas) y 2016 (61 plazas), las primeras en diez años. Los primeros controladores procedentes de estas convocatorias se incorporaron ya a los centros de control de Barcelona y Palma, y el resto lo hará progresivamente en sus respectivos destinos a medida que obtengan la correspondiente licencia.



Torre de control del aeropuerto de Barcelona-El Prat.

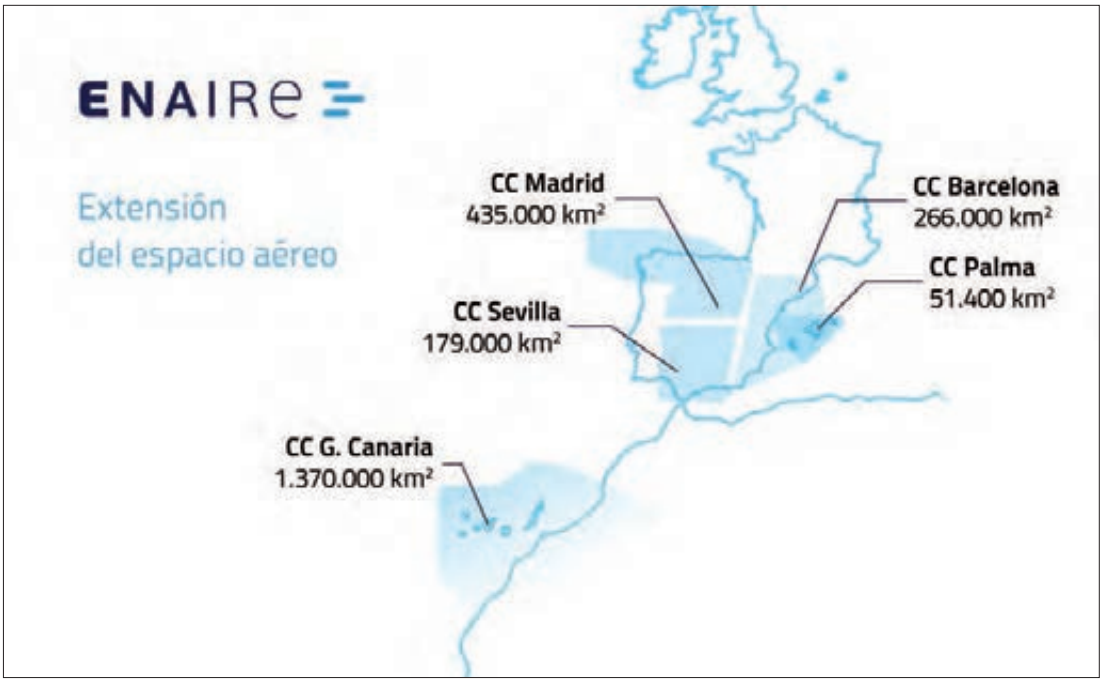
5.000 vuelos diarios con un alto nivel ponderado de seguridad (incidentes con causas ATM ocurridos por cada 100.000 horas de vuelo controladas), aunque el objetivo es elevarlo un 9% al término del Plan. Las medidas contempladas para aumentar los niveles de seguridad, previstas en tres planes sectoriales y otro de contingencia, incluyen, entre otras, la potenciación de la cultura de seguridad (positiva y proactiva) entre los profesionales de la entidad, el programa de factores humanos o la mejora continua del análisis de incidentes, práctica vital para el buen funcionamiento del sistema de gestión de seguridad.

Cielo Único Europeo. La iniciativa *Single European Sky* (SES), lanzada en 2004 por la Comisión Europea para crear un espacio aéreo europeo que supere la fragmentación de los espacios aéreos nacionales y permita la operación con sistemas tecnológicos interoperables, es un compromiso firme del Gobierno español y un reto de primer orden para ENAIRE que incide en toda su actividad. Desde hace años la entidad colabora activamente, con el resto de actores de la comunidad aeronáutica europea, en las distintas líneas de actividad de esta iniciativa, con objeto de armonizar y optimizar sus distintos eslabones (normativo y tecnológico) de cara a su puesta en operatividad. Entre otras actuaciones, aplica todos los reglamentos y procedimientos SES, participa en la elaboración anual del plan nacional de implantación del Cielo Único Europeo y está presente con proyectos propios en el programa SESAR (rama tecnológica de SES), siendo uno de los cinco líderes designados para apoyar al Gestor del Despliegue del proyecto. La iniciativa SES incide directamente en los objetivos estratégicos del Plan de Vuelo 2020, que ha previsto un Plan de Control de la Convergencia al Cielo Único Europeo.

ENAIRE en cifras

Plantilla de empleados	3.732*
Espacio aéreo gestionado (en km^2)	2.190.000
Vuelos gestionados totales	2.038.270*
Vuelos gestionados IFR (comerciales)	1.867.734*
Centros de control	5
Torres de control	22
Radioayudas (guiado en ruta y aeropuertos)	186
Sistemas de vigilancia	49
Centros y nodos de comunicaciones	101

* Datos de 2016. Fuente: ENAIRE.



Mapa del espacio aéreo en que los centros de control de ENAIRE prestan servicios de navegación aérea. Debajo, interior de simulador de torre de control.

Capacidad. El Plan de Vuelo 2020 establece un Plan de Capacidad y Eficiencia del Espacio Aéreo, ligado al Cielo Único Europeo, que constituye uno de los grandes retos del cuatrienio. Este Plan contempla la revisión y rediseño del espacio aéreo español y de sus rutas, introduciendo nuevos procedimientos operativos e innovaciones tecnológicas, con objeto de dar respuesta a las necesidades de capacidad y calidad del servicio a corto y medio plazo en un entorno de demanda creciente. Como indicadores estratégicos de su cumplimiento se establecen la demora de navegación aérea de ruta (el objetivo es mejorar la puntualidad un 33%) y el nivel de calidad percibida (la aspiración es que el servicio mejore su valoración un 11%).



Las actuaciones principales de capacidad se desarrollan tanto en el espacio aéreo como en los aeropuertos. En el primero, el Plan contempla el rediseño del espacio aéreo, su sectorización y las rutas para adaptarlo a todo tipo de requerimientos, así como la mejora de procedimientos operativos (aproximaciones simultáneas independientes y procedimientos de aproximación basados en navegación avanzada) y mejoras del sistema de gestión de tráfico aéreo (SACTA). En el entorno aeroportuario, se proponen actuaciones en las torres de control (optimización de posiciones y posiciones adicionales de rodadura), mejoras en los procedimientos de entrega entre torre y centro de control en cinco aeropuertos e innovaciones tecnológicas en seis aeropuertos.

En cuanto a la mejora de la eficiencia del espacio aéreo, el Plan establece actuaciones como la expansión gradual e implantación general a partir de 2020 en el espacio aéreo superior de las rutas planificables directas de vuelo (*free routes*), que permiten superar las limitaciones de las rutas directas y optimizan la utilización del espacio aéreo; el uso flexible del espacio aéreo civil/militar, que pondrá fin a las actuales limitaciones para los vuelos comerciales; y la implantación de rutas más directas y eficientes. En el entorno aeródromo, propone nuevos procedimientos de vuelo por instrumentos en la fase de llegada y salida.

Transformación digital. Como entidad basada en la tecnología, ENAIRE está inmersa en un proceso de evolución continua para mejorar sus capacidades mediante la innovación. El Plan de Vuelo 2020 contempla diversas actuaciones que preparan a la entidad para dar el salto tecnológico que demandan los nuevos tiempos y el Cie-



ENAIRE desarrolla la gestión del tráfico aéreo desde cinco centros de control que cubren todo el espacio aéreo español. En la imagen, controladores ante las pantallas de un centro de control.

lo Único Europeo. Hitos destacados son el Plan de Transformación Digital, que introducirá la digitalización en todos los procesos de la entidad para mejorar su eficacia general, y el Plan de Modernización Tecnológica, que actualizará el sistema de navegación aérea español.

Las inversiones en modernización tecnológica elevarán los niveles de seguridad y mejorarán la calidad y la eficiencia del servicio

El Plan de Modernización Tecnológica está respaldado por una dotación económica de 300 M€, agrupada en cuatro anualidades (70,1 M€ en 2017, 73,3 M€ en 2018, 74,8 M€ en 2019 y 77 M€ en 2020), y se destinará a programas de automatización, comunicaciones y navegación y vigilancia: nueva arquitectura del Sistema Automatizado de Control de Tránsito Aéreo (SACTA), con soluciones avanzadas en armonía con los principales proveedores europeos (proyecto iTEC); digitalización de los sistemas de comunicación de voz entre controladores y pilotos, incorporando enlaces de datos tierra-aire y aplicando nuevas tecnologías que darán respuesta a los requerimientos del Cielo Único Europeo; evolución de los sistemas de navegación y vigilancia, mediante la renovación de las redes de radares primarios y secundarios (nueva tecnología modo S) y de radioayudas, y la implantación de tecnologías satelitales (EGNOS, ADS-B); y despliegue de una nueva red de datos de navegación aérea de altas prestaciones (REDAN) para un rápido intercambio de información.

En la presentación del Plan de Vuelo 2020, el ministro de Fomento destacó que estas inversiones permitirán incrementar aún más los niveles de seguridad, contribuirán a la sostenibilidad medioambiental, así como a la prestación de un servicio seguro, eficiente y de calidad a compañías aéreas, gestores aeroportuarios y, por extensión, a pasajeros, en línea también con el compromiso contenido en el Documento de Regulación Aeroportuaria (DORA), aprobado en enero pasado.

Competitividad. Para ser más competitivos en un mercado cada vez más exigente, el Plan de Vuelo 2020 establece una rebaja significativa en la tasa de ruta (tarifa por el uso de la red de ayudas de navegación aérea en ruta), que junto con la tasa de aproximación constituyen los ingresos de ENAIRE por uso de instalaciones y servicios de navegación aérea. La reducción de esta tasa será del 11'5% entre 2018 y 2020 (el 3% en 2018, el 4% en 2019 y el 5% en 2020). A partir de 2019 será, de hecho, la tarifa de ruta más baja de los principales proveedores europeos de navegación aérea (actualmente es la segunda más baja). La rebaja, que ha sido posible gracias al esfuerzo realizado en término de eficiencia, ahorrará 184 M€ a las aerolíneas y servirá para fomentar la competitividad del sector, impulsar el turismo y beneficiar a los usuarios del transporte aéreo.

Eficiencia económica. El esfuerzo realizado en las inversiones y en la bajada de tarifas que plantea el Plan de Vuelo 2020 se hace con el mérito de mantener la via-



Un avión sobrevuela las luces de aproximación a un aeropuerto.

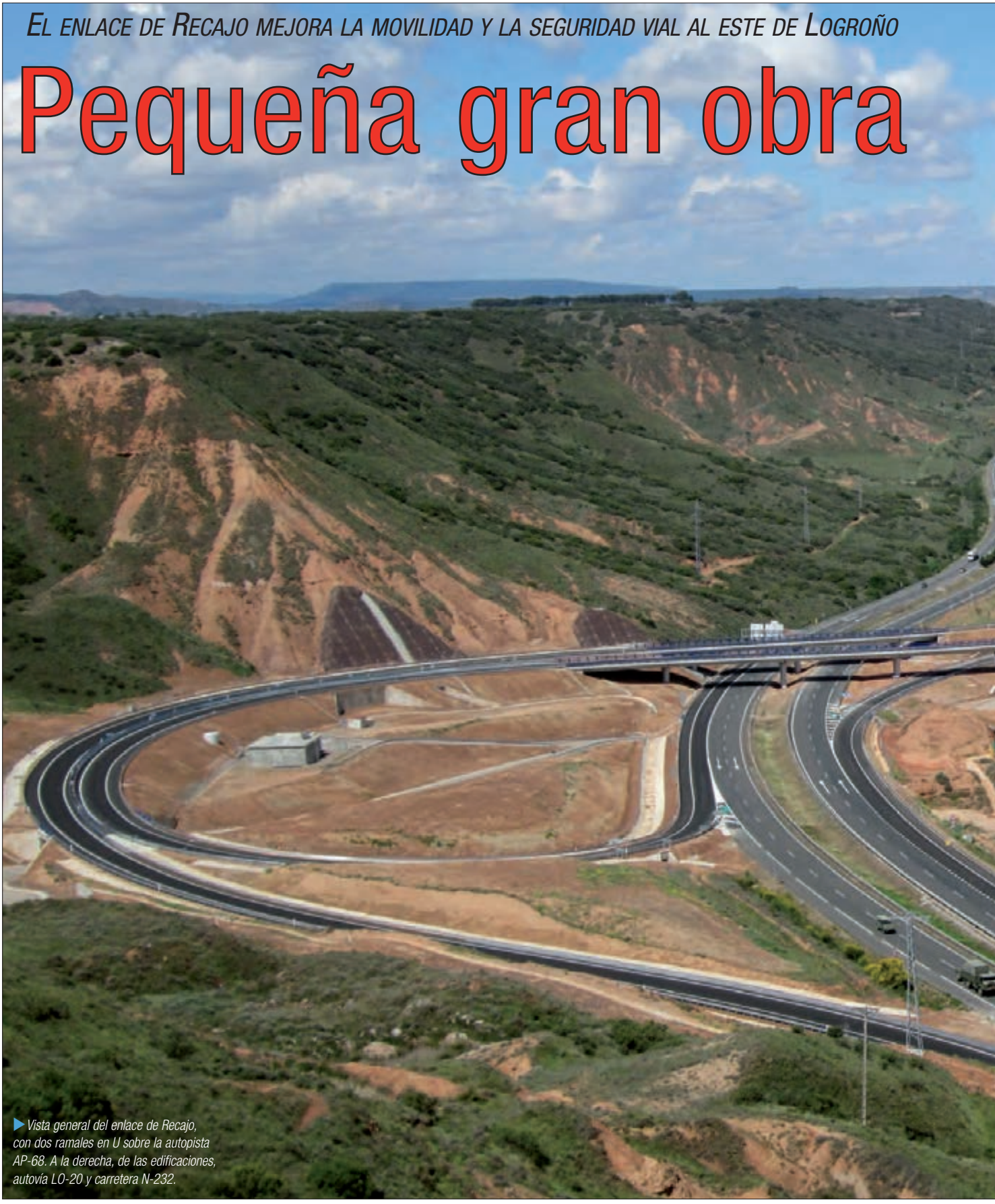
bilidad económica de ENAIRE, con un EBITDA anual previsto superior a 200 M€ a lo largo de los cuatro años del Plan y un crecimiento anual medio del ratio de solvencia del 4,5%.

Sostenibilidad medioambiental. En su compromiso con el crecimiento sostenible, ENAIRE centra sus esfuerzos en la minimización de la huella de carbono del transporte aéreo a través de la implantación de una serie de medidas encaminadas a mejorar la eficiencia en las diferentes fases de vuelo. Entre estas medidas, el Plan de Sostenibilidad Ambiental del Plan de Vuelo 2020 incluye la implantación de las denominadas aproximaciones verdes (maniobras de descenso continuo de las aeronaves a un régimen de consumo óptimo y que reducen el impacto acústico en el entorno aeroportuario), y el diseño de rutas de vuelo más directas en el espacio aéreo español, que permiten ahorrar tiempo y combustible a las compañías aéreas. Como objetivos medioambientales para el cuatrienio, el Plan establece ahorros de 191.000 toneladas de CO_2 no emitidas al espacio aéreo, 5,5 millones de millas náuticas no recorridas y 61.000 toneladas de combustible no empleado. El ahorro estimado de combustible supera los 26 M€. También se contempla un incremento del 13% de eficiencia en la red de rutas.

Internacionalización. ENAIRE es una entidad con vocación internacional que está presente en numerosos foros de navegación aérea. Reforzar la presencia de la entidad en estos foros y posicionarse en las alianzas estratégicas y en los grandes proyectos de I+D+i en Europa es un reto que se debe afrontar con dedicación para no perder oportunidades futuras. En la actualidad, ENAIRE está presente en la alianza A6 (los grandes proveedores de servicios de navegación aérea en Europa), en el grupo EAD (Servicio Europeo de Información Aeronáutica), en ESSP (Consorcio Europeo de Servicios del Satélite EGNOS) y en los consorcios para servicios de vigilancia por satélite. También forma parte de los consorcios que desarrollan proyectos tan relevantes como SESAR (pilar tecnológico del Cielo Único Europeo), iTEC (diseño de la futura posición común de control), NewPENS (futura arquitectura pan-europea de datos y voz digitales), IRIS (sistema de comunicaciones aire/tierra basada en satélite) y EAIMS (servicio centralizado de información ATM). ▮

El enlace de Recajo mejora la movilidad y la seguridad vial al este de Logroño

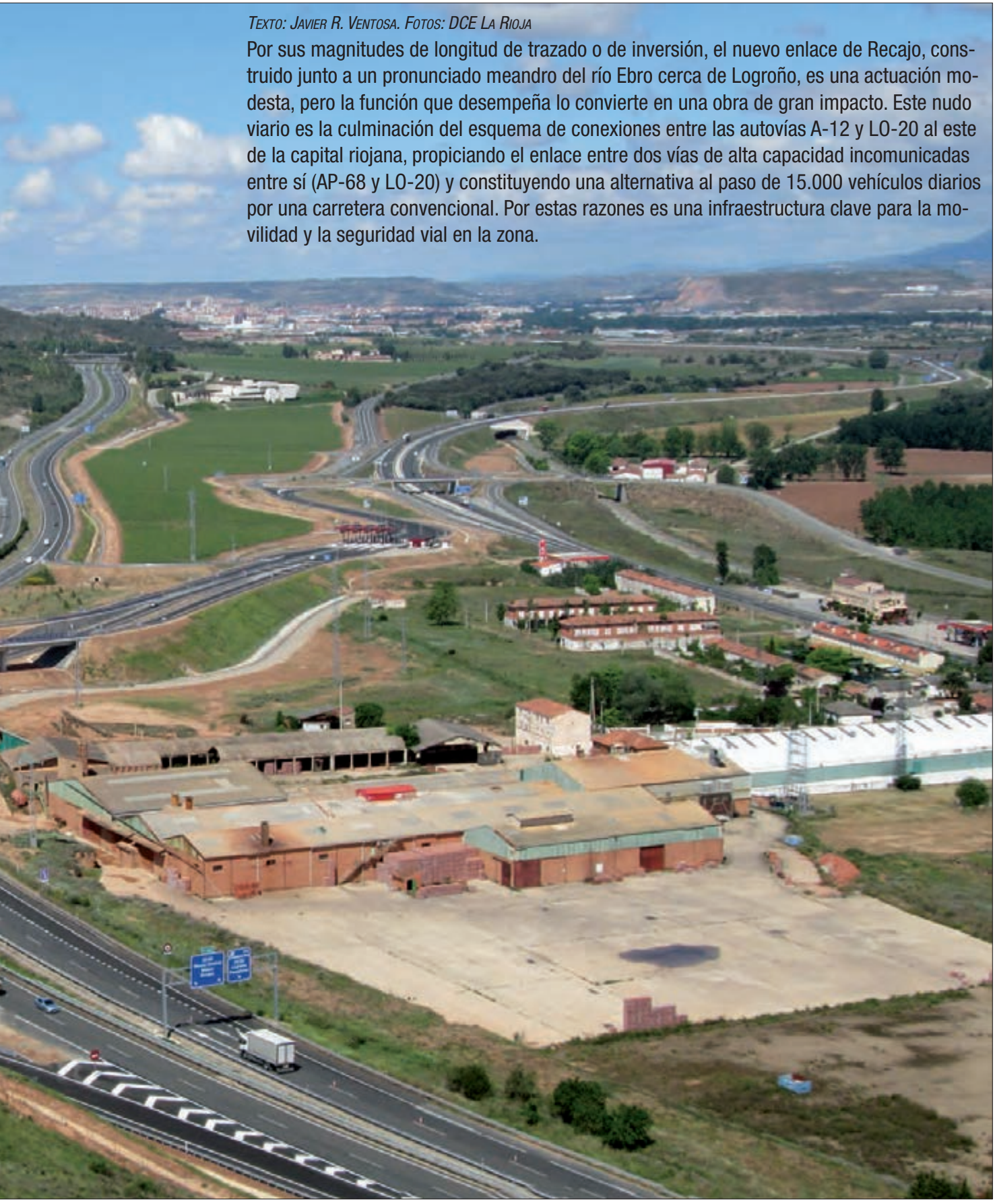
Pequeña gran obra

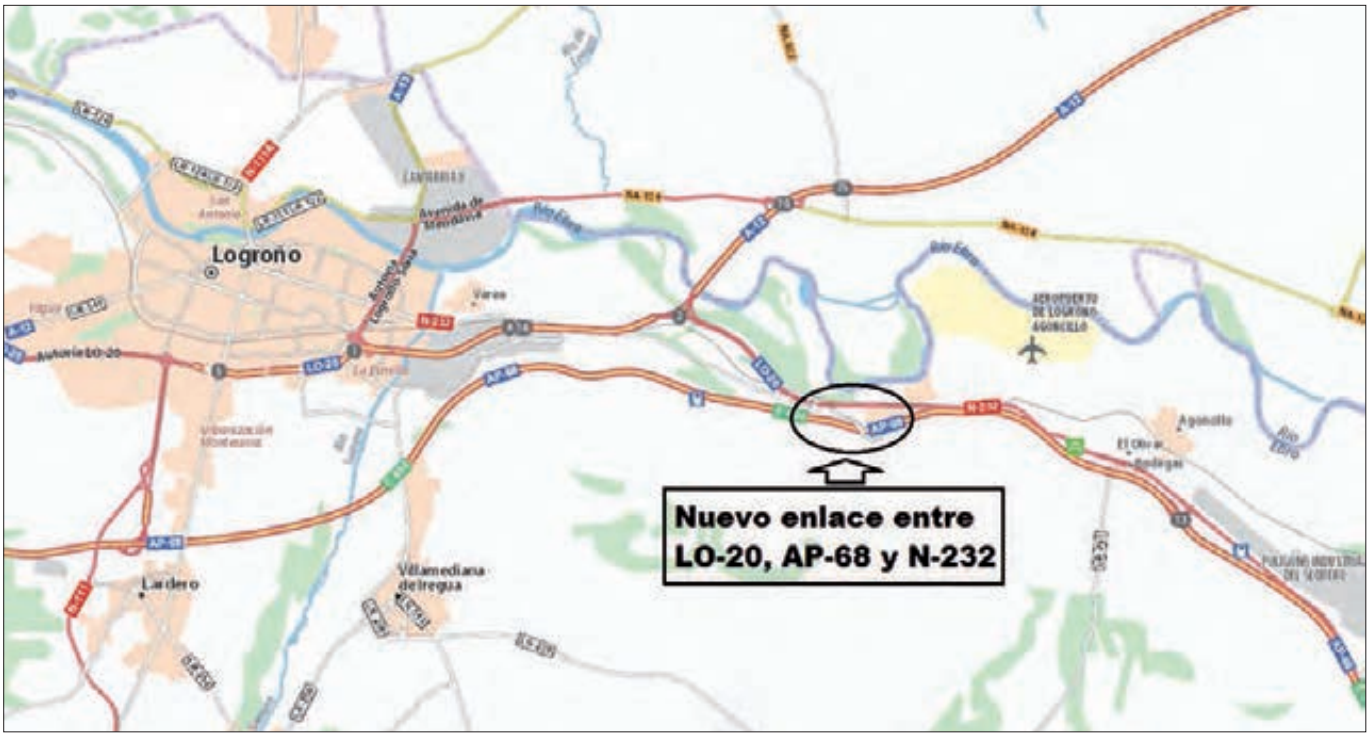


Vista general del enlace de Recajo, con dos ramales en U sobre la autopista AP-68. A la derecha, de las edificaciones, autovía LO-20 y carretera N-232.

Texto: Javier R. Ventosa. Fotos: DCE La Rioja

Por sus magnitudes de longitud de trazado o de inversión, el nuevo enlace de Recajo, construido junto a un pronunciado meandro del río Ebro cerca de Logroño, es una actuación modesta, pero la función que desempeña lo convierte en una obra de gran impacto. Este nudo viario es la culminación del esquema de conexiones entre las autovías A-12 y LO-20 al este de la capital riojana, propiciando el enlace entre dos vías de alta capacidad incomunicadas entre sí (AP-68 y LO-20) y constituyendo una alternativa al paso de 15.000 vehículos diarios por una carretera convencional. Por estas razones es una infraestructura clave para la movilidad y la seguridad vial en la zona.





El ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, y el presidente de la comunidad autónoma de La Rioja, José Ignacio Ceniceros, inauguraron el pasado 16 de mayo la nueva conexión entre la autovía de circunvalación LO-20 y la carretera N-232 con la autopista Vasco-Aragonesa o del Ebro (AP-68) en el término de Recajo, al este de la ciudad de Logroño. Este enlace completa el esquema de conectividad entre las redes de alta capacidad navarra y riojana, cuya primera fase concluyó en abril de 2015 con la puesta en servicio de las obras de la prolongación de la LO-20 hasta el enlace de Recajo y la conexión de la LO-20 con la A-12. La última actuación, el enlace de Recajo, culmina la segunda fase de actuaciones, que da plena funcionalidad a este esquema viario al propiciar a los usuarios de ambas autovías una salida a la autopista AP-68 en esta zona, de la que hasta ahora carecían.

El nuevo enlace, cuya construcción está recogida en un convenio firmado en 2010 entre la Administración General del Estado y la concesionaria de la autopista, se configura como una infraestructura básica en la articulación viaria del entorno de Logroño y en la mejora de la movilidad en la zona. Por un lado, dota a la capital de una segunda conexión con la AP-68 (ahora existe la posibilidad de elegir entre el enlace de Recajo y el de la calle Chile para acceder a la autopista). Al mismo tiempo, evita que el tráfico procedente de Navarra y cuyo destino no sea Logroño atraviese la ciudad, lo que se traduce en mayor seguridad y menor contaminación y ruido para los vecinos. "Va a suponer un importante incremento de la calidad de vida de los logroñeses", apuntó la alcaldesa de la ciudad, Concepción Gamarra, durante la inauguración.

Por otra parte, con el nuevo enlace los movimientos entre la LO-20 y la AP-68 al este de Logroño pueden realizarse ahora sin necesidad de tomar la carretera N-232 entre el enlace ya existente en Recajo y la salida 13 de la AP-68 en Agoncillo. De esta forma, los usuarios de la N-232 se benefician de una importante disminución del tráfico en esta vía convencional (la intensidad media en



El presidente de La Rioja y el ministro de Fomento, junto a otras autoridades, durante la puesta en servicio del enlace.



Playa de peaje, situada entre la autopista AP-68 y la autovía LO-20.

este tramo era de unos 15.000 vehículos/día) y los vehículos trasvasados desde esta vía a la AP-68 y la LO-20 ven mejorados los tiempos de recorrido al evitar el paso por las travesías de la N-232 en las poblaciones de Agoncillo y Recajo. Con ello se da un notable impulso a la movilidad y a la seguridad vial en esta zona.

Unidades de obra	
Movimiento de tierras	
Excavación	586.205 m^3
Terraplén	319.346 m^3
Suelo estabilizado	17.881 m^3
Firme	
Zahorra artificial	12.134 m^3
Mezclas bituminosas en caliente	24.242 t
Estructuras	
Hormigón (HA25, HA-30, HA-35)	2.837 m^3
Acero corrugado	382.697 kg
Viga cajón	231 m
Muros de suelo reforzado	792 m^2
Muros de escollera	901 m^3
Pilotes hincados	2.104 m

En clave de futuro, además, la nueva infraestructura ha quedado integrada en la futura Ronda Sur de Logroño, uno de los mayores proyectos de carreteras en La Rioja en los próximos años. Este proyecto contempla la liberalización de un tramo de 30 kilómetros de la autopista AP-68, correspondiente al área metropolitana de Logroño, y su conversión en la nueva Ronda Sur de la ciudad, lo que permitirá descargar de tráfico a la saturada autovía LO-20 de circunvalación de Logroño.

> El enlace completa la segunda fase de un esquema viario puesto en servicio en 2015

La construcción del enlace de Recajo ha requerido una inversión global de 16 M€ por parte del Ministerio de Fomento. De esa cantidad, 13,5 M€ corresponden al presupuesto de obras y el resto al importe estimado de las expropiaciones, la redacción del proyecto de construcción y el control y viglancia de las obras. La obra,



Ramal de acceso a la autopista, bajo una de las estructuras del enlace.

bajo dirección de la Demarcación de Carreteras del Estado en La Rioja, ha sido realizada por la UTE Recajo, formada por las constructoras Acciona Infraestructuras e IC Construcción y Gestión de Obras, mientras que la redacción del proyecto y el control y vigilancia de las obras ha corrido a cargo de la UTE Intemac-Fhecor.

Características técnicas

El nuevo enlace de Recajo tiene una longitud total de 5,09 kilómetros incluidos los ramales de conexión con la autopista, aunque la longitud del tronco es de 0,34 kilómetros. Como características geométricas, el tramo

Movilidad en el eje del Ebro

Horas después de la apertura del enlace de Recajo, el ministro de Fomento y el presidente de La Rioja suscribieron en Logroño un protocolo para la mejora de la movilidad y funcionalidad del corredor viario formado por la autopista AP-68 y la carretera N-232, integradas en el eje del Ebro. El documento, que refleja el compromiso del ministerio de Fomento con el desarrollo de las infraestructuras viarias en La Rioja, marca la hoja de ruta de buena parte de las actuaciones en materia de carreteras en esta comunidad autónoma durante los próximos años.

Como primera medida, el protocolo contempla el desvío del tráfico pesado de mayor volumen (camiones de cuatro o más ejes) desde la N-232 a la AP-68, bonificando el 75% del peaje (el 60% de esa cantidad a cargo del Gobierno central y el resto lo abonará el autonómico), lo que mejorará las actuales condiciones de circulación por la carretera nacional. Esta medida se regulará en un convenio con la concesionaria de la autopista que será aprobado próximamente.

El protocolo incluye seis actuaciones en distintas vías de la región que iniciarán diversos trámites en 2017 al disponer de asignación presupuestaria. La más relevante es la aprobación del proyecto de construcción de la Ronda Sur de Logroño, actuación clave en el entorno de esta ciudad destinada a reducir los actuales niveles de congestión de la autovía de circunvalación LO-20, que en algunos tramos soporta intensidades de 60.000 vehículos/día. El proyecto, actualmente en fase de información pública, contempla la conversión del tramo Arrúbal-Navarrete (30 kilómetros) de la autopista AP-68 en un tramo libre de peaje de la autovía A-68 que sirva como alternativa a la LO-20. El presupuesto global del proyecto supera los 260 M€, divididos casi a partes iguales en las acciones con la concesionaria para liberalizar los peajes en el entorno de Logroño y en un programa de obras que incluye actuaciones sobre ocho enlaces (nuevos y remodelaciones), la demolición de las áreas de peaje existentes y la implantación de dos nuevas en los extremos del tramo a liberar de peaje, así como la construcción de 30 estructuras. El Ministerio de Fomento espera licitar las obras este mismo año.

El resto de actuaciones previstas en el protocolo para mejorar la movilidad en este corredor viario son el desdoblamiento del tramo Calahorra-límite provincial con Navarra de la N-232 (carretera con problemas de seguridad vial), la adecuación del enlace de Lodosa con la AP-68 para hacerlo bidireccional, la redacción del proyecto de construcción de la variante de Villar del Río en la N-232, la aprobación del proyecto de construcción del tramo Santo Domingo de la Calzada-Villamayor del Río de la A-12 y la aprobación de las obras de mejora del enlace de la N-111 en Lardero.



Estructuras de los ramales del enlace sobre la autopista AP-68.

presenta un radio mínimo de 46,50 metros y una pendiente longitudinal máxima del 7%, siendo la velocidad de proyecto de 70 km/h. El paquete de firme, dispuesto sobre zahorra artificial, comprende varias capas de mezclas bituminosas en caliente (BBTM 11 B, AC-16 surf D, AC-22 bin S y AC-32 base G).

La actuación de Recajo incluye más de cinco nuevos kilómetros de ramales de conexión con la autopista AP-68

La actuación se inicia en la glorieta sur del enlace de Recajo existente, que conecta con la autovía de circunvalación de Logroño LO-20 y con la carretera N-232 de Vinaròs a Santander. A partir de esta glorieta, se ha construido un ramal de conexión que da acceso a la nueva playa de peaje de la autopista, desde la cual nacen el resto de ramales que sirven a todos los movimientos de conexión con la AP-68.

Para el cruce de dichos ramales sobre la autopista se han construido dos estructuras de 87 y 142 metros de longitud, conformadas por sendos tableros de vigas prefabricadas de canto variable, que se sustentan mediante estribos y pilas prefabricadas cimentadas mediante pilotes hincados de 25 metros de longitud. También se han restituido los caminos interceptados, ampliando el actual paso inferior bajo la autopista AP-68 y construyendo uno nuevo bajo los ramales. Ambos pasos tienen tipología de cajón de hormigón armado de 7 x 5 metros de sección. El capítulo de estructuras se completa con la ejecución de tres muros, uno de escollera y dos prefabricados de tierra armada, en separación de ramales y para evitar que el derrame de tierras afecte a los antiguos depósitos de agua de Agoncillo y a una industria de cerámica situados en las inmediaciones.

También se ha completado la reposición de los servicios afectados de gas, abastecimiento de agua, acequias de riego, líneas de teléfono y de fibra óptica y dos líneas eléctricas de alta tensión, así como el cambio de ubicación de los depósitos de agua mencionados. Las obras también han comprendido actuaciones de drenaje y de señalización y balizamiento, así como las de tratamiento de estabilización de taludes.

Como medidas de integración previstas en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) destacan el acopio, conservación y posterior reposición de la tierra vegetal (17.304 m^3), la hidrosiembra de 99.089 m^2 de taludes y la plantación de 1.854 unidades de especies autóctonas en zonas de préstamo y taludes.

La Fundación de los Ferrocarriles Españoles publica el Atlas de la Alta Velocidad en España

El AVE en sus coordenadas



Redacción R. Fomento. Mapas y gráficos: Fundación de los Ferrocarriles Españoles

El Atlas de la Alta Velocidad Ferroviaria en España, una publicación editada por la Fundación de los Ferrocarriles Españoles a la que se puede acceder gratuitamente a través de Internet, condensa en una serie de mapas y gráficos, toda una completa radiografía de nuestra Red de Alta Velocidad, así como de su evolución a lo largo de sus ya 25 años de historia.



Facilitar una visión global de la Alta Velocidad en España, accesible a todo tipo de públicos, de modo que el lector pueda conocer su realidad más completa y actual, así como su evolución en estos ya 25 años de trayectoria, es el principal objetivo del Atlas de la Alta Velocidad Ferroviaria en España, una publicación editada en formato digital por la Fundación de los Ferrocarriles Españoles.

Un total de 42 mapas, 73 gráficos y 19 tablas conforman el contenido principal del Atlas, cuyo acceso, a fin de facilitar su máxima difusión, es totalmente libre y gratuito. Para descargarlo basta con entrar en el siguiente enlace: www.ave-altavelocidad.es/atlas.asp.

Tiempos de viaje y tipo de servicio desde Madrid

Desde Madrid a	1942 Tiempo de viaje	1967 Tiempo de viaje	1986 Tiempo de viaje	2016 Tiempo de viaje
Vigo	18:00 (Expreso)	9:00 (Rápido)	8:14 (Talgo)	5:49 (Alvia)
Coruña	18:20 (Expreso)	10:10 (Expreso)	9:03 (Talgo)	5:33 (Alvia)
Gijón	13:30 (Expreso)	8:05 (Talgo)	7:16 (Talgo)	4:32 (Alvia)
Santander	12:15 (Expreso)	7:15 (TAF)	6:10 (Talgo)	3:55 (Alvia)
Bilbao	11:10 (Expreso)	7:10 (Talgo)	5:46 (Talgo)	5:04 (Alvia)
San Sebastián	13:40 (Expreso)	7:00 (Talgo)	5:50 (Talgo)	5:10 (Alvia)
Hendaya	14:15 (Expreso)	7:30 (Talgo)	6:16 (Talgo)	5:53 (Alvia)
Barcelona	11:50 (Expreso)	11:05 (Talgo)	7:21 (Talgo)	2:30 (Ave)
Valencia	10:15 (Expreso)	5:30 (Talgo)	4:32 (Talgo)	1:42 (Ave)
Alicante	9:15 (Expreso)	6:19 (TER)	4:35 (Talgo)	2:09 (Ave)
Cartagena	11:00 (Expreso)	7:10 (TAF)	5:50 (Talgo)	4:37 (Altaria)
Almeria	11:25 (Espreso)	8:50 (Rápido)	7:12 (Talgo)	5:58 (Talgo)
Granada	12:25 (Expreso)	6:50 (TER)	6:07 (Talgo)	4:25 (Altaria)
Málaga	13:45 (Expreso)	8:20 (TER)	7:19 (Talgo)	2:20 (Ave)
Sevilla	11:25 (Expreso)	6:05 (Talgo)	5:56 (Talgo)	2:20 (Ave)
Algeciras	18:15 (Expreso)	13:50 (Expreso)	12:22 (Expreso)	5:13 (Altaria)
Cádiz	15:05 (Expreso)	8:00 (Talgo)	7:40 (Talgo)	4:04 (Alvia)
Badajoz	11:30 (Expreso)	7:40 (Rápido)	6:41 (Talgo)	5:22 (Media distancia)
Salamanca	6:20 (Expreso)	3:20 (TER)	3:35 (TER)	1:36 (Alvia)

En el contenido del Atlas ha trabajado el equipo de expertos del Departamento de Geografía y Tráficos Ferroviarios del Área de I+D+i de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, que han realizado una intensa labor tanto de recopilación y síntesis de la documentación sobre la Red de Alta Velocidad, como especialmente en su escogida presentación final, de modo que el lector interesado pueda acercarse mediante sucesivas instantáneas de muy fácil manejo y comprensión a los diferentes aspectos que integran su amplia realidad. El Atlas proporciona así una visión del sistema ferroviario de Alta Velocidad español en el contexto de su desarrollo a lo largo de estos 25 años, no sólo por cuanto se refiere a la evolución y extensión de la Red en ese periodo sino también por cuanto concierne a sus de-





Una web para la Alta Velocidad

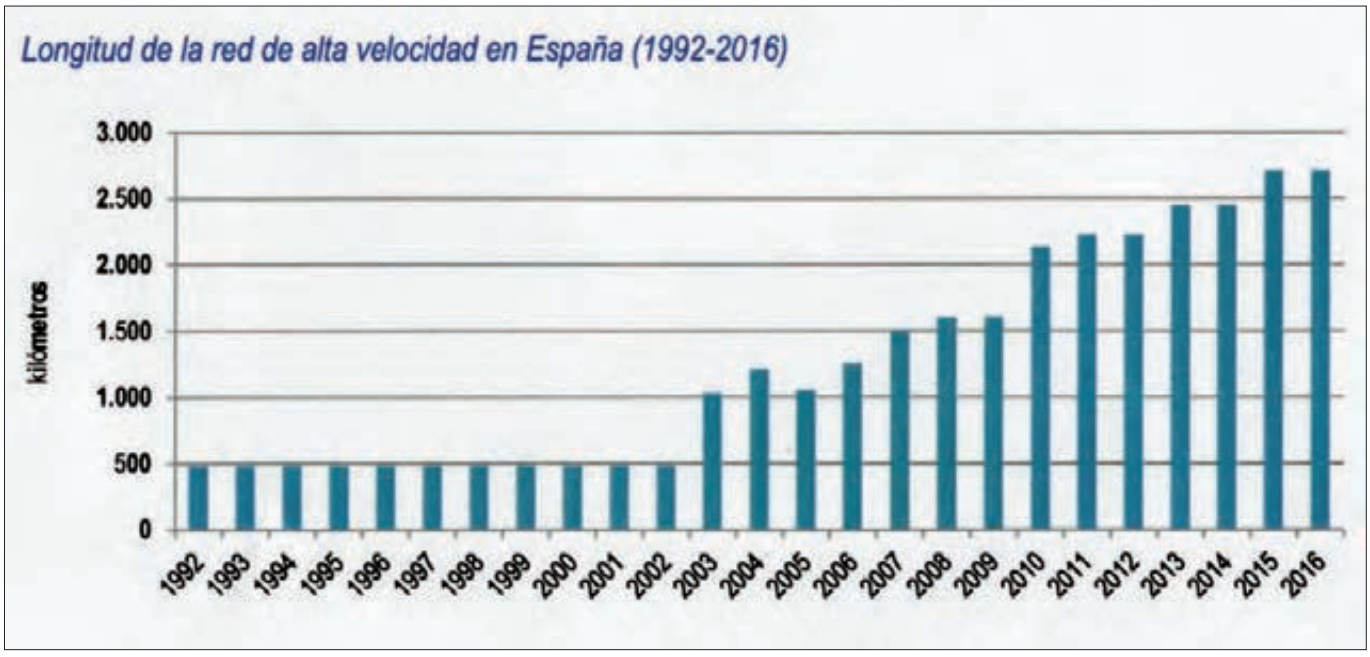
Con motivo de los 25 años de la puesta en servicio de la Alta Velocidad en nuestro país, la Fundación de los Ferrocarriles Españoles ha creado la página web: www.ave-altavelocidad.es. En ella se ofrece una completa información no sólo sobre la evolución de la Red de Alta Velocidad en España, sus características o el impacto que ha tenido en nuestra sociedad y el modo de viajar, sino también sobre su presencia en otros ámbitos como la cultura, el arte o la historia. El objetivo es proporcionar al lector interesado un acceso ágil y ameno a un amplio espectro de contenidos y acontecimientos relacionados con la Alta Velocidad, tanto en el ámbito nacional como internacional.

más elementos: tráficos, parque móvil, equipos de suministro de energía, etc.

Estructura

Conforme a ese propósito de facilitar al máximo la consulta de la información en él contenida, el Atlas se estructura en siete principales capítulos:

✔ En el primero de ellos se incluye una serie de datos globales referidos a la alta velocidad en el mundo: la extensión de las redes en los diferentes países que cuentan con ella, la evolución de los kilómetros construidos a lo largo de estas últimas décadas, velocidades promedio en los servicios comerciales, etc.





✔ El segundo traza una completa sinopsis y efectúa asimismo un pormenorizado análisis de la evolución de nuestra Red de Alta Velocidad a lo largo de estos 25 últimos años. Una serie de mapas y gráficos muestran la extensión de la Red en sucesivos momentos y facilitan también la localización de sus principales líneas y tramos, además de los diferentes elementos que la integran: estaciones, cambiadores de ancho o CRC (centros de regulación y control del tráfico).



▶ *El Atlas de la Alta Velocidad en España busca proporcionar una visión global y accesible de su Red en nuestro país.*

✔ El tercer capítulo, por su parte, reúne información cartográfica referida a las principales características de la Red (equipamiento de las líneas, suministros energéticos) así como a su infraestructura: viaductos y túneles, longitud de los mismos, etc.

✔ Una serie de gráficos ayudan a entender cómo ha sido la evolución del tráfico de pasajeros en la Red a lo largo de estos 25 años, conformando así el contenido del cuarto capítulo, en el que, entre otros datos, se ofrece información estadística referida al número de viajeros/año desde la puesta en servicio de la primera línea de Alta Velocidad Madrid-Sevilla.

✔ En el quinto de los capítulos se presenta una pormenorizada y significativa evolución de las distancias y tiempos de viaje entre algunas de las ciudades que conforman los principales destinos de la red ferroviaria de larga distancia. Los gráficos permiten apreciar la radical reducción que ha significado el AVE en los tiempos de viaje empleados entre algunos de ellos, como por ejemplo en la relación Madrid/Barcelona donde, de las 7 horas y 21 minutos de promedio que necesitaban los servicios de Talgo en cubrir el trayecto en 1986, se ha pasado a las dos horas y media en que lo hizo el AVE el pasado año.

✔ El sexto capítulo concentra información detallada sobre cada una de las líneas de Alta Velocidad hoy en servicio: perfiles, velocidades, anchos, electrificación y esquemas de vías en cada una de sus estaciones.

✔ Y finalmente, el séptimo y último de los capítulos está dedicado a catalogar el parque de material rodante que ha circulado o circula en la actualidad por la Red, desde los S-100 que comenzaron a prestar servicio en 1992 a los modernos S-112 o S-114. ▮







Revista del Ministerio de

Fomento

Julio-Agosto 2015 ● Nº 652 ● 6 €





Ingeniería española en el exterior





GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE FOMENTO

MONOGRÁFICO

Julio-Agosto 2015

PVP: 3 €



GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

La X Bienal Iberoamericana de Arquitectura se exhibe en la Trienal de Milán

Traspasando fronteras





▶ *Exterior del Palacio de la Trienal en Milán y aspecto de una de las salas donde se exhibieron los proyectos seleccionados en la X BIAU.*

Pepa Martín Mora. Fotos: © Gianluca di Ioia y © Paredespedrosa arquitectos

La X Bienal Iberoamericana de Arquitectura y Urbanismo (X BIAU) viaja hasta el Palacio de la Trienal de Milán, en Italia. Esta es la primera vez que esta muestra, auspiciada por el Ministerio de Fomento y dedicada a divulgar el panorama más actual e innovador de la arquitectura iberoamericana, se ha expuesto en un país europeo al margen de España y Portugal.

Las obras, publicaciones y trabajos de investigación premiados en esta última edición de la Bienal Iberoamericana de Arquitectura y Urbanismo (X BIAU), una iniciativa del Ministerio de Fomento que se ha consolidado como una de las referencias fundamentales para conocer la situación actual y prospectiva del sector en el ámbito iberoamericano, se muestran por primera vez en su historia en un espacio de Europa ajeno al de los países participantes, el Palacio de la Trienal de Milán, en Italia.

La exposición de la BIAU se pudo visitar desde el 21 de abril hasta el 4 de junio, en "un lugar con un impacto muy importante de cara a dar a conocer la arquitectura iberoamericana en toda Europa", en palabras de Angela García de Paredes, la arquitecta española que junto con su socio, Ignacio García Pedrosa, ha comisariado la X BIAU, contando para ello también con el apoyo del arquitecto brasileño Alvaro Puntoni como comisario adjunto.

"Buscábamos un lugar fuera del ámbito de España y Portugal, como países participantes que son, que nos ofreciera la oportunidad de mostrar la arquitectura iberoamericana más desconocida en Europa" –según la comisaria– y "la Trienal lo es porque destaca por la difusión que da a sus exposiciones", añade, no sin aprovechar para agradecer el apoyo incondicional que les ha prestado en esta iniciativa el también comisario y curador por la Trienal, Alberto Ferlenga, quien es además rector de la Universidad de Venecia.



Detalle de las cajas de luz conteniendo imágenes de las obras premiadas.



La Bienal ha reconocido en esta X edición la trayectoria del arquitecto portugués Eduardo Souto de Moura, en quien ha recaído el Premio Iberoamericano. “Es uno de los arquitectos más relevantes de la arquitectura internacional”, según Pedrosa.

La instalación

La Bienal no está concebida como un evento puntual que se celebra durante unos días concretos en un lugar determinado, sino como un proceso continuo cuyas actividades se desarrollan en diversos emplazamientos a lo largo de dos años. De esta forma, llega a Milán después de haber sido inaugurada en la ciudad brasileña de Sao Paulo, en el Auditorio Ibirapuera Niemeyer, con posterioridad viajará a Sevilla, donde se exhibirá en sep-

Dos décadas de Bienal

Hay que situarse en 1998 para recordar los inicios de la Bienal Iberoamericana de Arquitectura y Urbanismo, una iniciativa del Ministerio de Fomento que busca promover el intercambio de experiencias entre arquitectos y urbanistas latinoamericanos, así como el debate sobre los grandes problemas que inciden en la arquitectura y el urbanismo actual de los 22 países participantes, todos sudamericanos, junto con España y Portugal.

En su conjunto conforman un territorio que abarca más de 20 millones de kilómetros cuadrados de geografía muy variada en la que viven casi 700 millones de personas, lo que a su vez da lugar a arquitecturas muy distintas mostrando la huella que las personas han dejado en las ciudades y el territorio como consecuencia de migraciones y otros movimientos, de ahí que el lema de esta edición sea “Desplazamientos/Deslocamientos”.

La BIAU, que se celebra cada dos años, no es un proyecto aislado, ya que está integrado en la Estrategia y Plan Operativo del Programa de Promoción, Difusión e Internacionalización de la Arquitectura, en la que no sólo está involucrado el Ministerio de Fomento, si no que extiende su ámbito a la colaboración con otros organismos de la Administración, como el MAEC (Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación), a través de la Agencia Estatal de Cooperación Internacional y Desarrollo (AECID), Acción Cultural Española (AC/E) y Ministerio de Industria, Economía y Competitividad (MINECO) a través del Instituto de Comercio Exterior (ICEX), y otros entes privados como el Consejo Superior de Colegios de Arquitectos o la Fundación ARQUIA.

Además, la Bienal tiene una estrecha vinculación con la Bienal Española de Arquitectura y Urbanismo (BEAU), con la que se solapa en el tiempo, conviviendo en su itinerancia internacional, lo que ha llevado a que ambos certámenes converjan, integrando esfuerzos y optimizando recursos, aunque manteniendo sus respectivas identidades en cuanto al distinto ámbito geográfico que abarcan. De hecho, la selección de proyectos galardonados en la Bienal Española es la que se presenta en la siguiente edición de la BIAU.

Galardones

Entre las 21 candidaturas presentadas, el Jurado de la X BIAU ha premiado a Souto de Moura en reconocimiento a una obra "plena de emoción" y a "la importante aportación de su magisterio en universidades de diversos países". Se ha valorado también de la candidatura, presentada por la Facultade de Arquitetura de la Universidade de Lisboa, las "enriquecedoras relaciones entre distintas escalas, lugares y momentos que su obra ha desarrollado, así como la capacidad de experimentar con nuevos materiales y estructuras".

Bajo el lema Desplazamientos/Deslocamientos, un total de 1.111 obras de los 22 países participantes se han presentado a esta X edición con la intención de mostrar la huella que las personas han dejado en las ciudades y el territorio como consecuencia de las migraciones y otros movimientos.

El jurado internacional ha premiado 26 trabajos de las 194 obras propuestas por los comités nacionales, procedentes de Argentina (2), México (2), Portugal (4), Ecuador (2), Paraguay (1), Brasil (4), Uruguay (1), Colombia (1), Chile (1) y España (7). Las obras reconocidas son principalmente arquitectónicas y entre ellas hay tanto edificios públicos como centros culturales, teatros y museos, así como viviendas de distinta tipología y hasta un establo. Además se han seleccionado como finalistas otras 28 obras.

A la categoría de publicaciones se han presentado 160 libros, 61 publicaciones periódicas y 25 publicaciones en otros soportes (vídeo), y la elevada calidad de las obras ha llevado al jurado a premiar, ex aequo, seis libros y dos publicaciones periódicas.

Los libros tratan diferentes temas vinculados a la cultura arquitectónica iberoamericana desde distintos enfoques: historia, crítica arquitectónica, cultura urbana o investigación del territorio. Los premiados, procedentes de Portugal, España, Perú, Argentina y México, son trabajos realizados por editoriales académicas e independientes. El premio recoge además como finalistas otros nueve libros.

Las publicaciones periódicas premiadas ex aequo son dos revistas (una brasileña y otra española), mientras que una tercera (española) ha merecido una mención especial del jurado. En las primeras se ha valorado el esfuerzo "por promover épocas, personajes y obras de la cultura arquitectónica brasileña", en el caso de la Revista Monolito, y el valor de "la labor de concienciación social hacia la arquitectura" en el caso del suplemento de El Cultural (del diario español El Mundo).

El trabajo premiado en la categoría de Otros Soportes ha sido la colección Maestros de la Fundación Arquia, por sus entrevistas a Rafael Moneo, Ricardo Bofill, Manuel Gallego, Oriol Bohigas y Antonio Fernández Alba.

De entre las más de 100 tesis doctorales recibidas en esta X BIAU, el jurado ha decidido otorgar el premio a Francisco Javier Castellano por su obra "El patrimonio fértil. Transferencias entre el paisaje agrario y la arquitectura en los crecimientos urbanos", y ha otorgado además otras cinco distinciones a otras tantas tesis procedentes de Portugal, Brasil y España. Quedaron finalistas otros 28 trabajos de investigación.

El detalle de todos los premiados se encuentra en la web www.bienalesdearquitectura.es o en la del Ministerio de Fomento www.mfom.es.



En esta X edición de la Bienal se presentaron en total 1.111 obras de los 22 países participantes, de las que se premiaron un total de 26 trabajos.

tiembre; estará luego en Oporto y, posteriormente, ya en la primavera de 2018, llegará a Madrid, en una itinerancia que busca alcanzar la máxima difusión y propiciar el más amplio debate en torno a la arquitectura actual. También se llevará una exposición, en versión algo más reducida, a Houston, en el mes de septiembre, para su posterior presentación en distintas ciudades centroamericanas en los primeros meses del próximo año.

Las actividades de la BIAU, entre las que se encuentra esta exposición, giran en torno al reconocimiento y divulgación de las trayectorias profesionales más relevantes, de las obras más significativas de arquitectura y urbanismo, las mejores publicaciones, los trabajos de investigación más sobresalientes, y las mejores ideas de arquitectos y estudiantes, que tras las selecciones realizadas por los jurados de cada uno de los temas se incluyen también en el catálogo de la BIAU, financiado por la Fundación Arquia. Todo ello se complementa con un programa académico que incluye conferencias y debates, con lo que aumenta el impacto en los medios culturales.

La instalación de la exposición de Milán, denominada Desplazamientos, difiere de la presentada en Sao Paulo, que estaba concebida para su presentación en un espacio al aire libre. Diseñada por Paredes y Pedrosa, la organización es simple y consiste en tres elementos independientes dispuestos en un gran espa-



Biombos de lona con proyectos e información sobre la obra de Souto de Moura.

cio lineal denominado Curva A, en la planta baja del Palacio de la Trienal.

El primero de ellos se compone de una estructura modular de aluminio ligero en zigzag, ubicada en el eje longitudinal de la sala. Sugiere una contradicción a modo de "muro permeable", y soporta unas cajas de luz donde se presentan las 26 obras premiadas, por lo que, para que éstas destaquen, la iluminación de la sala es baja. Esta pared abierta que forma la estructura se alza sobre el suelo y está fijada al techo con cables.

Las cajas están enfrentadas a *grafittis* con croquis desescalados de Souto de Moura sobre un fondo neutro, dando paso al segundo elemento y haciendo hincapié en la disposición lineal de la exposición. Hay un gran biombo de lona impresa que contiene los créditos de la muestra, y la información sobre el premiado; tam-

Souto de Moura



El Premio Iberoamericano de la XBIAU, Eduardo Souto de Moura, nació en Oporto, Portugal, en 1952. Desde muy joven colaboró en estudios tan prestigiosos como los de Álvaro Siza o Fernandes de Sá, iniciando su carrera docente como profesor visitante en los años 80 en las universidades de Oporto, París-Belleville, Harvard, y fue luego profesor en las universidades de Zúrich, Mendrisio, Lausana y Milán.

En su haber suma más de 80 premios, condecoraciones y distinciones, el primero de ellos en 1980, el Premio Fundação António de Almeida, y más recientemente el Pritzker, en 2011. Es doctor honoris causa en la Universidad de Chiclayo (Perú) y colegiado de honor de la Junta de Gobierno del Colegio de Arquitectos de Cádiz (España).

Quienes conocen su obra destacan especialmente su compromiso ético y su apuesta permanente por la innovación y la experimentación, tanto tecnológica como conceptual. Tras más de 40 años de profesión, Souto de Moura sigue reivindicando el valor de la creatividad para solucionar nuevos problemas y manejar los contratiempos y adversidades a los que se enfrenta continuamente el ser humano, sin perder nunca el contacto con la realidad más próxima, lo local y la identidad de los lugares donde ha de arraigar su trabajo.



Dos aspectos de la exposición en el Palacio de la Trienal.

bién se exhiben las publicaciones que han resultado galardonadas.

Como novedad se muestra en formato audiovisual la conversación que mantuvieron en San Paulo, en octubre de 2016, con motivo de la inauguración del evento, el mismo Souto de Moura y Paulo Mendes da Rocha, premiado en la I BIAU, ambos además premios Pritzker, el más prestigioso de los galardones de arquitectura, un coloquio que estuvo moderado por el también arquitecto portugués Joao Luis Carrilho da Graça. Este tercer elemento se exhibe en portugués con subtítulos en español, inglés e italiano.



La exposición de la X BIAU en la Trienal de Milán ha significado una magnífica oportunidad para divulgar la arquitectura iberoamericana en Europa

Por otra parte, la Trienal también presenta una sección transversal que muestra uno de los panoramas más interesantes de la arquitectura reciente: el que se extiende entre los diferentes países Iberoamericanos, cuya relevancia ha sido resaltada por la dirección de Alejandro Aravena en la Bienal de Arquitectura de Venecia de 2016.

De hecho, la arquitectura iberoamericana ha tenido el más alto reconocimiento de la Bienal de Arquitectura de Venecia en distintas ocasiones y ha galardonado con el León de Oro la trayectoria de Paulo Mendes da Rocha; también ha premiado al uruguayo Solano Benítez con el León de Oro a la Mejor Participación del evento, así como al Pabellón Español con el León de Oro a la Mejor Participación Nacional en la pasada edición.

Si a ello sumamos el reciente Premio Priztker al estudio catalán RCR Arquitectos, no hay duda del buen momento de la arquitectura española, considerada un referente internacional de excelencia, tanto por el talento y la profesionalidad de sus arquitectos como por la brillante ejecución de sus proyectos, que abarcan un amplio espectro de realizaciones, desde rehabilitaciones a obras de nueva planta, infraestructuras o intervenciones urbanas a amplia escala. ▮



SUSCRÍBASE A LA EDICIÓN IMPRESA

Revista del Ministerio de
Fomento

TARJETA DE SUSCRIPCIÓN

NOMBRE Y APELLIDOS/EMPRESA ..... **N.I.F.** .....

DOMICILIO ..... **Nº** .....

LOCALIDAD ..... **PROVINCIA** ..... **C. P.** .....

PAÍS ..... **TELÉFONO** ..... **CORREO ELECTRÓNICO** .....

MODALIDAD DE SUSCRIPCIÓN	ESPAÑA	EXTRANJERO
☐ 1 año (11 números)	**25 €**	**35 €**
☐ 2 años (22 números)	**40 €**	**50 €**

Envíenme gratis la el nº extraordinario *"Alta velocidad en España 1992-2011"* que regalan por una suscripción de dos años*
**(Hasta agotar existencias)*

FORMA DE PAGO ☐ **Envío cheque adjunto** ☐ **Envío giro postal nº** ..... ☐ **Domiciliación bancaria** (sólo suscriptores)

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal, usted tiene derecho al acceso, cancelación, rectificación y oposición de los datos facilitados mediante solicitud por escrito a : Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. E-mail: cpublic@fomento.es

Enviar a: **Revista del Ministerio de Fomento**
Pº de la Castellana, 67. 28071 Madrid. **Información y suscripciones: 91 597 64 49.** **Correo electrónico: cpublic@fomento.es**

DOMICILIACIÓN BANCARIA

Entidad bancaria .....

Domicilio entidad ..... Nº .....

C.P. ..... Localidad ..... Provincia .....

Muy Sres. míos:
Ruego que, con cargo a mi cuenta y hasta nuevo aviso, atiendan el pago de los recibos correspondientes a mi suscripción que les presentará al cobro la Revista del Ministerio de Fomento, editada por el Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento.

Les saluda atentamente
(firma)

CÓDIGO IBAN CUENTA CLIENTE																															
E	S																														

....., de ..... de 201

EL TITULAR, Fdo. .....

Enviar a: **Revista del Ministerio de Fomento. Pº de la Castellana, 67. 28071 Madrid.**

Cartografía

Redacción R. Fomento

Más de 2.500 años costó al hombre desvelar la verdadera imagen de la esfera terrestre. La exposición *Ecúmene. La evolución de la imagen del mundo*, organizada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), propone un apasionante viaje por los hitos que lo hicieron posible, desde las primeras visiones de los clásicos griegos como Homero, Platón o Aristóteles, a los grandes viajes de exploración del Renacimiento y el siglo XVIII.

¿Cómo ha desarrollado el ser humano la capacidad para representar con la máxima fidelidad y precisión el mundo conocido o por él habitado en distintos momentos de la historia?. La respuesta a esta pregunta es el *leit motiv* de la exposición *Ecúmene. La evolución de la imagen del mundo* que, organizada por el Instituto Geográfico Nacional, adscrito al Ministerio de Fomento, puede visitarse de lunes a viernes de 12 a 14 h en la Casa del Mapa (C/ General Ibañez de Ibero nº 3, Madrid 28003) hasta el mes de abril de 2018, y para la que también se puede solicitar cita previa si lo que se desea realizar es una visita guiada, dirigiéndose entonces a través del enlace documentacióngn@fomento.es.

Cuidada en todos sus detalles con la rigurosa y milimétrica precisión propia de la profesión de sus organizadores, cartógrafos del IGN y responsables de la conservación de la cartoteca en la que se conservan algunos de los mapas antiguos e instrumentos geodésicos más valiosos de nuestro país, la exposición propone un sucinto y ameno recorrido por los hitos que han marcado la evolución de la cartografía como ciencia capaz de responder al reto de obtener la imagen más precisa del mundo habitado, nuestro planeta Tierra.

Interrogantes griegos

Ineludibles en esa primera parte de la muestra son las referencias a los clásicos griegos que se atrevieron a buscar respuesta a las tres grandes cuestiones que ayudarían a configurar una primera imagen de la Tierra en nuestra cultura occidental: ¿cuál es su forma?, ¿cuál es su medida?, ¿cómo está situada en relación a otros cuerpos celestes?. Por los relatos épicos de Homero, especialmente la Odisea, podemos deducir que ya hacia el siglo VIII antes de Cristo, sus contemporáneos concebían la Tierra como un disco circular, plano y rodeado por un gran río llamado Océano, de cuyos bordes se alzaba la bóveda celeste. Anaximandro de Mileto (610-547 a. de C.), discípulo de Tales de Mileto y a quien se atribuye el primer mapa conocido, desarrolló algo más esa primitiva imagen de la Tierra, plana, circular y situada sobre un cilindro achatado, rodeada sí por el gran río Océano pero configurada en su interior por tres grandes continentes: Europa, Libia (África) y Asia. Muy poco tiempo después Hecateo de Mileto (550-476 a. de C.) realizó una descripción de la Tierra, a grandes ras-



▶ *Carta náutica de Gerard Van Keulen (1720).*



La exposición Ecúmene. La evolución de la imagen del mundo, en la Casa del Mapa del IGN

La Tierra desvelada



Vista de la exposición en la Casa del Mapa.

gos muy similar en su concepción a la anterior, pero enriquecida mediante muchos detalles y referencias, que grabó en una gran superficie de bronce y que fue el asombro y maravilla de su tiempo.

Finalmente, el tiempo de estas descripciones, sostenidas en gran parte en la imaginación y en el relato mitológico más que en el conocimiento empírico, llegará a su conclusión con los testimonios de Heródoto, el gran viajero y padre de la Historia, que si bien considera la Tierra como una superficie plana, desmiente, en muchos casos desde sus propias experiencias viajeras, su forma circular, la igualdad de tamaño de los continentes y el hecho de que estén rodeados todos ellos por el solo río Océano.

Pero serán Platón en primer lugar, y luego Aristóteles los que impriman un giro definitivo a la concepción plana de la superficie terrestre y aventuren su esfericidad. Platón lo hará fundamentándose más en principios filosóficos que puramente científicos, concibiendo la esfera como la forma más perfecta y superior a todas y abrigando la teoría de un universo geocéntrico; Aristóteles, por el contrario, se basará en la observación, concretamente en la sombra redondeada de la Tierra proyectada sobre la superficie de la Luna durante los eclipses solares, y adelanta la posibilidad de que el hombre pueda alcanzar la India viajando por mar hacia el oeste, dejando atrás las columnas de Hércules. Por último, su discípulo Dicearco de Mesina (350-285 a. de C.), anticipa ya un mapa mundi en proporción de 3X2, e introduce por primera vez unos ejes de coordenadas ortogonales entre las que sobresalen un meridiano que pasa por Rodas y un paralelo de latitud aproximada 36º Norte que atraviesa desde las columnas de Hércules hasta la cordillera del Himalaya.

Un cálculo sorprendente

Sin embargo corresponderá a Eratóstenes de Cirene (276-194 a. de C.), a quien la exposición dedica un panel propio que ayuda a poner de relieve la transcendencia que en siglos posteriores tendría su hallazgo, la prime-



Atlas Catalán de 1375, obra del mallorquín Abraham Cresques.

ra medición de la circunferencia terrestre, con una exactitud muy aproximada a la actual pese a los rudimentarios métodos utilizados. Eratóstenes, director de la Biblioteca de Alejandría durante bastantes años, conocía que, en la ciudad egipcia de Asuán, durante el solsticio de verano (21 de junio) los rayos solares al mediodía incidían en absoluta vertical y los cuerpos no producían sombras, algo que sí ocurría en Alejandría en ese mismo día y hora. Dando por hecho que Alejandría y la ciudad de Asuán estaban alineadas en el mismo meridiano y separadas por unos 5.000 estadios, Eratóstenes tomó el grado de inclinación de los rayos solares en su cénit durante el solsticio en la ciudad de Alejandría, valiéndose para ello de un gnomon o cuadrante solar, calculando su valor en 7º 12', equivalente a 1/50 parte de la circunferencia terrestre. Obtuvo así una circunferencia total resultante de 250.000 estadios, que elevó a 252.000 para hacerla divisible por 360, lo que le permitió obtener una longitud de 700 estadios para cada grado de círculo máximo. Aunque no se ha podido determinar con certeza el patrón de estadio que Eratóstenes utilizó para sus cálculos, si se considera que pudo ser el egipcio (157,5 m), su cálculo de la distancia de la circunferencia terrestre sería de 39.690 km, que frente a los 40.000 km reales arroja un margen de error prácticamente insignificante.

Joyas cartográficas

La exposición Ecúmene. La evolución de la imagen del mundo *apoya su recorrido didáctico en una serie de mapas y globos terráqueos que ponen a la luz las distintas visiones que de la Tierra ha tenido el hombre a lo largo del tiempo. De entre las muchas que jalonan la exposición, cabe destacar por su singularidad y valor histórico la reproducción facsímil del mapamundi incluido en el Beato del Burgo de Osma (1086), basado en el mapamundi de San Isidoro de Sevilla, con su visión de la Tierra en forma de T dentro de una O; o la reproducción del mapa de Günther Zainer (1472), también basado en las Etimologías de San Isidoro de Sevilla y catalogado como el primer mapa impreso. De gran valor y muy clarificadoras son también las tres reproducciones de globos terráqueos: el primero de ellos el de Martin Behaim (1492), facsímil del original basado en la Geografía de Ptolomeo, realizado antes del descubrimiento de América por Colón, donde se reproduce Asia a un gran tamaño de modo que se reduce considerablemente la distancia navegable a través del Atlántico, un error acaso determinante que pudo inspirar al navegante de origen genovés; muy singulares también el globo terráqueo de Martín Waldseemüller de 1507, en el que consta ya por primera vez el nombre de América, así como el de Johannes Schöner, de 1523 y donde, fruto sin duda del conocimiento del viaje de Magallanes, aparecen ya separados los continentes asiático y americano.*

A Eratóstenes de Cirene (276-194 a.de C.) cabe atribuir el primer cálculo de la circunferencia terrestre

Claudio Ptolomeo (100-175), director también de la Biblioteca de Alejandría en tiempos del emperador Adriano, y su excepcional contribución al conocimiento de la Tierra son el siguiente alto en la Exposición. Además de glosar su figura y sus brillantes aportaciones a las cien-



▶ *Detalle de la exposición con el globo terráqueo y la primera imagen de la Tierra tomada desde fuera de la órbita terrestre por los astronautas del Apolo 8.*

cias y las letras como matemático, astrónomo, geógrafo y lingüista, la sección a él dedicada incluye una preciosa edición facsímil de su *Geographia*, cuyo redescubrimiento hacia el fin de la Edad Media sentó las bases de la cartografía moderna. Esta magna obra compuesta por un tratado de geodesia, cartografía y geografía, y acompañada por 27 mapas, uno de ellos representando todo el mundo conocido y otros 26 más dedicados a distintas regiones, incluye un Nomenclátor con 8.000 topónimos registrados con sus correspondientes coordenadas de latitud y longitud, lo que facilita su localización sobre los mapas si se utiliza algunas de las proyecciones cartográficas que realizó. Así, en la primera de ellas, la esfera se proyecta sobre un cono tangente, de tal modo que los meridianos están representados por un haz de líneas convergentes y los paralelos por arcos de circunferencia; en la segunda de sus proyecciones, basada en meridianos curvos, el mundo intenta ser representado con la máxima fidelidad tal como lo vería un observador desde el espacio exterior, y la última, basada en la proyección rectangular de Marino de Tiro, utilizada en los mapas regionales, inscribe el territorio a representar en una red de paralelos y meridianos que intersectan de forma ortogonal.

.\ Edad Media

Los mapas en la alta y baja Edad Media tienen cabida también en la exposición. En un caso, para apreciar en ellos el retorno al primitivismo de las primeras representaciones griegas, si bien fruto sin duda del fuer-



Mapa de la peninsula Ibérica de Valdseemüller de 1513, uno de los mapas impresos más antiguo de España. Debajo, cronómetro marino del siglo XIX y esfera terrestre.

te sesgo religioso que cobra la interpretación del universo durante este periodo. Muestra singular de ello será el mapa llamado «de T en O», el Orbis Terrarum romano, que aparece en las etimologías de San Isidoro de Sevilla, donde de nuevo los tres continentes se sitúan dentro de un círculo (la «O») con las tres cavidades delimitadas por las marcas horizontal y vertical de la letra (la «T», símbolo de la cruz cristiana), que en esta ocasión significan el río Don y el Nilo, y sitúan a Asia y su mayor proporción por encima de la horizontal, mientras que en sendos lados de la marca vertical, que representa ahora el Mediterráneo, se sitúan Europa (sector izquierdo de la T) y África (lado derecho). El gran círculo que las rodea sería finalmente la representación del océano aún desconocido.



Una mayor vocación de precisión tuvieron las cartas marinas o mapas portulanos hacia el siglo XII, fruto en buena medida del gran desarrollo alcanzado en el arte de navegar, por la introducción de adelantos técnicos como la brújula, que favoreció un gran intercambio comercial en el Mediterráneo. Venecia, Génova, Barcelona o Palma de Mallorca contarán con magníficas escuelas de cartógrafos de las que saldrán algunas de las mejores obras de la época, como los portulanos de Pietro Vesconte (1311), Giovanni de Cavignano (1314) o el Atlas Catalán (1375) del judío mallorquín Abraham Cresques, considerado el mapa más bello de todo ese período y cuya reproducción merece un lugar destacado en la exposición.

Por último, las grandes exploraciones oceánicas, desde el Renacimiento hasta el s. XVIII, desde la circunnavegación de Magallanes y Elcano (1519-1522) a los viajes de James Cook (1768-1779), cierran con sus aportaciones decisivas, las que permitieron incorporar paulatinamente la imagen de la última *terra incognita* hasta componer el definitivo rostro de la Tierra que conocemos hoy, el último gran apartado de la exposición. Un viaje apasionante de más de 2.500 años en pos del esquivo misterio del rostro de la Tierra, cerrado brillantemente en la exposición con una fotografía de nuestro planeta azul tomada desde el Apolo 8. ▮



El arte del grabado y el ferrocarril del siglo XIX al XXI

Un tren de inspiración

Julia Sola Landero. Fotos: Fundación de los Ferrocarriles Españoles

Mirar el ferrocarril a través de los ojos del artista; desvelar, más allá de la técnica y el progreso, las historias, la belleza y las emociones que el tren ha dejado a su paso, tales son los objetivos de la exposición *El arte del grabado y el ferrocarril del siglo XIX al XXI* organizada por la Fundación de Ferrocariles Españoles y por la Real Casa de la Moneda y Timbre.



Jaime Elechiguera

▶ *Emisión filatélica de 1995 de la Casa de la Moneda dedicada al tren Talgo. Debajo, grabado conmemorativo de los 150 años de la línea Barcelona-Mataró.*

La muestra, comisariada por Inés Tortosa e Isabel Encinas, reúne más de un centenar de grabados de autores españoles y extranjeros y un grupo de esculturas que ofrecen un singular itinerario por la historia del ferrocarril. Además, expone un conjunto de diversos objetos –sellos, billetes, monedas, documentos, libros, utensilios, audiovisuales y maquetas– que dejan constancia de una época y de la evolución del ferrocarril. Fechados desde los primeros años del siglo XIX hasta hoy, todos ellos forman un auténtico mosaico de historias del fe-





Grabado de la construcción de la estación de Atocha (Madrid). Debajo, locomotora y convoy maderero sin raíles en Estados Unidos.

rrocarril que tienen que ver con la evolución de los trenes, las infraestructuras, acontecimientos históricos, eventos sociales, visiones futuristas, sucesos y escenas de viajes donde se mezclan abrazos, despedidas y reencuentros. Fragmentos que forman una singular crónica visual realizada por artistas nacionales e internacionales como Venancio Arribas, Jaelius, José Salvador Antúnez, José Miguel Palacio, Fernando Bellver, Fred Mershimer, Alan Petrulis y Richard Pantell, Lotta Nieminen, Tobías Till, Tocoha Matsuda, Utagawa Hiroshige III o Kunitero II, entre otros.

Escenas sobre raíles

Los más de cien grabados que forman parte de esta exposición pertenecen a la colección "Arte sobre raíles", que la Fundación de los Ferrocarriles Españoles tiene en depósito. A color, en blanco y negro, de distintas épocas y con muy diferentes técnicas, todos relatan, desde la particular visión del artista, historias del tren en Europa, América y Asia. Así, en la galería de grabados se pueden ver escenas de todo tipo que hilan un relato social y técnico: un tren de viajeros detenido por la nieve en el puerto de Guadarrama, la inauguración del túnel de Mont-Cenis, escenas del viaje Madrid-San Sebastian, el aspecto de la estación de Villanueva a la salida del primer tren en La Habana con los voluntarios incorporados a filas, la estación de Santa Polonia en Lisboa, estampas del tren sanitario de la Asociación de Socorro a los Heridos, la estación de Atocha en construcción, escenas de la vuelta del veraneo en la estación del Norte, la "entusiasta despedida al batallón de Canarias destinado a la campaña de Cuba", la inauguración del ferrocarril a La Coruña, el interior del tren real, grandes infraestructuras en construcción o el novelista Emilio Zola viajando en un tren expreso para estudiar las costumbres de los empleados de ferrocarriles.









La muestra propone un itinerario articulado en cinco temas: *El ferrocarril y sus inicios; Vehículos ferroviarios y grandes obras de ingeniería; 25 años del AVE-Alta Velocidad Española; ¡Viajeros al tren!; Escenas curiosas del ferrocarril; Otras visiones*, y *El tren y el cine*.

En la exposición se han reunido más de un centenar de grabados que permiten apreciar la evolución del ferrocarril desde sus inicios hasta hoy

▶ *Grabado inglés de una carroza a vapor y, al lado, el novelista Émile Zola en un viaje en tren. Sobre estas líneas, despedida de tropas con destino a Cuba en la estación madrileña de Mediodía. Al lado, medalla conmemorativa del tren Barcelona-Mataró.*



Jaime Elechiguera

En *El ferrocarril y sus inicios* se muestran grabados de los primeros coches de tracción de sangre, locomotoras a vapor y escenas de las primeras inauguraciones, como la del "camino de hierro de omnibus del corus de la reine", testimonio imborrable de un tren tirado por caballos. En el apartado de *Grandes obras ferroviarias* aparecen estaciones, puentes y viaductos, algunos de ellos en construcción, lo que supone un documento histórico extraordinario; en *Vehículos* se ven locomotoras y coches de viajeros, como el primer tren que circuló en la península, el de Barcelona-Mataró, junto a vagones de mercancías y coches reales, como los primorosos vagones utilizados por los reyes Jorge V de Hannover y Luis II de Baviera. *Las Escenas curiosas del ferrocarril* rememoran momentos de viajeros, irremediablemente teñidos de nostalgia, co-

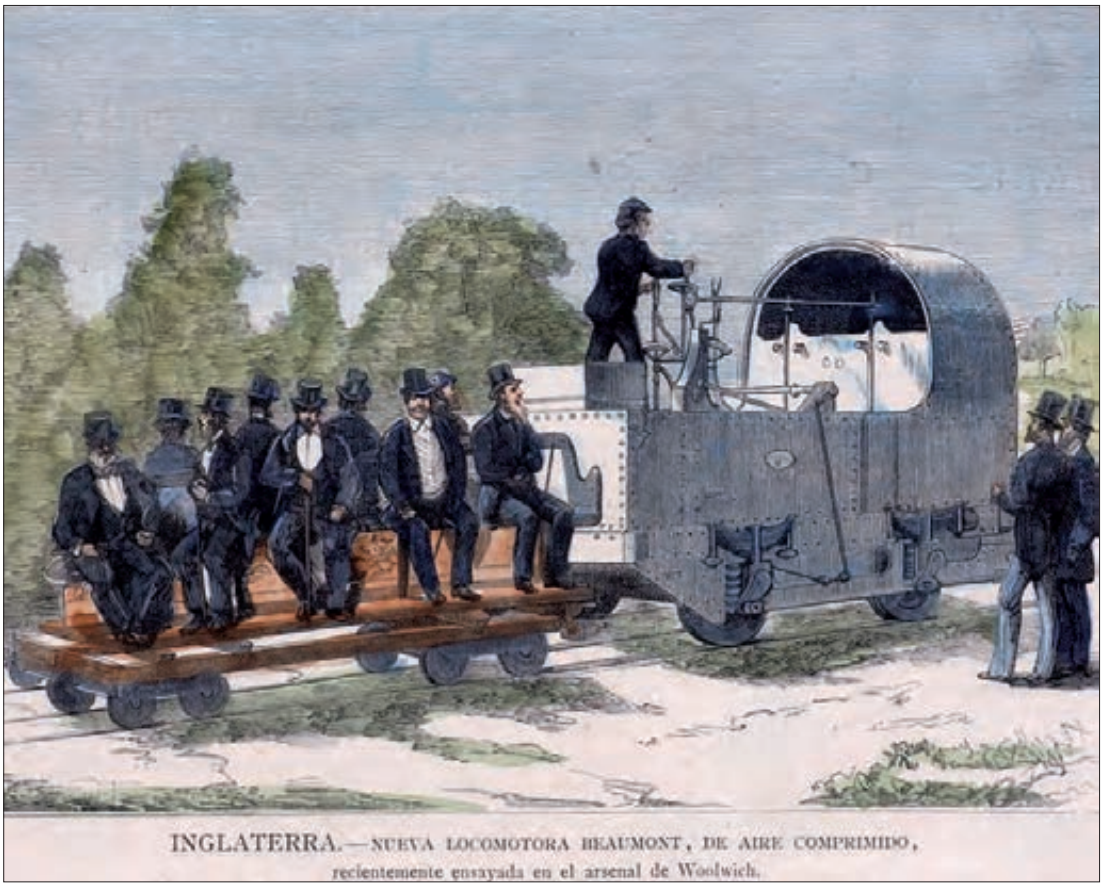
Localización

La exposición "El arte del grabado y el ferrocarril del siglo XIX al XXI", que coincide con al 25º aniversario del AVE, se pudo admirar del 28 de abril al 11 de junio en el Museo Casa de la Moneda, en su sede de la calle Doctor Esquerdo, en Madrid.

La muestra se completó con dos actividades paralelas: la mesa redonda: "El ferrocarril y su revolución en el tiempo, las comunicaciones y la cultura", y el concierto "Mucho swing y jazz fussion", con la Big Band y A.S. Group del Conservatorio Superior de Música de Arturo Soria. Y ha estado acompañada, también, de textos de autores como Antonio Lucas, Julio Fuentes Losa, Antonio López, Jacinto Benavente, Jordi Font-Agustí, José Miguel Palacio y Eduardo Torres-Dulce.

Más información: www.museocasadelamoneda.es y www.ffe.es/artesobrerailes

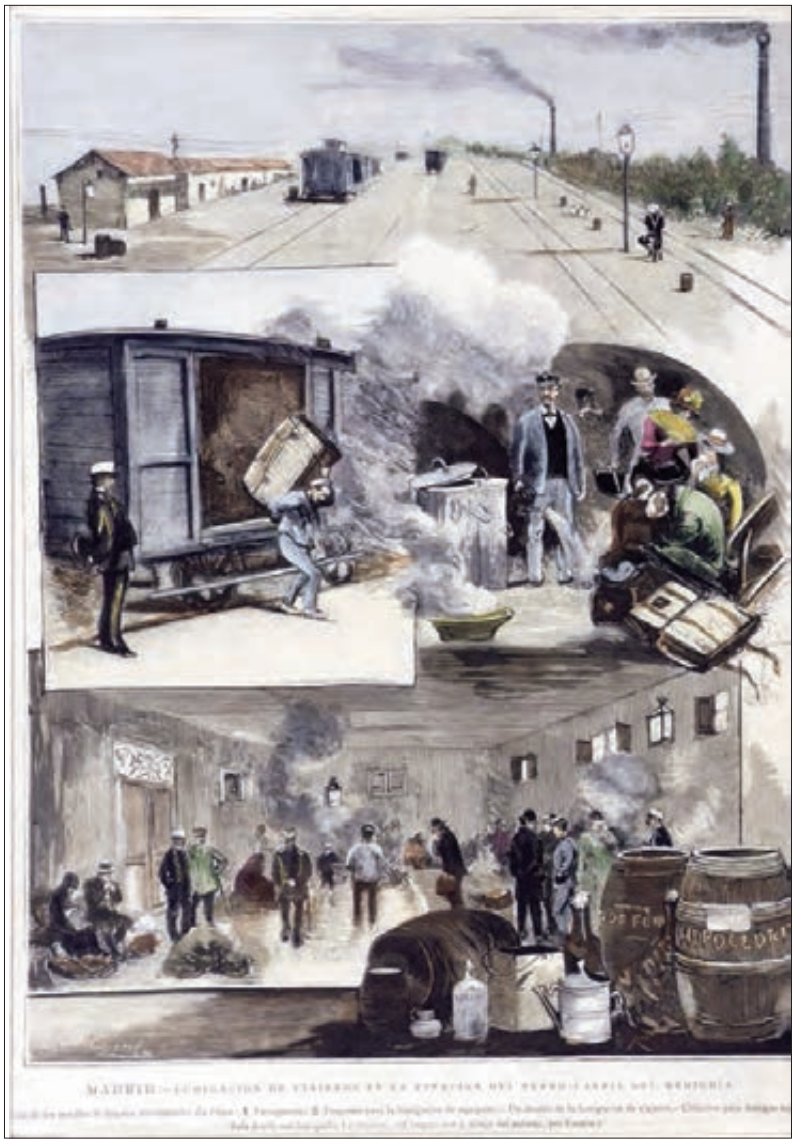




▶ *Interceptación de un tren por bandoleros. Junto a estas líneas, pruebas de una locomotora Beaumont de aire comprimido.*

mo los preciosistas *The departure* y *The return.First Class*, pintados por W.H. Simmons y grabados por A. Solomon, o *El aviso de un descarrilamiento*, de Emanuel Spitzer. En *Otras visiones* llaman la atención las propuestas futuristas de trenes aéreos y monorraíles, obras de un visionario que supo prever un futuro entonces improbable. En *El tren y el cine*, un binomio bien avenido que ha dado lugar a escenas míticas, aparecen grabados que inmortalizan películas como *La llegada de un tren a la estación de La Ciotat*, *El maquinista de la General* o grandes clásicos de Hitchcock como *Extraños en un tren* o *Con la muerte en los talones*.

Hay en la muestra notables grabados de autor desconocido, probables cronistas de una época y todos





▶ *Sobre estas líneas, diferentes escenas recreando la fumigación de viajeros en la estación de Mediodía (Madrid). Al lado, cartel promocionando la venta de billetes baratos para la Exposición Universal de Barcelona.*

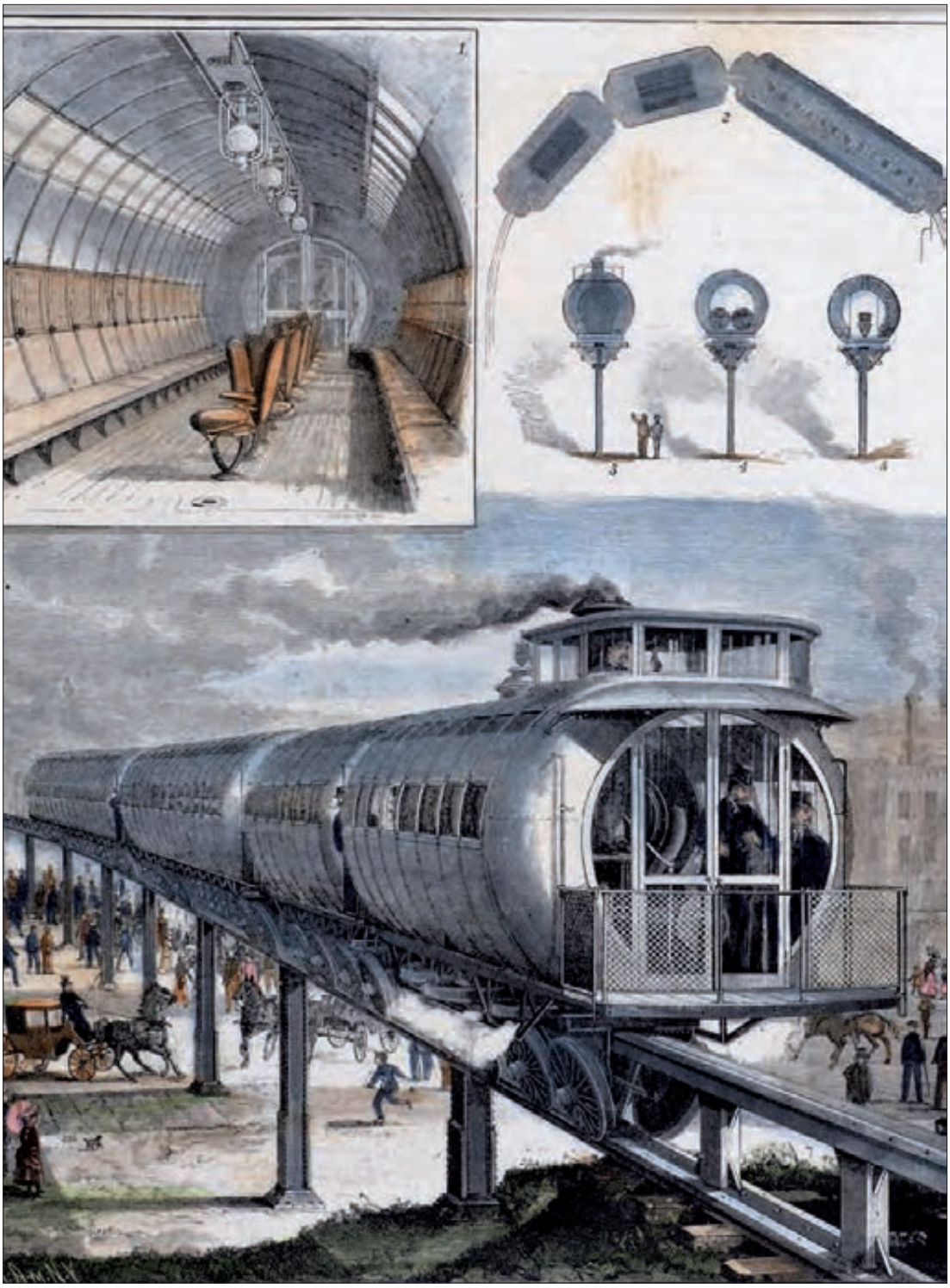
ellos reseñables por su buena factura y el testimonio histórico que retratan. Entre los firmados, destacan obras como la de José Miguel Palacio, que expone la obra de 1999 *Papiroflexia del tren*; Tren bala a Kyoto, de Fernando Bellver; los grabados de Fred Mershimer (*Manhattan Bound*), Alan Petrulis (*96th Street Transfer.New York Subway*) y Richard Pantell (*Serenade at Dawn*). La particular visión del ilustrador checo Miroslav Sasek, muestra el metro de Londres en 1959 con dos obras de su serie *This is London*. O las dos obras del artista británico, perteneciente a la asociación de artistas ferroviarios *Guild of Railway Artist*, Tobías Till autor de la serie de 27 grabados *London A-Z* prints, donde cada letra del abecedario está representada por un lugar o monumento en Londres. Aquí podemos ver la correspondiente a la "E" de Eurostar y la "V" de Estación de Vauxhaul.

Esculturas

La muestra incluye la escultura de Diego Canogar *Tren en un mundo burbuja*, pieza de hierro soldado de 200 x 250 x 280 cm, que representa, evocando la redondez de las burbujas, dos trenes de alta velocidad viajando en un trayecto sin fin. De Marta Sánchez Luengo hay tres pequeñas piezas que expresan con realismo y delicadeza momentos del viajero en su trayecto: *En lo alto, En espera y ¿A dónde voy?*. De Julio López Hernández se exponen dos esculturas en bronce: *Metro Tetuán-Vallecas I y II*, piezas que emparejan el viaje cotidiano en metro con una metáfora de la vida misma. Y del gran Antonio López se muestra una versión en miniatura de su obra de 2000-2001 *Noche y Día*, expuesta en el exterior de la estación Madrid-Atocha, que reproduce la cabeza de la nieta del autor con los ojos abiertos –día– y con los ojos cerrados –noche–.

Piezas para el recuerdo

Y, procedente de la obra de los grabadores y diseñadores de la Real Casa de la Moneda y Timbre, se expone una amplia muestra de objetos que también forma parte de la memoria del tren: sellos y medallas conmemorativas de eventos ferroviarios, billetes de banco españoles y extranjeros, cupones de la ONCE y bille-

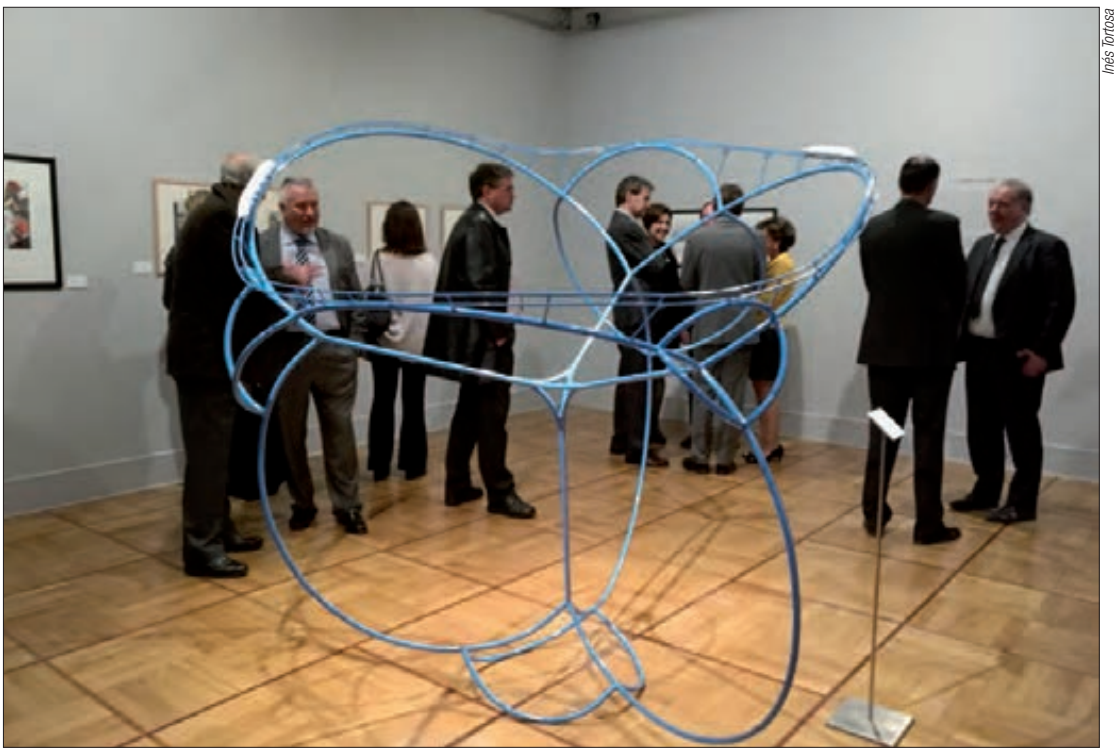


Tren monorail en Nueva York.

tes de lotería con el tren de fondo; o deuda de compañías ferroviarias como la de Madrid-Zaragoza-Alicante, Caminos de Hierro del Norte de España, Compañía del Oeste y Compañía de los Ferrocarriles Andaluces.

El Museo del Ferrocarril de Madrid ha prestado veinte piezas para la exposición, que dejan constancia de las pequeñas historias del tren: una campana de estación de 1876, de la Compañía Madrid-Zaragoza-Alicante; un banderín de señales utilizado en la década de 1950; una trompetilla de enganchador de 1901; un compostor de 1930, utilizado en las taquillas de las estaciones para imprimir la fecha de en los billetes; un farol de tres fuegos, utilizado para señalizar las vías y estaciones, o una gorra de jefe de estación de la década de 1960.





Inés Tortosa

▶ *Moderno grabado de un tren AVE saliendo de Madrid. Al lado, un aspecto de la exposición con la escultura Tren en un mundo burbuja de Diego Canogar en primer término.*

Papá, ven en tren

La exposición se completa con un vídeo que muestra antiguas campañas publicitarias de RENFE, muchos de cuyos eslóganes pertenecen ya a la memoria colectiva de los españoles, como el emblemático: *Papá, ven en tren*. Hay también un segundo vídeo didáctico de la técnica del grabado con la participación de algunos de los artistas de la exposición. Destaca, además, un audiovisual sobre la historia del ferrocarril en España, en el que se da cuenta de algunos de sus hitos más esenciales, desde la primera línea férrea española, construida en Cuba en 1837 a las últimas líneas AVE: 180 años de historia ferroviaria resumidos en apenas 16 minutos. ▮

Centro de publicaciones

Librería de publicaciones oficiales



www.fomento.gob.es



RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN

Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.



PVP: 10 €

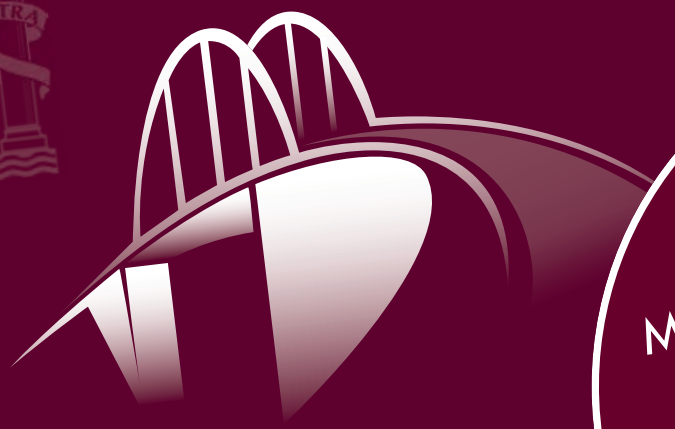
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

2017

Mapa Oficial de Carreteras©

ESPAÑA



GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

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*



También en el DVD:

1112 Espacios Naturales Protegidos
152 Rutas Turísticas
117 Vías Verdes

Edición 52
P.V.P.: 22,74€

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 673, junio 2017.**

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

Año de edición: 2017

Características Edición:
1ª edición electrónica: julio 2017
Formato: PDF
Tamaño: 15,23 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€

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 especificamente permitidos por la Ley.



Revista del Ministerio de
Fomento

Julio-Agosto 2017 • Nº 674 • 6 €





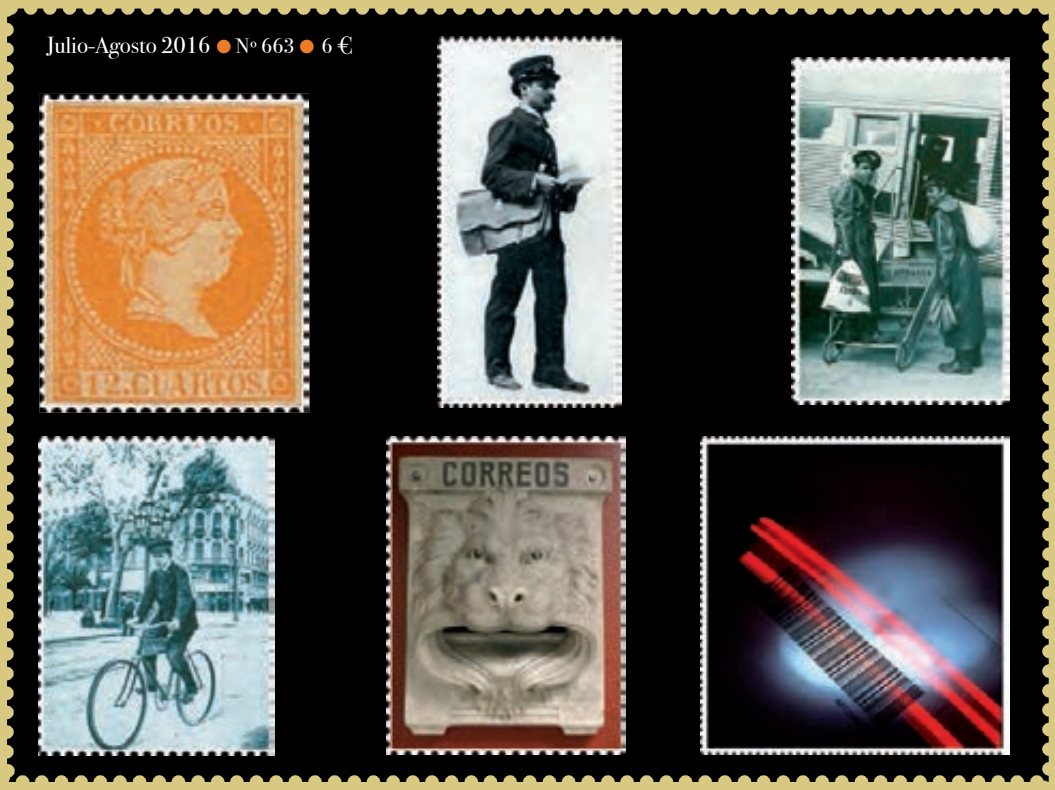
Historia de los caminos y carreteras en España





GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

Revista del Ministerio de
Fomento



El correo y las comunicaciones postales en España (1716-2016)

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

MONOGRÁFICO
Julio-Agosto 2016

PVP: 3 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

Sumario Julio-agosto 2017 Nº 674



04. Calzadas y vías romanas: una red para un imperio.

A BUEN CAMINO, MEJOR VIAJE



16. Edad Media: la difícil conservación del legado romano.

TIEMPO DE CAMINANTES INTRÉPIDOS



30. Los caminos en la España de los siglos XV, XVI y XVII.

EL LARGO ADIÓS AL MEDIEVO



42. Caminos y carreteras en el siglo de la Ilustración.

PENSANDO EN EL TRANSPORTE



54. De 1800 a 1960: hacia la Red Nacional de Carreteras.

DE LA GRAVA AL ASFALTO



72. 1960-2017. Crecimiento y modernización de las carreteras españolas.

LA CONFIGURACIÓN DE LA RED



84. Cómo serán las infraestructuras viarias del futuro.

CARRETERAS 4.0

Director de la Revista: Antonio Recuero.
Maquetación: Aurelio García. **Secretaria de redacción:** Ana Herráiz. **Archivo fotográfico:** Vera Nosti.
Elaboración página web: www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
Suscripciones: 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos).
Colaboran en este número: Pepa Martín Mora, Begoña Olabarrieta, Javier R. Ventosa, Julia Sola Landero, Luis Solera y Beatriz Terribas.
Comité de redacción: Presidencia: Rosana Navarro Heras.*(Subsecretaria de Fomento).*
Vicepresidencia: Alicia Segovia Marco.*(Secretaria General Técnica).*
Vocales: *Patricia Crespo González (Directora de Comunicación),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda),* Belén Villar Sánchez *(Jefa del Gabinete de la Subsecretaria),* Mónica Marín Díaz *(Directora del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Regina Mañueco del Hoyo *(Directora del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director 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.

Revista del Ministerio de

Fomento





VIADUCTOS SINGULARES DEL SIGLO XXI (FERROCARRIL)





MONOGRÁFICO
Julio-Agosto 2014

PVP: 3 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

MUSEO DEL FERROCARRIL



www.museodelferrocarril.org

MUSEO DEL FERROCARRIL
Fundación de los Ferrocarriles Españoles

Paseo de las Delicias, 61
28045 Madrid



Calzadas y vías romanas: una red para unir un imperio

A buen camino, mejor viaje

Beatriz Terribas

Consumada la conquista de la península ibérica por las legiones romanas, hacia el siglo I a. de C. y a fin de afianzar su dominio, los nuevos colonizadores empiezan a desarrollar un ambicioso programa de mejoras en las vías existentes y de ampliación de las mismas con una red de calzadas de nueva construcción que unirán los principales núcleos urbanos de las tres provincias hispanas: Corduba, Emérita Augusta y Tarraco, una red que con los emperadores Trajano y Adriano se extenderá hasta casi sumar los 8.000 km de longitud.



En el año 218 a. de C., durante la Segunda Guerra Púnica que enfrentaba a Roma y Cartago por la hegemonía en el Mediterráneo, Cneo Cornelio Escipión, al mando de un destacamento militar de Roma, desembarcó en Ampurias para impedir que Aníbal reclutara refuerzos para su ejército en sus posesiones de Iberia. Doce años después, y hasta la llegada de los visigodos, la Península pasará a formar parte del imperio romano asimilando paulatinamente sus estructuras políticas, económicas, culturales y sociales.

Durante más de un siglo se prolongaron los tres conflictos armados que desde el año 264 a. de C. mantenían Cartago y la República de Roma por controlar el mar Mediterráneo, cuyas rutas mercantiles estaban en poder del estado cartaginés, exten-

diéndose por el norte de África, el sureste de la península ibérica, las Islas Baleares, Cerdeña, Córcega y Sicilia. Tras la expulsión de los cartagineses de Iberia en el año 206 a. de C. y la victoria de Roma en la batalla de Zama, cuatro años después, la República se anexionó las colonias cartaginesas convirtiéndose, tras la destrucción de la ciudad de Cartago años más tarde, en la única potencia política, militar y económica del Mediterráneo. Aunque Roma inicialmente sólo pretendía acabar con la supremacía de los cartagineses en Iberia, una vez conocidos sus recursos económicos decidió iniciar su conquista, habitada por un crisol de pueblos independientes, ya que tan sólo las ciudades de Ampurias, Sagunto y Gades (Cádiz) habían sellado su alianza con Roma. Las tribus celtas habitaban la vertiente norte y occidental peninsular, mientras que las íberas, las más desarrolladas, se distribuían por el sureste, quedando en la Meseta las poblaciones celtíberas. A pesar de sus diferencias culturales y sociales, y de las escasas vías de comunicación que surcaban la península, mayoritariamente caminos de herradura, sus clanes habían mantenido tradicionalmente fluidas relaciones comerciales a partir de sus excedentes de producción.

El primer paso que dio Roma para dominar Iberia fue dividirla en dos provincias, la Hispania Citerior, que abarcaba la costa levantina y el valle del Ebro, y la Hispania Ulterior, circunscrita a la parte meridional, asignando a cada una de ellas un pretor y una



Arco de Cáparra, en la Vía de la Plata.

legión de 12.000 soldados dispuestos. Las previsiones de conquista, sin embargo, no fueron tan favorables sobre el terreno, y el despliegue militar inicial, a todas luces insuficiente en sus comienzos, se incrementó con la llegada del cónsul Catón y del pretor Tiberio Sempronio Graco, que consiguieron contener las revueltas tribales durante treinta años. Tras vencer a buen número de tribus adoptaron una serie de imposiciones y alianzas que contemplaban, entre otras medidas, el pago de un tributo anual a Roma, a cambio de distribuir tierras entre los pueblos dominados, y la posibilidad de que sus hombres pudieran adherirse a los ejércitos imperiales con el fin de iniciar la romanización de Iberia. Este proceso se vio truncado en el año 155 a. de C. con las rebeliones de los celtíberos y lusitanos en la zona occidental peninsular, cuyos guerreros, encabezados por Viriato, mantuvieron encarnizadas luchas contra los romanos hasta la caída de Numancia, la última fortificación celtíbera, que sucumbió en el año 133 a. de C. Poco después se tomaron las Baleares, dando continuidad a un proceso de conquista que se prolongó durante varios siglos, agravado, además, por las luchas de poder que desde la metrópoli se dirimieron en Hispania, donde Pompeyo, partidario de la facción conservadora del Senado de Roma, se enfrentó a



Escultura de Trajano en las ruinas de Baelo Claudia (Bolonia) debajo, calzada del puerto del Pico (Ávila).





Arco triunfal dedicado a Trajano sobre el puente de Alcantara.

Adriano, los límites del imperio

Aunque algunas fuentes sitúan el lugar de su nacimiento en Itálica, en la actual Santiponce sevillana, otras discrepan y lo establecen en Roma. Perteneciente en cualquier caso a la dinastía Ulpio-Aelia, con antepasados establecidos desde el siglo III a. de C. en tierras hispanas y con gran influencia en la corte y el senado romano, Adriano (76-138), de cuyo acceso al trono del imperio romano se cumplen exactamente 1900 años (11 de agosto del 117), cuando tenía ya 40 años y una tan larga como brillante carrera militar y administrativa, renunció a continuar la expansión de Roma más allá de los límites establecidos tras las victoriosas campañas de su tío y antecesor en la corona, el emperador Trajano. Por el contrario, anticipando con gran lucidez que la anexión de nuevos territorios implicaría la dispersión del poder militar y una más frágil e improbable defensa de algunas fronteras, se decantó por consolidar la presencia de Roma en las provincias ya conquistadas mediante políticas de integración, pactos y alianzas con las poblaciones locales, en las que la aplicación de una administración más justa y la creación de nueva obra pública jugaron un papel determinante.

Tras su proclamación como emperador, recorrió prácticamente todas las provincias del imperio y se implicó activamente en la aplicación de sus reformas, estableciéndose durante largas temporadas con un eficaz séquito de funcionarios en las ciudades que visitaba o conviviendo con la milicia en primera línea, sin los privilegios de su rango. De este modo, más de la mitad de su reinado discurrió alejado de Roma. Gran aficionado a la cultura y tradiciones griegas, así como a la arquitectura, promovió algunas de las obras civiles que mejor han resistido el paso del tiempo y que en muchos casos sirvieron de inspiración al Renacimiento y el neclasicismo, entre otras: la reconstrucción del panteón de Agripa, su propio mausoleo –hoy castillo de Sant´Angelo–, o los templos de Zeus, en Atenas, y de Venus, en Roma. También, en el orden militar, fiel a sus ideas de reforzar las fronteras en los límites del imperio, ordenó la construcción del muro que lleva su nombre en el norte de Inglaterra, en la región de Northumberland. Acosado por la enfermedad, sus últimos tres años de vida discurrieron en Roma, falleciendo finalmente el 10 de julio del 138 en la localidad balnearia de Baiae.

César, interesado en reformar las instituciones, en poder de las grandes familias patricias de la República. Una guerra civil que concluyó en el año 47 a. de C. con la anexión a Roma de todas las tribus celtíberas, conseguida por Pompeyo. Y con posterioridad, tras su derrota ante César, con el dominio de este sobre la mayoría de las provincias hispanas, en cuya pacificación jugaron un papel decisivo tanto la concesión de la ciudadanía romana a la nobleza indígena como el reparto de tierras a los pueblos sometidos y la reducción de sus impuestos.

Tan sólo las tribus galaicas, astures y cántabras quedaron fuera de la órbita imperial, anexionándose finalmente en el año 19 a. de C., tras las campañas emprendidas por el emperador Augusto al mando de sus siete legiones. Concluida la conquista, y con el fin de controlar toda la península, se dispuso una nueva configuración territorial con la cre-

ación de la provincia Lusitania, que abarcaba el centro y sur del actual Portugal hasta el río Guadiana y tuvo por capital Emérita Augusta (Mérida); la provincia Hispania Ulterior Baetica, con Corduba (Córdoba) como capital, que comprendía el resto del territorio situado al sur del río Guadiana, y la provincia Hispania Citerior, cuya capital Tarraco (Tarragona) se imponía sobre el norte peninsular, la meseta y el sureste.

() Vias prerromanas

Uno de los motivos que ralentizó la conquista de Iberia fue la escasez y dificultad que entrañaban las vías de comunicación terrestres para el tránsito de los ejércitos, meramente conformadas en el mejor de los casos como caminos de herradura. Una excepción fue la vía Heraklea, que, mejorada por los cartagineses como vía militar, originariamente comunicaba todas las poblaciones fenicias de la costa levantina y del sur de Iberia para mantener sus contactos comerciales. Probablemente era la de mejor trazado y fue la más importante desde el punto de vista histórico, ya que por ella partió Aníbal desde Cartago Nova (Cartagena) para invadir Roma y por ella penetraron los ejércitos republicanos que iniciaron desde Ampurias la ocupación de Iberia. A pesar de que prácticamente no se conservan vesti-



Hitos de balizamiento junto a un terraplén montañoso de la Vía de la Plata cerca de Béjar (Salamanca).

Peculiaridades de las vías

Los romanos proyectaron su red viaria para que perdurase en el tiempo, por ello no escatimaron ni esfuerzos económicos ni humanos en su construcción, que respondía a los tres principios que el ingeniero Marco Vitruvio consideraba inherentes a toda obra pública: solidez, utilidad y belleza.

Las calzadas tenían que permanecer inalterables en cualquier época del año para garantizar su utilidad, sin verse afectadas ni por las inclemencias del tiempo ni por los cambios de temperatura y humedad. Su estructura estaba condicionada también por la presión que sobre la superficie iban a ejercer los vehículos de paso, cuyas dimensiones determinaban además el ancho de cada vía. Por ellas circularían las legiones, las carracas de mercancías, las galeras tiradas por bueyes que llevaban a las ciudades materiales de construcción que alcanzaban hasta dos toneladas de peso, los carros de viajeros, las carrucas de los emperadores o los coches ligeros de los cónsules. Para prevenir daños en los vehículos y en los bultos que portaban, los ingenieros debían conseguir pavimentos regulares durante todo el trayecto, generalmente alineaciones rectas que evitaban pendientes pronunciadas y se trazaban con el mínimo número de curvas, siempre muy abiertas, para favorecer la velocidad constante de los vehículos.

Fue tal la magnitud e importancia que alcanzó la construcción del entramado viario del Imperio romano que su planificación y la decisión de su ejecución dependían directamente de Roma. Durante la República la responsabilidad recaía en los cónsules, pretores y censores, pero una vez establecido el sistema de gobierno imperial era el propio emperador, asesorado por los gobernadores de las provincias, los procuradores o las legiones, quien aprobaba el programa viario, elaborado en base a las necesidades estratégicas, urbanas o sociales de cada demarcación.

Teniendo en cuenta estos parámetros, los ingenieros diseñaron varios tipos de vías. Las más notorias fueron las viae *públicas y las* viae *militares que comunicaban, por un lado, las ciudades más importantes del imperio y, por otro, sus enclaves estratégicos. Aunque generalmente se financiaban con el erario público o el presupuesto del ejército, determinados emperadores o poderosos ciudadanos aspirantes a medrar en el senado, también destinaron generosas aportaciones a la construcción de algunos trazados, contribuyendo a perpetuar su nombre entre la sociedad del momento. Pese a la importancia de estos trazados, la red de comunicaciones más extensa la constituían las* viae privatae*, que comunicaban las villas agrícola-ganaderas y las de recreo de los grandes terratenientes, y las* viae vicinales*, sencillos caminos de tierra apisonada que partían de las viae publicas y conectaban los pueblos de una misma región. En estos casos eran los propios vecinos quienes contribuían con sus impuestos, y de forma proporcional, tanto al pago del trazado como a su mantenimiento.*

La finalidad de las calzadas también determinaba su anchura, que en las principales oscilaba entre los 6m y 12 m, mientras que en las viae privatae *y en las* vicinales *solía ser de 4 m.*



Calzada de Bárcena de Pie de Concha (Cantabria), y miliario dedicado al emperador Adriano.

gios de los caminos prerromanos, algunos hallazgos encontrados en la Vía de la Plata permiten constatar que ya los fenicios y los griegos utilizaron este itinerario que conectaba, desde el siglo VIII antes de nuestra era, el occidente peninsular con la región de Oretania (Jaén), enlazando a su vez con otro trazado diseñado por los tartesos entre Cádiz y la desembocadura del Tajo. Estas dos vías, seguramente las principales, ya que por ellas circulaban el estaño de la Lusitania, las cerámicas de Andalucía y aceite y cereales, se bifurcaban en numerosos ramales que comunicaban los asentamientos humanos más importantes del centro, este y suroeste de la Península y sus extracciones mineras. Tanto la vía Heraklea como la de la Plata, también restaurada por los cartagineses, estaban cubiertas por losas, a diferencia del resto de la red viaria, generalmente de tierra apisonada. Las tribus del norte permanecieron prácticamente al margen de estas arterias



debido a la abrupta orografía de su territorio, limitándose sus desplazamientos a las sendas de paso de los animales y las veredas naturales de sus lugares de origen.

Para impulsar la ocupación de Iberia era indispensable para los romanos controlar su entramado viario, a fin de neutralizar a los ejércitos de Cartago y después los de los nativos.

Simultáneamente, y según avanzaba la conquista, comenzaron su reconstrucción, prolongando al mismo tiempo los trazados para favorecer el desplazamiento de sus legiones, comunicar los campamentos militares y agilizar los viajes del *cursus publicus* (correo), que portaba las noticias entre las tropas y mantenía al Senado de Roma al tanto de los acontecimientos. También era imprescindible mantener comunicadas las colonias que se fundaron durante las primeras fases de la conquista para asegu-

rar el dominio de los territorios. En ellas se establecieron las primeras tropas estables del ejército romano, los soldados heridos y los que se quedaron como colonos agrícolas una vez licenciados, lo que propició la expansión de las costumbres romanas entre las poblaciones locales, favoreciendo el proceso de romanización. El saneamiento de los caminos originales jugó un papel decisivo en las campañas de Julio César y en la conexión de las comunidades indígenas subyugadas, cuyas poblaciones obtuvieron la categoría de municipios, un estatus político administrativo que les permitió mantener sus instituciones sociales, la autoridad de sus gobernantes y obtener la ciudadanía romana, aunque permaneciendo bajo el control fiscalizador y legal del Imperio.

Red viaria romana

Durante el siglo I a. de C., los romanos, además de restaurar las vías existentes desarrollaron un amplio programa de infraestructuras viarias para enlazar los nuevos asentamientos de población que se perfilaron con la llegada de numerosos colonos de la Península Itálica que se instalaron en los valles del río Ebro y del Guadalquivir obligados por la crisis agraria que castigaba sus lugares de origen. Paralelamente a ello, y por razones económicas, también dotaron de una adecuada red viaria a las zonas mineras del sureste y del suroeste peninsular, a las de Sierra Morena y a las de la parte noroccidental de la península, cuyos yacimientos, una vez usurpados a las poblaciones locales, pasaron a manos de senadores y nobles, encargados de gestionar las extracciones de plata, oro, cobre, mercurio, plomo, cinabrio y estaño protegidas por las tropas legionarias adscritas a cada zona minera.

Tras su llegada al poder, Augusto emprende una serie de reformas de carácter político, económico y social para unificar y afianzar el dominio de Roma en Hispania, ambiciosa empresa que coincide con el florecimiento cultural y artístico que se vive en la urbe. Después de pacificar la península, el emperador continúa el programa emprendido por Julio César, su padre adoptivo, para integrar a las tribus indígenas en las costumbres y formas de vida imperiales, lo que permitió incluso a algunos descendientes de las oligarquías locales seguir ostentando el poder en determinadas colonias conforme al modelo impuesto por el gobierno imperial.

Si bien en momentos precedentes la fundación de colonias respondía a un programa estratégico de vigilancia militar del territorio ocupado, el nacimiento de nuevos núcleos de población durante el gobierno de Augusto se concibe como una medida

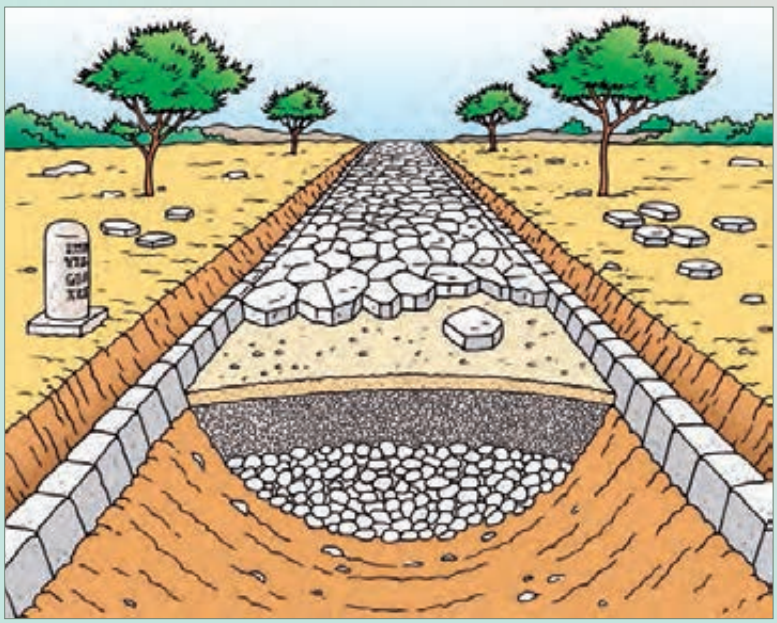


Construcción de las calzadas

Una vez decidida la construcción de una calzada los exploratores *romanos se adentraban en el territorio por donde iba a discurrir para hacer una evaluación pormenorizada de sus accidentes geográficos. Esta información era imprescindible para los* mensores*, responsables de proyectar el corredor teniendo en cuenta la localización de ríos, barrancos, montañas, humedales... con el fin de valorar posibles trazados alternativos para asegurar la efectividad y eficacia de la construcción sin que se incrementara su coste. Atendiendo a estos condicionantes, las calzadas se trazaban generalmente por zonas elevadas donde era difícil que se anegaran por el desbordamiento de los ríos, algo común en los valles donde, además, las legiones estaban más expuestas a las emboscadas. En cambio, las montañas se franqueaban por los cerros más bajos y las laderas más soleadas para evitar la acumulación de hielo y nieve.*

Después de que el censor aprobaba el proyecto de la obra, los mensores procedían a su replanteo para ajustarlo a la realidad del terreno y determinar en consecuencia el recorrido exacto de la vía.

Ayudados por instrumentos como la groma, la dioptra, la decempeda o los jalones, definían con precisión el trazado en planta del corredor, procurando mantener alineaciones rectas con el menor número de curvas posible; el trazado en alzado, minimizando las rampas y pendientes; y la sección transversal de la calzada con las inclinaciones apropiadas para facilitar el drenaje del pavi-



A. Aragüez

A la izqda., canteras romanas de Xàtiva. Junto a estas líneas Arco de Bará (Tarragona) en la Vía Augusta. Debajo, detalle de la calzada de Bárcena de Pie de Concha (Cantabria).



mento hacía una zanja lateral y evitar que los vehículos al tomar una curva se salieran de la calzada. Un trabajo exhaustivo del que dependía el éxito de la obra, que recaía en las legiones, instruidas rigurosamente en las técnicas constructivas; en esclavos, y en obreros contratados a tal fin.

Antes de empezar la construcción propiamente dicha, se explanaba el terreno y se deforestaba y desbrozaba el trazado proyectado para la vía, cuya anchura se delimitaba con dos surcos paralelos. Entre ellos se abría una profunda fosa en cuya base se disponía el statumen*, una capa de piedras gruesas a modo de cimiento, que según el tipo de suelo podía alcanzar hasta medio metro de espesor. Sobre ella se colocaba una mezcla de grava compactada con arcilla o tierra y de similar calibre, denominada* rudus*, y encima se extendía un manto de guijarros mezclado con cemento que componía el* nucleus*. Este se cubría finalmente con el* pavimentum*, una capa de rodadura de unos 20 cm de espesor compuesta de cantos rodados mezclados con arena, que se apisonaban con rodillos de piedra para conseguir el firme adecuado para el tránsito de vehículos y animales, impidiendo los cantos rodados que se dañasen sus pezuñas al favorecer su adherencia al suelo.*

Los ingenieros romanos superaron magistralmente los obstáculos ineludibles que se presentaban durante la construcción de la red viaria. En determinados tramos, especialmente en las zonas montañosas, cuando las líneas de máxima pendiente transversal a la calzada eran muy elevadas, levantaron sólidos muros de contención en las laderas para impedir el deslizamiento del terreno. Estaban provistos de mechinales que evacuaban el agua de la lluvia para mantener la tierra que soportaban lo más seca posible, impidiendo de esta forma que se derrumbase la obra. Precisamente, en las áreas de montaña alcanzó especial relevancia la construcción de túneles, llegando a alcanzar algunos de ellos hasta un kilómetro de longitud. Se perforaban por ambos lados y contaban con aperturas laterales para airear e iluminar el interior. Una obra de gran envergadura y elevado coste equiparable a la desecación de aquellos humedales que se interponían en algunos corredores. Para trazar la Vía Nova, ideada para conectar las poblaciones del norte peninsular y las ciudades de Asturica Augusta y Bracara Augusta, se desecó la cuenca endorreica de la laguna de Antela, situada en la comarca de La Limia, en la actual provincia de Orense. Con la apertura de un canal de drenaje de 27 km de longitud, en el que desaguaban varios brazos, los romanos eliminaron el agua y después de sanear el terreno retirando la tierra vegetal construyeron la calzada sobre sendos terraplenes que la elevaban sobre el lecho del humedal evitando cualquier filtración.

Cada calzada se señalizaba con miliarios cilíndricos, generalmente de dos metros de altura, situados cada mil pasos. En ellos se grababan el nombre de la vía, la fecha de su construcción y reparación, así como el de la autoridad responsable.

de apoyo al plan de reorganización administrativa de las provincias hispanas. Desde las nuevas urbes, diseñadas a imagen y semejanza de las de la península itálica, los magistrados gobiernan los asentamientos rurales, el aprovechamiento de las tierras comunales, las áreas de bosques y pastos, y las villas, dedicadas a la explotación agrícola-ganadera, o las destinadas a lugar de recreo de ricos terratenientes o miembros de la aristocracia romana. Paralelamente a ello, en las capitales de provincia, Emérita Augusta, Corduba y Tarraco, enclavadas en los nudos de comunicación más importantes de cada zona, se desarrollan extraordinarios programas urbanísticos, que emulando los modelos de Roma, subrayan el poder de Augusto y la consolidación del Imperio.





Puente de Lerma (Burgos).

Esta innovadora planificación de Hispania no hubiera sido posible sin la pericia que demostraron los arquitectos y, especialmente, los ingenieros romanos, artífices de la construcción y restauración de una red de calzadas que dio servicio a todos los ciudadanos y que alcanza su máximo apogeo durante el gobierno de Augusto, superando los 3.000 km de nuevos recorridos en territorio peninsular. Un ambicioso programa constructivo que se desarrolla por igual en todos los territorios del Imperio para asegurar su cohesión, la paz y su prosperidad.

() Fuentes documentales

Los mensores romanos, además de proyectar las calzadas, también trazaron la cartografía del Imperio. Sus mapas ofrecían información detallada de las vías y sus itinerarios, destacando, entre otros datos, los lugares de descanso (*mansiones*), las estaciones para el cambio de monturas (*mutationes*), o las posadas donde dormir (*tabernae*), un cúmulo de referencias que facilitaban los desplazamientos tanto de las tropas como de los comerciantes.

De los testimonios que se conservan de las calzadas de las provincias hispanas destacan por su originalidad los Vasos de Vicarello, cuatro recipientes de plata dedicados al culto de Apolo, que se remontan a los principados de Augusto y Tiberio y fueron descubiertos en las termas de Aquae Apollinares. En su cara exterior se inmortalizó la Vía Augusta, que conectaba Gades con los Pirineos, donde enlazaba con la Vía Domitia, que se dirigía a Roma. La



Tramo de la Vía Nova en Ourense.

Puentes sobre las calzadas

Cruzar los cursos fluviales fue otro de los grandes retos que superaron los ingenieros y arquitectos romanos levantando espléndidos puentes. Diseñados para resistir el paso del tiempo y las variaciones del caudal de los ríos, su solidez y seguridad radicaba tanto en su cimentación como en la simetría y equilibrada proporción de todos los elementos que componían la obra. Las condiciones geológicas del terreno determinaban, en la medida de lo posible, su ubicación, preferiblemente sobre suelos rocosos cuya firmeza garantizaba la resistencia y durabilidad de la obra. Pero cuando el trazado de la calzada imponía la construcción del puente sobre suelos arenosos o arcillosos era imprescindible reforzarlos construyendo una sólida estructura de estacas de madera con cabeza metálica que se clavaban por debajo del nivel freático para evitar su putrefacción. Lograr unos cimientos seguros era esencial para que pudieran soportar las cargas permanentes de los puentes, que desde las bóvedas se transmiten al suelo a través de las pilas y los estribos sobre los que se apoyan.



Puente de Osma
Burgo de Osma (Soria).

Las abundantes cuencas hidrográficas de las provincias hispanas obligaron a los técnicos romanos a levantar gran número de puentes para dar continuidad a las calzadas. Pese a la importancia que tuvieron en el momento de su construcción, el paso del tiempo no ha tratado a todos por igual. De los que se erigieron en la Vía de la Plata, el de Alconétar, levantado por el arquitecto Apolodoro de Damasco sobre el río Tajo, sólo conserva dos de sus dieciséis arcos primigenios, incluso desubicados de su emplazamiento original para no perecer anegados por la presa extremeña de Alcántara. En el caso del puente de Cáparra, declarado Bien de Interés Cultural, las numerosas modificaciones que ha sufrido a lo largo del tiempo han transformado casi por completo la fábrica romana a excepción de dos de sus bóvedas, que permanecen intactas desde el siglo I a. de C. En aquel momento también se levantaron en Emérita Augusta dos extraordinarios puentes sobre el Guadiana que se apoyaban en una isleta, transformada más tarde en un tajamar que desviaba las aguas hacia los ojos de cada uno de ellos. Ambos enlazaban los itinerarios que se dirigían a Corduba, Caesaragusta y Olissipo (Lisboa) con la Vía de la Plata, que discurría por el cercano puente de Albarregas. La obra actual, que supera los 700 m de longitud y consta de sesenta arcos, es el resultado de las sucesivas reparaciones que desde la Edad Media han subsanado los daños causados al puente por las periódicas crecidas del río. De la fábrica romana sólo permanecen en pie los primeros y últimos arcos así como los pilares, que provistos de tajamares redondeados siguen minimizando desde entonces el empuje de las aguas. En 1993 fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, distintivo que también se otorgó el mismo año al puente del río Albarregas, que ha llegado prácticamente intacto hasta hoy con sus cuatro arcos de medio punto construidos con sillares almohadillados.

En la Vía Augusta, el puente de Córdoba, que enlazaba la ciudad con Gades, aunque conserva su estructura romana, ha ido perdiendo su fisonomía original por las restauraciones de que ha sido objeto desde la época califal. Lo mismo ha ocurrido en el puente de los Pedroches, en la conexión de la ciudad con Emérita Augusta, y en el de Villa del Río, próximo a la desembocadura del Guadalquivir, destacando en ambos la impronta que dejaron los musulmanes en las dovelas de sus arcos al dotarlas de pequeños escalones para impedir que los terremotos pudieran moverlas.

Si bien las reconstrucciones de algunos de los puentes, incluso las más desafortunadas, han permitido que se mantengan en pie hasta nuestros días, el poder devastador de la naturaleza nos ha privado de otros tantos, entre ellos, el puente del Diablo, que salva las aguas del río Llobregat, en Martorell. Destruido por una riada en la Edad Media, momento del que data la obra actual, tan sólo conserva el arco honorífico romano de su entrada y los estribos, cuyos sillares exhiben el nombre de las legiones que lo levantaron, la X Gemina, la IV Macedonica y la VI Victrix. También la crecida de las aguas del Tormes en 1626 se llevó once de las veintiséis bóvedas del puente de Salmantica (Salamanca), situado en el tramo de la Vía Augusta que unía Emérita Augusta con Asturica Augusta. La restauración de aquel momento y las posteriores, permiten valorar las diferencias entre la parte reconstruida y la original del siglo I, que muestra intactas sus pilastras, tajamares y arcos.

Roma vivió uno de sus mayores momentos de esplendor durante el principado del emperador Trajano. Nacido en la provincia Baetica. impulsó sobremanera las obras públicas, permaneciendo de aquel legado en Hispania dos de las fábricas más notables del Imperio, el puente de Bibei y el de Alcántara. El primero de ellos, en la Vía Nova, salva la abrupta garganta del río Bibei entre el municipio orensano de Pobra de Trives y el lucense de Quiroga. Construido sobre el lecho rocoso de las aguas, los arcos de sus tres bóvedas de cañón, que descansan sobre recios pilares rectangulares, presentan aperturas desiguales, reduciéndose considerablemente en los laterales para adaptarse a las márgenes del río. En un alarde de ingeniería las claves de sus arcos se funden prácticamente con la plataforma del puente alcanzando su misma altura, lo que ha preservado secularmente la obra de las crecidas del río. Especial interés reviste el montaje de sus sillares, con aristas biseladas por expertos canteros, que se encajaron sin argamasa a soga y tizón, es decir, alternando hiladas de piezas colocadas por su lado más largo con otras alineadas por el lado más corto. Tan magnífica obra ha permanecido inalterable desde su construcción, exceptuando la rotura que sufrió uno de sus arcos durante la Guerra de la Independencia.

Los conflictos decimonónicos y otros más remotos también quebraron varios arcos del majestuoso puente de Alcántara, que daba paso a la calzada Bracara Emerita (Braga-Mérida). Su arquitecto, Caius Iulius Lacer, proyectó una innovadora obra, que eludiendo los cánones habituales de construcción, se compone, a diferencia de los demás puentes, de un número par de bóvedas. Un proyecto extremadamente arriesgado que le obligó a cimentar una de sus pilas en el centro del cauce del Tajo, donde la corriente y la profundidad de las aguas es mayor. Lacer además, alejándose de diseños sistemáticos precedentes, dotó a los dos arcos principales de su obra de la máxima luz que pueden soportar las bóvedas de medio cañón, otorgando al puente la extraordinaria esbeltez que le caracteriza, incrementada, si cabe aún más, con el arco que en honor de Trajano se levanta sobre los contrafuertes de la pila central. Esta obra incomparable, con la que Lacer se aventuró a retar las técnicas constructivas imperantes hasta entonces, sigue manteniéndose fiel al lema que, grabado en el dintel del templo erigido a los dioses de Roma en el extremo oriental del puente, proclama: "este puente durará mientras dure el mundo"



Ponte Bibei (Ourense).

Vía Augusta fue la más importante para los romanos no solo porque les permitió conquistar Iberia, sino también por el carácter legendario que envolvía a Gades como ciudad donde comenzaba el mundo. En cada uno de los vasos se grabaron también la distancia que separaba las dos ciudades, el nombre de las urbes cabecera de ruta, y un índice de los puntos de descanso del itinerario que, dispuesto sobre la Vía Heraklea, se prolongó durante el gobierno del emperador convirtiéndose en el más extenso de la península con 1.500 km de recorrido.

De autor desconocido es el Anónimo de Rávena, una cosmografía del siglo VII compuesta por cinco libros que describen los continentes conocidos hasta entonces. Precisamente, el tomo número cinco está dedicado a la cuenca mediterránea y en él se detallan las vías que surcaban Hispania, incluyendo, además de los inventarios comunes a todos los mapas, los accidentes geográficos de las rutas. Gracias a este compendio bibliográfico, elaborado con información de siglos anteriores, se han podido conocer las calzadas hispanas que no figuran en la copia que ha llegado hasta nuestros días de la desaparecida Tabula Peutingeriana, un mapa del siglo IV que recogía todo el entramado viario del Imperio romano, cuya extensión se calcula en 120.000 km.

Otro testimonio digno de mención, pese a la polémica que envuelve su autenticidad, son las cuatro Tablas de Barro de Astorga, fechadas en el siglo III por el Laboratorio de Datación y Radioquímica de la Universidad Autónoma de Madrid. En ellas se re-



Puente de Mérida (Badajoz).



Puente de Alcántara (Cáceres). Debajo puente de Tordomar (Burgos).

cogen cinco itinerarios del norte peninsular: la Via Legione VII Gemina ad Portum Blendium, que comunicaba León y el puerto de Suances; la Via Asturica ad Emeritam Augustam, que transcurría entre Astorga y Mérida; la Vía Asturica ad Bracara, que unía Astorga y la ciudad de Braca (Braga, Portugal); y otros dos recorridos más que partiendo de Lucus (Lugo) se dirigían a Dactionum (Monforte de Lemos) y a Iria Flavia.

De la misma época data el Itinerario de Antonino, redactado durante el gobierno de Marco Aurelio Antonino, y considerado la cartografía más importante del imperio. El documento, de carácter oficial, reúne una información exhaustiva de cada una de las 372 vías que enlazaban los lugares pacificados del imperio, 34 de las cuales pertenecían a las provincias hispanas. Según algunas hipótesis, representan los trayectos por los que circulaba el avituallamiento de las tropas que velaban por su seguridad y, en tiempos de hambrunas, los alimentos que se enviaban a las poblaciones afectadas según las directrices que marcaba la *Annona*, ór-





Puente de Alconétar (Cáceres)

gano que gestionaba el comercio y reparto del trigo. Otras teorías sostienen que el Itinerario de Antonino se redactó con fines militares para proporcionar al ejército y al *cursus publicus* una relación pormenorizada de las vías y arterias que enlazaban los puntos estratégicos de las provincias de Roma.

En el caso de Hispania, el Itinerario contempla sus principales calzadas, recogiendo inicialmente información de varias vías que desde Francia penetraban en la península a través de la Vía Augusta, cuyo recorrido desde Tarraco (Tarragona) hasta Gades se describe en cinco rutas. En la Bética menciona los ramales que comunicaban, por un lado, las minas de Huelva y, por otro, las ciudades de Corduba, Hispalis (Sevilla) e Itálica desde donde partían sendos trazados que enlazaban con Emérita Augusta, el nudo de comunicaciones en el que confluían los recorridos del eje occidental, también destacados en el documento. En sentido transversal, se describen dos tramos que desde Emérita Augusta y Asturica Augusta (Astorga), comunicadas por la Vía de la Plata, se dirigían a Caesaria Augusta (Zaragoza), así como las que partían de estas dos últimas ciudades hacia los Pirineos, sin olvidar, finalmente, la ruta que atravesaba las actuales provincias de Ciudad Real y Toledo.

El Itinerario de Antonino da información precisa de las 372 vías que enlazaban el imperio

Gracias al elevado número de miliarios que se conservan, se tiene constancia del empeño que pusieron los sucesores de Augusto en la conservación y ampliación de la red viaria, que hasta la decadencia del imperio llegó a superar los 8.000 km de recorridos. Tiberio fue el responsable de la calzada Asturica Augusta ad Bracara Augusta, y del mantenimiento de numerosas vías, entre otras las que conectaban las explotaciones mineras de Cástulo (Jaén), algunos tramos de la Vía Augusta y otros de la Vía Segisamo que, desde la Meseta, se dirigía a Portus Blendium (Suances). Calígula y sus sucesores asumieron la conservación de varias calzadas de la Lusitania y la Bética, incidiendo especialmente su actuación en la Vía Augusta, mientras que a Trajano y a Adriano se debe la construcción de cuatro trazados, dos en la Provincia Bética, otra para unir Asturica Augusta con Caesaragusta a través de Cantabria y una cuarta entre Olisippo (Lisboa) y Cale (Oporto), con más de 300 km de longitud. También restauraron 13 calzadas, como atestiguan los 121 miliarios que han dejado constancia de ello. Una intensa actividad edilicia que mermará considerablemente durante el siglo III a consecuencia de la crisis política del imperio, recuperándose con la llegada al poder de Constantino el Grande, artífice, junto al resto de los emperadores del siglo IV, de la reconstrucción de la Vía Nova, la Vía Asturica Augusta ad Bracara Augusta o la Vía Augusta Emérita ad Bracara Augusta, entre otras, como ha quedado reflejado en cerca de un centenar de miliarios.



Edad Media: la difícil conservación del legado romano

Tiempo de caminantes intrépidos

Begoña Olabarrieta

Con el final del imperio romano en la península ibérica termina también la época dorada de las grandes vías, del ordenado y perfectamente legislado uso del territorio. La llegada de los invasores del norte da comienzo a la Edad Media en Hispania, y con ella a siglos de enfrentamientos y de luchas por el poder, de conquistas y reconquistas, que tuvieron su inevitable reflejo en los caminos. Considerada por algunos historiadores una época oscura, no estuvo exenta, sin embargo, de innovaciones y avances que determinaron la forma de viajar de caminantes, ejércitos y comerciantes.



A la izqda., castillo de Peñafiel. Sobre estas líneas, calzada sobre el puente de Canfranc.

Si hay algo en lo que la mayoría de los expertos coinciden es que con el fin del imperio romano se acabaron los buenos caminos. La falta de control centralizado y de mano de obra organizada para su mantenimiento hizo que el perfecto entramado de calzadas decayera, aunque no desapareciera del todo.

Cuando los visigodos se asientan en la península ibérica en el siglo VI, las vías, sus técnicas constructivas y de conservación, no son del todo desconocidas para ellos, pero mantener la red viaria era una tarea demasiado costosa y complicada. Los nuevos pobladores de Hispania no disponían del inmenso aparato del imperio (en términos de organización y de hombres) para reparar y seguir avanzando en la construcción de caminos y, además, su concepto de Estado era diferente al de sus predecesores: más descentralizado, con nuevas capitalidades y nuevos núcleos de poder que conllevaron nuevas rutas.

Los visigodos no pudieron competir con los romanos en lo que a su afán de ampliación viaria se refiere, pero hicieron esfuerzos por intentar mantener las infraestructuras existentes, puentes incluidos y, en algunos casos, abanderar también la construcción de nuevas vías. Ejemplo de ello es Brunekhilda, la hija del rey Atanagildo, quien en el 566 sale de Toledo para casarse con el rey de Austrasia (norte de Francia), y que más tarde será conocida por su reputación como constructora de calzadas en la Galia.

Excepciones aparte, la realidad es que frente a la red de caminos romana, la medieval se conformará como un conjunto de restos de calzadas desarticuladas y mal cuidadas, a las que se unen sendas de monte y páramos.

() Innovaciones para viajar

Un factor que vino a determinar el cambio en la configuración de los caminos durante esta época fue la manera de transitarlos. Los romanos desplazaban a sus ejércitos a pie por calzadas bien pavimentadas, mientras que pertrechos y particulares viajaban en carro; pero ese panorama variará en la Edad Media con la entrada en juego de tres elementos: la herradura, el estribo y la espuela, que



darán más protagonismo a los jinetes en los desplazamientos.

Tres elementos que no eran desconocidos en la Hispania prerromana, pero que a partir del siglo IX y X se mejoran y generalizan, unidos a la mayor consistencia de las armaduras. El jinete cabalgaba más seguro, con mayor facilidad para montar y desmontar, y el caballo iba más protegido. Los desplazamientos a caballo cobran protagonismo y el camino ya no está tan pensado para transitar a pie o en carruaje, sino para permitir el paso a caballo. Es el camino de herradura, en el que los carros pasan a ser vehículos de uso casi exclusivo de los labriegos, mientras que los nuevos aristócratas y señores se convierten en caballeros.

Con esta nueva forma de viajar, la técnica de construcción de las propias vías varía. Mientras que los romanos construían sus calzadas abriendo dos fosos paralelos, extrayendo la tierra entre ellos hasta hallar un firme para luego cubrir con piedras y mortero o barro, en una superposición de estratos que cumplía unos cánones perfectamente estudiados, sus sucesores los harán de otro modo, o más bien lo harán sin tanta regulación, por simple explanación o pavimentación sin firme.

Las nuevas infraestructuras viarias se componían de dos hileras enlosadas en los márgenes, desde las que regularmente partían otras líneas transversales, en rombos o trazando la clásica espina de pez y rellenando luego los huecos con cascajo. Son caminos que no reparan en desniveles ni se preocupan excesivamente por la rectificación del paisaje natural.

Las nuevas vías se piensan para el tránsito permanente de bestias y caballerías, y así se recoge en su regulación. Por ejemplo, en algunos fueros locales navarros, hacia el s. XI, ya se especifica la anchura que estos debían tener según las necesidades de cabalgantes y de animales cargados.



Puente románico de Villatuerta, en Navarra.

Los puentes, elementos clave de los caminos, también tuvieron sus variaciones. En principio, los visigodos se preocuparon por mantener y reconstruir algunos de los romanos ya existentes, como sabemos que se hizo con el de Pinos (en el cruce del río Cubillas), uniendo la ciudad de la desaparecida Ilíberis (cerca de Granada) con Córdoba, o la restauración del estratégico puente de la antigua Emérita Augusta y la reforma del puente de la capital, Toledo.

Pero a lo largo de los siglos se empiezan a adoptar unos rasgos más propios de la época; se revaloriza el arco apuntado, se acentúa el perfil en cuesta, se estrecha la vía aligerando su peso y se forman apartaderos sobre los tajamares que, además de romper la presión del agua, se alargan, a diferencia de los romanos, hasta la balaustrada.

() Época de cambios

Sin duda, son cambios tecnológicos y de concepción que llevan a modificar algunos caminos y su uso en la época visigoda, que se unen a otros factores que servirán para desdibujar el orden viario establecido por los romanos, creando un nuevo mapa de rutas.

Influirá en ello, por un lado, el factor económico, con una fuerte disminución del comercio interior, que ya empezó a decaer en el final del imperio romano. Además, los núcleos de población pasan de ser urbanos y conectados, a rurales y de autoabastecimiento, y la agricultura se complementa con el aumento de la trashumancia ganadera.

Para los escasos comerciantes que se adentran por los caminos se crea una regulación que establece, por ejemplo, los espacios libres que debía haber a ambos lados de las rutas para descansar, o

Toledo, emisor de vías visigodas

Con el establecimiento del nuevo reino visigodo y la capitalidad en Tolentum, el panorama viario se redibuja frente al establecido durante el Imperio romano, a excepción de la Galicia sueva y el mediterráneo bizantino. La nueva ciudad, centro del poder, es la que marca el eje viario e irradia rutas que entran y salen de sus calles cruzando el Tajo.

Tenía especial importancia la que saliendo de la capital pasaba por Titulcia y Complutum, seguía el curso del Henares, prologándose por el Jarama, bajaba por la ruta fluvial del Jalón y luego pasaba el Ebro por Caesaraugusta. Allí se cruzaba con la ruta transversal que desde Tarraco entroncaba con la Vía Augusta llegando a Astúrica, lugar de encuentro con la Vía de la Plata. Pasada Caesaraugusta se alcanzaba la Galia por los pasos orientales del Pirineo, o bien remontando el Gállego por Osca y Jaca.

También a través de Titulcia, después de partir de la capital, se iniciaba un camino de acceso a las tierras del otro lado del Guadarrama por Coca, Pallentia y Segisama, un importante nudo de caminos, para luego llegar por Flaviobriga a Cantabria.



Puente de Alcántara (Toledo).

Hacia el mediodía, las dos vías que partieron desde Toledo se vieron determinadas por el exarcado bizantino que ocupó el sureste peninsular, impidiendo el libre paso hacia Consabura Libiosa y Laminio, retomando de nuevo la Vía Augusta en Xátiva o virando hacia el sur hasta Mariana.

Otro camino salía de Toledo llegando a Medellín para prolongarse después hasta Olissipo (Lisboa), o bien, cruzando el río Anas por el gran puente romano de Emérita Augusta, descendía hacia Híspalis e incluso hasta Gades. Desde ahí, hacia Carteia y después por el reborde de la costa del Mediterráneo hacia Cataluña

Si los caminos delatan la situación de los centros de poder, aquella heterogénea red caminera revelaba a las claras la existencia de un mapa político fragmentado: cuatro reinos cristianos –Castilla, Aragón, Navarra, Portugal– y el musulmán de Granada. Era evidente, pues, la ausencia de un plan coordinado y de una política inversora sistemática de la Corona. La función de ésta se limitaba a ordenar y supervisar las obras de los caminos, y el régimen de exacciones y derechos de tránsito, que gestionaban los municipios.

la potestad que tenían los viajeros de sobrepasar las vallas y cercados para alimentar a sus caballos con los pastos de las márgenes.

Pero si bien aquellos mercaderes tenían estas prebendas, aventurarse por aquellas vías ya no era tan seguro como en época romana. La inseguridad es otro factor que determinará importantes cambios en las rutas o itinerarios principales. Por ejemplo, los cronistas hablan de cómo a mediados del s. VII los bandidos se habían hecho fuertes entre Caesaraugusta y el levante español, o cómo un siglo más tarde dominaban El Bierzo, lo que hizo necesario buscar vías alternativas.

A esto se une el aumento de las vías fluviales que, aunque ya se usaban en épocas anteriores, cobran ahora importancia como rutas de tránsito, con dos importantes ríos, el Guadalquivir y el Guadiana.

Los núcleos de poder también cambian, y con ellos el mapa de rutas principales. La Vía Augusta, que unía la Galia con la península ibérica, había permitido a los invasores del norte entrar y asentarse en Hispania. Una vez dentro, los suevos avanzarían por caminos secundarios y vías interiores hasta Galicia, mientras que los vándalos seguirían hacia la Bética y más tarde cruzarían Gibraltar hacia el norte de África ante la presión visigoda.

Pero con su presencia ya consolidada, los visigodos establecen su capital en Tolentum (Toledo) y la



Castillo de Atienza (Guadalajara).



Castillo de Santa Catalina (Jaén).

Vía Augusta pierde su papel de eje vertebrador, porque con la nueva capitalidad los mayores flujos de movimiento dejan de ser norte–sur a través del este peninsular. Las antiguas vías romanas, algo a trasmano de la meseta norte, perdieron relevancia frente a nuevas alternativas. Entre ellas la que unía Cádiz con Córdoba (trayecto ya transitado en la época anterior) o, de mucha mayor importancia en el mapa viario de la época, la que unía Córdoba (capital de la Bética) con Toledo. Este panorama se completaba con el aislamiento de los caminos de levante y Andalucía oriental, territorios en manos de los bizantinos.

Cuando los musulmanes cruzan el estrecho y comienzan su expansión por la península ibérica encuentran un sistema de caminos ya descentralizado, pero que aún se servía de la red viaria romana, con núcleos de comunicación que se centraban más en el interior debido a la capitalidad de Toledo. A partir de ese momento el mapa vuelve a reconfigurarse y adaptarse a la nueva situación política y de poder.

() Al Ándalus y sus caminos

A pesar de un deterioro acusado durante siglos, las vías romanas vuelven a retomar protagonismo con la entrada de los nuevos invasores, esta vez desde el sur. Gran parte de los itinerarios seguidos en su avance por Tarik ibn Ziyad (711-14), Muza (712-14) y Abd-al-Aziz (714-15) volvieron a ser en buena medida las infraestructuras dejadas por los grandes constructores del pasado, como se da fe en varias crónicas, entre ellas la conocida como la del "Moro Rasis", Áhmad ibn Muhámmad al-Razi, que nos relata la historia de la conquista musulmana de la península.

Fue en el año 710 cuando se produce el primer desembarco en lo que hoy conocemos como Tarifa, pero la conquista formal de la península comenzará con la batalla del río Guadalete en el 711 y la primera derrota de los cristianos; a partir de ahí la invasión se propagará hacia ambas mesetas desde los caminos del sur.

Una vez más los núcleos de poder cambian y, en un primer momento, los bastiones se refuerzan con dos nuevas ciudades, Gibraltar y Al Yazira al Jadra (Algeciras), como puntos de llegada de las tropas del otro lado del estrecho y de partida hacia el norte. Desde esta última ciudad salía una calzada que seguía hasta Medina Sidonia y Arcos de la Frontera a través del Guadalete, y desde allí por Marchena, llegando a Écija (núcleo fundamental de comunicaciones entre Sevilla y Córdoba).

Allí mandaría Tarik un destacamento, mientras proseguía su avance hacia Porcuna y Jaén remontando la ruta proveniente de Ilíberis, que vadeaba



primero el Guadalquivir y luego el Guadalimar junto a la antigua Cástulo (Caslona) por el llamado Vado de los Carros, otro punto estratégico de caminos en la época.

Fue allí donde se creó un lugar de acampada, que se denominaría Vado de la Conquista, y desde donde salían cuatro caminos en dirección a la Meseta. El más occidental por las Navas de Tolosa y el puerto del Muradal, para seguir por el Viso del Marqués. El segundo seguía en parte el profundo cañón del río Despeñaperros para atravesar más tarde la Sierra Morena por el paso de las Carretas y luego alcanzar Santa Cruz de Mudela. El tercero se separaba del anterior para atravesar el puerto entre los picos del Cambrón y Loro, llegando hasta Torrenueva por el curso del Jabalón. El último, el más usado para ir al levante, discurría por el puerto de Iznatoraf, junto a Santisteban del Puerto y luego por Alcaraz, Albacete, Chinchilla y Almansa, entroncando en Xàtiva con la Vía Augusta.

Son los primeros caminos de avance de los ejércitos musulmanes, de la invasión y toma de control de los territorios de la península, subiendo hacia la meseta con el objetivo de tomar la capital, Toledo, desde donde, una vez conquistada, siguen consolidando su presencia y el control de las vías de comunicación y acceso.

Dos años después es Musa quien desembarca en la bahía de Algeciras, y con un nuevo ejército sigue la campaña por los caminos ya abiertos. Su itinerario le lleva primero a conquistar Carmona y Sevilla, y ya controlando la cabeza de puente del único vado natural del Guadalquivir en su curso bajo, en Alcalá del Río inicia su camino hacia Mérida por una variante que corre paralela a la Vía de la Plata. Retomará la calzada romana en el paso situado al pie de Tentudía y desde ahí subió hasta la antigua Emérita Augusta, haciéndose también con el paso por su estratégico puente, asegurándose la conquista al sur del río Anas. Reforzada la marca, marchó a Toledo para encontrarse con Tarik.

14 caminos omeyas

A mediados del siglo X, antes de que Al Mansurr quebrara la estabilidad del califato, el geógrafo Istajri hacia una relación de los 14 caminos principales de los omeyas, muchos de ellos saliendo desde las mismas puertas de la medina de Córdoba.

- *De Córdoba a Sevilla*
- *De Córdoba a Zaragoza, Tudela y Lérida*
- *De Córdoba a Toledo y Guadalajara*
- *De Córdoba a Zamora y León*
- *De Córdoba a Coria*
- *De Córdoba a Gafiq y Niebla*
- *De Córdoba a Carmona*
- *De Écija a Morón, Medina Sidonia y Gibraltar*
- *De Écija a Málaga*
- *De Écija a Archidona*
- *De Córdoba a Pechina, Murcia y Valencia*
- *De Valencia a Tortosa*
- *De Murcia a Pechina, Málaga y Gibraltar*
- *De Algeciras a Medina Sidonia y Sevilla*



Vista de Gibraltar y de la fortificada Algeciras en un grabado de Anton Van den Wyngaerde (s XVI, BN). Debajo, vista de Vélez Málaga según un grabado de D. Roberts (Diputación de Málaga).



Torreón árabe de Porcuna (Jaén).

Juntos emprendieron la ocupación del valle del Ebro y de los pasos de los Pirineos, conquistando a su paso Sigüenza, Zaragoza y Huesca, y luego hacia el oeste, por la calzada que desde Zaragoza iba a Astorga, llegando incluso a ocupar la plaza fuerte de Lugo y con avanzadillas que penetraron en Gigio (Gijón).

La historia de los caminos en Al-Ándalus está determinada, desde un primer momento, por una serie de idas y venidas, de vías útiles para las campañas de conquista y ampliación del territorio de los diferentes ejércitos que fueron entrando, de marcas de frontera que se expandían y variaban.

Mientras el norte estaba siendo conquistado, Adb-al Aziz en el 714 desembarca en Algeciras y avanza hacia Sevilla, desde allí se encamina a Málaga y más tarde hasta la región de Orihuela. En otra de sus rutas, hacia el oeste, ocupa Ocsonoba y Beja avanzando por los caminos del Algarve portugués. Utilizando vías romanas se toman también Briviesca, Pamplona y Tarraco, y rápidamente los caminos catalanes también quedarán bajo dominio musulmán, llegando hasta Narbona a través de la Vía Augusta.

() Vías para el comercio

Con el territorio y las marcas fronterizas bien controlados, la nueva capital del emirato omeya independiente se consolida en Córdoba con la dinastía de Abd al Rahman I, "El Emigrado", quien desde su desembarco recorrió un camino que le llevará a atravesar Almuñécar, Granada y la Penibética por Olivar y La Venta del Fraile, hasta alcanzar Madinat Ilbira, donde le esperaban sus partidarios. Este nuevo ejército siguió la ruta de Antequera, Estepa, Osuna y Marchena hasta Carmona y de allí hasta Sevilla. La toma de Córdoba no se hizo esperar y el nuevo emirato (756-788) y su extenso radio de influencia comienzan una época de esplendor.

Al Razi ensalzaba en su crónica la figura de Adb al Rahman I como constructor de caminos. De él dice que ordenó hacer los arrazifes (caminos empedrados) que atravesaban montes y valles y otras buenas calzadas que iban de unas vías a otras. Fue una época, como queda bien plasmado en su relato, en la que se restauró parte de las grandes vías romanas y se acondicionaron las interprovinciales y las locales.

Los caminos se transformaron otra vez en prósperas vías de comercio, de intercambio de culturas, de ciencia y de ideas. El tráfico se intensificó entre la nueva capital y localidades como Algeciras, Málaga y Almería, puertos de entrada y salida de todo tipo de mercancías procedentes de la península o de África. Todo un trasiego que es bien regulado por los nuevos gobernantes. Se abren empresas especializadas para el transporte, con alquiler de monturas y de bestias de carga, y se firman contratos en los que se especifica desde la naturaleza de la



Puente de San Miguel (Jaca).

carga de cada acémila, a todo lo que concernía al viaje. Las nuevas vías asisten a la apertura de casas de postas, posadas y ventas; se empiezan a crear itinerarios, e incluso se establece en qué partes del camino, dependiendo de las horas de recorrido, es necesario detenerse para para cumplir con las oraciones diarias.

En su configuración, los caminos omeyas también desafiaron el orden y el estudiado trazado lineal de las vías romanas, atajándolas en los puntos que se creía necesario, atravesando valles o subiendo fuertes pendientes para evitar rodeos, sin importar los accidentes geográficos. Son años de esplendor que favorecen una buena red de caminos entre los que, según el geógrafo Istajri, llegó a haber hasta 14 principales, casi todos partiendo de Córdoba, que se complementaban con numerosos secundarios.

Pero una vez más la utilización de las vías cambiará. En el 981, la vocación expansionista de Al Mansur, caudillo del califa Hisham II, consigue romper la línea del Duero saqueando Barcelona y esclavizando a los pocos supervivientes, y en el 988 la ciudad de León corre la misma suerte. En el 997, Al Mansur sale de Córdoba por el camino de Mérida, de ahí parte a Coria, Viseu y Oporto, y el 10 de agosto de ese año llega a Santiago de Compostela, donde incendia la iglesia construida por Alfonso II El Casto.

Una época de luchas feroces que acabó con el esplendor y el uso comercial de los caminos para tornarlos de nuevo en escenario bélico, que no se acabará hasta la derrota de Al Mansur en Qalat–al-Nasur (Calatañazor) y su posterior muerte en Medinaceli.

La Mesta

Al tiempo que las tropas cristianas avanzan sus posiciones frente a los territorios de Al Ándalus, lo hacían también los ganaderos y los pastores. La trashumancia, que ya existía desde tiempos remotos en la península ibérica, cobra importancia y protagonismo en los caminos y en la economía hispánica con la reconquista. A las tierras fronterizas recién conquistadas empieza a llegar la ganadería, una actividad económica más fácil y segura que la agricultura en aquellos primeros años.

Las grandes órdenes militares poseían grandes extensiones de pastos a las que llegaban a invernar los ganaderos de las zonas más frías, pagando por ello fuertes impuestos de los que Alfonso X en 1258 vino a aliviarles. El apoyo del monarca "Sabio" a la ganadería trashumante se concretó con la creación del Honrado Concejo de le Mesta en 1263, que reunía a todos los pastores y que se fortalecería en los años posteriores, pasando a estar bajo protección real.

Para todo ese gran movimiento de las cabañas ganaderas se estableció una red de caminos, las cañadas, por las que millares de cabezas de ganado iban y volvían de su viaje trashumante a los pastos en invierno. Todo un entramado de más de 3.000 kilómetros que atravesaba la península ibérica de norte a sur, dividido en cuatro ramales principales, León, Soria, Segovia y Cuenca, con tres rutas diferentes.

La cañada leonesa partía de la montaña de León y pasaba por Zamora, Salamanca, Plasencia, Cáceres y Mérida hasta llegar a Andalucía occidental. La segoviana se dividía a su vez en dos grandes cañadas, una que desde Logroño se dirigía a Burgos, girando en Palencia hacia el sur, para después atravesar Valladolid, Segovia y Ávila, donde se juntaba con la cañada leonesa en Béjar, y otra que, también desde la capital riojana iba hasta Soria y Sigüenza, bordeando después el sur del Guadarrama hasta Gredos. La manchega, discurría desde la sierra de Cuenca, partiendo incluso de las inmediaciones de la aragonesa Albarracín y atravesaba La Mancha por Alcázar de San Juan, para luego bifurcarse en Socuéllamos con dirección a Murcia y Andalucía.

A ellos se les garantizaba el paso y el pasto, e incluso la anchura de las vías por las que debían pasar: entre 60 y 75 m si atravesaban zonas de cultivos y sin límites en el resto. Los ejes principales se complementaban con otros secundarios de cordeles y veredas para asegurar un tránsito que se producía dos veces al año, entre junio y septiembre, cuando el ganado subía hacia los agostaderos de las sierras, y entre noviembre y abril, cuando se bajaban hacia los pastizales del sur.



Monasterio de San Juan de la Peña (Huesca). Debajo, puente románico en la entrada del Camino de Santiago a Puente la Reina (Navarra).

Las guerras civiles y los enfrentamientos posteriores dan origen a los denominados reinos de Taifas tras la caída del califato cordobés en 1031, fragmentado en 25 minúsculos emiratos en los que la red viaria vuelve a decaer. Los caminos, los puentes, su mantenimiento y uso se vienen abajo con el hundimiento de la concepción unitaria del califato y cada pequeña capital establece sus propias rutas defensivas. Los años posteriores traerán un periodo de unidad y luego una nueva fragmentación en los segundos reinos de Taifas; épocas difíciles para los caminantes con escasa seguridad y bandolerismo en las fronteras.

Entre 1147 y 1248 Sevilla se convierte en la capital de Al Ándalus bajo el imperio almohade, creando un nuevo eje de atracción y emisión de caminos. Grandes vías salían de la antigua Híspalis y se construyeron nuevas infraestructuras, como el puente de barcas de Triana, ejemplo para otro que se haría a su imagen y semejanza en Badajoz sobre el Guadiana.

Con los almohades se produjo un nuevo cambio en la fisonomía del camino. Mientras que en la época de Abd al Rahman, el sistema omeya de seguridad en las rutas consistió en una red de control y vigilancia desde la atura, por medio de torres visualmente enlazadas entre sí, y todas ellas con una central, como por ejemplo la establecida a lo largo de la Vía Augusta romana, ahora las circunstancias cambian. Con el aumento del número de tropas de caballería que llegaban más rápido a cualquier lugar, el viejo sistema de avisos entre torres ya no era tan efectivo. Además, aumenta el número de poblaciones y de habitantes, por lo que en el siglo XII se empieza a generalizar un sistema defensivo articulado en torno a fortalezas más cercanas a las localidades.

El último reino

Con el avance imparable de los cristianos, el último gran bastión de Al Ándalus fue el reino nazarí de Granada. De la mano de Muhammad Ibn Alhamar Ibn Basr, señor de Arjona, y gracias al apoyo de







A la izqda., puente de Hospital de Órbigo (León). Sobre estas líneas, fuente medieval en el Camino de Santiago (Navarra).

Fernando III El Santo, a quien reconoció vasallaje, se consolidó un territorio que comprendía Granada, Málaga y Almería, estableciendo su capitalidad en la primera, con la Alhambra como emblema de poder, hasta 1492.

Así pues, una vez más el epicentro de Al Ándalus se desplaza, esta vez hacia Granada, desde donde se recuperan la antiguas rutas hacia Málaga y Almería, sus dos puertos, y hacia Algeciras.

Varios caminos se abren en ese momento para conectar los distintos lugares del reino, como la ruta de los meriníes que costeaba hasta Málaga saliendo del Estrecho y pasando por Estepona, Fuengirola y Marbella, y otra que con idéntico origen se adentraba en el interior. Para esta nueva ruta también se establecieron nuevos puntos defensivos, como Castellar, Jimena, Gaucín y Ronda, siguiendo luego hacia el valle de Abdalajís, Antequera y por Archidona y Loja hacia Granada.

Otros dos caminos bajaban desde la nueva capital hacia el sur, uno atravesando la sierra de Contraviesa hasta Almuñécar, y otro que pasaba por Dúrcal y el valle de Lecrín, para luego seguir a través de La Alpujarra, llegando hasta Andarax y Almería. Pero no solo en el sur, hacia levante había vías que conectaban con Murcia saliendo de Guadix por Baza, Huéscar, Caravaca y Mula.

La nazarí es una época en la que los ejes de caminos vuelven a estar bien definidos por la necesidad de mantener las marcas frente a los avances de los cristianos, pero también se recuperan las vías secundarias para usos comerciales como en las épocas de mayor esplendor de Al Ándalus.

La vía más importante hacia el reino de Sevilla salía desde Granada por Loja, Archidona y Antequera, ciudades clave para frenar el avance de las tropas cristianas. Del eje este-oeste también partieron desvíos hacia el norte que atravesaban el Genil en vados, barcas o puentes; el más importante iba por Iznájar, Priego y Luque, y enlazaba con la ruta más directa entre Granada y Córdoba, ascendiendo por la sierra Parapanda, Puerto Lope, Benzaide y desde allí al castillo de Locubin y Alcaudete, llegando a Córdoba por un viejo camino de los días del califato.

Son años de vaivenes de fronteras, de ataques y contraataques, del intercambio de comercio pero también de cautivos de ambos bandos. El camino se torna misterioso y ensoñador y surgen grandes viajeros y sus relatos, como el de Ibn Batuta por el reino de Granada.

() Las rutas de la reconquista

Mientras Al Ándalus libra sus propias luchas internas, los reinos cristianos comienzan a hacerse fuertes en sus refugios del norte. Será en San Juan de la Peña donde se inicie la reconquista aragonesa, con la idea de avanzar hasta crear una marca hispánica con condados que taponarán el avance musulmán más allá del Ebro.

Por su parte, Alfonso II el Casto consigue controlar el importante nudo de caminos de León, cortando el avance enemigo hacia Galicia (donde se descubrirá la tumba del Apóstol Santiago), y se hará con el control de las vías en Astorga, encrucijada esencial en el avance cristiano hacia el mediodía.

Una vez más, la nueva capitalidad viene marcada por los caminos, y en esta ocasión le toca el turno a León, no solo centro de la reconquista hacia los territorios musulmanes, sino también paso obligado de la nueva peregrinación hacia Santiago. Y de



Puente gótico en Larrasoaña (Navarra).

nuevo, un elemento viene a modificar el panorama. Si las poblaciones amuralladas sustituyeron a las torres de vigilancia de los caminos en la parte musulmana, en el territorio cristiano el gran protagonista es el castillo, destinado a proteger las vías naturales frente a los intentos de romper la marca en Castilla.

() Un camino llamado de Santiago

Pero, sin duda, si hay un hecho determinante en esta época en los territorios cristianos es el descubrimiento de la tumba del Apóstol Santiago en Galicia, lo que da pie al nacimiento de uno de los caminos más emblemáticos de la historia de España, aún en la actualidad. Se trata de una vía estratégica y fundamental, que vuelve a unir transversalmente los reinos cristianos y recupera en su parte occidental la ruta que comunicaba la Hispania romana, desde Tarraco hasta Oviedo, y se cruzaba con los caminos de los primeros tiempos de la reconquista desde el norte.

El Camino de Santiago supone una auténtica "revolución". Por un lado, la imposibilidad de seguir haciendo peregrinaciones a Tierra Santa después de las derrotas de los cruzados en Oriente Próximo, y por otro, los problemas con el imperio bizantino, que tampoco favorecían los viajes a Roma, hacen de Santiago una alternativa que refuerza a la Galicia hispánica como lugar elegido por la cristiandad.

Es un camino que desde sus inicios va variando, con mejoras sucesivas para hacerlo seguro para los peregrinos, pero que también se convierte en emblema de la conquista de los distintos territorios musulmanes por parte de los cristianos. De hecho, hasta el siglo XI los peregrinos caminaban hacia la tumba del Apóstol por caminos que bordeaban la costa cantábrica, al estar las vías más fáciles del interior aún bajo control de los ejércitos andalusíes. Pero fue empeño de los reyes cristianos garantizar la seguridad de los peregrinos, al tiempo que mostraban la consolidación de su poder y sus victorias.

Las vías de la reconquista

Las incursiones militares cristianas hacia los territorios en manos de los musulmanes se organizaron en distintos ejes, entre ellos:

- *Ruta costera atlántica de Portugal, desde Coimbra, controlada por Alfonso VI en 1064.*
- *Ruta romana que hoy denominamos de la Plata, con ciudades importantes como Salamanca, Plasencia o Coria, consolidada por órdenes militares como la de Santiago y la de Alcántara.*
- *Caminos de Guadarrama, Somosierra y del Jarama bajando hacia Toledo, punta de lanza de la reconquista gracias a Alfonso VI.*
- *Hacia el levante se generan los que se darían en llamar caminos del Cid, una serie de rutas entre la castilla cristiana y los reinos musulmanes de Levante.*
- *Caminos del reino aragonés, que bajaban desde Jaca y Huesca hasta Zaragoza siguiendo la ruta del rio Gállego.*





Ejemplo de ello fue Sancho el Mayor. Ante las incursiones y la inseguridad, los primeros peregrinos iban de Pamplona a Burgos por Irurzun, Huarte Araquil, Salvatierra, Miranda de Ebro, Pancorbo, Briviesca y Quintanapalla, pero después de algunas batallas el monarca consiguió controlar una ruta más recta y corta por Puente la Reina, Estella, Logroño, Nájera, Santo Domingo de la Calzada, Villafranca y Montes de Oca.

Uno de los puentes de la nueva ruta, el de la Reina, fue encargado por otra de las mujeres constructoras de infraestructuras viarias, la esposa de Sancho, Muinadona, también conocida como Doña Mayor.

Pasado Burgos, otro de los núcleos de población que empieza a cobrar importancia, y atravesando Arlanza, el camino se encontraba en Frómista con la antigua vía romana, de ahí seguía por Carrión de los Condes, Sahagún y León, puente del Órbigo y Astorga, atravesando ya el Sil en Ponferrada, donde arrancaba una fuerte pendiente que se adentraba en Galicia por Pedrafita do Cebreiro.

Siguiendo igualmente la vía romana, se descendía por Becerreá, llegando hasta Lugo y luego hacia la parada final en la tumba del apóstol por la ruta natural de la margen derecha del Ulla, por Guntín, Palas de Rei, Meixide, Melinde y Arzúa.

Pero Alfonso VI, que ya había favorecido a los caminantes hacia Santiago liberándoles del pago de impuestos, gabelas y portazgos, también ayudó a mejorar la ruta y a hacerla más rápida, evitando Lugo por Hospital de Órbigo, Padornelo y atravesando el río Cabe y luego el Miño por Portomarín para remontar el monte del Gozo y de ahí bajar a Santiago.

La tumba del apóstol se alza como punto final de una serie de caminos que llegan desde todas partes de Europa a través de Francia. Identificado con la Vía láctea, será el responsable de la aparición de otras vías y puentes asociados, surgen albergues y hospitales y cada vez más cristianos recorren el norte de España que se jalona de núcleos de población en los que se adentra el camino como eje de su configuración urbana.

El Camino de Santiago se consolidó como ruta segura de peregrinación en el s. XII



Puente de La Reina sobre el río Arga (Navarra).

Avanzando hacia el sur

Pero lejos de la espiritualidad compostelana, los caminos siguen surgiendo de norte a sur y hacia el levante, según se avanza en la reconquista. Con Alfonso I el Batallador se abren además caminos transversales siguiendo el curso del Ebro hacia la Rioja por Ágreda y Soria, y hacia Castilla. También la Vía Augusta vuelve a servir de eje para el avance de los ejércitos.

Las idas y venidas se suceden, pero la gran victoria se dará en 1212 con la mítica batalla de Las Navas de Tolosa, donde las tropas provenientes de toda la cristiandad lanzan el ataque decisivo que pondrá fin a siglos de control musulmán sobre la Península Ibérica.

Es en Toledo donde se congregaron las diferentes huestes que debían avanzar hacia la gran batalla. Desde allí comenzó su camino hacia el sur pasando por Calatrava, Alarcos, Benavente, Piedrabuena, Caracuel y Salvatierra.

En junio las tropas han llegado a los llanos de la Losa, donde estaban concentrados los musulmanes y donde se debería haber librado la batalla, pero las fuerzas de An-Nasir cortaron el acceso del enemigo al valle y los cristianos quedaron rodeados. Dicen las crónicas que fue un pastor local quien reveló a las tropas la existencia de una senda, en la que encontrarían un paso (el Puerto del Rey) por el que aproximarse y sorprender al enemigo por el oeste. Y así, gracias a un camino, se marcó la historia futura de la España cristiana.

Poco a poco, a la ya recuperada Vía Augusta se unirá el control sobre los caminos del Guadalquivir hasta Sevilla; se tomará también el control de los de Extremadura hasta unirlos con los de Córdoba, y más tarde los de Huelva hasta Portugal. Le seguirán algunos más al sur según se conquisten grandes ciudades, como Cádiz, desde donde se creó una nueva ruta por Medina Sidonia y Vejer siguiendo la costa hasta Tarifa, duplicando la vía romana y haciéndola ahora más segura. También se levanta una línea fronteriza con el último reino de Al Ándalus, el de Granada, que no tardará en caer.

Con la reconquista culmina un largo periodo de siglos de enfrentamientos y movimientos en los caminos, pero también de épocas de floreciente comercio, intercambios de mercancías y pensamientos a lo largo de las vías en un territorio todavía fragmentado que vendrán a unificar los Reyes Católicos en el siglo XV.



Los caminos en la España de los siglos XV, XVI y XVII

El largo adiós al medievo

Julia Sola Landero

En los albores del Renacimiento y muy cerca de descubrir el nuevo mundo, en España se viajaba de la misma forma que en el medievo: a caballo, la clase alta; en mulos o palafrenes, las mujeres; y andando o en ancas de asno, el pueblo llano. Y aunque en muchos tramos se podía transitar con carretas tiradas por bueyes o en coche de caballos, la mayoría de los caminos eran de herradura y sin pavimentar. Polvo en verano y barro en invierno.



En pág. opuesta, puente de Benamejí (s. XVI), y sobre estas líneas mapa Hispalensis, de Jerónimo de Chaves (1579), del Atlas Theatrum Orbis Terrarum de Abraham Ortelius (BN).

A pesar de los decisivos cambios políticos que se sucedieron en la península en el s. XV de la mano de los Reyes Católicos, la estructura caminera medieval permaneció casi intacta hasta bien entrado el S.XVII: un conglomerado de itinerarios que no atendían a un plan organizado, formado por antiguas calzadas romanas deterioradas por falta de mantenimiento, numerosas rutas de peregrinación medievales, y pequeños circuitos creados por monasterios y señoríos para el comercio local, confundidos con la red de cañadas, cordeles y veredas utilizada para la trashumancia.

Si los caminos delatan la situación de los centros de poder, aquella heterogénea red caminera revelaba a las claras la existencia de un mapa político fragmentado: cuatro reinos cristianos –Castilla, Aragón, Navarra, Portugal– y el musulmán de Granada. Era evidente, pues, la ausencia de un plan coordinado y de una política inversora sistemática de la Corona. La función de ésta se limitaba a ordenar y supervisar las obras de los caminos, y el régimen de exacciones y derechos de tránsito, que gestionaban los municipios.

La renovación del mapa viario heredado del medievo será lenta. Es evidente que su modernización no irá a la misma velocidad que los acontecimientos que se suceden en la península. Los Reyes Católicos se casan en 1469 y unen Aragón y Castilla; en 1492, ésta se anexiona Granada; algo más tarde, en 1515, Navarra también se incorpora a Castilla. Por otra parte, el descubrimiento de América inaugura un nuevo tiempo en el que se abren rutas marítimas inéditas que desplazarán el peso de las vías comerciales de los puertos del Mediterráneo hacia el Atlántico, lo que supuso el crecimiento de las ciudades de la fachada atlántica de Castilla y de Portugal, y de Sevilla en detrimento de grandes ciudades portuarias como Barcelona o Valencia, y el desplazamiento, a partir del primer tercio del S.XVI, del eje Medina del



Campo-Burgos-Bilbao en favor del de Burgos-Medina del Campo-Sevilla.

Sin embargo, la estructura medieval de los caminos se mantuvo sin modificaciones significativas durante los siglos S.XVI y S.XVII. A pesar de que se fraguaron cambios en la gestión de los caminos que prueban la importancia creciente que la Corona concedía a la red viaria, no sería hasta el S.XVIII, al surgir un Estado más complejo y poderoso, cuando se produzcan transformaciones estructurales. Entre tanto, el sistema de transporte fue un auténtico cuello de botella para el desarrollo comercial.

() Un reinado conservador

Isabel y Fernando ponen en marcha cambios en el sistema viario que dan pie a una lenta y poco rompedora transformación, dado que se volcaron más en el mantenimiento de la red heredada que en la creación de nuevas infraestructuras. Lo prueba un buen número de instrucciones dictadas durante su reinado en las que se instaba a los municipios a abrir caminos carreteros en sus términos y a que cuidaran el reparo de carriles, puentes, pontones y alcantarillas, y evitaran el abuso en el cobro de derechos de tránsito. Reparos que solían hacer los vecinos mediante el sistema de la sestaferia: trabajos a los que dedicaban una jornada entera, generalmente los viernes –sexto día contando desde el domingo– para arreglar caminos, fuentes, abrevaderos y demás zonas comunales. A través de esas órdenes reales se tiene noticia del arreglo de caminos en Valencia, Murcia, Almería, Málaga, Cáceres, Salamanca y Burgos, o en los de Vitoria a Salinas y a San Adrián.

También dictaron Isabel y Fernando disposiciones para crear nuevos viales en la meseta sur. Como la firmada en 1495 para que los municipios de la recién conquistada Granada construyeran caminos carreteros: nuevas calzadas entre la capital del antiguo reino y Guadix, Baza y Almería. Desde Gua-





Vista de Valencia según grabado de Anton van den Wingaerde, hacia 1560 (BN). Debajo, vista de Bilbao hacia 1570 según grabado del Atlas Civitatis Orbis Terrarum, de Braun y Hogenberg (BN).

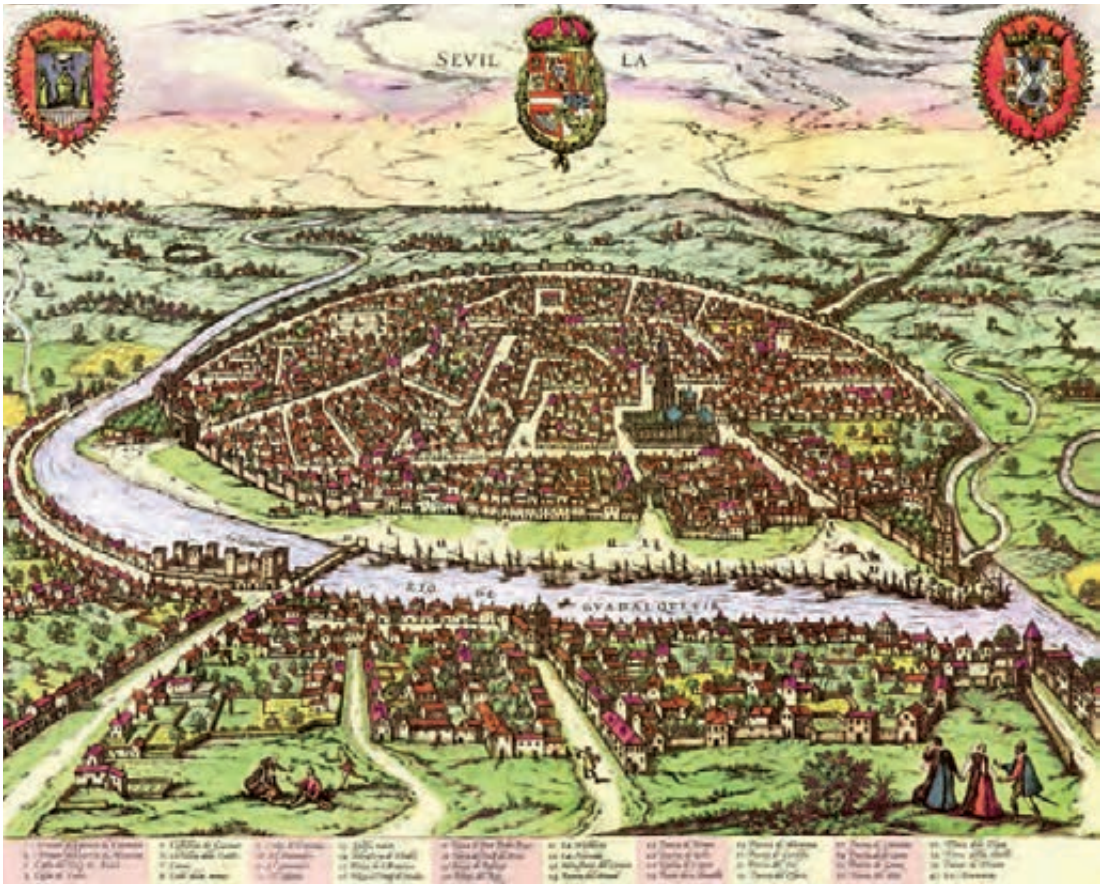
dix a Andarax y a la Alpujarra, y la costa de Adra y Almuñécar; u otros que conectaban Ronda, Gibraltar y Sevilla, y Málaga con las ciudades del interior.

Al margen de la Corona, algunas ciudades que fiaron su futuro al comercio decidieron invertir en la mejora del sistema viario. Así sucedió en el País Vasco, que comprendió muy pronto la necesidad de mejorar la vía de comunicación por la que desde hacía siglos transitaba el denso tráfico comercial entre Burgos y Bilbao. Para eso, en los últimos años del s. XV la capital vasca destinó importantes inversiones a reparar el camino de Bilbao a Orduña, de Durango a Mondragón, de Villareal a Ochandiano y Durango, y de Vitoria a Salinas de Añana, para asegurar el tránsito de mercancías hacia Vizcaya, Guipúzcoa y La Rioja. Y ya en el S.XVI se comenzaron a abrir por los valles del Nervión y el Cadagua caminos que, partiendo del puerto bilbaíno, alcanzaban el traspaís castellano. Sin embargo, y pesar de las mejoras realizadas en buena parte de la península, al final del reinado de Isabel y Fernando la mayoría de los caminos siguen siendo de herradura y la velocidad media de las carretas oscila entre 20 y 35 km/día (un viaje entre Toledo y el puerto de Cartagena podía durar entre 12 y 20 días).

En un afán de paliar las carencias que presentaba el transporte terrestre, desde principios del S.XVI, se sucedieron los estudios para abrir canales de comunicación en los río Tajo, Duero, Ebro y Guadalquivir, que, por caudalosos y con largos recorridos, llamaron la atención de gobernantes e ingenieros. De ahí los proyectos de la Acequia Imperial, impulsado por Carlos I, o el de Felipe II para canalizar el río Tajo entre Toledo y Lisboa, para hacer más fluidas las comunicaciones con Portugal, recién incorporada a la Corona. Obras –más de cien actuaciones– que se realizaron entre 1581 y 1584 dirigidas por el ingeniero Juan Bautista Antonelli y que, si bien no culminaron debido a la falta de apoyo financiero y la oposición de Sevilla, permitieron que el Tajo pudiera ser recorrido por barcazas entre Toledo y Alcántara, y entre Alcántara y Abrantes. Pero a pesar del apoyo real, que el rey y su corte hizo visible surcando el Tajo en varias chalupas desde Vaciamadrid hasta Aranjuez, el proyecto no llegó a prosperar y el tráfico fluvial fue decayendo en los años siguientes debido, en parte, a que *en el viaje hay muchos pasos malos e peligrosos en que han sucedido daños a los barcos e personas que van en ellos,* según daba cuenta en 1610 a Felipe III, el aparejador de las obras.

() Tendiendo puentes

La excepción a aquella política conservadora la protagonizaron los puentes. Aquí las obras emprendidas durante el Renacimiento fueron más allá de



Vista de Sevilla hacia 1570, según grabado del Atlas Civitatis Orbis Terrarum, de Braun y Hogenberg (BN).

la mera conservación. Se evidenciaba el motivo: vadear los numerosos ríos de la península mediante barcas, no sólo era incómodo, lento e inseguro: también encarecía el viaje. De ahí las numerosas iniciativas para la construcción y reparación de puentes durante los s.XV y XVI, sobre todo para facilitar el tránsito del ganado trashumante.

Año clave fue 1455, cuando Enrique IV de Castilla ordenó que no se impidiera la libre construcción de puentes, siempre que no se cobraran derechos de tránsito por su uso. El impulso real animó a su construcción. Es el caso del Puente de Piedra de Zaragoza, construido entre 1401 y 1440, los de Candeleda sobre el Tiétar o Torrijos sobre el Guadarrama. Una tendencia que continuaría durante el reinado de los Reyes Católicos, en el que hay noticia de licencias concedidas para más de cuarenta obras de construcción y reparación de puentes entre 1475 y 1495. Entre ellas, la reparación del puente mayor de Valladolid del s. XI o del de Palencia (1506), la construcción del puente de Cabezón sobre el Pisuerga (1536), el de la Maza en San Vicente de la Barquera sobre la ría (1537) el de Almaraz sobre el Tajo (1537), el de Mazuecos sobre el Guadalquivir (1570) o el de San Marcos, en León (1598), entre otros; solo para cruzar el Tajo, Las Re-

Incierta aventura

Durante el reinado de los Reyes Católicos se puso fin a la inseguridad en los caminos. Los bandoleros, contrabandistas y serranas que merodeaban por los caminos para asaltar a carretas y acémilas desaparecerían de la mano de la Santa Hermandad, creada por Isabel la Católica en 1476. El primer cuerpo policial organizado de Europa utilizó sin trabas sus amplísimos poderes para acabar con el bandolerismo, estableciendo una estrecha vigilancia en los caminos, y juzgando y castigando severamente al delincuente en sus propios tribunales.

Limpias las rutas de malhechores, durante el Renacimiento se hace cada vez más frecuente viajar. El moderno sistema de correos, que en España y en el resto de Europa se produce en los primeros años del S.XVI, sustituye a los mandaderos y troteros medievales. A los mensajeros de nuevo cuño se unen mercaderes, emigrantes, militares, religiosos, nobles, recaudadores de impuestos, artesanos, juglares o estudiantes que, cada vez con mayor frecuencia, recorren los caminos.

Muchos de ellos cuentan sus experiencias en crónicas de viajes, dando noticia del estado de las vías, y de las ventas y posadas. Así, el alemán Jerónimo Münzer, en su Viaje por España y Portugal en 1494 y 1495, realizado a caballo, advertía de los peligros del camino de Vélez-Málaga por los frecuentes desembarcos de los piratas berberiscos a la captura de personas y al saqueo de bienes, y Bartolomé Joly, consejero y limosnero de Enrique IV de Francia, en su Voyage en Espagne, *1603-1607, califica a las posadas españolas de sucias e inhóspitas, "donde la carne estará mitad tostada mitad arrastrada por las cenizas y donde abundan los maleantes", por lo que advertía: "Al salir, no dejéis de hacer el inventario del equipaje". Según su testimonio, las ventas eran caras, inseguras, incómodas y sucias, y las camas estaban todas llenas de pulgas. Antonio de Lalaing, chambelán del rey y narrador del primer viaje de Felipe el Hermoso y*

Camino Real a El Escorial cerca de Galapagar.



Luis Solera

Juana de Castilla, realizado en 1502 y 1503 para ser jurados como herederos de los tronos de Castilla, delata en su Relación la escasez de infraestructuras al relatar que al partir de Bayona fueron despedidos los carros y carretas de Flandes que habían traído los bagajes porque no podían seguir más adelante, por las montañas; y fueron traídos grandes mulos de Vizcaya, por orden del rey y de la reina de España que llevaron dichos bagajes hasta Toledo.

Bronseval, el locuaz miembro de la comitiva de ocho personas que acompañó en 1532-1533 al abad Claraval Dom Edme de Salieu en su visita pastoral por los monasterios cistercienses de la península ibérica, dio detalles en La peregrinatio hispanica *de la situación de caminos y posadas. No fue corto el viaje, pues la comitiva entró por Perpignan y pasó por Montserrat, Valencia, Medina del Campo, Galicia, Portugal, Badajoz, Toledo, Alcalá, Guadalajara, Burgos y Barcelona.*

A pesar de hallar alabanzas en su prolija crónica, menudean las críticas por el mal estado de los caminos y puentes, y por la escasez, casi ausencia, de posadas donde abastecer a los viajeros: en Chinchilla había un hombre que vendía solo pan y otro que vendía sólo vino; los miembros de la comitiva nada pudieron comer porque nada pudieron encontrar. Y cuando encontraban posada, la situación no era mucho mejor, pues alguna noche la pasaron sepultados entre paja llena de pulgas, mientras que los caballos, que a veces corrieron mejor suerte en materia de comida, también tuvieron en una ocasión que echarse en un lodazal fétido.También hubo críticas a la situación de algunas infraestructuras, como los puentes trémulos y peligrosos sobre el Esla y el Órbigo, en Benavente, al igual que el puente sobre el río Jamuz, también en tierras zamoranas, que además de trémulo y peligroso, se hallaba cubierto de ramajes y hojarascas en medio de caminos tortuosos.

laciones Topográficas de los pueblos de España, hechas por orden de Felipe II, citan una decena de puentes. Ello a pesar de las rivalidades entre municipios que, en pugna por acaparar rutas comerciales, hizo que, en ocasiones, algunos se opusieran a la construcción de nuevos puentes si estos podían favorecer el desplazamiento de las rutas comerciales hacia otros núcleos urbanos.

() Arrieros y carreteros

También se preocuparon los Reyes Católicos de ordenar el funcionamiento del sector transporte en España. La cuestión lo merecía porque, a la precariedad de las infraestructuras, se sumaban otras complicaciones como la inseguridad de los caminos y la abundancia de impuestos de paso.

En aquellos años, el servicio de transporte era atendido, en general, por arrieros no profesionales para el transporte interior de larga distancia y por carreteros que recorrían las llanuras de Castilla. Muchas veces transportista y mercader eran la misma persona y viajaba en caravanas como feriante acarreando mercancías de poco peso. En cuanto a las mercancías más voluminosas, eran trasladadas por transportistas profesionales o por



Vista de Granada del Atlas Civitatis Orbis Terrarum, de Braun y Hogenberg (BN).

los propios agricultores o ganaderos. La labor de los carreteros era fundamental, a pesar de que en la mayor parte de los casos los caminos no podían llegar hasta los puertos marítimos y no había más remedio que recurrir a acémilas para finalizar el viaje. Para regularizar y proteger este sensible sector estratégico para la economía, los Reyes Católicos crearon en 1497 la Real Cabaña de Carreteros, que agrupaba a todas las asociaciones regionales de transportes por carro –en 1629 incluiría también a los arrieros– y que mantendría durante más de cuatro siglos el monopolio del transporte.

La Corona, que vivió en primera persona la utilidad del servicio que prestaron las carretas en la guerra de Granada acarreando víveres y artillería al ejército, bendijo a este gremio con notables privilegios, como la libre circulación de las carretas por todos los términos municipales, protección frente a los abusos en el cobro de portazgos, regulación de las tasas sobre la venta de paja y cebada, permiso para que los animales de tiro pudiesen pastar libremente en los términos de los pueblos en condiciones iguales a las del ganado de la misma especie, o licencia para que los carreteros pudieran cortar madera para reparar sus carretas.

Este conjunto de medidas impulsó el libre tránsito de personas, mercancías y ganados por todos los caminos. Una política que fue continuada por Carlos I y Felipe II, quienes, al igual que Isabel y Fernando, suprimieron portazgos, pontazgos o barcajes. Algo que dio alas al transporte de mercancías a lo largo del s.XVI, un notable impulso a la actividad de las acémilas de trajinantes y arrieros, y la aparición de caballerías y plazas de carro de alquiler, la litera y el coche para el transporte de viajeros, y la galera para el transporte mixto de personas y mercancías.

() Primeros mapas

La creación de la Santa Hermandad durante el reinado de Isabel la Católica, que limpió los caminos de malhechores, también favoreció el tránsito de viajeros, que se fue incrementando durante el Renacimiento, y cuyas peripecias fueron recogidas muchas veces en detalladas crónicas de viaje. A partir de estos relatos se elaboraron los Repertorios de Caminos, auténticos mapas que ofrecen información de un incalculable valor sobre la red caminera. Es el caso del primer Repertorio, publicado en 1546, reinando Felipe II, por Pedro Juan Villuga. Su mapa da noticia de la existencia de 214 ventas, 6 puentes y 21 pasos de barcas, y recopila 139 itinerarios que sumaban 38.000 kilómetros, que en plano se reducen a 18.000 kilómetros por la superposición de itinerarios. Treinta años después, en 1576, Alonso de



Puente de Mazuecos, en Baeza (Jaén), proyectado por Andrés de Vandelvira hacia 1565.Debajo, vista de Cuenca según grabado de Anton van den Wingaerde, hacia 1560 (BN).

Meneses publicó un nuevo Repertorio de Caminos, que recoge 134 itinerarios distintos, de los que 119 son comunes al de Villuga y que suman 39.000 kilómetros. Arrojan también luz Itinerarios como el de Enrique IV, J.Torres Fontes o la guía de viajes de. Rumeu de Armas, en la que relató los viajes de los Reyes Católicos.

Según esos primeros repertorios, el mapa de viarios del s. XVI aparece abigarrado en torno a las áreas de mayor actividad, en contraste con una llamativa ausencia de caminos en amplias zonas de una península con una orografía difícil, atravesada por numerosos ríos y puertos de montaña –hoy día existen en la península 254 puertos con problemas de nieve en invierno–, que solo podían ser atravesados con gran dificultad por acémilas. Orografía desigual, con zonas muy propicias al aislamiento, como la cornisa cantábrica, con respecto al interior, y una costa marítima extensa que permite la navegación de cabotaje y el desarrollo de los intercambios entre las regiones de la periferia. De hecho, las ciudades del Cantábrico se proveían de cereal llegado a lomos de acémilas, pero también por vía marítima, desde los puertos andaluces del Atlántico. Vía marítima, por tanto, que puede soslayar la creación de caminos en amplias zonas, algo que se revelará en el mapa viario con grandes vacíos de rutas terrestres entre Málaga y Alicante.





Puente de San Marcos (León) y debajo, vista de Madrid (1562) de Anton van den Wingaerde (BN).

La malla viaria más densa se produce alrededor de Burgos, encrucijada de caminos y centro neurálgico para la exportación de lana hacia los puertos del Cantábrico, y para dar salida, a través del Camino de Santiago francés o de la arteria Burgos-Valladolid-Medina del Campo, hacia el interior castellano, a las mercancías procedentes de Cataluña, Aragón, Navarra y Rioja. Tan denso era el conglomerado viario comprendido entre Burgos, Valladolid, Zamora, Salamanca, Ávila, Toledo y Madrid, que estaba cruzado por 4.000 kilómetros de caminos, una densidad cuatro veces superior a la media peninsular. También se muestra especialmente abigarrado el mapa de caminos desde el interior hacia los puertos más importantes: Barcelona, Alicante, Valencia, Málaga y Sevilla.

La actividad comercial se evidencia a través del denso conglomerado alrededor de Segovia, Ávila, Valladolid, Zamora, Salamanca, Toledo, Madrid, León, Palencia, Tordesillas, Medina de Rioseco, Medina del Campo, Benavente, Toro, Peñafiel, Aranda de Duero, Soria, Olmedo, Alba de Tormes, Arévalo, Cebreros, Illescas, Alcalá de Henares, Sigüenza, Guadalajara, Ocaña, Oropesa, Talavera, Plasencia, Béjar, Talamanca, Hita, Atienza, Sigüenza, ciudades en las que se celebraban ferias y mercados temporales de carácter comarcal muy concurridos por tratantes de lanas, paños, especias o artesanía.

Un gran eje oeste-este se situaba al norte de la meseta y discurría por Galicia, norte de León y de Castilla la Vieja, La Rioja, el valle del Ebro y Cataluña. Enlazaba, por tanto, el Atlántico gallego, el norte de Castilla y León y el valle del Ebro con el Mediterráneo catalán y la frontera francesa. Las conexiones con los puertos cantábricos eran abundantes y se realizaban desde Burgos hasta Laredo y Santander, a través de Pesadas y Ampuero, y hasta





Plano de la villa de Madrid de Antonio Mancelli, según grabado de Frederick de Witt hacia 1635 (BN).

Bilbao por Pancorbo y Orduña. Sensiblemente paralelo a este, discurría a lo largo de la cornisa cantábrica otro camino que unía Avilés y Fuenterrabía, enlazando con él en Laredo y Bilbao. Y en tierras de Navarra y Aragón aparece otro camino, también paralelo al que discurre por el valle del Ebro, que unía Navarra con Monzón y llegaba hasta Lérida.

Un segundo gran itinerario, también en dirección oeste-este, recorría el valle del Duero desde Zamora hasta el puerto del Madero en Soria y Tarazona, donde se cruzaba con el eje anterior hasta Barcelona y el Rosellón y pasaba por Zamora, Valladolid, Aranda de Duero, Soria, Tarazona y Luceni, en tierras de Aragón. Y completaba el mapa de grandes ejes, el que seguía el cauce del Tajo desde Lisboa hasta Toledo para continuar por Cuenca y Utiel hasta Valencia.

En contraste a esta abundancia de caminos en la cornisa cantábrica, se encuentra la escasez de rutas que unieran directamente Asturias con León, y Álava con Guipúzcoa y Navarra, y la práctica inexistencia de caminos junto a los Pirineos. Los vacíos y zonas menos densas de la red itineraria descrita por Villuga y Meneses se encuentran en zonas próximas a los Pirineos, en el noroeste leonés y asturgalaico, al norte del Camino de Santiago y en la cuenca del Guadiana, entre las Villuercas al norte, Sierra Morena al sur, Ciudad Real al este y Mérida al oeste.

() Declive de Castilla

Los mapas que evocaban el medievo y señalaban la primacía de la meseta castellana tenían los días contados frisando el s. XVIII. España pierde la hegemonía europea, y la crisis social y económica que asoló a Europa en aquella centuria –drástico retroceso de la actividad económica, disminución de la producción agraria, estancamiento del crecimiento demográfico, epidemias y conflictos sociales– se sumó a los cambios que ya se venían sucediendo durante el s. XVI en materia de equilibrio territorial y político, y que acabarían con la desintegración de la abigarrada red viaria de la vieja Castilla.

La nueva lógica de un Estado más fuerte y complejo anunciaba el centralismo caminero, que se impondría en el s. XVIII y que se alejaría definitivamente del sistema de centurias anteriores, en los que no había nudo principal en el que confluyesen todas las rutas. Pronto se impondría el modelo radial, cuyo centro sería Madrid, capital del reino desde 1561, salvo el breve interregno de Valladolid entre 1601 y 1606. Y, efectivamente, el mapa de las infraestructuras viarias traduciría una vez más los cambios urbanos y políticos. Ahora, el centro urbano de referencia ya no lo sería por su importancia comercial, sino por su relevancia política. Y ese



Vista del Alcázar Real y entorno del puente de Segovia (1670). Museo Soumaya. Ciudad de México.

papel lo desempeñaba la capital del reino, por lo que Madrid vio crecer su número de habitantes de manera exponencial –en 1630 su población alcanzó las 130.000 personas– y se convirtió en un gran centro de actividad comercial, social y política.

Tan drástico fue el cambio de modelo que Burgos, el más próspero nudo de comunicaciones comerciales de siglos anteriores, pasaría, en un rápido declive, de 13.000 habitantes a menos de 5.000 en el s. XVII; el floreciente Toledo que acaparó intensas relaciones comerciales con el reino de Valencia, perdió más de la mitad de sus habitantes: bajó desde los 70.000 a los 25.000, al igual que Valladolid, antaño centro mercantil y político, que pasó de 45.000 a 20.000 habitantes; Segovia, sede de una de las más prósperas manufacturas de paños, bajó de 30.000 a 15.000 habitantes, y Medina del Campo pasó de los 13.000 habitantes a los 3.500 y dejó de ser un potente centro de transacciones mercantiles para emprender la senda de la ruralización.

El resultado final es que el interior de la corona de Castilla dejó de acaparar la actividad económica para convertirse en una de las regiones más estancadas de la península. El efecto dominó de la crisis también se dejó sentir en las regiones periféricas de la península, aunque no padecieron la intensa decadencia del interior de Castilla y remontaron durante el s. XVIII. Tras la rauda desintegración del sistema urbano de la meseta castellana, pronto sonaría la gran hora de las ciudades portuarias, que se esforzaron por mejorar las infraestructuras viarias que les asegurasen un fácil acceso a sus áreas de negocios. Además de Bilbao, que ya desde el s. XVI funcionó como un auténtico mercado internacional, las ciudades más prósperas estarían encabezadas por Barcelona y toda la costa mediterránea; Sevilla, el valle del Guadalquivir y el puerto de Cádiz, que se convertiría en un gran centro de comercio internacional, y la costa del Cantábrico, desde Galicia al País Vasco, con los puertos de Bilbao y Santander a la cabeza, que también experimentarían un notable crecimiento a lo largo del s. XVIII. Siglo en el que, por primera vez y después de centurias de estancamiento, la monarquía asumiría la voluntad –y la consiguiente financiación a cargo de la Real Hacienda–, de dotar al territorio una red viaria bien planificada: una metamorfosis que supuso el definitivo y largo adiós al sistema heredado del medievo.

Centro de publicaciones

Librería de publicaciones oficiales



www.fomento.gob.es



Caminos y carreteras en el siglo de la Ilustración

Pensando en el transporte

Pepa Martín Mora

El siglo XVIII se inicia con la guerra de Sucesión, coincidiendo con el fin del reinado de los Austrias y la llegada de la dinastía de los Borbones, un hecho que determinará cambios de importancia en la historia de España y que afectarán también muy singularmente a la política caminera. La planificación y, sobre todo, la construcción de una primera red radial de carreteras, pensada para adecuarse a las necesidades de transporte de la época, toman por primera vez un definitivo impulso.



Puente largo de Aranjuez (1761), proyectado por Marcos de Vierna.

Tras la muerte del rey Carlos II, con quien se extingue la dinastía de los Austrias en nuestro país, le sucede en el trono Felipe V, lo que supone el inicio de un nuevo rumbo histórico, con los Borbones al frente de los destinos del país. Este hecho favorecerá casi de inmediato la apertura de nuestra sociedad a las nuevas ideas ilustradas, si bien, y a diferencia de lo ocurrido en la vecina Francia, aquí se caracterizará por un mayor intervencionismo y protagonismo del Estado en la actividad económica. De esta forma, se inicia un periodo de políticas reformistas durante el cual se impulsa la industrialización, la supresión de aduanas interiores, la reforma de la Real Hacienda, y la instauración de un nuevo programa de armamento naval o la construcción de importantes obras civiles, entre ellas las nuevas carreteras.

Esta última no es una necesidad banal. Las vías de comunicación por aquel entonces eran muy precarias, los caminos eran de herradura, transitables para las caballerías pero no para los carros, lo que los convertía en impracticables durante buena parte del año, y no había transporte fluvial porque los ríos discontinuos que atraviesan la península apenas permiten la navegación en muy cortos tramos. Esta circunstancia la sufrió personalmente el monarca a su llegada a España, en 1700, ya que tardó en su viaje desde Irún a Madrid un total de 17 días y, cuando un año después se casó en Barcelona con María Luisa de Saboya, empleó otros 23 días en recorrer la distancia entre la capital y la ciudad condal, datos que revelan las malas condiciones de los caminos en esa época.

A la vista de esa situación, los Borbones inician la reforma de las calzadas de la mano del servicio de Correos, que la Corona había asumido en 1716, con el objetivo de adecuar las carreteras a la estructura centralizada del Estado y reforzar las comunicaciones para satisfacer los tránsitos que el comercio y la agricultura demandaban, tomando como referencia la red de las carreras de postas, que será el precedente de la Red General de Carreteras.

Cada una de las postas estaba constituida por un conjunto de caballerías prevenidas en los caminos principales y a distancias convenientes, para que los correos y los viajeros pudieran cambiar de montura y seguir viaje sin tener que detenerse a que descansaran los animales que llegaban fatigados. Entonces era la única forma de viajar con rapidez por España.

El Reglamento General para la Dirección y Gobierno de los Oficios de Correo Mayor y Postas de España, que se publica en 1720, define esta Red de Postas con estructura radial y epicentro en Madrid. Sumaba 1.019 leguas, lo que equivaldría aproximadamente a 5.700 kilómetros, y 274 postas, y su carácter era administrativo, ya que se había creado para enviar y recibir las órdenes e informaciones de la Corte. Los particulares necesitaban una licencia previa del Correo Mayor en Madrid y de los administradores de estafetas en el resto de ciudades, para seguir algunos de los itinerarios en las condiciones que establecían los Reglamentos correspondientes, y había que abonar 20 reales de plata, que equivalían a 40 reales de vellón.

Partía de Madrid hacia Bayona por Irún y Pamplona; a Barcelona y a Perpiñán; a Valencia, a Murcia y a Cartagena; a Cádiz; a Badajoz; a Salamanca y a Ciudad Rodrigo; a A Coruña y a Santiago; y a Ourense y Pontevedra. La red se completaba con una carrera paralela al litoral mediterráneo desde Barcelona hasta Alicante, con un ramal hacia Denia y otro hacia Teruel, así como con otra paralela a la frontera portuguesa que iba desde Benavente, pasando por Zamora y Salamanca, hasta Badajoz.

Como novedad, también en el primer cuarto de siglo se crea, a través de la Instrucción de Intendentes, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército, a quienes se encarga elaborar un estudio del territorio que de-

talle los caminos existentes y las intervenciones necesarias para mejorarlos o bien para construir otros nuevos, así como de los puentes, y se les dan instrucciones sobre el procedimiento a seguir en la confección de mapas y obras. La responsabilidad de este cuerpo recae en el ingeniero general Jorge Próspero de Verboom, a quien Felipe V pidió que se trasladara desde Flandes para asumir el puesto en plena Guerra de Sucesión.

Finalmente, apenas se emprenden obras que atañan a las vías de comunicación en estos primeros años del siglo XVIII, más allá de la finalización del puente de Toledo, en Madrid, en 1724. Así consta en la primera Memoria de la Dirección General de Obras Públicas, de 1756, que dice que a mediados del siglo XVIII las únicas obras que se habían hecho en los caminos naturales eran las mejoras de algún paso difícil y la construcción de puentes, muchos de ellos de madera, en los principales ríos.

() Primeras carreteras

Es en el reinado de Fernando VI cuando se construyen los llamados caminos carreteriles, que por sus características pueden calificarse como las primeras carreteras, aunque como tales no hayan existido hasta el siglo XX: aparece el revestimiento del firme y por ellos podían circular los carros y los vehículos de cuatro ruedas.

Las exigencias de velocidad ponen de manifiesto la necesidad de hacer los caminos con firmes que permitan una rodadura rápida y segura, y con unas condiciones más estrictas en cuanto a trazado en planta y en perfil, teniendo en cuenta que los caminos antiguos, los llamados de herradura, no permitían un transporte rápido ni eficaz.

El Tratado Legal y Político de Caminos Públicos y Posadas, de 1755, habla del uso del alpechín amasado con tierra desmenuzada y hecha polvo, una mezcla que se apisonaba y allanaba con un cilindro, rociándola de nuevo con este material "para conseguir un terreno fuerte", según dice el texto.

La memoria de la Dirección General de Obras Públicas recoge que las primeras carreteras datan de 1749, coincidiendo con la construcción de la de Reinosa a Santander; algunos tramos de la carretera de Guadarrama, como el paso del puerto hasta El Espinar; el paso de Despeñaperros, o el camino nuevo de Aranjuez. Hacia el último cuarto de siglo la red de carreteras sumaba 12.500 kilómetros de caminos, pero la mayor parte de ellos eran viejos, tan antiguos como el Camino de la Plata o el Camino de Santiago de francés.

Es el ministro Patiño quien, en 1730, promueve la construcción de la carretera de Reinosa con la inten-







Luis Solera

Puente de Herrera de Pisuerga, en la carretera de Reinosa a Santander. Retrato de Fernando VI, por Louis Michel Van Loo (Museo del Prado).

ción de que el comercio de lanas procedente de Burgos transitara por Castilla, y así asegurar el cobro por la Hacienda de los derechos de exportación, un ingreso que el fisco perdía al realizarse por Bilbao, ya que las provincias vascas y Navarra estaban exentas de aranceles. De paso se facilitaría el suministro de madera para la construcción de barcos al Real Astillero de Guarnizo, junto a Santander.

La ejecución se adjudica a Marcos de Vierna, que participó en muchas de las obras de las carreteras del siglo XVIII, bajo la dirección técnica de los ingenieros militares Rodolphem Stölinger y Vrerich. En su construcción trabajaron más de 600 obreros, muchos de ellos soldados, que terminaron la carretera en 1753, año en la que entra en servicio.

Respecto a los detalles técnicos, Vierna describe la carretera como de seis toesas de ancho en los tramos rectos (la toesa, antigua unidad de medida francesa, equivalía a poco más de 1,9 m), y en los curvos con sobreancho de casi otras dos, la anchura normal del camino era de unos 12 m. Para su construcción se excavó en todo el trazado hasta llegar al terreno firme, colocando en sus márgenes una pared de losas de tres pies de rey de altura, y en la caja formada por el firme y estas losas se colocaba primero una cama de piedra gruesa, sobre esta otra de piedra menuda que se convertía en cascajo y que encajaba sobre el primer lecho, y así hasta que se completaba el perfil, al que se daba forma de lomo con bombeo hacia los laterales para facilitar la evacuación del agua por la cuneta.

Posteriormente, en 1775, se produjeron unas lluvias torrenciales que provocaron efectos catastróficos en esta carretera, especialmente en el tramo de Buelna. Se construyeron entonces puentes de madera para poder seguir dando servicio en el tramo que unía esta localidad con Reinosa, pero en la parte que la unía con Santander los destrozos dificultaron las comunicaciones, especialmente en la zona del puente de Cartes.

No se empezó a reparar hasta 1787, bajo la administración del consulado de Santander, a cuya institución encargó Floridablanca tanto el cobro de los peajes como la realización a su costa de las obras, y se aprovechó para prolongar la carretera cuatro leguas y media hasta Quintanilla, dadas las ventajas que el camino ofrecía para el comercio con América.

En cuanto a la construcción del paso del puerto de Guadarrama, en la actual carretera de A Coruña, que llega hasta el Espinar, en Segovia, coincidió en el tiempo con la de Reinosa. Su longitud no es muy grande, pero además de que fue una obra muy difícil de ejecutar, su entrada en servicio tuvo una gran trascendencia económica al permitir la conducción a Madrid de los granos de trigo de Castilla La Vieja en carros.

() Política caminera

Ambas obras, junto con la creación del cargo de superintendente general de Correos, Postas y Estafetas, en 1747, a través de una Real Cédula, son una



Puente de Toledo (Madrid), según grabado de D. Roberts (BN)

buena muestra de que los Borbones asumen como prioritaria la política caminera del Estado, que pasa por la ejecución y explotación de los caminos principales así como la reparación de los ya existentes. En este nuevo cargo, que sustituye al de maestro mayor de Hostes, Postas y Correos, recae la responsabilidad de la reparación de los caminos antiguos o la apertura de los nuevos, además de la señalización, mientras que los intendentes corregidores serán los funcionarios a quienes corresponda ejecutar esta política en las provincias.

El desarrollo de la nueva política de carreteras implica muchas novedades, como la introducción de la nomenclatura para diferenciar las rutas, la fijación de trazados y la diversidad de actuaciones, la inspección regular a cargo de ingenieros, la aparición de una cartografía o inventario asociado a una estadística rutera y, lo más importante, una financiación regular en respuesta a una demanda económica y política. También delega la seguridad de los caminos en el superintendente, que a su vez ordena a los alcaldes cumplan con sus encargos, y las ordenanzas, destinadas a restringir en lo posible el cobro de derechos de portazgos, pontazgos y peajes, porque perjudican la libertad de circulación de los caminos.

Sin embargo, pese a este intento por impulsar la política caminera del país, son muchos los factores que frenan la expansión de la red de carreteras. Entre ellos, la escasez de ingenieros; la falta de información homogénea de la red, pues tampoco hay un plan general de equipamiento sino por el contrario de privilegiar a ciertas rutas; a ellos se suman la monumentalidad y la naturaleza administrativa, que priman sobre la función eco-

Tipos de vehículos

En el siglo XVIII los viajes a pie son la forma generalizada de viajar del pueblo llano, que era la mayor parte de la población y que solía desplazarse en las migraciones de temporada para realizar faenas agrícolas específicas. El viaje sobre una caballería está reservado a las personas con alguna posición, ya que, al margen del coste de alquilar o tener en propiedad un caballo o una mula, no podían utilizar los establecimientos benéficos de la Iglesia.

Para el transporte de personas también estaba la litera, un vehículo con varas laterales transportada por caballerías, una delante y otra detrás, en la que el viajero o viajeros iban sentados, modo que cae en desuso en el siglo XVIII al sustituirse por los coches y carrozas, gracias a que mejora la suspensión de estos vehículos, primero con correones y sopandas, y luego con ballestas de acero.

Los más sencillos eran los volantes o calesines, que es una calesa ligera sin capota tirada por una caballería; las calesas, que es un carruaje de dos ruedas con limoneras o varas, con caja abierta por delante, dos asientos y capota de vaquea, tirada por una o dos caballerías, y los coches de colleras, con cuatro ruedas y cuatro asientos con un tiro formado por seis mulas aparejadas de dos en dos, conducidas por un mayoral y por un cuidador.

Más grandes eran las galeras, que servían tanto para el transporte de personas como de mercancías, y que se considera, en su concepción de transporte, el antecedente de los trenes mixtos de la época del ferrocarril. En una Real Cédula de 1740 se establece que las galeras de seis mulas podían llevar 80 arrobas de carga –unos 920 kilos–, y las de cuatro mulas, 60 arrobas de carga –aproximadamente unos 690 kilogramos–.



El marqués de la Ensenada, retrato de Giuseppe Amigoni (Museo del Prado).

nómica. También la cartografía sufre la carencia de datos topográficos, ya que no hay un mapa moderno de España, por lo que la clasificación y tipificación con las características de las rutas es casi siempre tardía.

Estaban acondicionadas con bancos y un toldo para resguardo de los viajeros, que solían ser estudiantes, empleados y gente de modesta condición, ya que tenían un coste moderado y ofrecía mayor seguridad en el camino. Se solía colocar la carga en la parte interior, y encima de ellas los baúles que formaban las hileras de asientos.

Los transportes de mercancías se hacían a lomo: se calcula que había en el siglo XVIII unas 142.000 bestias de carga, entre mulos y mulas, consideradas caballerías mayores, así como asnos, caballerías menores. El uso de caballos para acarrear mercancías estaba prohibido, según se recoge en una disposición de 1709 de Felipe V, titulada Prohibición de aparejos redondos en los caballos y de trajinar con ellos.

También había carros tradicionales, se calcula que unos 14.000 transitando por las carreteras y caminos, agrupados en la Cabaña Real de Carreteros. El poder real aseguraba y otorgaba un conjunto de franquicias, privilegios y beneficios que permitían transitar a carros y carretas de un extremo a otro del país.

En 1769 se fundó el primer servicio regular de diligencias, bajo los auspicios de Floridablanca, entre Madrid y los caminos reales, y algo más tarde, en 1771, para Madrid y Cádiz; pero no fueron una realidad hasta 1788, año en el que también se puso una diligencia desde la Corte a Bayona por Valladolid. Surgieron así empresas con un gran número de carros, y llegó a haber una madrileña, Ringrose, que llegó a disponer de más de 100.

Este estado de cosas se prolonga hasta bien avanzado el siglo XVIII, cuando se publica en 1755 el *Tratado legal y político de caminos públicos y posadas*, de Tomás M. Fernández de Mesa, que recoge el discurso intelectual sobre cómo hacer los caminos, cómo financiarlos, cómo explotarlos y cómo conservarlos. Es el antecedente teórico de la nueva política de las obras públicas que se inicia con Fernando VI en el trono, en cuyo reinado el Estado construye las primeras carreteras, siendo la primera obra publicada en España dedicada específicamente a las infraestructuras viarias.

Su obra define qué son los caminos y establece sus clases por importancia jerárquica (los reales, que son los principales, y los vecinales, que son los secundarios), y por sus características técnicas (carreteros, por los que pasan coches, de herradura, para transitar a caballo, empedrados, o de tierra), y habla de la financiación de su construcción, al afirmar que debe ser del rey quien asuma el coste. Precisamente la situación financiera del Estado mejoró durante el reinado de Fernando VI, gracias sobre todo a la buena administración del marqués de la Ensenada, que puso orden en los pagos de tesorería.

En el Tratado se apuesta por el modelo de calzada romana, si bien se afirma que, ante su alto coste, bastaría con que al menos se utilizara esta técnica en los considerados como reales, para los que se establece el ancho mínimo de 28 pies, dejando en 12 pies la anchura exigible para el resto de caminos públicos. Se postula también que sean elevados, en terraplén, para dotarles de seguridad y para evitar que se inunden, advirtiendo igualmente sobre la necesidad de que los caminos sean rectos para unir el origen y el destino, porque así "podrían disminuirse en casi una mitad las distancias desde Madrid a las principales ciudades". El Tratado de Fernández de Mesa advierte, por último, sobre la necesidad de realizar una buena programación de los caminos a construir.

() Real Decreto de 1761

No será hasta 1761, ya en la época de Carlos III, con quien llega al poder una nueva hornada de sobresalientes ilustrados, cuando este impulso a la red de carreteras se concrete. En este sentido, será todo un hito la publicación de un nuevo Real Decreto, promovido por el irlandés Bernardo Ward, que plantea la problemática de las comunicaciones viarias en el contexto general de la política del Estado. Expedido para "hacer caminos rectos y sólidos en España", es la primera disposición similar a un plan general de carreteras. Su elaboración atiende el objetivo de facilitar el comercio entre las diferentes re-

giones, y se puede considerar como el origen de la planificación viaria moderna en nuestro país. Anteriormente, los caminos se construían de acuerdo con la Instrucción de Intendentes del año 1718 y la Ordenanza de Intendentes y Corregidores del año 1749.

En el Decreto se da prioridad, partiendo de Madrid, a la construcción de las carreteras de Andalucía, Cataluña, Galicia y Valencia, consignando el rey 250.000 reales mensuales para las tres primeras y costeándose la última con el sobrante del 8 por ciento que se cobraba a la ciudad del Turia, hasta que se terminaran las obras. Para que la Corona pudiera financiar los caminos se reservó la tasa de la sal, producto al que se impuso durante diez años un sobreprecio de dos reales de vellón sobre la fanega, con el que se consiguió un monto total de tres millones de reales.

La programación de carreteras de este monarca se debe sobre todo a Bernardo Ward, un irlandés que trabajaba al servicio de la Corona y fue designado ministro de la Real Junta de Comercio y Moneda y director de la Real Fábrica de Cristales de San Ildefonso. En 1750 Fernando VI le envió al extranjero para estudiar las soluciones que en esta materia habían adoptado otros países, evidenciando que el atraso de España procedía de la falta de comunicaciones entre unas provincias y otras y respecto al interior del Reino.

Redactó su obra magna, llamada Proyecto Económico, publicada en 1762, con las tesis que previamente recogió en este Real Decreto, en el que propone la construcción de caminos aptos para el transporte sobre ruedas para suplir la falta de ríos navegables y canales en España. Programa las seis carreteras radiales básicas que aún están vigentes, y que coinciden con las llamadas carreras de postas que ya existían en 1720.

Dice textualmente que "necesita España de seis caminos grandes, desde Madrid a La Coruña, a Badajoz, a Cádiz, a Alicante y a La Raya de Francia, así por la parte de Bayona como por la parte de Perpiñán, y éstos se deben sacar al mismo tiempo para varios puertos de mar y otras ciudades principales, uno del de La Coruña para Santander, que es el más



Museo del Prado

Retrato póstumo de Campomanes, por Eduardo Balaca.

Primer mapa de carreteras

Es en el siglo XVIII cuando se publica el primer mapa de carreteras de España, elaborado entre 1739 y 1743 por los jesuitas Carlos Martínez y Claudio de la Vega, profesores del Colegio Imperial de Madrid, que lo realizan por encargo del marqués de la Ensenada. Para trazarlo se sirvieron de datos astronómicos y utilizaron las técnicas cartográficas más modernas hasta el momento, aunque está basado en un trabajo mínimo de campo.

En él aparece representado el territorio peninsular, excepto Galicia, León, y Castilla la Vieja, debido a que en esos territorios no se habían realizado las operaciones geométricas necesarias, aunque sí incluía Ávila y Logroño, pero pese a esa carencia, es la mejor representación cartográfica realizada hasta esa fecha, además de la Guía de Caminos de Pedro Pontón, de 1705.



BN

Está dividido en 36 hojas de 36 por 37 centímetros con una escala gráfica equivalente a 1:445.866. Las carreteras aparecen representadas en líneas finas de color rojo y negro, además de signos para indicar la ubicación de plazas, molinos, puentes, pasos de barcas, y murallas. También están indicadas las fronteras de los reinos y provincias, y en Andalucía las de los obispados.

Curiosamente, esta impresionante obra cartográfica estuvo abandonada hasta 1904, año en el que se integró en los fondos de la Real Sociedad Geográfica, y actualmente está expuesta en la Biblioteca Nacional.



Puente de Ronda.



Retrato del marqués de Esquilache, por Giuseppe Bonito (Museo del Prado).

esencial y urgente en el día, otro para Zamora hasta Ciudad Rodrigo, del de Cádiz, otro para Granada y así todos los demás". La Corona financió esta red radial, dejando a los municipios las redes comarcales y regionales.

Coincidiendo con la entrada en vigor del Real Decreto, se publica el Itinerario de las Carreras de Posta dentro y fuera del Reino, de Pedro Rodríguez de Campomanes, que contiene un nuevo repertorio de la red, en el que se asegura que sumando a las carreras de postas de 1720 un total de 1.019 leguas y 274 postas, que son las ampliaciones que refleja el itinerario, había en 1761 un total de 1.453 leguas con 400 postas, unos 8.125 kilómetros con una distancia media entre cada dos postas consecutivas del orden de 3,6 leguas, es decir, 20,5 kilómetros. La obra contiene también una reseña histórica de lo legislado en el ramo, y una guía con indicación de los caminos rectos y transversales por orden alfabético, los itinerarios y distancias entre los pueblos de Europa, y las tarifas que se pagaban en las diversas rutas.

También a finales de 1761 se promulga un Reglamento e Instrucción para fijar nuevamente la organización y procedimientos a emplear en las carreteras, inspirado por Esquilache, que había sido nombrado por Carlos III superintendente general de Caminos, pasando a ser el responsable de la ejecución del plan de caminos reales.

Posteriormente, una Real Cédula de 1762 establece que para la conservación de los caminos generales se deben usar carros de llanta ancha y lisa con tres pulgadas de huella cuando menos, y que si transitasen carros de llanta estrecha se les obligará a pagar el doble de portazgo. Las reparaciones menores debían ir a cargo de los pueblos en sus términos respectivos, y las de mayor importancia, con el producto de los portazgos, y si no los hubiera, con los arbitrios concedidos para la carretera.

() Los caminos reales

En esta época se terminaron los caminos a los sitios reales, primero el camino de Aranjuez, y luego los de El Pardo y El Escorial, también quedan listos el camino de Madrid al puerto de Guadarrama, el puente de Segovia, la carretera de Castilla por Aravaca y las Rozas, así como los puentes de Retamar, Guadarrama y San Rafael, asegurando el acceso con carros de los granos y demás suministros desde Castilla la Vieja a la Villa y Corte, todos ellos recogidos en la edición de 1775 del Itinerario de Matías Escribano. Villanueva, el arquitecto que construyó el Museo del Prado, dirigió algunas de esas obras, como los caminos de Madrid a Aranjuez y La Granja, al margen de las carreteras de Cataluña y de Valencia.

En cuanto a sus características constructivas, los llamados caminos reales, a su paso por las aldeas y pueblos, se debían empedrar con la mayor firmeza y precaución, dirigiendo las aguas por medio de la calle. Los empedrados eran de piedras de cantera sin desbastar o con piedras de cantera escogidas y puestas en plano, sin la profundidad de las sucesivas

Luis Solera



Tramo empedrado en la carretera de Reinosa a Santander.

capas que tenían los firmes romanos. El ancho de estos caminos no se hizo con criterios definidos, por ejemplo, el de Galicia, que era de unos ocho metros, no tenía el mismo ancho que el resto de los tramos. Esto se debió a la mentalidad práctica de los ingenieros, que buscaron aún en los pasos difíciles que fuera posible el cruce de dos carruajes doblando los anchos de los caminos medievales.

También corresponden a estos años muchos de los caminos de Vizcaya, Guipúzcoa, Álava y Navarra, que se ejecutaron como respuesta a la construcción de la carretera de Reinosa a Santander a cargo de la Hacienda Real, para asegurar la competitividad de los puertos marítimos vascos y guipuzcoanos. En 1776 estaba terminado el camino desde Orduña a Pancorbo, así como los de Oiarmendi, río Deva, Elgóibar, Eíbar y puerto de Kanpazar, cerca de Elorrio.

A partir de 1763 y pese a una rebaja de los aranceles en las carretas de lana, que vuelven a pagar 4 reales en lugar de 6, se incrementa la recaudación de los peajes, que asciende a más de 60.000 reales al año, lo que viene a demostrar el aumento de los tráficos.

Otra disposición importante en este periodo es la Real Resolución de 16 de enero de 1769, que establece que cada legua tenga ocho mil varas castellanas de Burgos; son las llamadas leguas carolinas o de veinticuatro mil pies, que equivalen a 6,687 kilómetros. Se determina también que las leguas para cada camino se cuenten desde Madrid y que se señalen las distancias con pilas altas de piedra esculpidas en números romanos. Y asimismo se propugna, como primer reglamento de conservación de carreteras, la Ordenanza para la conservación del Puente Real de Jarama, construido desde el Real Sitio de Aranjuez a Madrid, que tuvo un amplio ámbito de aplicación ya que se extendió a la práctica totalidad de los caminos reales.

Guía de Caminos

Según el Itinerario Español o Guía de Caminos que Matías Escribano publicó en 1788, para viajar desde Madrid a las ciudades o villas más importantes de España, para ir de unas ciudades a otras e incluso, para ir a alguna capital europea, los kilómetros de la red caminera de finales del siglo XVIII pueden cuantificarse en unos 25.000 kilómetros.

Aparecen en este itinerario la diferenciación entre los caminos de ruedas y los de herradura, también una primera parte que corresponde a los que salen de Madrid, otra segunda que se refiere a los que van de unas ciudades a otras y, por último, una tercera que recoge los caminos de fuera del Reino.

Esta guía aporta información muy útil para emprender una marcha ordinaria por los caminos, ya que incluye los lugares para comer y para dormir, que aparecen señalados teniendo en cuenta las jornadas regulares que se emplean en realizar el viaje, así como los pasos de los ríos, si son por barca o por puente, y el paso de los puertos de montaña, lo que permite conocer la continuidad de la infraestructura del camino, de gran importancia para el transporte de mercancías sobre ruedas.

Señala también, en definitiva, que las nuevas carreteras del siglo XVIII se construyeron mejorando los caminos de ruedas que ya existían, con lo cual terminaron por coexistir buenos tramos recién acondicionados con otros que no se encontraban en muy buen estado

() Floridablanca

La llegada del ministro Floridablanda significará realmente el momento de esplendor respecto a la construcción de obras públicas en el siglo XVIII, muchas de cuyas realizaciones merecieron el elogio de los ilustres viajeros de la época, tanto españoles como extranjeros. Ponz y Jovellanos entre los primeros, y Bourgoing y Townsed entre los segundos. No obstante, tuvieron también sus críticas, en especial las de los primeros ingenieros de caminos del siglo XIX, como Agustín de Bethancourt, ya que en su época muchos de los caminos que se construyeron con este ministro estaban ya intransitables.

No obstante conviene recordar que, en 1778, Floridablanca intenta impulsar la construcción de nuevos caminos y poner las bases para su conservación futura con la promulgación de la Instrucción para el Reconocimiento y Alineación de los Caminos. Esta norma supone un cambio fundamental por lo que se refiere al trazado de los nuevos caminos reales, ya que establece que aunque se ha de procurar que el camino vaya recto, este no debe ser el objetivo si para conseguirlo "se ocasionan dispendios considerables". De esta forma, el camino antiguo se convierte en la base del nuevo trazado, los caminos dejan de ser rectos y sólidos, y más sobrios que en épocas anteriores.

El ministro de Carlos III agrega la Superintendencia General de Caminos y Posadas a la de Correos y Postas, cargo que asume, y se atribuye la responsabilidad para nombrar subdelegados, facultativos y dependientes, para dar las instrucciones generales y particulares sobre la construcción de los caminos, su conservación y mantenimiento, adoptar medidas para mantener la seguridad en el tránsito, así como disponer y utilizar los fondos para ejecutar esta política. Pone bajo su cargo todos los arbitrios destinados a la conservación de caminos, y se autoriza al superintendente a nombrar y separar al personal facultativo y prescribir las respectivas obligaciones de los diferentes funcionarios.

En 1780 se dictan las reglas relativas a los expedientes sobre portazgos y pontazgos, y se dispone que todos los llevadores de estos impuestos debían reparar los puentes, caminos o tránsitos en donde cobraban los derechos. Si los gastos eran considerables se debían suplir con repartimientos entre los pueblos, y para las reparaciones importantes había que presentar presupuesto al corregidor o intendente, remitiéndolo al Consejo Real. Se ordenó también vigilar los portazgos para evitar abusos en el cobro de la tarifa.

En consonancia con el propósito de Carlos III de acabar con el abandono de los caminos, también se



El conde de Floridablanca retratado pòr Goya (Museo del Prado).

promulgan en 1785 dos reales órdenes que declaran la exención en el ramo de obras públicas tanto de los derechos de alcabalas como de los arbitrios impuestos a los materiales y comestibles, facultando a los operarios para abrir canteras, cortar leña y aprovechar los pastos en los terrenos públicos y baldíos en las mismas condiciones que los vecinos de los pueblos, encomendando la conservación y reparación de las travesías de las carreteras principales a los ayuntamientos.

Los resultados conseguidos por Floridablanca en materia de carreteras se recogen en un memorial hasta 1788, después de las críticas que recibió por su gestión, exponiendo sus valiosos trabajos Y en él se hace referencia a dos de los caminos cuya construcción aconsejaba Ward, que eran el de Francia por Irún y el de Portugal, cuya inclusión en el programa de carreteras generales estaba autorizada implícitamente en el Real Decreto de 1761.

Como balance hay que reseñar que se construyen en esta época las carreteras de Vitoria a Irún y a Pamplona; la de Bilbao a Pancorbo; las de Madrid a



Construcción del nuevo camino de Alcalá en la entrada a Madrid, según grabado de 1780 (BN).

los Reales Sitios; el camino de Madrid a Cádiz casi en su totalidad; el de Madrid a Valencia por Fuente de la Higuera; varias leguas desde Barcelona en los caminos hacia Zaragoza y Valencia; los caminos desde Madrid a los pasos de la sierra del Guadarrama por el alto del León y Somosierra; el tramo de Burgos a Vitoria en la carretera de Irún; varios tramos de las carreteras de Galicia a Extremadura; el tramo de Murcia a Cartagena y el de Lorca a Águilas; la conexión de Antequera con Málaga y Vélez Málaga, y los caminos desde Avilés y Gijón a Oviedo. También los nuevos pasos de Sierra Morena; puerto de La Cadena, en la carretera de Cartagena; el del camino de Málaga desde Antequera, y el de Galicia a partir de Astorga.

Según el Memorial, en los nueve años que Floridablanca estuvo a cargo de la superintendencia se habían reedificado muchos puentes y alcantarillas, construido más de 195 leguas de 8.000 varas y atendido la reparación de 200 leguas. Igualmente se construyeron 322 puentes nuevos, habilitado al tránsito otros 45, junto a 1.049 alcantarillas edificadas, además de las obras de explanación, muros de sostenimiento, enlosados y provisión de otros accesorios en las carreteras. Los gastos ascendieron a la suma de 90 millones de reales, de los que el arbitrio de la sal sólo recaudó 27, con lo cual hubo un déficit de al menos 63 millones.

A este periodo corresponde también la construcción de otras carreteras en las provincias vascas: de Durango al límite de Álava, y de Durango a Eibar por Ermua, proyectadas por Echanove y finalizadas en 1787, y el camino real de coches de San Sebastián a Pamplona, tanto en Guipúzcoa como en Navarra. De esta época es también el camino nuevo de Cartagena, para cuyo trazado se construye el puente de Reguerón.

() Normativas

Es preciso destacar también que bajo el reinado de Carlos III empiezan a regularse los gastos y la dirección técnica de las obras, mediante un auto del Consejo de Estado de 27 de enero de 1777, mientras que en 1779 se establece el principio general del visado de los proyectos de la Real Academia de San Fernando, sugiriéndose que los proyectos se encarguen a los profesores que recomiende esta institución.

El incremento del tráfico de coches por las carreteras da origen a la aparición de las primeras normas de tráfico, que quedan recogidas en la real orden de 21 de junio de 1787 con el fin de regular un medio de transporte cuyo uso se ha generalizado no sólo entre la nobleza, sino entre la burguesía. Se decide limitar el número de mulas que tiran de los coches de ruedas a seis a su paso por los pueblos; se prohíbe correr por las calles, tanto a galope como a trote apresurado, con el fin de evitar atropellos; se establece la obligatoriedad de la vigilancia del ganado que se usa en los vehículos; se fija la edad mínima de los cocheros, que deben tener más de 17 años, así como las penas y multas que se aplicarán a quienes no cumplan estas normas.

Los conceptos de portazgo y peaje quedan también claros en la nueva normativa, que los deja re-



Vista del Monasterio de El Escorial, por F. de Paula Van Halen (Real Academia de Bellas Artes de San Fernando). Leguario en la carretera de Reinosa a Santander.

ducidos a una tasa por el uso del camino, recogida en la Real Orden de 1789 y en la resolución del Consejo de Estado de 27 de abril de 1784, con el fin de que la recaudación de los peajes sea exclusivamente destinada al mantenimiento de los caminos, estableciendo la preferencia a la libertad de tránsito.

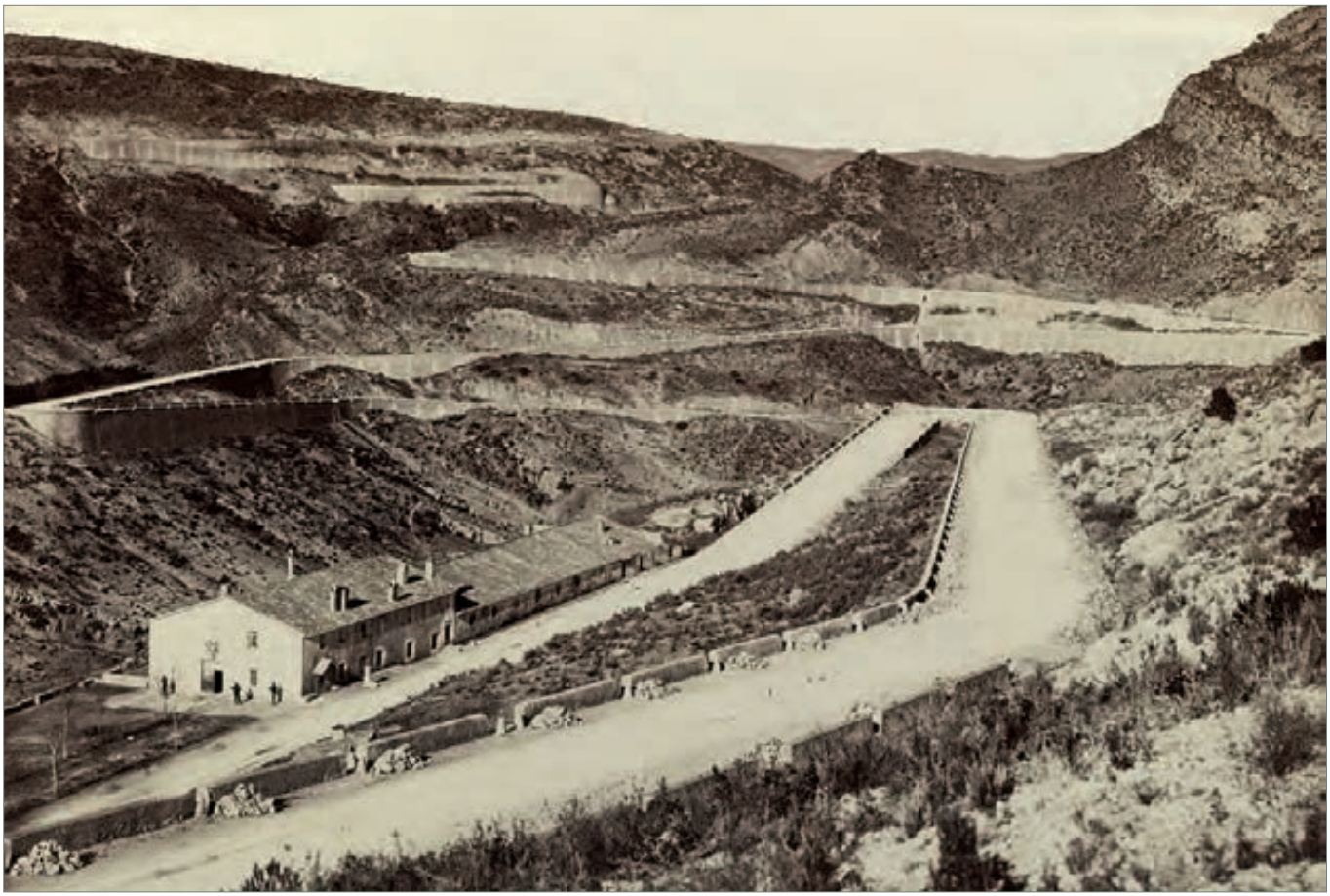
Posteriormente se dictan diversas normas que profesionalizan y despolitizan la organización del servicio de caminos, como son la ordenanza general de Correos, Postas, Caminos y Posadas de 1794, que extiende al servicio de Caminos las prácticas del servicio de Correos, y la Real Orden de 1799, por la que se crean la Inspección General de Caminos y Canales y la Escuela de Caminos, aunque esta última inicia su andadura en 1802.



Las atribuciones que Floridablanca había concedido al superintendente, que tenía bajo su autoridad los cuatro ramos de correos, postas, caminos y posadas para coordinar estos servicios, pasan al inspector general, y los miembros del cuerpo facultativo ocuparán el puesto de inspector, mientras que de la Escuela de Caminos saldrán los profesionales formados para ocupar los puestos de mando en sus aspectos técnicos y administrativos, que tendrán opción a ocupar los puestos más elevados, como el de Inspector General, que dependía directamente del ministro de Estado.

También con la Ordenanza de 1794 las posadas se convierten en elementos esenciales de los transportes; se establecen estímulos para su construcción, y se impone a la autoridad local la responsabilidad de visitar a diario las que se hallen en el lugar y, una vez a la semana, las que correspondan a su término. Finalmente, se obliga a tarificar los servicios prestados según un arancel que debe estar expuesto a la entrada del establecimiento para conocimiento de los viajeros.

Según Santos Madrazo y su estudio El sistema de transportes en España, a finales del siglo XVIII se había construido un total de 1.700 kilómetros de carreteras radiales, la mitad de los que correspondían al conjunto de la red, a los que hay que añadir otros 300 de carretera pavimentada de la red transversal, junto con más de 700 puentes y 6.000 alcantarillas.



De 1800 a 1960: hacia la Red Nacional de Carreteras

De la grava al asfalto

Luis Solera (Texto y fotos)

La irrupción a mediados del siglo XIX del ferrocarril como medio de transporte moderno supuso que el empeño ilustrado por dotar al país de modernas vías de comunicación terrestres perdiera su impulso inicial. Si la revolución industrial apenas se dejó sentir en la vieja red caminera peninsular a lo largo de casi todo el siglo, a comienzos del XX la incipiente nueva era del automóvil exigió recuperar con creces el tiempo perdido: pronto el asfalto sustituye al macadam y la creación del Circuito Nacional de Firmes en 1926 supone el primer intento serio de ordenar y planificar la construcción y conservación de una red de carreteras de interés general.



A la izqda, trazado proyectado por el ingeniero Lucio del Valle para el Alto de las Cabrillas, en la carretera Madrid-Valencia. A la dcha, peones camineros trabajando en una carretera de Álava hacia 1920.

La distancia que separa el tiempo del emperador Adriano y su sistema administrativo y constructivo de calzadas con respecto a nuestra situación carreteril en pleno siglo XXI pudiera parecernos hoy abismal, pero debemos ser comedidos si la comparación la efectuamos con el panorama carreteril hispano del siglo XIX, por poner un ejemplo. Se produjeron cambios, parece obvio, pero con la distancia o perspectiva que se ofrece tras 17 siglos, que es el tiempo que transcurre entre Adriano y nuestra decimoctava centuria, la creación de calzadas o carreteras, bien desde el punto de vista de su diseño, trayecto, características, materiales, maquinaria y técnicas utilizadas para su construcción, no es precisamente un proceso revolucionario, sino más bien lento y repetitivo, con algunas pocas novedades, más bien escasas, de índole científico-técnica.

() La red de carreteras en el siglo XIX

Aunque el protagonismo carreteril será discreto y lento durante la primera mitad del siglo XIX debido a la Guerra de Independencia (1808-1812) y las guerras carlistas de 1833-1839 y 1846-1849, se producen hechos o circunstancias que redundarán en un mayor desarrollo de la obra civil.

En 1829, el ministro de Hacienda, Luis López Ballesteros, decide ampliar el capital del Banco de San Carlos, dándole un protagonismo financiero del que carecía hasta entonces. Ello anima a la fundación de otra entidad crediticia llamada Banco de San Fernando, que consiguió la facultad de la emisión de billetes. Ambos bancos inundaron el mercado privado de financiación; también se otorgaron empréstitos al Estado para que pudiera acometer determinados proyectos de obra civil, incluyendo carreteras y caminos vecinales. La fusión de estos bancos en 1847 aboca en la creación del Banco Español de San Fernando, que fue muy activo financieramente en la España isabelina, facilitando masa monetaria a los emprendedores y ayudando a diputaciones y ayuntamientos con empréstitos blandos y a largo plazo para que pudieran acometer proyectos de ingeniería civil. También sirvieron para refinanciar gran parte de la deuda externa, que pesaba sobremanera en la Administración del Estado.

En el ámbito constructivo tiene aún preponderancia el cuerpo de ingenieros militares, además de los arquitectos que salen de las reales academias de bellas artes de San Fernando. En 1799 se crea la Escuela de Ingenieros Civiles, que dotó al país de funcionarios idóneos en la labor carreteril, si bien muy lentamente. Será Agustín de Betancourt el que fundará, en 1803, el Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y en su interesante *Memoria del estado actual de los caminos y canales de España* denuncia el atraso y defectos de la caminería peninsular, los vicios que padecía, la falta de personal técnico, los desaciertos pasados en la construcción de puentes, caminos y canales y deja patente la necesidad de dignificar un nuevo cuerpo de funcionarios que serán los encargados de la obra civil en el futuro.

Bajo ese impulso de Betancourt se producen importantes cambios en la red caminera: se crea un organismo unificado del que dependerán todas las vías de comunicación y las obras pertinentes; se establecen reglas fijas para formar los proyectos y presupuestos antes de que se inicien las correspondientes obras, y se crea una contabilidad de estos procesos más analítica, que unifica las diferentes formas y particularidades que utilizaban los técnicos hasta entonces. Betancourt mantuvo serias luchas con el poder establecido, que miraba para otro lado ante los abusos y corruptelas que se daban en el ámbito de la obra civil, reacio a la regeneración y control del sistema. No obstante, se aprueban algunas leyes y decretos que redundan en la modernización de las obras públicas y ello resulta patente al contabilizarse resultados esperanzadores: sólo en el año 1808 –en plena Guerra de Independencia– se hicieron 278 kilómetros de calzadas reales, lo cual tiene mucho mérito.

Durante ese conflicto bélico, apenas hubo tiempo para reparar o acondicionar medianamente las calzadas arrasadas por la guerra. Entre los años 1814 y 1834, con la rémora de la Guerra de Independencia y el principio de la primera Guerra Carlista, se ralentiza el efecto constructor. Pese a ello se construyeron 813 kilómetros, aproximadamente 40 kilómetros por año, un ratio no muy diferente al del esplendor de la época de Carlos III.

El profesor Manuel Pardo nos da la cifra de 4.690 kilómetros de caminos reales en 1833, coincidiendo la subida al trono de Isabel II con la circunstancia de que buena parte de esa longitud se refiere a trozos de caminos naturales, mejor o peor habilitados para asegurar el tránsito por sus medianas construcciones. En 1836 se restablece la Escuela de Ingenieros y se reforma el cuerpo de profesionales, acentuándose el rigor en los proyectos, en las propias obras y en sus costes reales. Llama la atención el que, entre el periodo comprendido entre 1834 y 1856, se contabilicen 4.790 kilómetros nuevos de calzadas reales, lo que arroja un ratio de 215 kilómetros por año, estando en construcción muy avanzada otros 2.785 kilómetros y otros tantos en proyecto.

La segunda mitad del siglo XIX

Ya en pleno reinado de Isabel II, en el que tendrán lugar conflictos importantes, como la Revolución de 1868, nuestra red de carreteras principales llegaba a los 8.324 kilómetros. Se había completado la red radial iniciada en el siglo XVIII y hasta hubo intención de crear la carretera radial N-VII, conocida como carretera de Villacastín (Ley de Bases de 1841 sobre el ordenamiento ferroviario y transportes por carretera), hecho que al final no ocurrió pese a su importancia estratégica. Esta vía, replanteada y construida entre los años 1860 y 1863, tenía una longitud de 572 kilómetros y unía Madrid, desde la localidad de Villacastín, con el puerto de Vigo, a través de territorio abulense, salmantino, zamorano, orensano y al fin, pontevedrés. Todavía subsiste este topónimo o denominación en muchas de las localidades que atraviesa, aunque ahora lo hace bajo matrículas diferentes, como son la N-525, la N-120, la N-110 o la N-630. Gran parte de esta ruta se ha desdoblado hoy en la A-6 (Autovía del Noroeste) y la A-52 (Autovía de las Rías Baixas), por donde circulan la mayoría de los tráficos hacia el sur de Galicia.

A mediados del siglo XIX la situación española era convulsa, ya fuere a nivel político, laboral o económico. Podría hablarse de bipolarización, pues al





Vista de Valencia a mediados del siglo XIX y cinco de sus puentes de acceso intramuros. Grabado de Alfred Gerdom (Biblioteca Nacional). Debajo, grabado de Ch. Levigne sobre los cinco modos de viajar en España (B.N.)

Leguario de época fernandina en Bailén (Jaén) y, debajo, empedrado de morillo sobre el puente de Colnago en el camino Real de Soria.

tiempo que existían territorios ricos, especialmente en zonas marítimas o portuarias, el abandono y la pobreza en el interior peninsular eran aún muy latentes. Respecto a las obras públicas, quizás debido a la presencia en el Gobierno de ministros resolutivos como Bravo Murillo o Alonso Martínez, se hacen avances sorprendentes y, en el área estrictamente carreteril, se progresa notablemente en la construcción de puentes y en el aumento progresivo de la red, algo en lo que tuvo mucho que ver la presencia de ingenieros como Lucio del Valle Arana (1815-1874), que actuó en la llamada carretera de las Cabrillas (N-III o carretera de Valencia), a quien también se debe el famoso puente en las cuestas de Contreras.

Pese a los desequilibrios más que evidentes entre atraso y modernización, el Gobierno de turno quiso presumir de sus logros en la Exposición Universal de París de 1867 y abundó en la presentación de obra fotográfica donde aparecía la interesante carrera que llevaba a cabo el país en la construcción de estructuras y obra civil. Precisamente, Lucio del Valle fue de uno de los precursores en la utilización de material fotográfico de obra civil y orientó a los famosos fotógrafos Jean Laurent y José Martínez Sánchez en la elección de infraestructuras peninsulares significativas que pudieran exhibirse en tal evento internacional.

También este periodo se caracteriza por un evidente vigor legislativo en el ámbito carreteril, dando importancia a la extensísima red de caminos y vías de tercer orden. Por Real Decreto de 7/04/1848 se aprueba el Reglamento sobre construcción y mantenimiento de caminos vecinales y, un poco más tarde, se diseñan –con variado éxito– nuevos planes de carreteras en 1860, 1864 y 1867 y se promulga una amplia Ley de Carreteras, modificada en





1877, que en puridad y por falta de otras leyes del mismo rango, permaneció vigente en muchos aspectos hasta 1974.

() Los caminos vecinales

En virtud de la extensión peninsular, su orografía difícil, la amplia red de caudales fluviales con sus valles y gargantas y la atomización de pequeños núcleos rurales, se hace necesario prestar atención a la anticuada –cuando existía– red de caminos vecinales. En 1855, el ingeniero Manuel Salavera Carrión publica al respecto un artículo en la Revista de Obras Públicas con algunas interesantes reflexiones. Obviamente, denuncia el lamentable estado de estos caminos vecinales que mantienen incomunicados la mayoría de los pueblos pequeños españoles y que quedan fuera de las ventajas de abastecimiento y desarrollo que ofrecen capitales y ciudades, bien situadas a la vera de las flamantes carreteras principales o caminos reales. Salavera incide en la necesidad de su puesta en valor para que se desarrolle su capacidad agrícola, comercial e incluso industrial; critica el anteriormente citado Reglamento de 1848, pues sigue cayendo en los vicios burocráticos de la Administración al uso. Denuncia asimismo el viejo sistema de "prestación personal", solución barata pero ineficaz para la construcción de vías vecinales. Se trataba de un auxilio de mano de obra que concedían los municipios por los que pasaba el camino y que se fundamentaba en la creación de cuadrillas carreteriles locales aportadas por propietarios, agricultores y jornaleros del en-



Fuente y abrevadero cerca de La Granja de San Ildefonso, en el viejo camino Real de Segovia.

torno que trabajaban gratuitamente en la carretera. La ignorancia y falta de capacitación de estos voluntarios era tan patente que las obras se efectuaban de mala manera. Dado que existían, además, unos protocolos o calendarios de trabajo muy estrictos (la prestación personal se ajustaba a 6 días al año, repartidos en dos épocas del año), era complicado que un operario siempre nobel aprendiera el oficio de peón caminero, y los trabajos carreteriles para pequeños sectores se prolongaban durante decenios. Salavera considera que se debe erradicar el sistema de prestación personal, o al menos, utilizarlo exclusivamente para caminos vecinales de mínima importancia (caminos vecinales de segundo orden, los llama). También reivindica la profesionalidad en la dirección de obras. Estas vías quedaban bajo responsabilidad y control de los ayuntamientos sin que existiera un equipo técnico que supervisara la construcción o los materiales empleados. Los facultativos provinciales existían, pero se ocupaban de sus tramos de vías de primera y segunda categoría. Él aboga porque se creen directores de obra para los caminos vecinales, fuera de toda influencia local y con la preparación suficiente para ejercer el cargo; también apunta a los gobernadores de provincia o diputaciones como los entes administrativos idóneos para convocar los concursos necesarios a fin de cubrir unos puestos técnicos muy necesarios en el buen funcionamiento y mantenimiento de los caminos vecinales.

() Carreteras de conveniencia

Entre la amplia panoplia legislativa que se aprobó en aquellos años, destaca el Decreto Real de fecha 07/09/1860, que pone en vigor y reglamenta la Ley de 22/07/1857, correspondiente al Plan General de Carreteras. Bajo el reinado de Isabel II ocupaba el Gobierno el conocido en la época como "Gobierno Largo", a cargo de los partidos que formaban la Unión Liberal bajo la presidencia de O´Donnell, firmando el decreto el ministro de Fomento Rafael de Bustos Castilla-Portugal. En él se pretende desarrollar una apuesta muy ambiciosa, buscando aumentar los kilómetros de calzadas hasta cifras inimaginables. También es un propósito de enmienda con respecto a la tibia actitud que mantuvieron gobiernos anteriores en la dudosa aprobación de muchas carreteras que se hizo atendiendo las peticiones de determinados grupos de presión, sin estudios de viabilidad serios o que bien exageraban los beneficios que podrían obtener las localidades o zonas del entorno de la nueva carretera. En general, se obedecía al dictado de caciques provinciales, o empresarios influyentes y terratenientes con intereses muy concretos, también a la exigencia de administraciones locales y provinciales que pretendían carreteras para sí sin tener en cuenta que había otros proyectos más urgentes y necesarios. La mayoría de estos nuevos proyectos carreteriles se fraguaban en el propio parlamento y eran presentados y defendidos por diputados que habían sido apoyados política y financieramente por estos grupos o *lobbies* para conseguir ventajas futuras. Lo cierto es que menudeaban estos proyectos que se convertían en calzadas auténticas, la mayoría de las veces con elevados costes y mínima utilidad social, salvo la de los interesados. Popularmente se las denominaba *carreteras del congreso*, y pese a que este Decreto Real incide en su crítica e intenta corregirlos con una ba-



Puente colgante de San Francisco sobre el Nervión, en Bilbao, proyectado por F. Ulhagón y L. Lamartiniére hacia 1852. Fue destruido durante la Guerra Civil.

tería de filtros y especialmente, circunscribiéndose a las actuaciones del propio Plan General, todavía pasarían muchos años en los que estas prácticas podían considerarse habituales.

También conviene prestar atención a este Plan de Carreteras por su extensión, duración decenal y costes que genera. Se pretende actuar sobre 77 carreteras de primer orden, 179 de segundo orden y 299 de tercer orden, cuya longitud total ascendería a 34.500 kilómetros. La memoria de obras públicas para el año 1859 considera que nuestro parque de carreteras en números redondos era de 10.000 kilómetros, y habría otros 9.000 kilómetros correspondientes a vías en construcción o en proyecto. Luego el Plan General pretende terminar los 9.000 kilómetros pendientes y construir otros 15.500 kilómetros nuevos; esto es, una auténtica gesta ingenieril. El presupuesto se aproximaba a los 2.000 millones de pesetas, siendo costeado por el Estado en tres cuartas partes a través de empréstitos de la banca oficial y de la extranjera, y el resto –aproximadamente 500 millones de pesetas–, a base de arbitrios locales y provinciales que se encargarían de recaudar los entes municipales y diputaciones beneficiadas.

Lo cierto es que hacia el año 1875, y antes de que se promulgara otra nueva ley, se habían construido 12.242 kilómetros nuevos de carreteras, independientemente de su categoría, por lo que cabe creer que se estaban cumpliendo las premisas del Plan General de Carreteras de 1.860.

() Situación a finales del siglo XIX

La Revista de Obras Públicas (ROP) en su número 1.808 del año 1898 dedica un artículo a las carreteras y su estado, en el que entre otras cosas dice: el país debe tener conocimiento de la marcha y adelantos de todos los ramos de la Administración y especialmente en los que reportan riqueza, que son las obras públicas y que merecen atenta mirada por la cuantía del crédito que se asigna en los presupuestos del Estado. Es necesario que se sepan los datos que las estadísticas arrojan para que, sin entregarnos a exagerados triunfalismos, entendamos que la carga para el Tesoro tiene en estos casos un beneficio útil y que no nos hemos quedado tan atrás con respecto a otros países de nuestro entorno.

El Plan de Carreteras vigente a finales del siglo XIX, semejante al anterior por su ambición, pretende llegar a los 74.000 kilómetros de longitud con un coste aproximado a los 1.000 millones de pesetas, esto es, duplicaba ampliamente la red y lo hacía con la mitad de presupuesto que las actuaciones de 1860. Ello se debe a los avances tecnológicos en la obra pública, al menor coste de los materiales, bien en cementos y otros áridos y a la amplia utilización del hierro en detrimento de la piedra –especialmente en pontonería–, que abarató considerablemente la obra. La eficiencia y control presupuestario impacta positivamente en la reducción de costes. Por último, aunque no exclusivamente, la crisis laboral en el sector de la construcción debido a su modernización, disminuyó progresivamente la masa



Puente sobre el Guadiana cerca de Ciudad Real en el que se aprecian los diferentes estratos de capa de 1820 a 1965.

laboral y produjo devaluaciones en los salarios de la época. También hay que señalar que se incrementó notablemente el uso de presos como fuerza laboral con mínimos costes.

Para estos años, el coste medio por kilómetro construido es de 29.754 pesetas, que desciende a 25.250 pesetas para carreteras de tercer orden. Para el ámbito de conservación, se estima un coste redondeado de 500 pesetas por kilómetro mantenido. La situación real de la Red de Carreteras del Estado en 1896 era la siguiente: 32.500 kilómetros construidos y otros 4.000 en construcción, estando el resto hasta la cifra presupuestada en el Plan, unos 74.000 kilómetros más, en proyectos aprobados, en estudio o aún sin estudiar. La ROP considera que el presupuesto asignado de 1.000 millones es corto, pues no se han estimado desvíos del Tesoro para atender necesidades más urgentes, como son las guerras extranjeras, las civiles (levantamiento y III Guerra Carlista) o las calamitosas inundaciones en nuestro país. Por ello se estima que este nuevo Plan necesitará otros 100 millones de pesetas y que, para conseguir la ambiciosa cifra final de 74.000 nuevos kilómetros, se precisarán al menos 60 años para concluir el Plan. Asimismo, este informe es muy crítico con otros aspectos de la construcción: no se cumplen los preceptos del pliego de condiciones; el esmero del entretenimiento de calzadas es lamentable, abundando el bacheado y las rodadas profundas; los espesores de los firmes sufren mermas considerables, y la vigilancia y policía de las carreteras está totalmente abandonada al haber perdido el colectivo de peones camineros su prestigio y autoridad. Al tiempo que estos caían en la dejación de sus propias funciones, debido a que cobraban sus haberes muchas veces con tres meses de retraso.

Respecto a las carreteras provinciales, cabe señalar que a finales de siglo componían una red de aproximadamente 7.000 kilómetros y que, paulatinamente, iba disminuyendo ya que las diputaciones dejaban de mantenerlas y solicitaban su traslado a la administración estatal; el coste medio calculado de este tipo de vías –pueden considerarse de segundo orden– era de 26.700 pesetas/km. Sin embargo, la situación de los caminos vecinales era algo más estable pues, por el propio interés de los organismos municipales y entes privados beneficiarios, su cuidado y mantenimiento no eran de abandono. Aproximadamente, la red vecinal española llegaba a los 19.300 kilómetros y su coste medio podía evaluarse en 5.000 pesetas/ km.

La Red de Carreteras del Estado contaba en 1896 con 32.500 kilómetros construidos



Carretera de segundo orden en el paso de las Entrepeñas del Tajo (Guadalajara).

Para comparar con países de nuestro entorno, y con las lógicas diferencias por extensión y población, es interesante traer aquí una reseña publicada por el Instituto Geográfico con estadísticas configuradas en 1888. En un cómputo total, en el que figuran carreteras del Estado, provinciales, vecinales, departamentales o comunales, según aplica cada nación, los resultados globales son los siguientes: España dispone de 52.000 kilómetros de longitud en su red; Francia supera los 500.000 kilómetros; Italia llega a los 111.000 kilómetros y el Reino Unido alcanza los 200.000 kilómetros sólo en sus islas británicas europeas. Seguramente habrá exageraciones, inexactitudes y cálculos erróneos pero, pese a todo, da alguna idea del modelo de desarrollo carreteril seguido por cada una de ellas, significando que aún en España este atraso impactaba negativamente sobre cualquier intento global de modernizar el país.

() Ejecución de obras a finales del siglo XIX

Obras de explanación: tras un primer replanteo, señalando el eje que llevará el camino así como su anchura, se procedía a los desmontes y terraplenes atendiendo a la caja del firme por lo que se estudiará el ancho de la propia explanación para determinar la latitud mínima o anchura, que por aquellas fechas era de 4,50 m para carreteras de tercer orden y 8, 7 y 6 m para las mayores. Los caminos rurales solían tener un ancho de 3 m. Según el perfil transversal de la vía se procedía a la consolidación con desmonte, terraplén o simple ladera, no superándose los 5 o 6 m de altura en estos terraplenes o trincheras. Accidentalmente y para evitar grandes trincheras, se procedía a la construcción de túneles o trompas que aún podemos contemplar en algunas carreteras españolas. Estos túneles solían tener una anchura de 4,50 m y un gálibo de entre 5 y 6 m. Los taludes de los desmontes se dejaban bien refinados, al menos en su faja inferior, para evitar los estancamientos de aguas que generalmente abocaban en desprendimientos; su inclinación dependía de la propia consistencia del terreno afectado. Ya en aquellos tiempos se observaba que la mejor consistencia en los taludes se obtenía a través de la plantación de flora arbustiva o arbórea de fácil arraigo, además de considerar su aporte decorativo o natural y un evidente ahorro de costes de mantenimiento.

La dimensión de la caja iba en consonancia con la del firme y a los mordientes o costados ya no se les aplica inclinación, pues se consideró que la caja de lados verticales era la más adecuada y eficiente. El fondo de la caja -salvo excepciones- solía hacerse convexa u horizontal. Las fajas de terreno colindantes con los firmes se atendían para paseos y andenes. Se elimina la costumbre de dejar 8 o 9 m de linderos en los caminos reales –al estilo francés– para la circulación de carros y se entiende que, con fajas de medio metro en cada costado, se contiene el afirmado suficientemente. Lo cierto es que los



Leguario de la fuente de Colmenar en el puerto del Pico (Ávila).

paseos adyacentes no solían ser una ventaja para los caminantes, pues preferían utilizar el firme de cada calzada, generalmente más suave e idóneo. Estas fajas o andenes también se utilizaban para el depósito de acopios, con lo que se facilitaba la labor a los operarios de mantenimiento. No obstante, era frecuente añadir al andén un paseo caminero que solía tener una anchura de entre 1,25 y 2,75 m, según la categoría de la vía.

Se construían cunetas para recoger las aguas de desmontes y de la propia carretera que al ser combada vertía hacia los costados. Estas cunetas tenían sección trapecial y eran verdaderos canales de evacuación de aguas, generalmente hacia arroyos o depresiones naturales.

Obras de fábrica o de arte: Los muros de sostenimiento, normalmente de ladrillo, mampostería en seco o mezclas, suelen tener forma trapecial y en ocasiones, para reforzar estos, se construyen contrafuertes en su parte interna. Para evitar acumulaciones de agua se dejaban aberturas llamadas barbacanas o cantimploras, por las que se evacuaban las aguas interiores. Los muretes que alcanzaban la altura de la rasante en calzada, se coronaban con pretiles de fábrica de ladrillo, mampostería o sillería, con una altura media de 0,70 m y un ancho de 0,30 m. Para disminuir costes, se puso en práctica reemplazar estos pretiles continuos por prismas aislados de fábrica, de una longitud no mayor de 3 m, dejando huecos en intervalos de otros 2 m, donde se hincaban un par de guardarruedas tronco-cónicos. Todavía podemos observar este sistema de seguridad en muchas de nuestras carreteras secundarias o autonómicas.

Quizás, en el orden de fábricas carreteriles, los más curiosos, meritorios, variados, bonitos y también más costosos, corresponden a los elementos diseñados para salvar corrientes de agua o desniveles importantes entre rasantes. Los badenes -ahora prácticamente en desuso- empezaban a resultar poco habituales en esta época. Se acotaba la sección de aguas que cruzaba la calzada y su perfil cóncavo se empedraba de adoquín, cuñas o morillo. A veces, las corrientes más o menos continuas de aguas se solucionaban con sifones a través de dos pozos comunicantes que dirigían las aguas hacia cunetones empedrados que acababan en acequias y que eran muy útiles en zonas agrícolas de regadío. Se construían también caños, tajeas o alcantarillas cuya nomenclatura variaba según las luces que producía ese vano. Los caños se hacían de barro vidriado, hierro colado, mortero de cemento o ladrillo. Las tajeas y alcantarillas, normalmente de fábrica, bien en sillería, sillarejo, mampuesto o ladrillo se reforzaban con aletas rectas u oblicuas y unos metros más de muro de acompañamiento.

Con objeto de simplificar el trabajo y diseño de los ingenieros, el Gobierno encargó una colección de dibujos de tajeas, alcantarillas y pontones de variadas luces y aplicables a la mayoría de los casos.

Breve historia de la compactadora

Entre la variada maquinaria de obras públicas en carreteras, además de los camiones o dumpers*, grúas, niveladoras o retroexcavadoras, intervienen rozadoras para eliminar hormigonados anteriores, cortadoras,* bobcats *de barrido, extendedoras de asfaltos y apisonadoras.*

Quizás son estas últimas las que más nos llaman la atención desde siempre, por su curiosa forma, por su ruido, volumen, lentitud y configuración. No en balde es la maquinaria más común que se exhibe en los márgenes de algunas autovías, rotondas, explanadas o incluso en los terrenos de los complejos de mantenimiento de carreteras del propio Ministerio de Fomento, como auténticos vestigios de un pasado mecánico asociado a la calzada.

Desde antiguo se han utilizado rodillos de piedra tirados por animales o por obreros para alisar las vías de tierra o compactar la piedra machacada y las gravas o recebo de las sucesivas capas que componían el firme.

Tras la invención del motor por fuerza motriz de vapor de agua se empiezan a diseñar las primeras máquinas compactadoras, que intervendrán en la gran eclosión de las redes de caminos y carreteras debida al propio auge del automóvil. Su origen se data hacia 1860, desarrollándose originalmente sobre un único cilindro por iniciativa del ingeniero francés Lemoine. Sin embargo, hacia 1866, ya funcionaban máquinas de vapor con dos cilindros, según el sistema inventado por Ballaison y perfeccionado por Vanthier, que empiezan a fabricar bajo pedido en la sociedad E. Gellerat y Compañía en París. Su rápida difusión hace que definitivamente queden arrumbados los tiros de caballerías que arrastraban aquellos pesados cilindros de piedra. Tanto el sistema Ballison como otros nuevos se van extendiendo pronto por Europa y EE.UU., produciéndose en serie en fábricas de material naval, ferroviario, de fundición o calderería de la época. Más tarde surgen ya modelos eléctricos y otros con motores de combustión interna, especialmente diésel.

Según el tipo de cilindro rodante, estas aplanadoras o apisonadoras, también llamadas rodillo, rulo o tambor, servían para remover y aglutinar la tierras base (rodillo de pata de cabra), o para apisonar las capas de gravas y otros áridos de variada granulometría en las primeras carreteras de tipo macadán, ideadas por John McAdam, ingeniero escocés que empezó a construirlas allá por 1816 en Bristol, extendiéndose luego su método por casi toda Europa.

Más tarde, tras la generalización de los hormigonados asfálticos de variada tipología, se van modificando las características mecánicas, anchura y peso de los rulos o vibración del complejo. Ya en la actualidad, la tipología se ha diversificado enormemente para adaptar el firme a los requisitos de una exigente normativa, de modo que, tras la explanadora de la masa bituminosa u hormigón asfáltico, interviene una potente y pesada apisonadora tándem (de doble rodillo) con vibración conjunta o independiente en cada uno de ellos, que efectuará las pasadas necesarias para dejar el firme y sus juntas conforme a norma. Después, intervendrá otro tipo de compactadora de rodillo estático (ruedas de caucho) para cerrar fisuras y dejar el firme de rodadura completamente liso y adherente. Prácticamente y acto seguido, en cuanto el asfalto baja a temperatura ambiente, la vía puede ser utilizada por los vehículos convencionales.

Por lo que respecta a su fabricación, en España tuvo importancia la división fabril de compactadoras de la Compañía Euskalduna en Bilbao; la de Fundiciones Averly, en Zaragoza; Metalúrgica de San Martín, que ensamblaba motores y rodillos de la alemana Kaelble; la Sociedad Española de Construcción Naval de Reinosa, que asociada a Hauser y Menet fabricó algunas apisonadoras diésel a mediados del siglo pasado, o la Comercial Marítima y Terrestre de Barcelona, que fabricó bellos y duraderos ejemplares movidos a vapor en los inicios del siglo XX. Fue notable también la fábrica de material ferroviario, marítimo y de calderería ubicada en Santander y creada por la familia Corcho en 1855, que en las primeras décadas del siglo XX –bajo la dirección del ingeniero Leonardo Corcho– producía una apisonadora de vapor con dos cilindros muy competitiva.



Este catálogo fue diseñado por los ingenieros Lucio del Valle, Víctor Martí y Ángel Mayo. Quizás, era una colección demasiado abundante, pues se mostraban 23 tipos de tajeas, 39 de alcantarillas y 58 tipos de pontones. Eugenio Ribera intentaría simplificar la cuestión a finales de los años 20 del siglo XX pero, mientras tanto, estos modelos se difundieron mucho y aún hay abundantes testigos en nuestra red de carreteras secundarias.

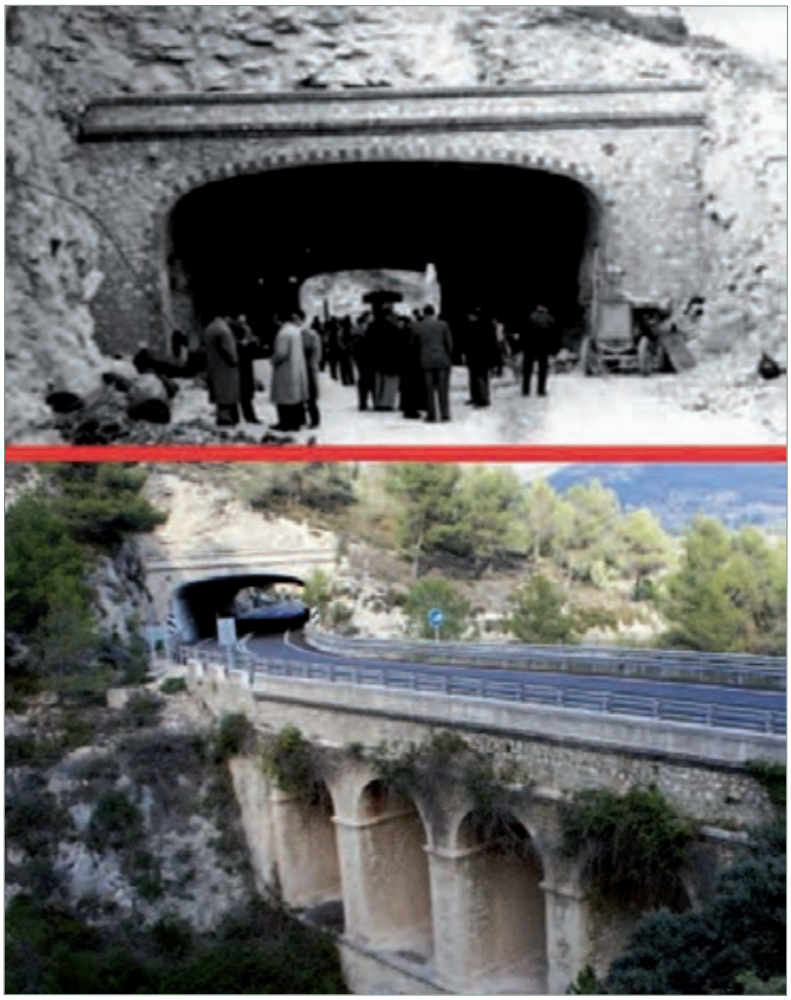
Firmes: Se consolidan algunos suelos artificiales o capas de rodadura, se investiga y prueba sobre otros y se desarrollan con éxito los que constituirán las actuales capas asfálticas. La base que prevalece es la de piedra partida o machacada con una buena trabazón. Se cuida que los fragmentos sean irregulares, aristados y de un tamaño regular. Se desprecian los viejos sistemas de una primera capa inferior o cimentación de piedra gruesa y se atiende a los firmes

de Trésaguet, donde la cimentación se limita a una fila de piedras puestas de canto sin preocuparse de su largura o tizón, añadiendo varias capas más o menos irregulares de piedra menor y una última o de rodadura, muy dura, con un tamaño semejante al de una nuez. Trésaguet también suavizó en sus modelos el bombeo de la calzada para que los vehículos no marcharan tan inclinados por los bordes de la vía. Este sistema, en nuestro país, no era muy eficiente debido a que requería un mantenimiento cuidadoso que aquí, generalmente no se daba.

Hacia el año 1920 el ingeniero McAdam empieza a experimentar con un firme creado por el mismo y que se difundirá muy deprisa por el resto de Europa. En realidad, este firme –conocido popularmente como macadán, como antropónimo de su inventor– también es multicapa y su cubierta exterior lo es de piedra partida pero muy dura, así se prescinde de la costosa primera capa de piedra gruesa que hace las veces de cimentación. La otra importante medida de eficiencia que introduce es la de evitar construir la caja que hace de soporte de las diferentes capas. Se trata de construir una sucesión de capas que parten de la rasante del suelo, elevándose sobre el plano más o menos, en función del grosor de las capas que se añadan al firme, protegiendo solo en caso necesario los cantos con murillos oblicuos o pedraplén. Mediante este sistema la superficie deberá tener muy poco bombeo, y la última capa no sobrepasará los 0,25 m de espesor, que podría incluso reducirse si el mantenimiento de la calzada fuera realmente cuidadoso. En cuanto a las características de la piedra, el firme macadán no es muy exigente, incluso a la piedra machacada se le añade gravilla o recebo como aglutinante y se intenta que las capas de material más duro queden en las capas superiores. Por otra parte, McAdam consideraba que no se debería incidir tanto en la consolidación por fuerza humana o mecánica sino que la compresión natural ejercida por el propio tráfico era suficiente. Sin duda, era el sistema más eficiente, rápido y con el que se lograban ahorros extraordinarios.

También se llegaron a construir en España calzadas con el llamado firme de Telford, que inevitablemente no prescindía de hacer la caja, aunque con fondo plano y cimentación combada con gruesas piedras que se fijaban con ripio y dos capas más de piedra machacada con algo de recebo. En general, se trataba de que los pavimentos tuvieran rigidez, sin duda, pero no exageradamente, dado que en dos tercios de nuestro país, el clima en general es seco y realmente es el exceso de humedad lo que puede interferir en la consistencia del firme.

Lo cierto es que, a finales del siglo XIX, en la caminería española se generalizó una especie de mix



Túnel y puente de Las Siete Leguas proyectados por Juan de Subercase y Eduardo O´Kelly hacia 1861, en el barranco de San Antonio (Alcoy).

de estos firmes comentados: se suprimió la base de cimentación, salvo que lo aconsejara la consistencia del suelo; se siguió calando la caja en plataforma, aunque con fondo plano y mordientes verticales; piedra bien dura y exenta de arcillas o arenas, machacada en fragmentos parecidos a los de una avellana o nuez, como mucho; adición de un buen recebo y colocación cuidadosa para dar bombeo a la cubierta, y finalmente, una o dos últimas capas con un espesor no superior a 0,25 m y compresión artificial, si era posible, con rodillo o pisones.

Elección de materiales: Aunque se solía disponer de la piedra más cercana a la obra, como es lógico, en muchas ocasiones se prefería poner la última capa de una piedra bien testada y preferentemente dura. Si la caliza era dura, valía. Las areniscas compactas también son duras y dan firmes excelentes. El granito, el gneis o la siderita son muy variables pues algunas se fragmentan, se desgastan y producen barrillo en época de lluvias y otras veces tienen una dureza admirable y sirva como ejemplo el granito de Guadarrama, que se resquebraja fácilmente ante el peso de la rodadura o a los choques de la



Pavimento de piedra caliza, recebo y arena, característico de los caminos del XIX. Puerto de Los Tornos (Cantabria).

rueda, pero el granito blanco de allí mismo, de grano fino y dureza extrema es muy bueno para firmes. En caminos vecinales de poco tránsito era ya común utilizar restos de pizarra, esquistos y hasta escorias de fraguas y altos hornos.

Otros aspectos que ya se consideraban en esta época eran la preparación de la piedra, su machacado a mano o el mecánico (éste más eficiente), el modo de extensión de la piedra y el recebo y la consolidación, en la que ya empezaba a imponerse la artificial a base de rodillos que arrastraban caballerías o bueyes que hacían varias pasadas sobre el firme. Los cilindros de vapor (apisonadoras) se empezaban a extender por toda Europa desde el último tercio de este siglo, pero en España se limitó su utilización, todavía experimental, para determinadas calles de las grandes ciudades, generalizándose en el ámbito carreteril a lo largo del siglo XX.

Firmes empedrados: Siguieron siendo los más utilizados en carreteras preferentes, travesías de poblaciones y avenidas o calles de ciudades. El más común era el de adoquinado, de variado volumen aunque regular y que se colocaba a mano sobre un lecho variable de arenas muy puras. Aún existen muchos kilómetros de calzadas de adoquín, y la mayoría de las que ahora disponen de capas de hormigones asfálticos, siguen manteniendo como base el adoquinado del siglo XIX y principios del XX. Se utilizaban básicamente tres formas: la cúbica, la de paralelepípedo recto de aristas desiguales y la de tronco de pirámide. La piedra variaba, aunque era bastante general el granito, basalto o las calizas; también se experimentaba con piedra artificial y daban muy buenos resultados los compactos de escoria que empedraban muchas calzadas de Vizcaya. También se utilizaban, en caminos menos transitados, empedrados de morrillos (canto rodado pequeño asentado en un lecho de arena) siguiendo la costumbre medieval, pues era realmente económico aunque resultaba pésimo e incómodo para el tránsito de carruajes. El enlosado -al estilo romano- era más bien para aceras. Otros firmes, aunque muy poco utilizados en esta época, son los de madera, generalmente en su variedad de entarugados (prismas de tarugos sobre base de arena u hormigón con cemento portland) que eran muy suaves para la tracción, disminuyendo las vibraciones y el ruido que producían los carros; se utilizaron en travesías y muchas calles de ciudades como Madrid o Barcelona.

() La conservación de carreteras en el siglo XIX

La construcción de cualquier calzada se hacía con prontitud y a un precio tasado, pero su durabilidad, independientemente de sus tráficos, cuestiones climáticas o la propia fatiga de su firme, era directamente proporcional al mantenimiento al que se sometiera. Y ciertamente, como dicen algunos expertos que aquí se han citado, quizás era más eficiente y económico hacer una carretera con un firme aceptable pero con la cobertura de un mantenimiento excelente que construir una impresionante carretera de amplia calidad (y muy cara) y que conlleve un paulatino abandono o un mantenimiento regular pero deficiente.

En base a lo anterior, la organización en España del servicio de conservación durante el siglo XIX estaba bien reglamentada, aunque no siempre se obtenían los objetivos deseados pues, en épocas de crisis y falta de fondos estatales, el cuerpo de peones



Puente de Tablate en la carretera de segundo orden de Granada a Motril, construido hacia 1870. Fotografía de J. Martínez Sánchez. (B.N).

camineros sufría las consecuencias y se daba al abandono o a la dejadez en el cuidado de los caminos.

Aunque este cuerpo se instituye en 1794, durante el reinado de Carlos IV, su organización y reglamentación más eficiente no se producen hasta el Real Decreto de fecha 19/01/1867, en que se autoriza su último Reglamento. En la jerarquización de medios la dirección corría a cargo del ingeniero-jefe de demarcación, el cual se ocupaba de la distribución de los trabajos de mantenimiento. Existían ingenieros subalternos que se ocupaban de la conservación de las carreteras del Estado por provincias, que tenían a su cuidado una longitud aproximada a los 250 kilómetros de vías. Los sobrestantes tenían a su cargo las carreteras de primer orden en su área provincial y los ayudantes de estos se ocupaban de las de segundo y tercer orden. En las calzadas vecinales se seguía un sistema parecido, aunque las direcciones estaban bajo la responsabilidad de las diputaciones y ayuntamientos.

En la escala básica se encontraban los capataces y peones camineros. Según los diferentes reglamentos había ciertas variaciones, es plausible que un capataz tuviera a su cargo entre 20 y 25 kilómetros de firme y dirigiera una cuadrilla de peones de 4 o 6 individuos, a los que se les asignaba personalmente la administración de sus tramos (Reglamento de 1867), si bien por economía de medios estas cifras podían variar sustancialmente. Fue muy criticada la ley de 10/07/1885, conocida como "Ley de Sargentos", por medio de la cual se pretendía dar una salida segura a los recién licenciados del ejército mediante varias convocatorias para cubrir las vacantes que iban quedando libres en el cuerpo de peones camineros. Lo cierto es que, si bien algunos elementos del ejército no tenían experiencia en la obra pública, otros muchos provenían de los cuerpos de zapadores e ingenieros y resultaban idóneos para estos puestos, pues del ejército ya se salía con algún conocimiento de lectura y escritura, indispensables para ejercer como peones camineros.

Este cuerpo, tan importante en el mantenimiento de nuestra red de carreteras, también llevaba la policía y control en sus demarcaciones, para lo que portaban incluso armamento. Esta circunstancia hacía que, en muchos momentos, hubiera dejadez de funciones puramente carreteriles para ocuparse de la búsqueda de delincuentes, detenciones, controles de personas y variadas circunstancias que actuaban negativamente en su principal cometido. Por Real Decreto de fecha 14/03/1873 se dicta la supresión de armamento para este cuerpo, aunque siguen siendo un colectivo con autoridades delegadas del Estado para el buen gobierno y policía de las ca-

A lo largo del siglo XIX, la conservación de los caminos cobra nueva fuerza y se hace reglamentaria





Mojón de primeros del siglo XX en el puerto de Onitar (Granada). Debajo, penados apisonando firme en la carretera de Madrid a Valencia hacia 1870. Fotografía de J. Martínez Sánchez. (B.N).

rreteras, e incluso, del control y vigilancia de los postes y líneas de telégrafos que se iban construyendo por toda nuestra red capilar de calzadas.

Una característica especial de este colectivo la constituía la casilla de peones. Dado que al peón se le exigía vivir prácticamente en su mini-sector de mantenimiento, se le concedía una vivienda que a su vez era almacén de herramientas, ciertos acopios de materiales y hasta caballerías de tiro, para lo que tenía que disponer de variados cobertizos. Eran viviendas modestas pero confortables que, en ocasiones y por economía de medios, se construían pareadas para la ocupación de dos peones con sus respectivas familias. Dentro de cada sector se buscaba un punto elevado, desde el cual la vigilancia de la calzada fuera más factible, pero esta circunstancia, en ocasiones, producía un encarecimiento en la construcción de las casillas, ya que se tenía que hacer la oportuna explanación previa. Conviene destacar que, dentro de esa labor de policía carreteril, era muy importante la autoridad del peón, pues nos estamos ajustando a una época en la que el tránsito por las calzadas era exclusivamente de carruajes de tiro –además de jinetes– y según la tipología de estos vehículos, eran más o menos agresivos con el firme. Ya existían ciertas prohibiciones para determinados tipos de carretas, especialmente las que llevaban clavos en las roderas de las llantas y que causaban auténticos destrozos en el firme, por lo que la vigilancia del peón era muy necesaria.

En la literatura técnica sobre este colectivo, sus labores, su vivienda, atribuciones e incluso sueldos, previsiones de jubilación y otras situaciones, existen multitud de estudios que, en general, buscan un mejor confort del colectivo, pues el cuerpo de ingenieros del estado era consciente de que su actitud positiva era determinante en el buen mantenimiento y duración del firme. Por todo lo anterior, se hacían estudios muy prolijos sobre este tipo de casillas. Los modelos que se diseñaron en 1859 por los ingenieros Lucio del Valle, Víctor Martí y Ángel Mayo (ya citados por otros catálogos que efectuaron) estuvieron en vigor muchos años. Fueron, quizás, las casillas más modestas, con entablamento de madera y paramentos de ladrillo, adobe o mampostería en algunos casos. Podían tener una extensión de 80 m^2 exclusivos para vivienda y otros 20 o 30 m^2 para jardines o huertos. Su coste aproximado oscilaba entre las 17.000 y 19.000 pesetas, y las más económicas eran las construidas en adobe con aristones y zócalos de ladrillo y cubierta de teja árabe. Se construyeron varios miles y aún podemos ver restos de ellas en muchas de nuestras carreteras actuales, aunque por su solidez, muchas de las que perviven son las de granito, con una primorosa talla ya sea en muros, dinteles y zócalos.

() Vehículos y motores de tiro

Resulta ocioso decir que nuestra red de carreteras y caminos vecinales se construía para dar servicio a las personas o, lógicamente, al variado sistema que utilizaba para transportarse ellas mismas y sus mercancías e impedimenta.

Hasta la plena implantación de los vehículos a motor mecánico, especialmente los de explosión, los dueños de las carreteras eran los vehículos de tiro animal. Es más, tras los revolucionarios programas del siglo XX aún era frecuente el tránsito de estas históricas máquinas hasta bien entrada la década de los años 60.

Para el movimiento de mercancías se utilizaban carros, carretas, galeras o camiones; vehículos más ligeros eran los dedicados al servicio de postas y viajeros por medio de sillas de postas, diligencias, ómnibus o tartanas; para el paseo o trayectos cortos eran frecuentes los tílburis, berlinas o carretelas. Los vehículos más pesados eran los carros y carretas, generalmente con un solo eje y que eran tirados por yuntas de bueyes o caballerías. Las galeras y camiones disponían de dos ejes, así como los vehículos de transporte de viajeros, pues eran más confortables y gozaban de mayor suavidad de movimiento. Las ruedas más habituales eran circulares, con un fuerte cubo o núcleo donde se introducía el eje y las pinas, camones y llantas completaban la estructura. Seguía siendo habitual la fabricación de ruedas en las que la llanta se fijaba a los camones con clavos de resalte que degradaban rápidamente el firme; no se consiguió desterrarlas, pese al arancel a que estaban sujetas, hasta que la red de caminos vecinales (de donde generalmente procedían) estuvo en las mismas condiciones de calidad de firme. Hay que tener en cuenta que la ubicación de muchos pueblos y aldeas era terrible, con caminos de suelo madre de arcillas o tierras desagregadas, con gran humedad o embarrados, donde la viabilidad de los carros sólo era posible con esta técnica de enclavado en las roderas para superar desniveles importantes o para fijar el tránsito de los tiros y no despeñarse en las pronunciadas curvas y revueltas.

Las ruedas podían ser compactas o a base de radios, y podían tener un diámetro aproximado a un metro aunque, en los vehículos de dos ejes, el delantero tenía las ruedas más pequeñas para permitir un mejor giro en las curvas. La anchura de llanta oscilaba entre 6 y 17 cm, aunque las grandes cargas requerían anchos que llegaban a los 25 cm.

Curiosamente, no todas las ruedas se hacían redondas. Era típico de localidades asturianas y gallegas la construcción de ruedas elípticas, pues se entendía que con ellas se conseguía mayor rozamiento, evitando que los carros resbalaran en grandes pendientes o en veredas intransitables, muy comunes por aquellos lares. La rueda maciza, de origen romano y muy medieval, se modificaba en algunas zonas de Cantabria, aligerando el disco con escotaduras en forma de medias lunas.



Túnel horadado a martillo y barreno en el puerto de Monrepós (Huesca) hacia finales del siglo XIX. Debajo, uno de los primeros carnets de conducir expedido en Madrid en 1906.

Los ejes –o la batalla– no sobrepasaban la longitud de 2 metros, salvo en vehículos rápidos como las calesas, que podía ser de 1,50 metros. El freno más habitual era la galga, una especie de palo o vara que se solidarizaba con uno de los cubos de un eje a través de ligaduras de cuerdas de esparto, dificultando el giro del eje hasta su parada. Más técnico y moderno era el torno para vehículos particulares, que consistía en una manivela posicionada en el pescante y que movía unas zapatas que actuaban sobre las llantas.

Motores: En España, era general la utilización de bueyes para las carretas, y de caballerías de mayor o menor tiro para los otros carruajes. Si se utilizaba un solo tiro, se colocaba entre las lanzas y, si el tiro era de dos caballerías, se ajustaba cada una a una lanza. En los bueyes, la acción de fuerza se produce en las cabezas, por lo que era universalmente utili-





En la imagen superior, puente de 1898 en la antigua carretera de Francia por Aragón. Debajo, el puente viaducto que lo sustituyó tras la riada de 1948.

zada la yunta unciendo sus cuellos al yugo, que se ajustaba perpendicularmente a la lanza. En casos especiales, se podía incorporar otro tiro de yuntas y en caballerías se multiplicaba la fuerza a base de motores a lo largo de una vara, lo que constituía una reata y era idónea para caminos estrechos. Normalmente, estos motores se pareaban en vehículos que disponían de lanzas, y según su largura, se podían acoplar varias parejas de caballerías aunque en primera línea solía marcar la marcha un solo ejemplar.

Sin entrar en detalle, cabe señalar que estaban muy bien estudiados los desarrollos de los motores: el peso de estos, ya fueren bueyes, caballos, mulas o asnos; la carga que arrastraban; la velocidad de marcha, o el esfuerzo medio que de ellos se requería. Y conviene resaltar que no necesariamente el mayor número de motores desarrollaba más esfuerzo y alcanzaban mayor tiro de cargas. Así, se sabe que, en reatas de cinco mulas, el esfuerzo se reduce a la mitad de lo conseguido comparándolo con cada tiro de un solo ejemplar. En general, cuando los animales van acoplados en varias filas, se tiene que vencer no sólo la resistencia a la rodadura sino que las guarniciones que las enlazan también ofrecen resistencias; asimismo, es muy raro que todos los motores tiren en la perfecta dirección por lo que sus esfuerzos se destruyen en un buen porcentaje.

Respecto al peso de estos motores, oscilaba entre 420 kilos para caballos de calesas, 460 kilos para tiros de diligencias o 520 kilos para carros de carga. Respecto a las mulas, existía mayor divergencia, pues los fuertes ejemplares de carga podían llegar a los 450 kilos, mientras que los que se aplicaban a reatas o galeras podían pesar 200 kilos. Curiosamente, las variadas razas de buey podían llegar a pesar 750 kilos y parecer lentos, pero su constancia y regularidad hacían que su esfuerzo medio por kilómetro fuera muy superior al del resto de competidores en el acarreo. Otro beneficio que aportaba la lenta fuerza de los bueyes era que no levantaban polvo en su tránsito. Este hecho puede parecer pueril pero, en tiempos más recientes, era uno de los problemas más insolubles con la llegada de los primeros vehículos con motor mecánico que marchaban a mayores velocidades y solo pudo solucionarse con los firmes alquitranados.

() Primera mitad del siglo XX

Las primeras décadas de la pasada centuria traen grandes cambios que, en el ámbito carreteril, tienen consecuencias importantes, tanto en el crecimiento de la red como en la armonización de firmes para la explosiva irrupción del automóvil y los vehículos pesados. Sin embargo, y esto siempre era un problema para la llegada de las capas de firmes asfálticos, el continuado uso de carros y carretas con llantas de hierro o macizas de caucho permanecería en nuestras carreteras hasta completar esta primera mitad del siglo XX. Aunque políticamente eran tiempos inestables en Europa y se presagiaban o tenían lugar nuevos conflictos bélicos, en nuestro país, pese a la minoría del rey Alfonso XIII, discurre un par de décadas con progresos continuados, lo que se traducirá en aspectos positivos para la vida de nuestras carreteras. Tras el golpe de Estado del general Primo de Rivera en 1923, y aunque en un principio el Gobierno es copado por militares, en 1926 se nombra como ministro de Fomento al ingeniero Rafael Benjumea Burín, nombrado conde de Guadalhorce por Alfonso XIII en 1921 merced a sus exitosos proyectos en la cuenca del río Guadalhorce, especialmente el de la central hidroeléctrica y el famoso pantano del Chorro. Ya ministro, se rodea de una comisión de notables expertos, creada exprofeso para el desarrollo de la obra civil y la arquitectura, cuyos trabajos serán impecables hasta la llegada de la crisis de 1.929. Conocida como Comisión Nacional de Obras Públicas, la componían una docena de personalidades del mundo de la arquitectura, de la ingeniería, además de políticos, empresarios y algún militar. Realmente parece cierto que, por fin, una comisión y un plan se conciben como estrategias ciertas y de acción. La Comisión apoya y constituye un patronato de inge-



Mapa del plan de actuaciones del Circuito Nacional de Firmes de 1926.

nieros, con su comité ejecutivo y una secretaría técnica al frente, que decidirán las líneas de actuación. En él están José Rodríguez Spiteri, junto a los jefes de las zonas (NO, E y S) señores Arrate, Juanes y Rodríguez López.

Con gran sentido de la realidad, se evita una planificación total de nuestro sistema carreteril y se opta por un diseño selectivo que tiene en cuenta los sectores con mayores aforos. En 1926 nuestra red de carreteras estatal tenía una longitud aproximada a los 71.000 kilómetros; se decide actuar sobre 4.000 kilómetros que, más o menos, constituían el sistema más esencial de comunicaciones del país. El plan es conocido como CNFE (Circuito Nacional de Firmes Especiales) y se programó para un periodo de 5 años, entre 1927 y 1932, con una inversión total de 400 millones de pesetas. Del cómputo total, 337 millones de pesetas se destinaban a pavimentar, dando preponderancia al asfalto sobre el viejo macadam, aunque también se experimentó con lechadas en riego de alquitrán y hormigones asfálticos vertidos sobre los antiguos firmes. Todavía se siguieron adoquinando 323 km de calzadas. El resto del presupuesto, esto es: 72 millones de pesetas, se destinó a la sustitución de pasos a nivel ferroviarios, modificación y peraltado de curvas y rectificación de pendientes, entre otros pormenores. Este plan exitoso tuvo una pequeña continuación durante la II República, actuando sobre un total de 7.000 km, pero a raíz de la Guerra Civil se paralizaron todos los proyectos y planes en vigor. En algunas de nuestras vías actuales, todavía queda la huella de aquellas actuaciones que, en principio, estaban previstas para una duración de 30 años.

Terminada la contienda civil, una de las primerísimas leyes es la del 11/04/1939 sobre Planes de Obras Públicas, basada en un trabajo del ingeniero y ministro del ramo, Alfonso Peña Boeuf, titulado "Instrucción de Carreteras". En esta amplia normativa destaca la nomenclatura para las vías y su nuevo ancho, que debe ser de 9 m para las carreteras nacionales, 7,50 m para las comarcales y 6 m para las locales. En estos anchos ya se incluye lo correspondiente a andenes y paseos. También se dan otras latitudes para secciones de calzada que correspondan a terrenos montañosos, contiguos a poblaciones y zonas urbanizables. Presta atención al ancho de puentes, perfiles de calzada, espesor del afirmado (entre 20-28 cm), gálibo (no superior a 2 m), curvas, pendientes o visibilidad, entre otras cuestiones. También se ocupa de los modelos de señales de tráfico y las normas para su colocación de un modo muy pormenorizado. Las calzadas, independientemente de su categoría, se matriculan todas y se configuran nuevos hitos kilométricos: los conocidos mojones de hormigón o granito que aún se ven junto a las cunetas de muchas carreteras.

La Ley de Carreteras de 18/12/1950, conocida como Plan de Modernización de Carreteras, de carácter quinquenal aunque prorrogada hasta 1960,



Plano de la Segunda República de la Red Nacional de Carreteras. Debajo, mapa del Plan de Modernización de la Red de Carreteras de 1950.

supuso otro impulso en el estado de las vías nacionales. Aunque su proyecto era actuar sobre 11.000 kilómetros de calzadas, lo cierto es que no se llegó ni de lejos a esas cifras. Se siguieron ensanchando algunas calzadas de las carreteras nacionales; también se suprimieron pasos a nivel ferroviarios que no requerían inversiones excesivas, y se empezaron a eliminar algunas travesías de poblaciones consideradas peligrosas, danto origen a las primeras variantes. Sistemáticamente, se acrecentaron las vías con firmes asfálticos especiales. De los 6.000 millones de pesetas presupuestados en un primer momento, como solo se actuó sobre sectores de gran tráfico, el coste final ascendió a 2.353 millones de pesetas.

El último empujón o intento de desarrollo y consolidación de nuestra Red de Carreteras en esa época tuvo como principio la Ley 56/1960 de 22 de diciembre, conocida como Ley de Bases del Plan de Carreteras. En su enunciado se sigue denunciando la insuficiencia de firmes y trazados, la modestia de las dotaciones presupuestarias –puramente coyunturales–, la organización de los servicios, y se advierte sobre el gran volumen de tráficos que soportan las carreteras. Como objetivo para el periodo de 1962-1977, a razón de 4 cuatrienios, se pretende mejorar la red acondicionando o sustituyendo tramos muy deficientes. Se intentan culminar todos los proyectos anteriores, sobre la estimación de crear 13.500 km nuevos de vías, esto es, el llamado entonces "déficit legal", necesario para completar la Red Nacional de Carreteras del Estado, con nuevas vías de enlace entre calzadas primordiales y otras que conecten todas las capitales provinciales. Durante estos años se inician las primeras circunvalaciones en grandes ciudades y se completa la señalización viaria, especialmente con vistas a la mejora de la seguridad vial. Se incide igualmente en la necesidad de la conservación de la red.



En conjunto, la inversión necesaria era de 40.000 millones, aproximadamente 2.500 millones de pesetas para cada año del ambicioso Plan y, como anexo de la Ley, se detallan los presupuestos para su primer año -2.400 millones de pesetas-, siendo las partidas más significativas las destinadas a nuevas carreteras -633 millones de pesetas-, y a conservación y reparación de las ya existentes -800 millones de pesetas-. Por otra parte, se destinan a las diputaciones y ayuntamientos 142 millones de pesetas para la administración de sus calzadas. También se amortizan 95 millones de anualidades de empréstitos con el Banco de Crédito Local, entidad de la que obtenían financiación los entes locales y provinciales. Los gastos fijos ascendían a 448 millones de pesetas y se corresponden con la variada gama de sueldos, jornales, seguros sociales, dietas y otros gastos. El todavía amplio y efectivo cuerpo de camineros del Estado suponía un coste total de 157 millones de pesetas, entre jornales, pagas extras y otros emolumentos.

Si a día de hoy las transformaciones de las calzadas han sido sin duda muy profundas, cabe echar una mirada hacia atrás para captar el amplio legado, no sólo histórico, sino paisajístico y útil que heredamos de todos los colectivos involucrados en la creación y mantenimiento de nuestras carreteras. Observar el detalle de su construcción, materiales utilizados, hitos viarios, una solitaria y casi derruida casilla de peones, la mágica geometría de muchas vías, su imbricación con el territorio aledaño ya sea este natural, industrial o urbanístico, nos hace pensar que se trata de un auténtico patrimonio lineal que debemos seguir preservando.

1960-2017. Crecimiento y modernización de las carreteras españolas

La configuración de la red



Javier R. Ventosa

La red de carreteras española ha vivido una transformación revolucionaria en el último medio siglo. De las precarias vías en blanco y negro de los años 60 y 70 ha evolucionado hacia la red de alta capacidad actual, que ofrece cobertura general y elevados estándares de calidad, seguridad y modernidad, equiparables a los más avanzados de Europa. La configuración de esta red es producto de un esfuerzo inversor continuado en el tiempo, así como de la puesta en marcha de los sucesivos planes de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, que han compaginado el crecimiento de la red de gran capacidad con la conservación de la red convencional.

▪Página opuesta, circunvalación de Madrid M-30 en 1973. En esta página, asfaltado de la carretera Tarragona-Castellón en 1966 y ampliación de plataforma de la carretera N-IV.

En julio de 1960, el ministro de Obras Públicas, general Juan Vigón, al hacer balance en las Cortes del estado de las carreteras españolas en los últimos años, afirmó que había retrocedido a niveles de los años 20, "aunque se habían abierto más de mil kilómetros de mejorada geometría". Con ello describía la grave situación de la red, formada por 131.000 km (79.000 a cargo del MOPU y el resto de las Diputaciones), con trazados "establecidos cuando no se conocía el automóvil", plataformas estrechas y firmes degradados con "baches, ondulaciones y hundimientos", incapaces de soportar el peso de los nuevos automóviles. El 54% de la red estaba en mal estado y su nivel de servicio era deficiente para el millón de vehículos matriculados y para los miles de turistas que ya llegaban por carretera. Como causas de ello citó la falta de continuidad en las políticas de carreteras, las modestas inversiones y la inadecuada respuesta del Servicio de Carreteras a las necesidades del tráfico creciente.

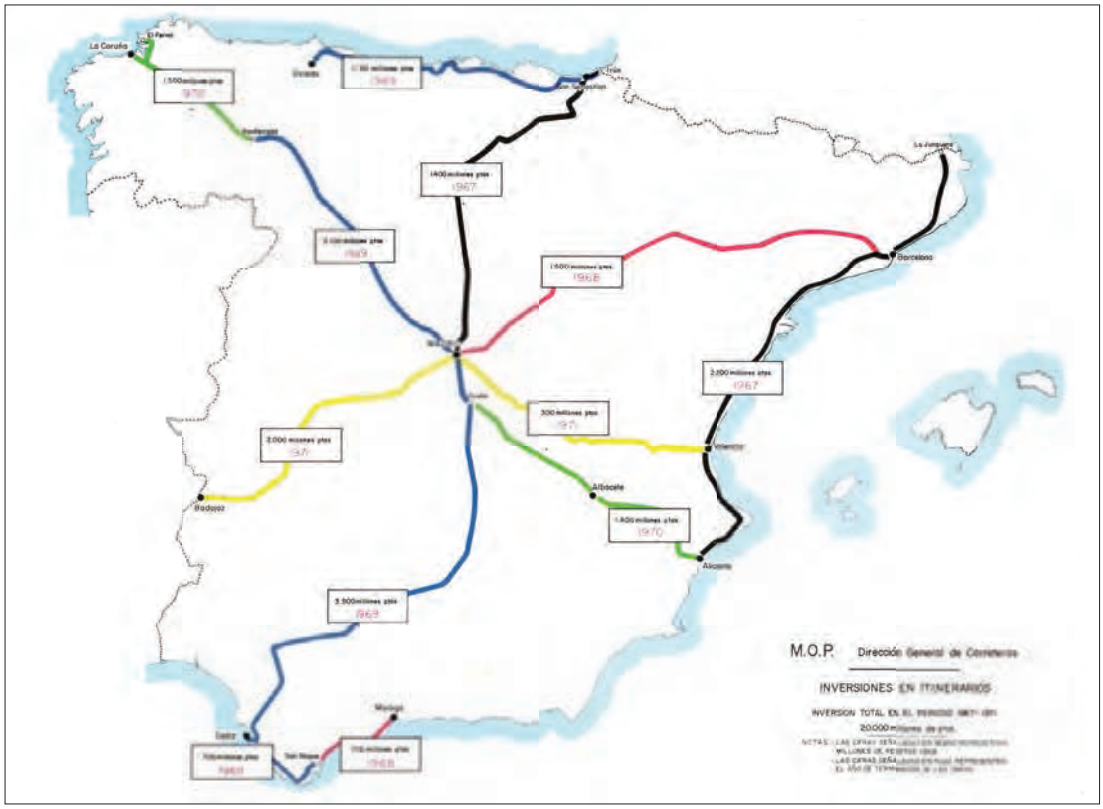


El primer intento para mejorar esta situación fue el Plan General de Carreteras de 1961, dotado con 177.000 millones de pesetas para acondicionar la red estatal y elevar sus niveles de servicio hasta 1977. En su elaboración se tuvo en cuenta el estado real de la red (conocimiento aportado por el plan de aforos de 1959-1960), el parque de vehículos y su crecimiento previsto. Como medida de choque, el Plan estableció un programa cuatrienal (1962-1965) con actuaciones en conservación, mejora de firmes y señalización en tramos situados por debajo de condiciones tolerables de servicio. Le seguirían otros programas de construcción y conservación. El Plan, sin embargo, carecía de prioridades más allá del cuatrienio, vio sobrepasadas sus proyecciones de tráfico y no mantuvo el ritmo inversor inicial, por lo que no pudo cumplir sus objetivos. Como aportación, mejoró la eficacia en la conservación de los 15.000 peones camineros y auxiliares, aislados y sin medios, concentrándolos en agrupaciones junto a núcleos urbanos, y asignó este cometido a las jefaturas de obras públicas creadas en 1963 en las cabeceras de cada región (ocho); también mecanizó y multiplicó por tres el parque de maquinaria al final del cuatrienio.

() Planes de Desarrollo

La nueva era de crecimiento iniciada con el Plan de Estabilización de 1959 se tradujo en un gran desarrollo urbano, turístico y del parque automo-





Mapa de los itinerarios del Plan Redia. Debajo, trabajos de explanada de la futura autopista Las Rozas-Villalba.

vilístico que tuvo impacto en la configuración de la red. En 1962, un informe del Banco Mundial, en un extenso diagnóstico sobre esta red, recomendó al Gobierno la reparación urgente de las vías más transitadas en vez de construir otras nuevas. Esta y otras sugerencias quedaron plasmadas en el primer Plan de Desarrollo Económico y Social, instrumento puesto en marcha por el Gobierno franquista para acelerar el desarrollo del país y que asumió las inversiones del Plan de Carreteras de 1961. Los primeros dos Planes de Desarrollo (1964-1967 y 1968-1971), impulsaron mejoras en la red para favorecer la integración regional y la conexión con polos de desarrollo y centros turísticos, planteando las actuaciones iniciales contra la congestión urbana en las ciudades; el tercero (1972-1975), con aportaciones como los planes de redes arteriales y de accesos a Galicia, quedó frenado por la crisis del petróleo.

Bajo su tutela se desarrollaron los dos grandes proyectos de modernización de carreteras en los siguientes 10 años, periodo de gran inversión pública y privada en carreteras. El primero fue el Plan de Mejora de la Red de Itinerarios Asfálticos (REDIA), plan de actuación urgente dotado con 20.000 millones de pesetas y completado entre 1967 y 1974 que intervino en los 5.000 km con más tráfico de la red. Sus principales medidas fueron la mejora de firmes (con capas de aglomerado asfáltico de 12 cm), la ampliación de sección (plataformas de 12 m, con calzadas de 7 m y arcenes de 2,5 m) y la construcción de carriles lentos en tramos con pendiente. Las actuaciones, que cristalizaron en carreteras modernas y cómodas, muy bien recibidas por los usuarios, homogeneizaron los 12 itinerarios seleccionados (las seis radiales que nacen en Madrid más las que unen Alicante y La Junquera, Málaga y La Línea, San Sebastián con Oviedo, Ponferrada y Coruña, Madrid con Alicante y San Roque y San



Las primeras autopistas españolas se comenzaron a construir a finales de los años 60. Debajo, salida de Madrid por la carretera N-VI.



Fernando), pero consolidaron la estructura radial de la red.

El segundo fue el Programa de Autopistas Nacionales de España (PANE), presentado por el MOPU en 1967 con el objetivo de construir 6.000 km de autopistas libres y de peaje en 12 años, a desarrollar por la iniciativa privada, para afrontar el crecimiento del parque de vehículos (2,7 millones en 1966). Con objeto de superar experiencias previas (túnel de Guadarrama, puente de Cádiz, túnel del Cadí), las nuevas concesiones incluyeron importantes beneficios para los concesionarios y se adjudicaron a través de decretos-ley, situación luego regulada por la Ley de Autopistas de 1972. Bajo este sistema se adjudicó a finales de los 60 la primera oleada de concesiones (Montgat-Mataró, Barcelona-La Jonquera, Barcelona-Tarragona, Bilbao-Behobia, Villalba-Adanero y Sevilla-Cádiz), con 528 km, seguida de otra en los 70 (Tarragona-Valencia, Valencia-Alicante, Bilbao-Zaragoza, Zaragoza-Mediterráneo, Ferrol-Portugal, Burgos-Armiñón, Montmeló-Papiol y León-Campomanes), con 1.211 km, más una autopista foral en Navarra (99 km), que constituyeron el primer programa moderno de construcción de carreteras en España. La crisis del petróleo, no obstante, detuvo el proceso licitador en 1976.



Los planes Redia y PANE centraron la modernización de las carreteras en los años 60 y 70

El programa PANE incluyó un capítulo de redes arteriales, imbricado en los Planes de Desarrollo, que impulsó las autopistas libres de acceso a las ciudades, cada vez más congestionadas. Estos accesos comenzaron a construirse a finales de los 60, bien



Tramo de la circunvalación de Madrid M-40, cuyo cierre norte se terminó en los años 90.

mediante el desdoblamiento de carreteras nacionales y su conversión en autovías a la salida de las urbes, bien mediante variantes. Las actuaciones se centraron sobre todo en Barcelona (autopistas de acceso, cinturones de ronda) y Madrid (ejes de acceso, M-30), pero también en Valencia (autopista a El Saler, viales marginales del nuevo cauce del Turia), Bilbao (soluciones Centro y Sur), Zaragoza (desdoblamiento hasta Alagón), Palma, Sevilla, San Sebastián y en otras redes arteriales planificadas en ciudades de más de 50.000 habitantes. En estos años (1968-1977) se construyeron cerca de 380 km de autopistas libres y autovías de carácter urbano o suburbano.

() Descentralización y Plan de 1984

En 1980, con un parque que había superado los nueve millones de vehículos, la red estatal estaba formada por 78.616 km de carreteras de calzada única, 541 km de calzadas separadas, 172 km de autovías y 308 km de autopistas libres, con un total de 79.631 km, además de otros 1.739 km de autopistas de peaje. Se completaba con 68.326 km de la red provincial, 74.889 km de carreteras a cargo de los ayuntamientos y 93.296 km pertenecientes a otras redes (Icona, Iryda, ...). Este balance responde al importante crecimiento de la red en los años previos, pero a partir de 1978 se abrió un periodo con menores inversiones, y también de menor crecimiento

Tres leyes de carreteras

La adecuación del gran desarrollo viario español al ordenamiento jurídico ha quedado plasmada en las tres leyes de carreteras elaboradas por los ministerios de Obras Públicas (las dos primeras) y de Fomento (la tercera) en los últimos 40 años. Son las siguientes:

Ley de 1974. *La Ley 51/1974 es una actualización de la Ley de 1877 y su normativa posterior, sobrepasadas por la realidad del país y por los avances tecnológicos. Su objetivo preferente fue "regular todos los aspectos que se refieren a las distintas clases de carreteras", pero no los caminos vecinales, que dejaron de depender del MOPU. La norma ordenó las competencias viarias entre los niveles estatal, municipal y local de la Administración, buscando coordinarlos. Como instrumentos planificadores, estableció el Plan Nacional de Carreteras, a cargo del MOPU, y los Planes Provinciales, elaborados por las Corporaciones previo informe del MOPU. En proyectos, mantuvo el trámite de información pública previo a la aprobación, pero agilizó la tramitación posterior. Confirmó la participación de la iniciativa privada en financiación y explotación de autopistas, aprobada por la Ley de 1972. En defensa de la carretera, definió, junto a la zona de dominio público, las nuevas zonas de servidumbre y de afección, así como la línea de edificación, con limitaciones para construir. También reguló el régimen de travesías y redes arteriales, urgiendo a coordinar su planeamiento con los planes urbanísticos. Esta Ley fue desarrollada por el Reglamento de 1977.*

Ley de 1988. *La Ley 25/1988, aprobada una vez finalizado el traspaso de titularidad de más del 70% de la red estatal a las autonomías, es una adaptación del régimen de carreteras a la nueva estructura del Estado. Introduce el concepto de carreteras estatales, que conforman la Red de Carreteras del Estado (RCE), sin aludir a las vías traspasadas. Formula una nueva clasificación de carreteras (autopista, autovía, vía rápida y carretera convencional), incorpora la noción de área de servicio y prohíbe la publicidad fuera de los tramos urbanos. En contraste con su antecesora, no regula la planificación de las vías estatales, limitándose a reclamar la necesaria coordinación, por parte del MOPU, con los instrumentos de planificación municipales y autonómicos. Establece la*



Enlace de la autovía de circunvalación de Sevilla SE-40 con la autovía A-92, cerca de Alcalá de Guadaíra. Dotado con cuatro niveles, es uno delos más complejos de Andalucía

actual tipología de estudios y proyectos, reafirmando la obligación de incluir las evaluaciones de impacto ambiental. Mantiene los preceptos de defensa de la carretera, incluida la tipología de zonas aunque ampliando las limitaciones; también refuerza el régimen sancionador por mal uso de la carretera. Y actualiza el régimen de las redes arteriales y travesías urbanas, estableciendo que toda actuación debe acordarse entre las Administraciones interesadas de forma coordinada con el planeamiento urbanístico. La Ley fue desarrollada por el Reglamento de 1994, aún vigente.

Ley de 2015. *En su preámbulo, la Ley 37/2015 afirma que su objetivo es armonizar una red viaria de enorme crecimiento en los últimos 25 años y en la que conceptos como seguridad viaria, ordenación del planeamiento urbanístico, medio ambiente o servicio público viario han cobrado valor. La Ley, que establece como principios esenciales la especialización funcional de las redes de carreteras y la mayor eficiencia en la gestión y uso de las vías, define con mayor precisión aquellas que integran la RCE, clasificándola en red básica y red complementaria, más el viario anexo a la Red, formado por carreteras estatales transferibles a otras Administraciones. También reformula la clasificación viaria (introduce las carreteras multicarril y elimina las vías rápidas) y refuerza el régimen de control de accesos. En materia de planificación, regula el Plan Estratégico de las Carreteras del Estado como instrumento de la política sectorial de carreteras del Estado, y enfatiza la necesaria coordinación entre planeamiento viario y ordenación territorial, instando a que los desarrollos urbanísticos integren sus propias previsiones de movilidad. En este ámbito, introduce medidas pioneras como los análisis de coste/beneficio para priorizar las actuaciones y la imposibilidad de recalificar suelos durante la fase de planificación, así como las evaluaciones de impacto y las auditorías de seguridad viaria en las fases de concepción y ejecución. En el ámbito de defensa de la vía, modifica las zonas de protección de la carretera, creando la zona de limitación a la edificabilidad e introduciendo la servidumbre acústica. Asimismo, aporta un nuevo enfoque para calificar los tramos urbanos de carretera y las travesías. Esta Ley debe ser desarrollada por un Reglamento.*

de los parques y los tráficos por carretera, que potenció la conservación en detrimento de la construcción.

La transformación de la estructura del Estado desde el modelo centralizado al autonómico, previsto en la Constitución de 1978, acarreó en esta época un proceso de descentralización de competencias, entre ellas las carreteras, y su traspaso a las comunidades autónomas. Esta transferencia se inició en 1980-1982 en las autonomías históricas y se completó en 1984. Al término del proceso, el Estado había transferido el 75% de su red a las autonomías, conservado 20.184 km que conformaron las carreteras de la Red de Interés General del Estado (RIGE), simbolizadas con la letra N y un número. Era un porcentaje menor, aunque por allí pasaba más del 50% del tráfico en España. El proceso tuvo su impacto en los servicios periféricos del MOPU, con la creación de las Demarcaciones de Carreteras del Estado.

A la conclusión de este proceso se aprobó el Plan General de Carreteras 1984-1991, primero como tal desde 1961 y esperado desde la Ley de Carreteras de 1974, cuya propuesta de movilidad, equilibrio socio-territorial y planificación con criterios de economía marcó la senda de la modernización de las vías españolas. Aunque enfocado a la red estatal, el Plan aseguró la continuidad con las redes autonómicas para garantizar la coherencia del sistema y mejoró la seguridad y la accesibilidad a los territorios peor comunicados. Su rasgo más acusado fue

el nuevo enfoque sobre las vías de gran capacidad, priorizando las autovías libres frente a las autopistas de peaje. Ya en su ecuador, la mejora de la economía, los actos de 1992 (Exposición Universal de Sevilla y Juegos Olímpicos de Barcelona) y el aumento del parque (14 millones en 1988) obligaron al Gobierno a revisar al alza las inversiones del Plan, que amplió sus actuaciones. Tras su publicación en 1984, las autonomías desarrollaron sus propios planes de carreteras, enfocados al acondicionamiento de sus respectivas redes.

El Plan General de Carreteras de 1984 es el origen de la actual red de autovías

El Plan, cuyo periodo de ejecución abarcó de 1986 a 1993, tuvo un coste final de 2,7 billones de pesetas y un grado de cumplimiento casi total. Su programa estrella fue el de autovías, dotado con 1,3 billones de pesetas, que supuso la construcción de 3.436 km y el germen de 23 nuevas autovías. Inicialmente eran simples duplicaciones de calzada, pero a partir de 1988 se elevó la calidad del diseño al introducir el modelo de nuevos trazados de dos calzadas, con control de accesos, variantes, enlaces a distinto nivel y supresión de cruces, acercándolas a las características de las autopistas. Los otros programas se ejecutaron sobre la red existente: el de acondicionamiento (RACE) actuó sobre 6.345 km, mejorando trazados y construyendo 200 variantes;



Autovía del Baix Llobregat, acceso a Barcelona concluido en los años 90.

el de conservación y reposición (RECO) intervino sobre 8.407 km, introduciendo mejoras en firmes, señalización, seguridad y conservación; y el de actuaciones urbanas (ACTUR) tuvo un bajo desarrollo inicial al no detallar el programa de obras, pero a partir de 1988 se amplió con nuevas inversiones y

		Red del Estado (km)		Red de las comunidades (km)		Red de diputaciones y cabildos (km)		Parque de vehículos (und.)
Año	Total (km)	Vías de gran capacidad	Carreteras convencionales	Vías de gran capacidad	Carreteras convencionales	Vías de gran capacidad	Carreteras convencionales	
1960	131.239	---	76.640	---	---	---	54.599	449.876
1965	133.321	---	77.520	---	---	---	55.801	1.194.520
1970	139.212	203	78.210	---	---	---	60.799	3.118.677
1975	144.992	888	78.993	---	---	---	65.111	5.846.935
1980	150.196	1.933	79.234	---	---	---	68.409	8.937.400
1985	153.253	2.483	17.786	318	69.717	---	62.825	10.844.613
1990	156.172	3.897	16.601	1.040	69.906	189	64.539	15.696.715
1995	162.617	6.274	16.652	1.572	70.981	287	66.851	18.847.245
2000	163.557	7.656	16.449	2.088	68.749	699	67.996	23.284.215
2005	165.646	9.465	15.950	2.746	68.009	945	68.531	27.657.276
2010	165.787	11.249	14.484	3.642	67.822	1.074	67.516	31.086.035
2015	166.003	11.942	14.387	3.968	67.357	1.111	67.238	31.389.683

Fuente carreteras: anuarios del Ministerio de Fomento. Fuente parque automóviles: anuarios de la DGT

Modelos de conservación de carreteras

La conservación de la red estatal corre a cargo de un sector privado relativamente joven y maduro al mismo tiempo, con un alto grado de profesionalización, desarrollo tecnológico, especialización y experiencia, que emplea a más de 10.000 trabajadores. Esta realidad es producto de la evolución histórica de una actividad basada durante gran parte del siglo XX en un modelo de gestión pública que, en las últimas décadas, ha dado paso a modelos protagonizados por la iniciativa privada. Son los siguientes:

- ***Ejecución total por la Administración.*** *Hasta finales de los 80, la conservación ordinaria de carreteras fue gestionada por personal y medios propios de la Administración. El trabajo sobre el terreno lo desempeñaban las brigadas de operarios de los parques regionales de obras públicas, herederos de los peones camineros, figura que aceleró su desaparición en los 60 aunque aún persistiría en las diputaciones. El modelo de la primera generación de operaciones de conservación, con personal experimentado aunque poco especializado y maquinaria anticuada, presentaba en ocasiones problemas de flexibilidad y rapidez la ejecución, lo que a veces se traducía en baja productividad.*
- ***Ejecución parcial por la Administración.*** *En la segunda generación, la Administración siguió ejecutando directamente la conservación ordinaria con medios propios, aunque comenzó a contratar a empresas privadas para operaciones de asfaltado, iluminación, pintura y señalización. Con ello se redujo el empleo de personal y maquinaria públicos y se agilizaron las operaciones, mejorando la productividad.*
- ***Conservación integral.*** *En 1988, el MOPU comenzó a adjudicar los nuevos contratos de gestión integral de la conservación, modelo que asigna la gestión del servicio (explotación y mantenimiento) a empresas privadas y la dirección y control del mismo a ingenieros e inspectores de la Dirección General de Carreteras. La implantación de este modelo culminó en 2009, cuando la conservación de toda la Red de Carreteras del Estado (salvo las autopistas de peaje y las autovías de primera generación) quedó externalizada, replicándose luego en varias comunidades autónomas y diputaciones provinciales. La experiencia en los casi 30 años de aplicación de este modelo ha sido satisfactoria ya que ha mejorado la productividad, ofrece soluciones a la falta de flexibilidad y de medios observada en el modelo público, optimiza los recursos presupuestarios manteniendo los niveles de servicio y estimula la creación de empresas especializadas. En este modelo, la red estatal se divide a efectos de conservación en 160 sectores (luego rebajados a 139), cada uno de los cuales comprende un área geográfica con uno o varios tramos de carretera a cargo de un Centro de Explotación y Conservación (COEX), que desarrolla el contrato (de cuatro años ampliables) con personal y medios propios de las empresas adjudicatarias.*
- ***Concesión de carreteras.*** *La cuarta generación de operaciones de conservación se desarrolla desde la pasada década a través de contratos de concesión a empresas privadas que incluyen actividades de construcción, explotación, conservación ordinaria y extraordinaria. Son contratos de larga duración (20-40 años), abonados mediante peaje en sombra o canon anual, y condicionados al cumplimiento de indicadores de calidad de la carretera (accidentalidad, capacidad, nivel de servicio, estado del firme, seguridad, comodidad, congestión de vía…), que pueden bonificar o penalizar al concesionario. El modelo se aplica hoy en las seis autopistas de peaje estatales licitadas entre 2003 y 2005, las autovías de primera generación cuya adecuación se adjudicó en 2007 y el tramo Benavente-Zamora que cerró la autovía A-66 en 2014. Estos contratos también están vigentes en las seis concesiones de autovías y carreteras licitadas desde 2004 en cuatro autonomías (Galicia, Baleares, Madrid y Comunidad Valenciana), así como en varias diputaciones que han seguido los ejemplos de Álava y Toledo, donde la concesión abarca toda la red provincial.*



Enlace de la autovía Sagunto-Somport (A-23) en Teruel.

actuaciones recogidas en los convenios firmados con los ayuntamientos. Este programa fue luego impulsado por un plan de mejora del transporte en grandes ciudades (1990-1993), que benefició sobre todo a Madrid (cierre norte de la M-40), Barcelona (cinturón litoral, autovías del Baix Llobregat y Mataró-Malgrat), Sevilla (SE-30 y accesos a la Expo), Valencia (ronda sur) y Málaga (cinturón), y que supuso la construcción de ocho circunvalaciones y siete variantes en grandes núcleos. Al término del Plan, la red estatal había mejorado sus niveles de seguridad y calidad y la de gran capacidad había pasado de 2.303 km en 1984 a 6.002 en 1994.

En 1994 el Gobierno aprobó el Plan Director de Infraestructuras 1993-2007 (PDI) primer instrumento de planificación conjunta de modos de transporte en España, aunque dado su carácter director no establecía actuaciones ni plazos, encomendados a planes sectoriales. Precedido de un programa de actuaciones prioritarias para enlazar con el Plan de Carreteras de 1984, el PDI, con una dotación de 14,2 billones, priorizó la carretera (5,5 billones) como modo principal del sistema de transporte. Como filosofía, apostó por la configuración de una red mallada que mejorara el equilibrio territorial, por la potenciación de conexiones interna-



Ronda de circunvalación oeste de Málaga, integrada en la A-7.

cionales, la seguridad y la conservación. El PDI mantuvo el esquema de programas del Plan de 1984, marcando como objetivo la construcción de 5.280 km de autovías y autopistas para alcanzar los 11.000 km. Para modificar el carácter radial de la red dispuso actuaciones como la prolongación de la A-8 desde Cantabria a Galicia (tras abrirse el tramo Bilbao-Santander), la conclusión de los accesos a Galicia (Benavente-Coruña y Benavente-Sevilla), el itinerario Sagunto-Somport y la construcción de la A-7 entre La Junquera y Cartagena y su prolongación a Algeciras. También incluyó varios tramos de acceso en los itinerarios radiales (cierre de las autovías A-2 y A-3, así como autovías Bailén-Motril, Cantabria-La Meseta y Córdoba-Antequera) y transversales (autovías Maqueda-Cuenca, Puertollano-A-3, Huesca-Lleida, Córdoba-Antequera y Tordesillas-Fuentes de Oñoro), así como algunos tramos de autopistas de peaje (Madrid-Tudela, Málaga-Guadiaro, León-Benavente). Con ello trazó la hoja de ruta de las actuaciones viarias desarrolladas hasta la primera década del siglo XXI. El PDI también mejoró la red de siete áreas metropolitanas y de 11 ciudades medias.

Evolución de los firmes

La historia de las carreteras españolas desde los años 60 hasta hoy es en buena medida la historia de sus firmes y pavimentos. En 1961, la red estatal, anticuada y con bajo nivel de servicio, tenía más de la mitad de sus carreteras de macadán y el resto con tratamientos superficiales. A raíz del Acuerdo de Ayuda Americana a Carreteras y las obras en las bases de EE UU, los ingenieros españoles tomaron contacto con los nuevos firmes y arrancó la labor investigadora en este campo a cargo del Laboratorio de Transporte del Cedex, plasmada en 1964 en un tramo de ensayos en la N-II para el estudio de distintos tipos de firme bajo tráfico real y en la construcción del primer firme semirrígido. También se actualizó la normativa. Desde finales de la década, al calor de los planes Redia (1967-1974) y de transformación de firmes de macadán (1973-1978), hubo avances relevantes: se cambió la base de macadán por bases de zahorra artificial, surgieron pavimentos de hormigón, nuevas mezclas con cemento, emulsiones bituminosas –que relegarían a los tratamientos superficiales con riegos– y se impusieron las mezclas bituminosas en caliente como superficie de rodadura dominante. En 1978, el macadán de la red estatal había dado paso a superficies de asfalto. En los nuevos firmes, la elevación de cargas de vehículos aprobada en 1967 se sorteó con refuerzos y el fenómeno de las roderas se solucionó con nuevas mezclas, a costa de firmes más pálidos. Los avances se recogieron en las Normas 6.1 IC y 6.2-IC de firmes, de 1975.

Los 80 trajeron dos grandes hitos en materia de firmes, cuya evolución empieza a ser dispar en las vías transferidas a las autonomías. Por un lado, el Plan de Carreteras 1984-1991 jugó un papel central en los futuros firmes, introduciendo como novedades el hormigón armado para la capa de base, el mayor espesor de las capas o la normalización de la alternativa de mezclas bituminosas sobre suelocemento (tipo predominante en el siglo XXI para tráficos pesados intensos), recogidos en la Instrucción 6.1 y 2-IC Secciones de firme, de 1989. El Plan también situó al modernizado parque de maquinaria español a la cabeza de Europa. Y por otro, la creación en 1988 de la pista de ensayo acelerado de firmes del Cedex mejoró el estudio del dimensionamiento estructural de firmes. Desde su inauguración, esta instalación de vanguardia ha desarrollado cinco grandes ensayos, investigando sobre 30 secciones estructurales y 20 capas de rodadura, cuyos resultados han repercutido en el diseño de firmes. En los 80, además, la I+D española creó nuevas mezclas bituminosas drenantes, rápidamente generalizadas. En el campo normativo hubo avances con la publicación del PG-3 y las Normas de Instrucción de carreteras sobre dimensionamiento de firmes, así como los primeros catálogos de secciones estructurales normalizadas de firmes.

En las dos décadas siguientes, de gran impulso en la construcción de la red viaria, se produce un enorme desarrollo en secciones estructurales, tecnologías, materiales y aditivos, mejoras en el control de calidad de las obras, avances en maquinaria y en diagnosis del estado de los firmes, cuya inspección y conservación comienza a sistematizarse en la red estatal entre 1991 y 1992. Las empresas abastecen al mercado con numerosas innovaciones en mezclas asfálticas (de alto módulo, SMA), ligantes bituminosos (betunes modificados con polímeros, BMAP, multigrado) y emulsiones (termoadherentes, de alta capacidad de penetración y microaglomerados en frío), que mejoran las propiedades de calidad, resistencia y vida útil, multiplicando las posibilidades de aplicación. Y se impone como estándar la formación de explanadas mediante estabilización in situ de suelos con cal y cemento. La Norma 6.1 IC, de 2003, recoge estos avances. La creciente sensibilidad medioambiental, además, impulsa en el nuevo siglo tecnologías con temperaturas de fabricación bajas para limitar las emisiones y ahorrar energía: el reciclado de firmes, las técnicas semicalientes y templadas y la tecnología en frío con emulsión. A ellas se suman nuevas mezclas como los microaglomerados discontinuos en caliente o el aprovechamiento de neumáticos fuera de uso, así como firmes descontaminantes e insonoros. Como resultado de la evolución en los últimos 60 años, la red estatal es hoy un muestrario heterogéneo de firmes que satisface las necesidades de tráfico, aunque empresas y centros públicos como el Cedex prosiguen sus investigaciones para crear las superficies de las carreteras del mañana.



- *Enlace de las autovías A-8 y AS-11, al sur de Gijón.*

() Planes para el siglo XXI

La tendencia de la planificación conjunta de infraestructuras iniciada por el PDI se ha mantenido en los planes aprobados en el nuevo siglo. Se trata de planes de larga duración e inversiones fijadas en los Presupuestos del Estado que han crecido hasta 2010, desacelerándose desde entonces por la crisis. El principal destino de las inversiones en estos planes ha sido la configuración de la red de alta capacidad –los tres tratan de corregir su histórica radialidad– y la adecuación del resto a las necesidades de seguridad, capacidad y conservación de cada momento.

Cronológicamente el primero fue el Plan de Infraestructuras de Transporte 2000-2007 (PIT), elaborado por el ya denominado Ministerio de Fomento, que preveía inversiones por casi 40.000 M€ para vías de gran capacidad en dos legislaturas, aunque solo estuvo vigente una. El Plan, entre otras actuaciones, dio continuidad preferente a todas aquellas autovías aún pendientes de completar sus itinerarios, como las de Extremadura, Levante, Noroeste, Rías Baixas, Huelva-Ayamonte y M-40, impulsando también otras iniciadas por el PDI. Como balance entre 1996 y 2004, último año del PIT, en este periodo se inauguraron 2.662 km de vías de alta capacidad (de los que casi un tercio fueron autopistas), hasta alcanzar un total de 8.662 km. También se construyeron 253 variantes y se acondicionaron 1.700 km. Poco antes de finalizar el Plan se cambió la nomenclatura de las autovías y autopistas, vigente hasta hoy.

El segundo fue el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020 (PEIT), aprobado en 2005 con una inversión de 60.000 M€ en carreteras.



Enlace en el tramo pirenaico de la autovía Sagunto-Somport, que vertebra Aragón de norte a sur.

Su objetivo para 2020 era lograr el acceso de todas las capitales a la red de alta capacidad y que el 94% de la población se situara a menos de 30 kilómetros de esta red. Para ello preveía pasar de 9.000 a 15.000 km de alta capacidad, tejiendo un mallado corrector de la radialidad de la red y construyendo una red libre de autovías, con desdoblamientos allí donde hubiera itinerarios de peaje. A su término, en 2011, se habían inaugurado casi 2.000 km de vías de alta capacidad, con un impulso casi exclusivo a las autovías (A-7, A-8, A-11, A-23, A-40, A-43, A-50, A-65, A-66 y A-67), desarrollo casi nulo de las autopistas y 15 actuaciones urbanas, entre ellas en la Z-40 y SE-40. El Plan también priorizó la mejora de las condiciones de la red, elevando por primera vez la inversión en conservación y mantenimiento del 1 al 2% del valor patrimonial de la red. En este capítulo se enmarcó el plan de acondicionamiento de autovías de primera generación, destinado a mejorar la calidad y seguridad de las autovías de los años 80, generalmente duplicaciones de trazado. En total se invirtieron 6.344 M€ en concesiones por 20 años, con peaje en sombra, para mejoras de trazado, reposición de firmes y rehabilitación de elementos en 2.131 kilómetros de las autovías A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-31.

Por último, el Plan de Infraestructuras de Transporte y Vivienda 2012-2024 (PITVI), actualmente vigente, parte de la realidad de que la red de alta capacidad (15.965 km, 11.249 de ellos de la red estatal, con datos de 2011), de mayor extensión y calidad que los países del entorno, ofrece cobertura a todo el territorio, aunque de forma desigual, con infrautilización de capacidad y pérdidas de funcionalidad. Para corregirlo, propone adecuar la red a la demanda real, favoreciendo la liberalización de la gestión de infraestructuras y potenciando la presencia del sector privado. Con un presupuesto de casi 40.000 M€, el programa de carreteras consta de seis subprogramas: conservación y mantenimiento, me-



En 2015 se cerró el itinerario de la autovía A-7 en la costa de Granada. En la imagen, nuevo trazado del tramo Carchuna-Castell de Ferro.

jora de la seguridad vial –actuación sobre 400 TCA (tramos de concentración de accidentes) cada cuatro años–, acondicionamiento de la red convencional (35 actuaciones), mejora de la red de gran capacidad (19), variantes de población (37) y nueva infraestructura. En este subprograma propone 50 actuaciones en autovías para cerrar itinerarios ya iniciados, así como 17 circunvalaciones y 24 obras de accesos a puertos y aeropuertos. La coincidencia temporal del Plan con la crisis económica ha estrechado el marco de inversiones y ralentizado las actuaciones. No obstante, durante su vigencia se han inaugurado más de 570 kilómetros de autovías, con hitos como el cierre de los tres grandes ejes perimetrales de la red (autovías A-8, A-7 en Andalucía y A-66, todas en 2015), la variante de Despeñaperros (2012) o las circunvalaciones de Santander (2012), Valladolid (2014), Logroño (2015) y Burgos (2016). En 2015, además, Soria dejó de ser la única capital sin conexión a la red de gran capacidad.

La actual red española de vías de gran capacidad está formada por unos 17.000 kilómetros

El resultado de los planes desarrollados en el último medio siglo es la actual red de carreteras, formada por 166.003 km, de los cuales el Estado gestiona el 16% (26.329 km), frente al 43% de las autonomías (71.234 km) y el 41% de diputaciones y cabildos (68.349 km). Pese a su corta longitud, la red estatal acapara el 53% del tráfico. Es preciso destacar que, durante estos últimos 40 años, las distintas Administraciones han colaborado estrechamente para configurar una red de gran capacidad hoy integrada, en números redondos, por unos 17.000 kilómetros (12.000 a cargo del Estado, 4.000 de las autonomías y 1.000 de diputaciones y cabildos), repartidos mayoritariamente entre autovías (12.300 km) y autopistas de peaje (3.300 km), con estándares de calidad y seguridad equiparables a otros países europeos, así como en la conservación de una red convencional que es básica para la vertebración territorial. En esta evolución, la red de carreteras española no ha dejado de desempeñar la misma función de la red de calzadas romanas en que inicialmente se inspiró: facilitar el transporte de personas y mercancías, aunque 2.000 años después lo hace, sin duda, de forma mucho más segura, rápida y cómoda.

Cómo serán las infraestructuras viarias del futuro

Carreteras 4.0



Imagen del peaje de La Roca en la autopista AP-7, primero de España sin barreras gracias al concurso de los sistemas ITS.

ABERTIS

Javier R. Ventosa

El futuro no llega nunca, pero se construye cada día. Esta máxima puede aplicarse a las carreteras del mañana, un concepto en evolución que definirá cómo serán las infraestructuras por donde en pocos años circularán vehículos eléctricos y autónomos. Su apariencia será similar a las actuales –calzadas asfaltadas con carriles, arcenes y señalización–, pero tendrán prestaciones superiores y estarán adaptadas a la era digital: de meras infraestructuras inanimadas pasarán a ser plataformas inteligentes de servicios. ¿Su objetivo? Mejorar la seguridad y la fluidez de un tráfico que crece sin freno, especialmente en las grandes áreas metropolitanas.



¿Cómo serán esas carreteras? El Foro Europeo de Laboratorios de Investigación en Autopistas (FEHRL) y el Ministerio de Transportes alemán han esbozado sus rasgos principales a partir de los continuos avances tecnológicos registrados en este campo. Serán seguras y fiables (gran capacidad, durabilidad, mantenimiento global y sencillo, protección contra el cambio climático, gestión avanzada de seguridad en todo el trazado, multifuncionalidad superficial, sistemas de seguridad pasivos avanzados); energéticamente eficientes (generadoras de energías renovables, alimentación de vehículos eléctricos, tecnologías LED para reducir consumos); sostenibles (diseño, construcción y operación optimizados para reducir la huella de carbono y el coste a lo largo de su ciclo de vida, uso de materiales reciclados y técnicas con bajo impacto medioambiental, pavimentos sonorreductores); y, por supuesto, estarán interconectadas (empleo de Sistemas Inteligentes de Transporte, captación de información en tiempo real sobre el tráfico y el estado de la vía para su transmisión al usuario y al gestor de la vía, interrelación infraestructura-vehículo).

Además, se diseñarán y realizarán con metodología BIM (*Building Information Modelling*) –que de cumplirse la hoja de ruta en principio acordada, será obligatoria para nuevas infraestructura en España a partir de mediados de 2019– para optimizar todo su ciclo de vida y tenderán a la construcción modular. El tráfico que circulará por esas carreteras será distinto al actual: el vehículo eléctrico, hoy todavía minoritario, se impondrá, tras un periodo de coexistencia, a los contaminantes vehículos de combustión interna; en pocos años también comenzará a implantarse la nueva generación de vehículos autónomos.

Nuevos asfaltos y pavimentos

Las carreteras del futuro se perfilan cada vez mejor en su elemento principal, la superficie de ro-



COLAS-Yves Soulabaille

Carretera con paneles fotovoltaicos para captar energía solar, cerca de Tourouvre (Normandía, Francia). Existe otra similar en Georgia (EE UU).

dadura, objeto de innovación continua en materiales y tecnologías por empresas y centros de investigación de los países más desarrollados. Los firmes del futuro no solo mejorarán las propiedades de los actuales (seguridad, impermeabilización, resistencia y comodidad), sino que incorporarán nuevas funciones inimaginables hace poco, como la sostenibilidad medioambiental, la generación de energía, la recarga de vehículos eléctricos, la autorreparación, la descontaminación y el autodiagnóstico. Es una revolución tecnológica en marcha, hoy en una etapa intermedia entre la innovación y la implantación a escala real, y que en pocos años será algo común. Estos son algunos de los principales desarrollos.

Sostenibilidad medioambiental. Los firmes verdes del futuro serán el producto de la investigación de la industria del asfaltado en nuevos materiales y tecnologías sostenibles como respuesta a la creciente concienciación medioambiental. En este ámbito se han culminado con éxito en España dos líneas de investigación ya testadas a escala real y que están listas para su aplicación: por un lado, nuevos materiales a partir del reciclado y la reutilización de residuos (polvo de neumáticos, escorias de acería, residuos de construcción y plásticos), con mejores prestaciones que las mezclas convencionales y más ecológicos al evitar el empleo de recursos naturales; y por otro, nuevas tecnologías de fabricación de mezclas asfálticas con una gran disminución de temperaturas (las mezclas de betún y áridos se fabrican a unos 160º para hacerlas más manejables), lo que reduce las emisiones y el consumo energético. En este campo, empresas españolas lideran hoy varios proyectos europeos (Polymix, Greenroad, Alterpave, LCE4Roads) para reducir la huella de carbono de las carreteras. También se ensaya la durabilidad de los nuevos materiales, campo con proyectos en América y Europa a base de pavimentos de composite (diseñados para durar más de 50 años) y firmes con nanomateriales de carbono (proyecto Durabroads, liderado por un grupo español); asimismo, se testan tratamientos caloríficos mediante inducción para extender la vida útil del asfalto. Junto a los avances en asfaltos porosos, de alta drenabilidad, se suceden los progresos en asfaltos sonorreductores (capas finas o porosos), ya instalados en Holanda, Dinamarca, Francia y Suiza, con reducciones del ruido de contacto entre el neumático y el firme de hasta 4,5 decibelios (dB), mientras se espera el desarrollo completo del pavimento poroelástico (con caucho de neumáticos usados), cuyo potencial reductor es de 8-12 dB. Como contraste, una empresa española diseña un firme con alarmas para avisar al viandante de la presencia de coches eléctricos.

SIEMENS



▪*Camión híbrido propulsado por energía eléctrica procedente de una catenaria al borde de la carretera, proyecto en pruebas en Suecia.*

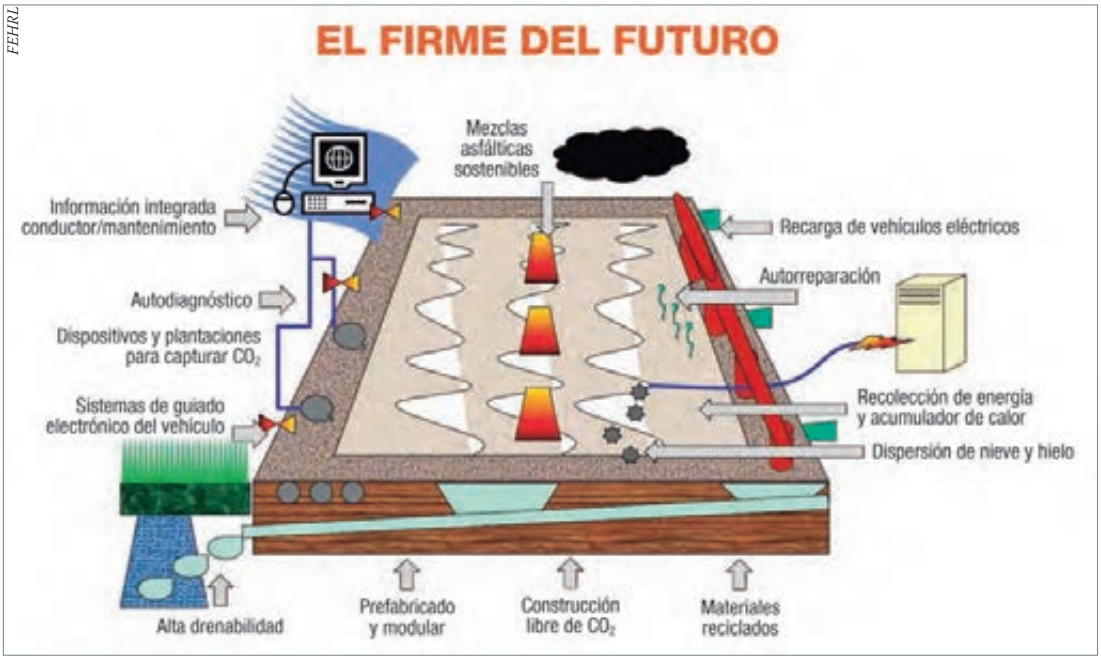
Generación de energía. El firme como fuente de energía limpia es otro concepto de gran potencial que hoy constituye un campo de investigación con tantas líneas de trabajo como fuentes aprovechables existentes (solar, mecánica, electromagnética y termoeléctrica) y con aplicaciones diversas, que no tardará en dar el salto a la práctica. En energía solar, varios desarrollos de firmes asfálticos (Holanda, Japón, Reino Unido y España) han demostrado la posibilidad de recuperar la energía del sol que recibe la carretera y su transformación en calor para calentar un fluido que discurre por su interior (en tubos, por ejemplo) y destinarlo a diversos usos (sensores, iluminación…). Una universidad española lidera hoy un proyecto europeo (Sasgo) para mejorar el almacenamiento de esa energía con morteros geotérmicos. Por otro lado, está en pleno desarrollo la captación de energía solar a base de paneles fotovoltaicos en la carretera, con proyectos piloto en pruebas (carril bici en Holanda desde 2014 y proyecto Wattway en Francia desde diciembre de 2016, consistente en un tramo de 1 km en una vía normanda cubierto por 2.800 m^2 de paneles, que permitirá alumbrar una ciudad de 5.000 habitantes) y otros en marcha en EE UU, Canadá y Alemania. En energía mecánica, proyectos en EE UU, Holanda, Reino Unido, Japón e Israel evidencian que es posible transformar la presión y vibración del vehículo sobre el suelo en energía eléctrica con el apoyo de dispositivos piezoeléctricos embebidos en el asfalto. Su viabilidad ha sido refrendada en España por el proyecto REC de Repsol, que fija su rentabilidad a partir del quinto año. Otros desarrollos buscan almacenar la energía de frenada o generar energía eólica a partir del viento y el paso del tráfico.

SOLAROAD



▪*Instalación de panel modular fotovoltaico en un carril bici en Krommenie (Holanda), en noviembre de 2014.*

FEHRL



Recarga de vehículos eléctricos. De cara a la era del vehículo eléctrico que llega, la recarga de baterías es un factor decisivo resuelto en primera instancia con redes de recarga de baterías en estático, implementadas en los países con más coches eléctricos. El reto es la recarga dinámica durante la circulación, la denominada electromovilidad. Para ello varios países están desarrollando la tecnología de recarga *online* por inducción (OLEV). Esta tecnología consiste en la introducción bajo el asfalto de conductores eléctricos y la consiguiente generación de campos electromagnéticos, capaces de recargar por inducción la batería del vehículo que circula por un carril situado sobre los mismos. Corea del Sur dispone de una carretera de 12 kilómetros donde prueba el sistema con autobuses eléctricos, mientras el proyecto comunitario Fabric, a cargo de un consorcio de 25 socios (tres de ellos españoles) y

Fénix, Oasis y Repara 2.0

Los programas de apoyo a la I+D+i del Centro Tecnológico para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CTDI), dependiente del actual Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, han dado un gran impulso a la investigación en España sobre las carreteras del futuro. Dos de sus proyectos, encuadrados en el programa Cenit de estímulo de la cooperación público-privada en investigación, se cuentan entre los más relevantes de los últimos 10 años por la multidisciplinariedad de materias y la elevada participación de empresas y centros públicos: Fénix (investigación estratégica en carreteras más seguras y sostenibles, con participación de 26 compañías y centros de investigación) y Oasis (operación de autopistas seguras, inteligentes y sostenibles, desarrollado por 32 empresas y grupos de investigación). Sus trabajos, con participación del Cedex, han logrado avances sobre nuevas tecnologías y materiales sostenibles en los procesos de asfaltado, la huella energética de las autopistas, los sistemas proactivos de seguridad integrados en la carretera, el aprovechamiento energético de la irradiación solar sobre el pavimento, la sensorización de firmes, la gestión inteligente de la movilidad y la evolución de los ITS hacia los sistemas cooperativos. Ambos proyectos han sentado las bases del conocimiento español en estos campos y varias de sus innovaciones se han implantado en las vías españolas.

Actualmente se desarrolla otro proyecto multidisciplinar que complementará las investigaciones de los dos anteriores, también en el marco del CDTI aunque acogido a la convocatoria CIEN. Se trata de Repara 2.0 (Desarrollo de nuevas técnicas y sistemas de información para la rehabilitación sostenible de pavimentos de carreteras), proyecto iniciado en 2015 con un plazo de 48 meses, dotado con más de 7 M€ y liderado por Sacyr, que encabeza un consorcio de seis empresas y 11 centros de investigación públicos y privados, entre ellos el Cedex. Su objetivo es el desarrollo de nuevas tecnologías y metodologías que apoyen la gestión de infraestructuras y permitan rehabilitar y conservar cualquier tipo de carretera a un menor coste económico y medioambiental. El proyecto investiga sobre nuevas mezclas (sonorreductoras, autorreparantes, recicladas en frío in situ, en frío en central y reflectantes), la resiliencia frente al cambio climático, la monitorización dinámica del firme (instrumentación con sensores inalámbricos para medir variables de tráfico, estructura del firme, estabilidad de taludes y drenaje, como punto de partida para elaborar modelos predictivos del deterioro del firme con tecnología Big Data) y el análisis del ciclo de vida de la infraestructura (elaboración de software para el estudio del comportamiento medioambiental en la rehabilitación de carreteras).

ECOASFALT



Las mezclas asfálticas de los firmes del futuro se fabricarán a bajas temperaturas para reducir las emisiones y el consumo de energía.

que concluirá en diciembre, estudia su viabilidad económica y ambiental. Otra relevante tecnología en este campo es la carretera eléctrica, iniciativa sueco-germana en pruebas desde el pasado verano destinada a reducir el consumo de energía y las emisiones de las rutas de camiones. El sistema se inspira en el ferrocarril, con camiones híbridos dotados de pantógrafos conectados a una catenaria desplegada junto a la carretera que pueden circular bien en modo eléctrico por el carril lento con la energía recibida del tendido, bien en modo diésel en el resto de la calzada. El proyecto, que permite la conducción automática, continuará en pruebas hasta junio de 2018.

Autorreparación. ¿Podrá el asfalto del futuro reparar las grietas de su interior? A tenor del estado de la técnica la respuesta es afirmativa. La I+D+i ha desarrollado soluciones para la reparación no invasiva de pavimentos de un enorme potencial, pero aún deben demostrar su eficacia a escala real. En algunas vías holandesas se ensaya una técnica consistente en una mezcla de fibras de lana de acero y betunes en el firme y en su calentamiento mediante inducción, lo que derrite el asfalto y lo hace fluir internamente, rellenando las grietas. En España, el proyecto Trainer de Repsol también ha probado la introducción en el firme de cápsulas con un agente reparador adhesivo que se libera por acción de la luz ultravioleta, expandiéndose por los huecos y cicatrizando como la herida de un cuerpo humano. Existe una versión similar para pavimentos de hormigón que emplea bacterias y el agua filtrada por las grietas como catalizador, transformándolas en una piedra sólida que sella las fisuras. La Universidad de Cantabria lidera dos proyectos (HealRoad y Sima+) para perfeccionar la primera solución, mientras se trabaja en una versión más económica de la segunda. Las investigaciones avalan la relevan-



HIGHWAYS ENGLAND

Prueba de carril de recarga por inducción para coches eléctricos en una autopista inglesa.

cia de esta tecnología para la UE, de gran potencial para el mantenimiento, y de hecho el Ministerio de Transportes alemán ha establecido que su red debe incorporar estas superficies en el año 2030.

Por otro lado, para afrontar el problema de la formación de hielo en las carreteras ya existen soluciones (Novatherm) para neutralizarlo mediante técnicas geotérmicas (tubos de fluido precalentado bajo el asfalto) que se activan cuando los sensores detectan un umbral de frío; o a la inversa, recuperar el exceso de calor de la carretera en verano para redistribuirlo a viviendas cercanas. En un paso más allá, el proyecto europeo Pavirex (con presencia española) ensaya la predicción a corto plazo de la formación de hielo para neutralizarlo también con energía geotérmica.

Descontaminación. Neutralizar las emisiones contaminantes de los vehículos, sobre todo el óxido de nitrógeno (NOx), es otra misión encomendada al asfalto del futuro que se atisba como una realidad cercana. Para alcanzar ese objetivo medioambiental, la I+D+i española de empresas y centros de investigación (proyectos Fénix, Pharo, Bitumenox) ha aprovechado el potencial de la fotocatálisis, reacción química provocada por la acción del sol sobre un catalizador (generalmente dióxido de titanio) que reduce y disuelve las concentraciones de NOx sobre el asfalto. Esta versátil tecnología, existente en forma de pavimento o aplicable mediante lechadas o emulsiones, ha demostrado sus posibilidades en ensayos de laboratorio (neutraliza hasta un 50% de este contaminante) y hoy está siendo testada a escala real en superficies urbanas de Madrid y Alcobendas en el marco de tres proyectos comunitarios LIFE (MinoxStreet –con participación del Cedex–, Equinox y Photoscaling), así como en otras ciudades españolas. Los accesos a las urbes, atestados de tráfico, son un posible escenario para aplicar esta tecnología.

Autodiagnóstico. El firme del futuro incorporará sensores inalámbricos autónomos para monitorizar la salud estructural del mismo y detectar sus deficiencias, innovación que mejorará las labores de mantenimiento. Actualmente funcionan en Europa y EE UU iniciativas para la sensorización de carreteras y estructuras, que controlan varios indicadores (temperatura, tensión, humedad, carga vertical, vibraciones, velocidad del viento) y diagnostican su estado a través de un *software* específico. El proyecto español Oasis ya estudió cómo proveer de energía a estos sensores embebidos en el asfalto. En carreteras de EE UU, además, hay instaladas losas de hormigón prefabricado de tipo modular con sensores embebidos, que reducen los costes de montaje y facilitarán el mantenimiento.

Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)

En las carreteras del mañana, los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) serán, junto a la nueva generación de firmes, el otro gran elemento integrado en la infraestructura (sobre la misma o a los lados); de hecho, ya son parte del presente, pero su papel será cada vez más decisivo para mejorar la eficacia de las vías del futuro. Se trata de soluciones basadas en las tecnologías de la información, la comunicación y el control automático desplegadas en la vía que proporcionan nuevas aplicaciones y servicios para la gestión del transporte. Su objetivo es triple: mejorar la movilidad (en espacios urbanos y metropolitanos, crecientemente congestionados), aumentar la seguridad y reducir la contaminación.

Los ITS no son nuevos. En sus formas más tradicionales (paneles de información variable o cobro de peajes en autopistas) forman parte desde hace décadas del paisaje de las carreteras, pero con la revolución digital han evolucionado hacia una nueva generación de soluciones avanzadas de apoyo a la gestión del tráfico que hoy se integran en las avenidas, carreteras y autopistas del mundo desarrollado para adaptarlas a las nuevas demandas de movilidad. Su presencia es cada vez mayor en las infraestructuras viarias y lo seguirá siendo en el futuro con desarrollos cada vez más avanzados. Un informe de la consultora Research and Markets estima que el mercado global de ITS tendrá ventas por valor de 72.000 M€ en 2022, con crecimientos anuales del 7,9% hasta ese año.

El abanico de sistemas ITS implantados hoy en las carreteras es múltiple. Los destinados a la captura de datos conforman un conjunto heterogéneo de sensores tradicionales y de última generación (espiras magnéticas, cámaras de vídeo, radares, detectores ultrasónicos y acústicos, medioambientales, identificación automática de matrículas, pesaje en movimiento, ocupación de plazas, detectores de iluminación, detección automática de incidencias, antenas Bluetooth, ...), que, con apoyo de tecnologías embarcadas (GPS, RFID, TAG, WiFi), recolectan datos, cada vez más precisos y en tiempo real, sobre el estado de la vía, el tráfico y el medio ambiente. Esta información es enviada por redes de comunicaciones a los centros de control, equipados con sistemas de gestión de tráfico que para tratar el creciente volumen de datos incorporan tecnologías avanzadas de informática y procesamiento de datos, incluido el Big Data. Con la información ya procesada, adoptan estrategias sobre gestión del tráfico y las transmiten a los usuarios a través de otros ITS, los dispositivos de difusión de datos (paneles de información variable, de obras y balizas en la vía, o sistemas embarcados y aplicaciones móviles). Aunque los ITS pueden ser manejados desde los centros de control, que se apoyan para ello en el Internet de las Cosas, varios de estos sistemas se activan de forma autónoma mediante algoritmos cuando la situación lo requiere, una tendencia en alza para los próximos años.

El principal valor de los ITS es la gran variedad de servicios y aplicaciones que ofrecen. La información que capturan y luego transmiten al usuario es capital para el desarrollo de estrategias de gestión de tráfico (gestión de velocidad, empleo de carriles reversibles, activación de arcenes o carriles de alta ocupación, control de rampas de acceso a autopistas, uso de barreras móviles, prohibición de circu-



HIGHWAYS ENGLAND

Los paneles de información variable son una de las principales aplicaciones de los ITS. En la imagen, aviso de arcén activado y señales de velocidad máxima en una autopista inglesa.

lación de camiones, priorización de señales de tráfico, gestión de seguridad en túneles –España exporta esta tecnología a numerosos países– o gestión dinámica de planes de tráfico urbano, entre otras). Su concurso es también muy valioso en la gestión de incidencias y emergencias, la vigilancia de infracciones, la gestión de flotas (aparcamiento seguro para camiones, mercancías peligrosas, planificación de rutas) o el pago telemático de peajes (campo de aplicación tradicional de ITS que ha evolucionado hasta los actuales peajes *free flow* sin barreras, que evitan la congestión; el primero de España se instaló en marzo en La Roca, en la autopista AP-7). Pero la aportación más práctica para el usuario es el suministro de datos en tiempo real sobre la carretera (meteorología, restricciones, incidencias, tiempos de viaje, límites de velocidad...), una información muy valiosa para su estrategia de conducción.

Japón y Estados Unidos, con problemas históricos de tráfico en sus redes viarias, realizaron los primeros despliegues de ITS en los años 90, aportando los primeros servicios al usuario (datos sobre congestión y peajes), y hoy lideran el desarrollo de carreteras inteligentes en el mundo. Europa, por su parte, implementó estrategias ITS primero a escala nacional y a partir de 2008, con la aprobación por la Comisión Europea del plan para su despliegue, de forma coordinada a escala comunitaria. En España, su implantación, que es competencia de los ministerios de Fomento e Interior, ha seguido este modelo. Desde sus orígenes, los ITS se desplegaron una vez inauguradas las nuevas vías españolas, pero a partir de 2014 el Ministerio de Fomento, en aras de la eficacia, los incorporó al proceso de planificación y diseño de carreteras. El último informe de progreso sobre el despliegue de ITS en España, de agosto de 2014, constató una notable evolución respecto al informe de 2011.



HIGHWAYS ENGLAND

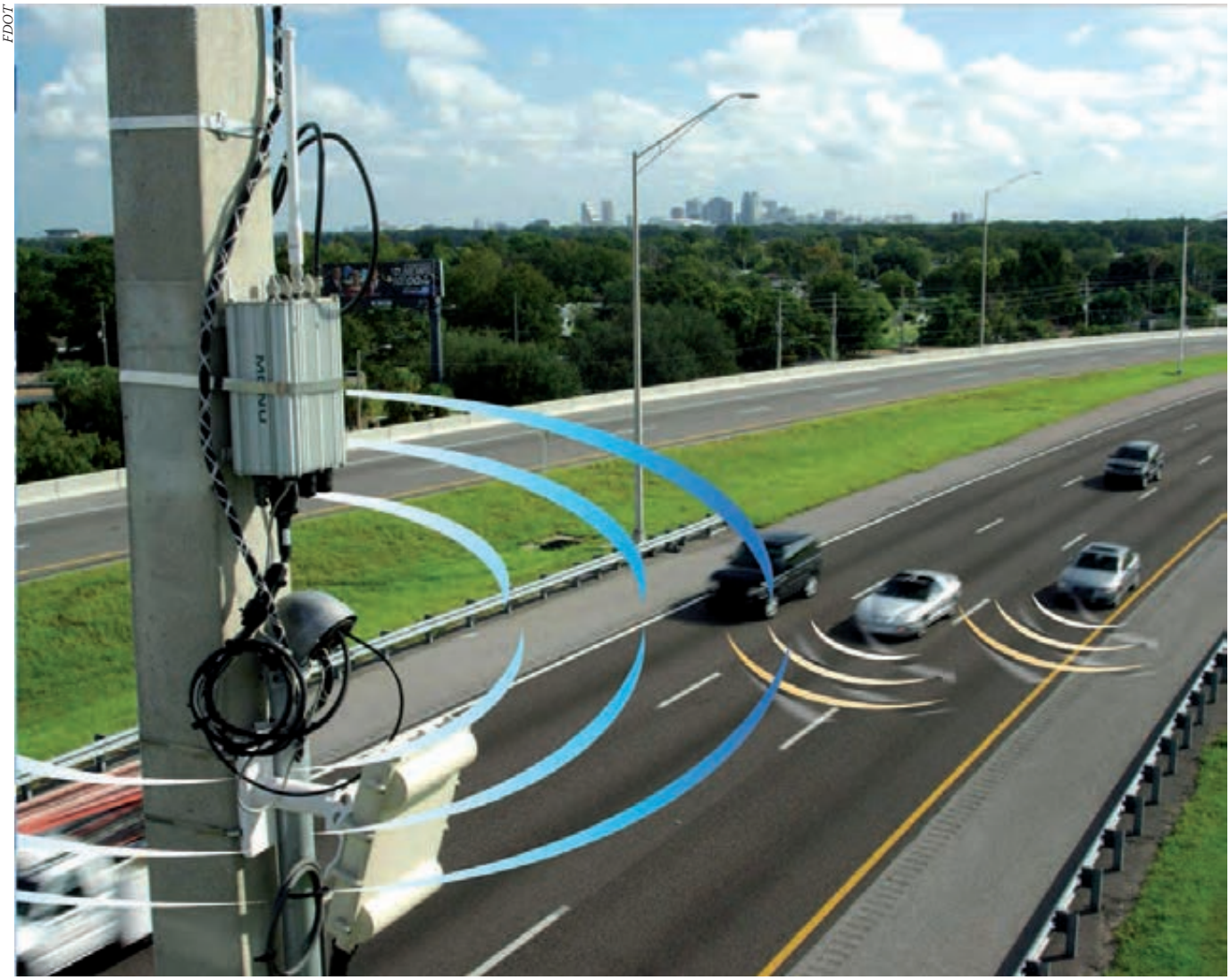
Los centros de control activan los ITS y procesan toda su información.

Algunos desarrollos ITS

Los ITS comprenden una heterogéneo conjunto de soluciones tecnológicas diseñadas para mejorar la seguridad y reducir la congestión en las carreteras. Estos son algunos ejemplos.

- ***Plataformas tecnológicas, con apoyo de radares o satélites**, para la gestión inteligente del tráfico en intersecciones. Recopilan datos (con cámaras y radares) para su análisis y por medio de algoritmos ofrecen las mejores soluciones para la fluidez cuando detectan incrementos de tráfico. Permiten la activación automática de semáforo verde para el transporte público y vehículos de emergencias.*
- ***Sistemas de peaje avanzados para reducir la congestión.** Peaje por satélite (geolocalización mediante GPS de la unidad embarcada del automóvil y cobro automático del importe al acercarse al área de peaje; en pruebas en la circunvalación de Ámsterdam), peaje dinámico en managed lanes (sistema dinámico de precios en vías rápidas construidas en la plataforma de una autopista, variables en función del tráfico y abonable mediante tecnología RFID o vídeo; implantado por Ferrovial en autopistas de Texas).*
- ***Carreteras con marcas viales luminiscentes**, a base de pinturas fluorescentes que se cargan con la luz solar y se iluminan de noche. Forma parte del proyecto Smart Highways, en fase de pruebas en Holanda, que incluye diversas aplicaciones relacionadas con la luz, como las pinturas dinámicas sensibles a la temperatura (a 0º se dibujan copos de nieve en el firme) o las luces interactivas (empleo de sensores para iluminar solo el tramo donde hay vehículos).*
- ***Luces inteligentes para rotondas congestionadas.** Solución a base de luces LED smart instaladas en el firme para limitar la transgresión de carriles en una rotonda multicarril espiral con una IMD de 42.000 vehículos en Inglaterra. El sistema se activa con el semáforo verde, enciende las luces y guía a los automóviles hacia el carril apropiado; cuando el semáforo se pone rojo, las luces de ese tramo se apagan y se iluminan las del siguiente tramo. Un estudio ha destacado que ese sistema ha reducido más de un 50% las transgresiones de carril en esta rotonda, lo que se ha traducido en menos congestión y menos accidentes.*
- ***Detección automática de incidentes**. Instalación en el puente normando de Calix (1,2 km, IMD de 85.000 vehículos) de un avanzado sistema de detección automática de incidentes (DAI) equipado con cámaras de vídeo y un software que jerarquiza automáticamente las incidencias, enviando información precisa para decidir la actuación. Ha reducido a la mitad los 40 minutos empleados hasta ahora en atender las incidencias.*
- ***Señalización dinámica en intersecciones**. La DGT instalará sensores en 45 cruces de carreteras convencionales que, al detectar la presencia de un vehículo en un ramal de acceso, activan un panel luminoso para alertar al conductor que circula por la vía con preferencia de la presencia de otro vehículo en el cruce, llamando su atención y facilitando que modere la velocidad.*

FDOT



El binomio unidades al borde de la carretera-unidades embarcadas a bordo del vehículo, con un flujo continuo de datos entre ambas, constituye el núcleo de los sistemas cooperativos V2I.

Sistemas Cooperativos (C-ITS)

Prácticamente definida la fisonomía de las carreteras del futuro con los nuevos firmes y sistemas ITS, su función como infraestructura inanimada se transformará hacia un nuevo rol de plataforma inteligente de servicios con la implantación de los Sistemas Cooperativos Inteligentes de Transporte (C-ITS), que cambiarán de forma definitiva la forma de conducir en la carretera. Esta evolución de los ITS permite el intercambio de datos de seguridad y operacionales de vehículo a vehículo (V2V), de vehículo a infraestructura (V2I) y de vehículo a otros usuarios (V2X), con importantes beneficios para la movilidad y la seguridad. La interacción V2V, que incorpora nuevas tecnologías de comunicación y sensorización en el vehículo, acapara casi toda la atención, pero es la comunicación V2I la que transformará a la carretera en una infraestructura inteligente que "dialogará" con coches, señales de tráfico y centros de control. Para ello se ha desarrollado una arquitectura formada por unidades al borde de la carretera (con receptor, procesador e interfaz con la red de comunicación V2I) –el nuevo elemento de las futuras vías–, unidades embarcadas en el vehículo y comunicaciones inalámbricas seguras (DSRC, Bluetooth, WiFi, redes móviles GSM, radio SW) entre estos dos elementos y con los centros de control.

Con los C-ITS, un vehículo conectado a un entorno cooperativo percibe su situación mediante sensores embarcados que captan la información (de otros vehículos, de la carretera y del centro de control) y la transmiten a su vez a esos tres elementos, convirtiéndose en un sensor más del sistema. Algo similar ocurre con la carretera, transformada en un sensor que recibe y transmite información. Con todo este caudal de datos se favorece el horizonte temporal y geográfico de la percepción del

usuario, facilitando una conducción más eficiente y segura. Para el gestor de la vía, el flujo continuo de datos infraestructura-vehículo optimiza la gestión de la movilidad y permite gestionar de manera más eficiente la capacidad de las vías. Con la implantación de los C-ITS se pondrán a disposición del usuario múltiples servicios, a base de avisos y alertas en la pantalla de datos del vehículo, el *smartphone* o los paneles en la vía, para mejorar la seguridad, aumentar la eficiencia del transporte y reducir el impacto ambiental.

En los últimos años se han realizado importantes esfuerzos de investigación en sistemas V2I y V2V. Japón, el país más avanzado en sistemas cooperativos, tiene en servicio desde 2011 en gran parte de su red el sistema V2I denominado ITS-Spot, que mediante la interconexión de radiobalizas en la vía y equipos embarcados aporta servicios de guiado dinámico de ruta, apoyo a la conducción (informa sobre obstáculos a una milla de distancia) y abono de peajes. Su objetivo es reducir las víctimas en la carretera a la mitad en 2018. Hace tres años, el Gobierno nipón dio un paso más en el entorno C-ITS con el lanzamiento de la iniciativa SIP-adus, (innovación en conducción automática para servicios universales), que incorporará el vehículo autónomo a los sistemas cooperativos V2V y V2I. La tecnología creada en esta iniciativa de I+D, apoyada por las industrias de automoción y cartográfica, será testada en un gran ensayo a escala real en 300 kilómetros de autopistas entre octubre de 2017 y marzo de 2019. Se espera que la nueva generación de sistemas cooperativos con vehículos autónomos esté lista para las Olimpiadas de Tokio en 2020.

Estados Unidos, por su parte, está desarrollando un Plan Estratégico ITS (2015-2019) que prioriza la implementación de los sistemas cooperativos (V2V,

Servicios C-ITS de la UE

La Comisión Europea tiene previsto alcanzar en 2019 la implantación coordinada de C-ITS en su territorio, lo que permitirá poner a disposición del usuario una serie de servicios cooperativos para mejorar la seguridad en la carretera, la eficiencia del tráfico y el confort en la conducción. En una primera fase (Día 1) se implantarán los servicios más avanzados tecnológicamente y los que presentan mayores beneficios, dejando para una segunda fase (Día 1.5) los que para esa fecha aún no tendrán listas todas las normas y especificaciones. La lista de servicios cooperativos prevista es la siguiente:

Día 1

- *Avisos de circulación lenta o congestionada y avisos sobre el tráfico (V2V)*
- *Avisos de obras en la carretera (V2I)*
- *Condiciones meteorológicas (V2I/V2V)*
- *Luz de frenado de emergencia (V2V)*
- *Vehículo de emergencia aproximándose (V2V)*
- *Señalización en el vehículo (V2I)*
- *Límites de velocidad en el vehículo (V2I)*
- *Incumplimiento de la señalización/seguridad en los cruces (V2I)*
- *Solicitud de señalización prioritaria por parte de los vehículos designados (V2I)*
- *Señal luminosa verde para la velocidad óptima recomendada (V2I)*
- *Datos compartidos por el vehículo (V2I)*
- *Amortiguador de movimientos sísmicos (V2I)*

Día 1.5

- *Información sobre estaciones de repostaje y de recarga para vehículos que usen combustibles alternativos (V2I)*
- *Protección de los usuarios vulnerables de la vía pública (V2X)*
- *Gestión e información de los aparcamientos de la vía pública (V2I)*
- *Información sobre aparcamientos fuera de la vía pública (V2I)*
- *Información sobre aparcamientos disuasorios (V2I)*
- *Navegación conectada y cooperativa para entrar y salir de las ciudades (primer y último kilómetro, aparcamiento, consejos sobre la ruta, semáforos coordinados) (V2V/V2I)*
- *Información sobre el tráfico y enrutamiento inteligente (V2I/V2V)*



SCOOP

Pantallas de datos de servicios cooperativos embarcadas en un vehículo en pruebas en Francia.

MIRA



▪ *Vehículo cooperativo del proyecto comunitario Mira (Mediterranean Innovation and Research Action) en fase de pruebas.*

V2I y V2X) y los avances en la automatización. Como parte de ese Plan, a finales de 2016 el Departamento de Transporte designó tres emplazamientos (Nueva York, Tampa y Wyoming) para desarrollar hasta finales de 2019 el más completo programa piloto federal de sistemas cooperativos a escala real, que probará tecnologías de comunicaciones, dispositivos al lado de la carretera y aplicaciones móviles. También eligió otras 10 localidades para realizar pruebas piloto de sistemas V2I con vehículos autónomos, aunque en circuitos especiales. Con estos ensayos se espera dar un impulso definitivo al vehículo conectado a la infraestructura. Varios Estados de EE UU también desarrollan sus propios programas de pruebas de sistemas cooperativos en carreteras de su competencia. Esta tendencia también se da en otros países de la cuenca del Pacífico (Corea del Sur, China, Australia).

Japón, EE UU y Europa realizan ensayos a gran escala para implantar los sistemas cooperativos

Europa también tiene desde noviembre de 2016 su propia estrategia C-ITS, con la que pretende acelerar las investigaciones, facilitando la convergencia de inversiones y proyectos piloto que garanticen la interoperabilidad en todo el territorio, con la vista puesta en alcanzar la implantación coordinada de C-ITS en 2019. Esta estrategia se apoya en la experiencia de medio centenar de proyectos realizados en esta década (FOTsis, HeERO, Drive C2X, CVIS, el español Siscoga...) con el apoyo de consorcios y financiación compartida por la UE, que han sentado las bases de la tecnología europea de C-ITS. Actualmente hay en marcha varios proyectos nacionales y una nueva generación de proyectos comunitarios, a escala real y de alcance transnacional, algunos con vehículos autónomos, que han desplegado y están testando esta tecnología en varios corredores. Entre ellos destacan los proyectos C-Roads, Intercor, Scoop@F y el corredor C-ITS Rotterdam-Frankfurt/Múnich-Viena, con tecnologías V2I desplegadas en más de 1.200 kilómetros de autopista en los tres países. De culminar con éxito este esfuerzo de investigación, la UE estará lista en dos años para el despliegue masivo de sistemas C-ITS, lo que beneficiará al usuario (conductor y peatón) con unos servicios cooperativos que están llamados a jugar un papel relevante en la lucha contra los problemas de congestión, consumo de energía y emisiones en las carreteras europeas del mañana. Un futuro que cada vez está más cerca.

Bibliografía

- AGUILAR, Manuel. *Carreteras Modernas.* ROP (Revista de Obras Públicas), año 1.926, tomo 2467.
- AGUIRRE ANDRÉS,Antonio. *El servicio de maquinaria del CNFE.* ROP. Año 1.932, tomo 2601.
- DE ALZOLA Y MINONDO, Pablo: *Historia de las Obras Públicas en España.* Editorial Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1979.
- BAHAMONDE, A; MARTÍNEZ, G., y OTERO, L.E.: *Las comunicaciones en la construcción del Estado Contemporáneo de España. 1700-1936.* Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Madrid, 1993.
- BARRENA OSORO, Elena: *Los caminos medievales y sus precedentes romanos.* IV Semana de Estudios Medievales de Nájera. 1993.
- BORRAJO SEBASTIÁN, Justo y RUBIO ALFÉREZ, Jesús: *La planificación de carreteras en España.* Revista de Coyuntura Económica. Madrid, 1.987.
- CÁMARA, Alicia: *Los ingenieros militares de la Monarquía Hispánica en los siglos XVII y XVIII.* Fernando de Villaverde Ediciones. 2005
- CARRILLO DE ALBORNOZ Y GALBEÑO, Juan: *Los Caminos Reales, origen de la red moderna de carreteras españolas y su relación con los ingenieros militares.* Academia de Ingenieros del Ejército, año 2.006.
- CORONADO TORDESILLAS, José María y GARMENDIA ANTÍN, Maddi: *Las carreteras y el planeamiento, una relación imperfecta.* Universidad de Castilla-La Mancha. Escuela de Ingenieros de Ciudad Real. Año 2.007.
- CORONADO TORDESILLAS, José María y RODRÍGUEZ LÁZARO, Francisco Javier: *Geometría de las carreteras y del territorio. U*niversidad de Castilla-La Mancha. Departamento de Ingeniería Civil y Edificación. Año 2.008.
- DIAGO HERNANDO, Máximo; LADERO QUESADA, Miguel Ángel: *Caminos y ciudades en la España de la Edad Media al siglo XVIII, vol. 32.* 2009. Universidad Complutense de Madrid, año 2009.
- DOADRIO LÓPEZ, Leopoldo: *Cincuenta años de gestión de la Dirección General de Carreteras.* ROP. Año 1.973, tomo 3097.
- FONSECA GARCÍA, José Manuel y ALONSO TRIGUEROS, José: *De las calzadas a los firmes del siglo XIX. Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción.* CEHOPU. Burgos, 2007.
- FRANCO SÁNCHEZ, Francisco: *La caminería en Al Ándalus (s. VIII-XV). Consideraciones metodológicas, históricas y administrativas para su estudio.* Transportes, Servicios y Telecomunicaciones, nº 9. Diciembre 2006.
- FRAX, Esperanza y MADRAZO, Santos: *El transporte por carretera en los siglos XVIII-XX.* Universidad Autónoma de Madrid, año 2.002.
- GOZALBES CRAVIOTO, Enrique: *Una aproximación al estudio de las vías en la Hispania visigótica. Actas del II Congreso Internacional de Caminería Hispánica.* AACHE Ediciones. 1987.
- GONZÁLEZ RODGERS, Miguel Ángel: Miguel Primo de Rivera y Orbaneja (1923-1930). *Proyección sobre su arquitectura civil. Actas del I Congreso Nacional de Historia de la Construcción.* CEHOPU. Madrid, 1.996.
- GONZÁLEZ TASCÓN, Ignacio; VELÁZQUEZ, Isabel: *Ingeniería romana en Hispania. Historia y técnicas constructivas.* Fundación Juanelo Turriano. Madrid, 2005.
- JACOBSON, Maximiliano: *Los firmes de carretera.* ROP, año 1.929, tomo 2528.
- *Ley de Bases del ordenamiento ferroviario y carreteras de fecha 24/01/1941.* BOE del 28.01.1941.
- *Ley de Bases 26/1960.* BOE nº 307 de fecha 23.12.1960.
- MARTINO,Eutimio: *La huella de las legiones. Roma contra cántabros y astures.* Ed. Autor. León, 2003.
- MENÉNDEZ PIDAL, Gonzalo: *España en sus caminos.* Caja de Madrid.1992.
- MORENO GALLO, Isaac. *Vías romanas. Ingeniería y técnica constructiva.* Cedex-CEHOPU. Madrid, 2004.
- NARDIZ ORTIZ, Carlos: *Las primeras carreteras modernas. El trazado y la construcción de los Caminos Reales en el siglo XVIII.* Actas del I Congreso Nacional de Historia de la Construcción. CEHOPU, 1996.
- DE ORTUETA HILBERACH, Elena: *Modelos de casillas de peones.* Actas del III Congreso Nacional de la Construcción. CEHOPU. Sevilla, Año 2.000.
- PARDO, Manuel: *Carreteras. Manual de la Escuela de Ingenieros.* Madrid, 1.892.
- PEÑA BOEUF, Alfonso: *Instrucción de Carreteras.* Ministerio de Obras Públicas. Burgos, 1.939.
- PHILLIPS, Pamela: *El Camino Ilustrado del Viaje a las Sierras y Castilla la Vieja.* Universidad de Puerto Rico-Río Piedras, 2011.
- REGUERA RODRÍGUEZ, Antonio T: *Los Apuntamientos del Padre Martín Sarmiento sobre la construcción de la red radial de caminos reales en España.* Universidad de León, año 1998.
- ROLDÁN HERVÁS, José Manuel; CABALLERO CASADO, Carlos: *Itinera Hispania.* Estudio de las vías romanas en Hispania a partir del Itinerario de Antonino, el Anónimo de Rávena y los Vasos de Vicarello.
- ROP (Revista de Obras Públicas). Plan General de Carreteras, *Ley de fecha 22/07/1857.* Año 1.860, tomo 18 y siguientes.
- ROP. Plan General de Carreteras, *Ley de fecha 13/04/1877* y Reglamento, año 1.877, tomo 14.
- ROP. Plan General de Carreteras, *Ley de fecha 22/07/1857.* Año 1.860, tomo 18 y siguientes.
- ROP. Plan General de Carreteras, *Ley de fecha 13/04/1877* y Reglamento. Año 1.877, tomo 14.
- ROP. Carreteras. Año 1.898, tomo 1180.
- ROP. Circuito de Firmes Especiales. Redacción . Año 1.927, tomo 2471.
- RUIZ BEDÍA, María Luisa y FERRER TORÍO, Rafael: *El Camino Real de Reinosa.* Primera autopista de acceso a la Meseta. Año 2001.
- SALAVERA CARRIÓN, Manuel: *Caminos Vecinales.* Tarragona, diciembre de 1.855. Publicado en la ROP del año 1855, tomo 3.
- SÁNCHEZ REY, José Agustín: *Los Caminos en España hacia 1750 y los medios para su financiación*, según el informe de la época del ingeniero Roncali. ROP 1996, tomo 3360.
- SOLANA SÁINZ, José Mª; SAGREDO SAN EUSTAQUIO, Luis: *La red viaria romana en Hispania, siglos V-IV d. de C.* Universidad de Valladolid, 2006.
- URIOL SALCEDO, José Ignacio. *Apuntes para una historia del transporte en España. Los viajes por la posta en el siglo XVIII y en los primeros años del siglo XIX.* ROP. Noviembre, 1977.
- URIOL SALCEDO, José Ignacio: *Historia de los Caminos de España.* Editorial Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de España. Madrid, 2001.
- Varios Autores: *Hispania, el legado de Roma. En el año de Trajano.* Ministerio de Educación y Cultura. Madrid, 1999.
- Varios autores: *Viaje por la historia de nuestros caminos.* FFCC. 1997.
- WAIS SAN MARTÍN, Francisco: Planes de *Desarrollo. Recuerdo a Bernardo Ward y sus caminos.* ROP. Año 1963, tomo 2981.



RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN

Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.





PVP: 10 €

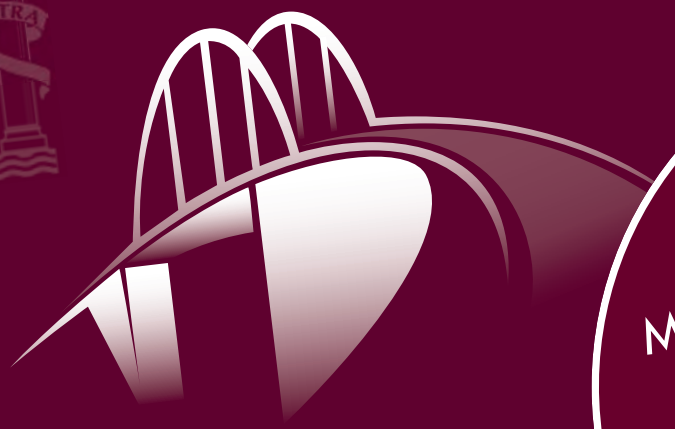
GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

2017

Mapa Oficial de Carreteras©

ESPAÑA



GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

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*



También en el DVD:

1112 Espacios Naturales Protegidos
152 Rutas Turísticas
117 Vías Verdes

Edición 52
P.V.P.: 22,74€

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, Extra Julio-Agosto 2017. Nº 674**

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

Año de edición: 2017

Características Edición:
1ª edición electrónica: octubre 2017
Formato: PDF
Tamaño: 23 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): 3€

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.



Revista del Ministerio de

Fomento

Septiembre 2017 Nº 675 3€

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO



Cale del túnel de Olesa en la B-40

Ampliación del muelle España del puerto de Ceuta

Nueva variante de la A-33 en La Font de la Figuera

La Agenda Urbana impulsa ciudades más sostenibles







Revista del Ministerio de

Fomento

Julio-Agosto 2017 • Nº 674 • 6 €





Historia de los caminos y carreteras en España







MONOGRÁFICO
Julio-Agosto 2017

PVP: 6 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

Contenido

Director de la Revista: Antonio Recuero.
Maquetación: Aurelio García.
Secretaria de redacción: Ana Herráiz.
Archivo fotográfico: Vera Nosti.
Portada: DCE Cataluña.
Elaboración página web: www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
Suscripciones: 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos).
Colaboran en este número: Marián Campra García de Viguera, José Ignacio de Grado. Pepa Martín Mora, Javier R. Ventosa y Julia Sola Landero.
Comité de redacción: Presidencia: Rosana Navarro Heras. *(Subsecretaria de Fomento).*
Vicepresidencia: Alicia Segovia Marco. *(Secretaria General Técnica).*
Vocales: *Patricia Crespo González (Directora de Comunicación),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora 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),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Regina Mañueco del Hoyo *(Directora del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director 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.

CARRETERAS
02
Avances en el Vallés
La construcción del tercer tramo de la B-40, la obra de carreteras más importante de Cataluña





PUERTOS
10
Integrado en la ciudad
El puerto de Ceuta amplía sus instalaciones

CARRETERAS
16
Adiós travesía, adiós
La variante de la A-33 elimina el paso de 14.000 vehículos/día por la Font de la Figuera





URBANISMO
22
Por unas ciudades más sostenibles
Fomento promueve la Agenda Urbana española

28. Escuchando el universo
El Observatorio de Yebes acoge el Centro de Desarrollos Tecnológicos del IGN y realiza observaciones avanzadas

36. Ventanilla con vistas
Recorrido circular en tren por las dos vertientes pirenaicas y el corazón de La Cerdanya

42. Monumental transformación
Cuarto Centenario de la Plaza Mayor

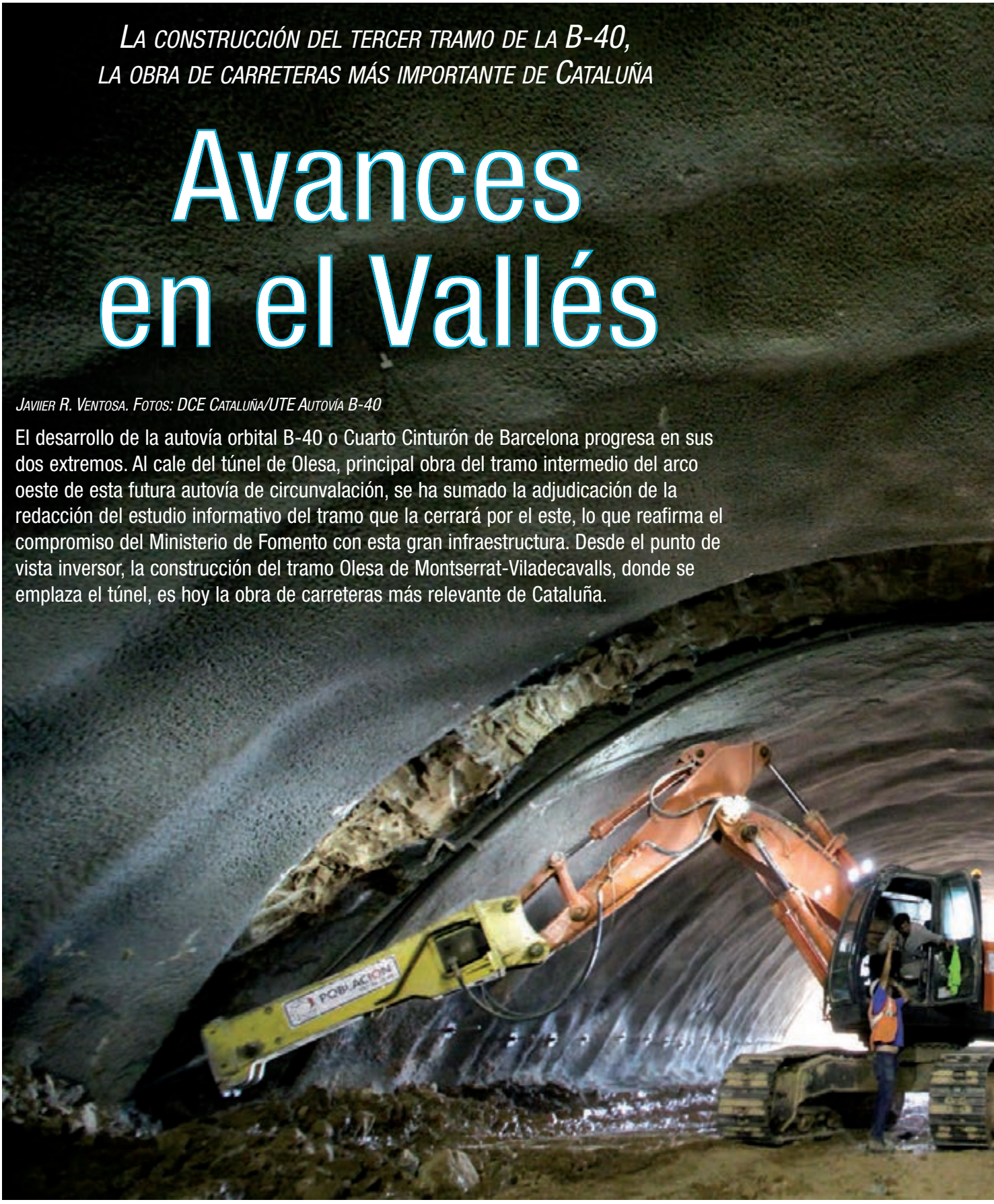
50. Hecho a escala
Una exposición de maquetas históricas rememora las obras públicas más singulares

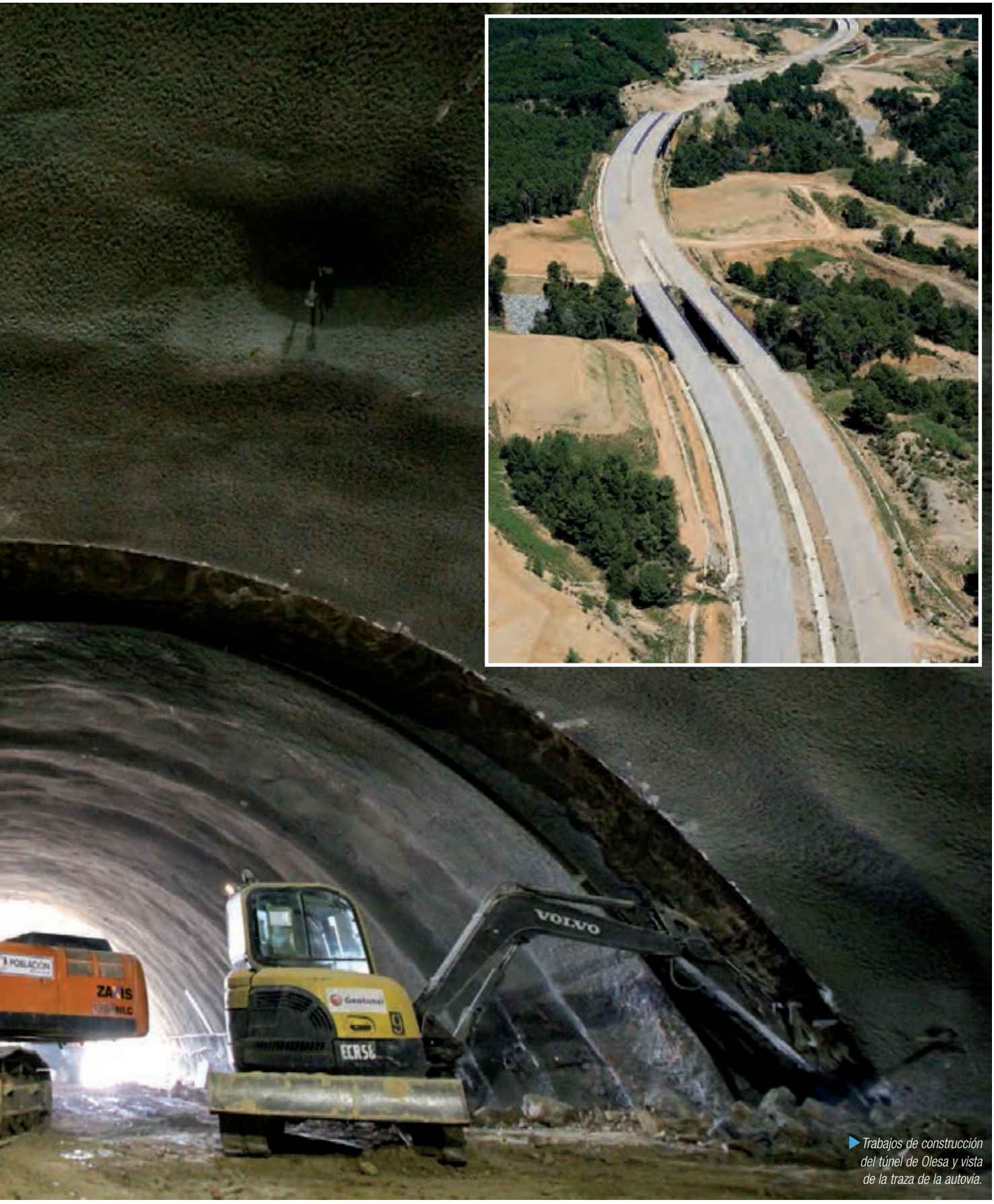
La construcción del tercer tramo de la B-40, la obra de carreteras más importante de Cataluña

Avances en el Vallés

Javiier R. Ventosa. Fotos: DCE Cataluña/UTE Autovía B-40

El desarrollo de la autovía orbital B-40 o Cuarto Cinturón de Barcelona progresa en sus dos extremos. Al cale del túnel de Olesa, principal obra del tramo intermedio del arco oeste de esta futura autovía de circunvalación, se ha sumado la adjudicación de la redacción del estudio informativo del tramo que la cerrará por el este, lo que reafirma el compromiso del Ministerio de Fomento con esta gran infraestructura. Desde el punto de vista inversor, la construcción del tramo Olesa de Montserrat-Viladecavalls, donde se emplaza el túnel, es hoy la obra de carreteras más relevante de Cataluña.





Trabajos de construcción del túnel de Olesa y vista de la traza de la autovía.



Más de 60.000 vehículos diarios es el importante volumen de tráfico previsto por las estimaciones oficiales para el tramo de autovía Olesa de Montserrat-Viladecavalls una vez haya entrado en servicio en el segundo semestre de 2019. Se trata del segmento intermedio de los tres que forman el arco oeste de la autovía orbital B-40 o Ronda del Vallés, un cinturón viario de alta capacidad en fase de desarrollo que circunvalará la Ciudad Condal de este a oeste y que en un futuro cercano está llamado a jugar un papel fundamental para mejorar la movilidad y reducir la congestión del área metropolitana de Barcelona (5,5 millones de habitantes).

El proceso de construcción de la B-40 registró en el mes de junio sendos hitos en sus dos extremos: en el oeste, el cale del túnel de Olesa, principal obra del tramo Olesa de Montserrat-Viladecavalls, que fue presenciado *in situ* por el ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, junto a los alcaldes de los municipios cercanos por donde discurre la autovía, y que supone un nuevo avance en esta obra, cuyo grado de ejecución supera el 60%; y en el este, la adjudicación del contrato para la redacción del estudio informativo del tramo Terrassa-Granollers, el más largo de la autovía, con el que quedará cerrada por el este, y que constituye un paso indispensable para proceder a su futura ejecución. Son noticias importantes para el desarrollo de una gran infraestructura que, tras una temporada inactiva, relanzó su construcción en abril de 2015.

Cierre del arco oeste

Con el cale del túnel de Olesa se da un paso importante en la construcción de un segmento que es imprescindible para dar continuidad a los dos tramos de la B-40 situados en sus extremos (Abrera-Olesa de Montserrat y Viladecavalls-Terrassa), en explotación desde 2010. Cuando este tramo esté finalizado se cerrará el arco oeste de la B-40, dando plena funcionalidad a los tres tramos que lo componen y conformando un nuevo itinerario de alta capacidad que permitirá circular entre la autovía del Nordeste (A-2) en Abrera y la autopista au-

Zona donde se ubicará el enlace de Viladecavalls, final del tramo, con varias estructuras en ejecución junto a la autopista C-16. Al fondo, la ciudad de Terrassa.



▶ *Cale del tubo 1 del túnel de Olesa, la actuación más compleja del tramo.*

tonómica C-16 en Terrassa. Según un estudio de la fundación privada Institut Cerdá, la finalización del arco oeste (Abrera-Terrassa) generará un impacto económico de 252 M€ a medio y largo plazo en la economía catalana, ofreciendo competitividad al tejido industrial y ahorrando costos logísticos (6 M€ anuales) y emisiones de CO_2 al medio ambiente (6.700 toneladas anuales) al reducir el tiempo y los kilómetros de desplazamiento. También evitará 6,5 accidentes de tráfico cada año.

La construcción del tercer tramo de la B-40, cuyo presupuesto de ejecución asciende a 150 M€ (la inversión total asciende a 162 M€), es hoy en día la obra de carreteras presupuestariamente más importante en Cataluña, superando a una actuación tan destacada como la variante de Vallirana en la N-340; también pone de manifiesto el compromiso del Ministerio de Fomento con la modernización de las infraestructuras viarias de esta comunidad autónoma, a las que destinará más de 850 M€ en los próximos cuatro años. La obra, dirigida por la Demarcación de Carreteras del Estado en Cataluña, está siendo ejecutada por la UTE Autovía B-40 (Acciona Construcción, Comsa y Copisa), el control y vigilancia de la obra corre a cargo de la ingeniería TPF Getinsa Euroestudios y la redacción del proyecto ha correspondido a Payject XXI y Payma Cotas.

Características, trazado y estructuras

El tramo Olesa de Montserrat-Viladecavalls se desarrolla entre la ribera oriental del río Llobregat y la autopista autonómica Terrassa-Manresa (C-16) a lo largo de 6.160 metros, por terrenos de los términos municipales de Abrera, Viladecavalls, Olesa de Montserrat y Terrassa, destacando como principales obstáculos orográficos la sierra d'en Ribes, atravesada con un túnel bitubo, y diversos barrancos y rieras, que son salvados mediante viaductos dobles. Como características geométricas, el trazado presenta un radio mínimo de 720 metros y una pendiente máxima del 5%, siendo la velocidad de proyecto de 100 km/h. La sección de la autovía estará compuesta por dos calzadas separadas, de tres carriles cada una, con arcén exterior de 2,5 metros e interior de 1,0 metros.



La mayor parte del tramo central está actualmente ejecutado, con el movimiento de tierras completado, la traza definida y el pavimento ejecutado al 80%, según datos del mes de julio. La sección del firme, apoyada en una explanada E-3 y en 30 cm de suelo estabilizado, está formada por una subbase de 30 cm de suelo cemento y 25 centímetros de mezclas bituminosas en caliente (15 cm del tipo G-25 para la capa base, 7 cm del tipo D-20 para la capa intermedia y 3 cm del tipo M.10 para la capa de rodadura).

Unidades de obra

Excavaciones	2.450.010 m^3
Rellenos	914.394 m^3
Suelo estabilizado con cemento	71.306 m^3
Suelo cemento	71.407 m^3
Suelo adecuado en explanada	79.154 m^3
Mezclas bituminosas	128.763 Tn
Hormigón estructural	77.163 m^3
Acero corrugado B500 SD	6.245.103 kg
Vigas prefabricadas	4.816 m



▶ *Bocas del túnel de Olesa en el lado Terrassa.*

Las estructuras del tramo central ya están terminadas. Se trata de cuatro viaductos dobles que salvan varios barrancos, con longitudes de 191,4; 146; 93,8 y 171,4/118,4 metros. Los tres primeros constan de dos tableros independientes, con anchura de 15 metros, formados por vigas prefabricadas artesa –de 1'90 a 1,60 metros de ancho– y pilas rectangulares de alturas entre 17 y 42 metros, siendo la cimentación profunda en dos casos y profunda y directa en el tercero. La cuarta estructura, que atraviesa la riera de Sant Jaume, está constituida por dos tableros independientes formados por una losa aligerada postesada, construida mediante cimbra, de 15 metros de ancho y canto variable de entre 1,20 y 2,10 metros, con pilas rectangulares de entre 13 y 24 metros de altura. En este caso la cimentación es profunda y directa.

Al final del tramo se sitúa uno de los puntos de mayor actividad de la obra, el enlace de Viladecavalls entre la B-40 y la autopista C-16. Se trata de un enlace en tres niveles de altura que consta de ramales y dos vías colectoras para la canalización y distribución del tráfico de la B-40 con las autopistas C-16 y C-58 existen-



Estructura E8, de 146 metros de longitud, ya terminada.

tes a la altura de Terrassa, permitiendo diversos movimientos (Olesa-Sabadell, Sabadell-Olesa, Olesa-Manresa y Manresa-Olesa). Estas vías colectoras discurren paralelas a la C-16 en ambos sentidos de la circulación en una longitud de 3,1 kilómetros cada una. También se procede a reordenar el enlace existente de Can Trías, que conecta por la margen norte con la malla urbana de Terrassa. A mediados de julio pasado el enlace de Viladecavalls estaba ejecutado en gran parte, con nueve de las 14 estructuras de que consta ya terminadas. Entre ellas destaca la estructura que permitirá a la B-40 cruzar la C-16 por debajo hasta conectar con el siguiente tramo de la autovía orbital, formada por cuatro tableros correspondientes a las dos calzadas de la C-16 y a las dos vías colectoras.

El túnel de Olesa

En el extremo opuesto se ubica el otro gran elemento del tramo y su punto de mayor complejidad, el túnel de Olesa. Se trata de un subterráneo formado por dos tubos gemelos de 1.250 metros de longitud cada uno, sección de 186 m^2 y pendiente longitudinal del 3%, co-

Desarrollo del Cuarto Cinturón

La autovía orbital o Cuarto Cinturón de Barcelona (B-40) es una infraestructura de alta capacidad en fase de desarrollo que comunicará la autovía del Nordeste (A-2) en Abrera con la autopista del Mediterráneo (AP-7) al este de Granollers, en la provincia de Barcelona. Este arco, de unos 50 kilómetros de longitud, circunvalará por el norte la Ciudad Condal, conformando un nuevo itinerario que vertebrará las comarcas del Baix Llobregat, Vallés Occidental y Vallés Oriental (que suman más de 2,1 millones de habitantes y el 27% del PIB de Cataluña), extendiéndose hasta el litoral del Maresme a través de la autovía C-60. La futura autovía, también denominada Ronda del Vallés, se configura como un eje fundamental para la movilidad en el área metropolitana de Barcelona, ya que su apertura permitirá aliviar la congestión del Tercer Cinturón (AP-7/B-30).

La B-40 tiene actualmente en desarrollo la parte oeste del arco entre Abrera y Terrassa, con los dos tramos de sus extremos en servicio (Abrera-Olesa de Montserrat y Viladecavalls-Terrassa, que suman 8 kilómetros) y el central en ejecución (Olesa de Montserrat-Viladecavalls, de 6,5 kilómetros). Para finalizar esta infraestructura, el Ministerio de Fomento dio el pasado mes de junio un paso decisivo con la adjudicación del contrato para la redacción del estudio informativo del tramo entre Terrassa y Granollers (35 kilómetros), que cerrará el arco por el este. El estudio, que deberá definir y comparar las diferentes alternativas de trazado, ha fijado un presupuesto de 403 M€ para esta obra. El futuro tramo comunicará la tercera (Terrassa, 215.000 habitantes) y quinta (Sabadell, 208.000) ciudades más pobladas de Cataluña y articulará las comunicaciones de la parte central del Vallés Occidental, comarca con un importante tejido empresarial especializado en el campo de la investigación, la innovación y el conocimiento, que alberga numerosos polígonos industriales.



La construcción del túnel de Olesa supone más del 50% del presupuesto de obra del tramo.

nectados entre sí por cuatro galerías de emergencia, que albergarán tres carriles por tubo, ampliables a cuatro. Ambos tubos se ejecutan simultáneamente, avanzando desde el lado Terrassa hacia Abrera, aunque lo hacen con un cierto decalaje: el túnel 1 (izquierdo) se caló en avance el pasado junio y ha completado el 60% de la destroza, mientras que en el túnel 2 faltan unos 200 metros para calar en avance (previsto en un plazo de dos meses) y está completado el 50% en destroza, según datos del mes de julio.

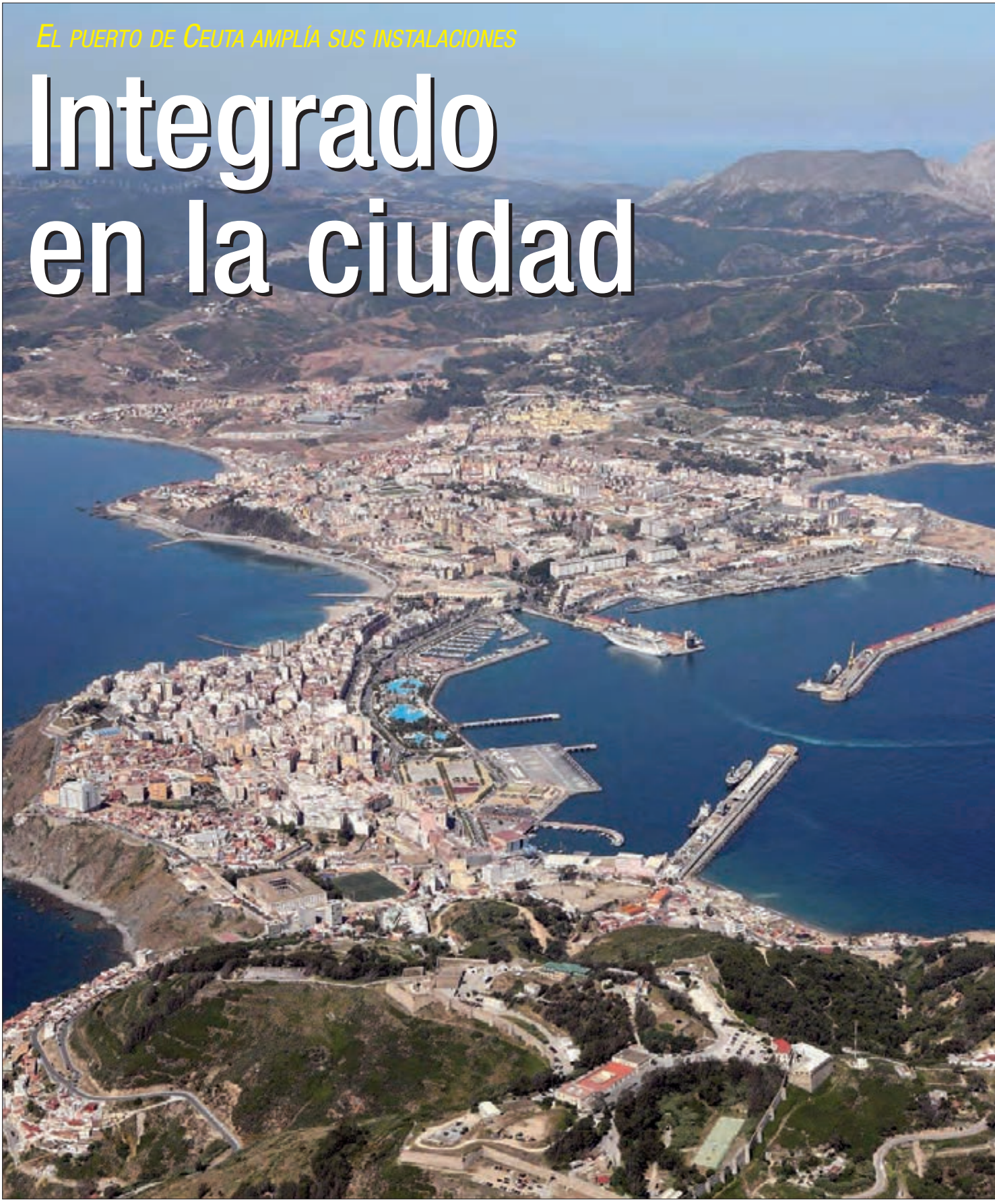


El método de excavación, a través de terrenos que alternan argilitas, limolitas y areniscas con capas cementadas de conglomerados, es el convencional con medios mecánicos, con la particularidad de que la destroza (dividida en cuatro fases: destroza central, hastial izquierdo, hastial derecho y contrabóveda) se construye simultáneamente a la ejecución de los trabajos de avance. "El método elegido difiere algo del nuevo método austriaco, en el que el sostenimiento se diseña a partir de lo que se mueve la montaña", explica Ramón Juanola Subirana, director de la obra. "En nuestro caso –prosigue– se diseñó en proyecto el sostenimiento a partir de la calidad esperada del terreno y en función de la altura de montera (hasta 108 metros) se diseñaron cuatro soluciones de sostenimiento". De esta forma, se han ejecutado cuatro secciones distintas de sostenimiento, con un espesor que varía entre 40 y 55 centímetros de hormigón proyectado y cerchas metálicas del tipo HEB 160 o HEB 180. Cuando concluya la excavación se procederá al revestimiento definitivo de los tubos con hormigón en masa y al equipamiento con modernos sistemas para su explotación (ventilación, iluminación, monitorización, instalaciones contra incendios…).

A lo largo del tramo está prevista la implantación de diversas medidas destinadas a corregir o minimizar el impacto medioambiental de la obra. Entre las más relevantes figuran la construcción de 3.002 metros de pantallas acústicas, el extendido de 286.531 m^3 de tierras vegetales y la ejecución de 32 válvulas de salida de fauna.

El puerto de Ceuta amplía sus instalaciones

Integrado en la ciudad





Marián Campra García de Viguera. Fotos: AP Ceuta

El puerto ceutí, histórica conexión entre los continentes europeo y africano, está viviendo una de sus mayores transformaciones: nuevos accesos y mejoras en los atraques son algunas de las obras acometidas recientemente, entre las que destacan las llevadas a cabo en el muelle España, que han permitido la recepción de buques de mayor calado así como una mejor integración puerto-ciudad.

A todo lo largo del pasado año, la Autoridad Portuaria de Ceuta ha continuado renovando sus instalaciones con una serie de actuaciones especialmente dirigidas tanto a mejorar sus accesos a la ciudad como las condiciones de atraque para los buques de mayor eslora y calado; y los resultados han comenzado a ser apreciables, registrándose ya una mejora en la gestión de los distintos tráficos: escalas de cruceros, avituallamiento y movimientos de mercancías, contenedores, etc.

Mejoras portuarias

Todas estas obras han supuesto una inversión próxima a los cinco millones de euros y la mayoría de ellas están finalizadas, mientras que otras irán concluyendo en lo que resta de este año 2017. Entre las actuaciones más importantes, cabe destacar de manera especial las realizadas en el muelle España, destinadas a mejorar el atraque adosado a la tercera alineación en el dique de Poniente, que permiten ya el amarre de buques de más calado y eslora, como los destinados hoy al transporte de graneles líquidos. Estas obras han tenido como principal objetivo dotar al dique de una nueva superficie de atraque de 65,70 m de longitud, constituida por dos cajones prefabricados de hormigón especialmente diseñados para acoger la recepción de buques de gran porte. Ambos cajones, de 32,80X12,55 m, construidos en la dársena de Escombreras del puerto de Cartagena, llegaron remolcados entre enero y febrero al puerto ceutí y, una vez en la posición elegida, fueron fondeados y fijados con éxito al dique. Gracias a ello se ha podido obtener una nueva cota de calado de 13 m de profundidad, frente a los 10 m de que se disponía anteriormente.

Este nuevo atraque se ha dotado también de una pasarela de acceso de 9,50 m de longitud y 9,60 m de anchura, resuelta mediante placas alveolares pretensadas



Paso de un crucero por la bocana del puerto.

y pilotes de hormigón armado de un metro de diámetro. Además de ello se han construido también unas nuevas galerías de servicio para esta área, renovándose todas aquellas destinadas a acoger los distintos suministros –agua, luz, comunicaciones-, asimismo se han reforzado las condiciones de seguridad en los amarres y se ha procedido a reparar el tablero del muelle Don Juan de Borbón antes Cañonero Dato–, y a la pavimentación de aceras en la rampa este de acceso al puerto, en las confluencias del antiguo hospital de la Cruz Roja y la zona de Alfau.

Otra actuación importante llevada a cabo por la Autoridad Portuaria de Ceuta y que ha significado un cambio espectacular, tanto por su impacto en la reordenación de los espacios dentro del recinto –ahora más accesibles e integrados en la ciudad–, como por su repercusión a largo plazo en los flujos de visitantes y residentes, es la llevada a cabo en la avenida central del muelle España y sus espacios adyacentes.

Este emblemático muelle es el primero que se ve frontalmente cuando se accede al puerto desde la ciudad, y junto a él discurren los flujos de gente, bien procedentes o de retorno hacia el área metropolitana. Se trata también de la zona por la que transitan los turistas llegados tanto de los cruceros en escala como de aquellos otros visitantes que acuden a Ceuta a bordo de alguno de los ferris y catamaranes que a diario conectan con la península. Es, pues, un núcleo vital de conexión entre el puerto y la ciudad, cuya ocupación anterior, a cargo de almacenes y viejos tinglados de navieras, daba lugar a un efecto pantalla de resultados negativos, pues interfería y dificultaba en los flujos de vehículos y personas.

Más accesible

Por ello se procedió primero al traslado de los almacenes con actividad hacia otras zonas del puerto y a la posterior demolición de las construcciones. Y tras esas intervenciones se ha configurado una nueva zona de tránsito que ha permitido segregar las zonas de paso de peatones –que ahora cuentan con paseos diferenciados–, de las de vehículos, con carriles direccionales bien asfaltados y zonas de aparcamiento para autobuses y otros servicios públicos de transporte. En la zona, con una superficie total de unos 4.200 m^2, se ha renovado también el alumbrado, y en el área de uso peatonal se

Tráfico de cruceros

Número de escalas

Puertos	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ceuta	10	10	8	8	4	15

Número de cruceristas

Puertos	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ceuta	4.899	6.088	4.607	4.235	1.587	19.456



▶ *Escala de un crucero en el dique de Poniente y, debajo, aspecto del acceso principal al muelle España tras su remodelación.*

han construido pequeños parterres ajardinados y sendas pérgolas que deparan a los peatones un buen refugio de sombra para los días más soleados.

Todo ello ha facilitado que en la actualidad la imagen del legendario muelle España no solo haya cambiado, sino que los espacios a su alrededor sean mucho más operativos, al tiempo que se ha generado un nuevo espacio más favorable para el esparcimiento y uso ciudadano. Las ventajas han resultado por tanto dobles: por el lado mar se han mejorado de manera considerable las condiciones de atraque de buques, incluyendo a los cruceros, un tipo de turismo que se desea especialmente potenciar por el valor añadido que supone para la ciudad, y por el lado de tierra se ha logrado una mayor integración urbana.



Por otra parte, y ya del lado ciudad, también se han efectuado varias actuaciones encaminadas a mejorar el acceso desde los distintos viales situados frente a la verja porticada que sirve de referencia de entrada al muelle España, ampliándose el radio de la glorieta y ensanchándose las aceras del bulevar.

Incremento de cruceros

El tráfico de crucero que recala en este muelle, cuya remodelación adquiere ya forma definitiva, viene creciendo en estos últimos años. Ceuta es una de las pocas ciudades portuarias donde el atraque de los cruceros se encuentra a apenas cinco minutos caminando del centro de la ciudad. En Ceuta todo está cerca y a mano. El turista que llega en crucero, o el pasajero que lo hace en ferry, se sumerge casi de inmediato en su casco histórico, al tiempo que puede contemplar una de las mejores vistas marítimas, con el estrecho de Gibraltar en el horizonte o las murallas y puentes centenarios abrigando la ciudad.

Pero antes, lo primero que verá el visitante nada más descender del barco será un edificio muy representativo de la arquitectura modernista ceutí, actual emplazamiento del Museo y Archivo del Puerto. Se trata de una



▶ *La ampliación del dique de Poniente ha permitido el atraque de cruceros de gran porte.*

Los tráficos siguen creciendo

El tráfico relacionado con el avituallamiento es el que más ha crecido en el puerto ceutí, de modo que, durante el pasado año 2016, se movieron en la ciudad unas 513.964 toneladas, un 15% más que en el mismo periodo del año anterior. Este tipo de tráfico se ha visto incrementado tras la puesta en marcha de más y mejores medios para ofrecer avituallamiento a los buques que transitan por el Estrecho.

El tráfico de mercancías también sigue en constante crecimiento. Los graneles líquidos (combustibles y derivados petrolíferos) se situaron en 849.000 tn, con un incremento del 35 % en 2016; los sólidos crecieron igualmente un 22%, situándose cerca de las 22.000 tn, y el tráfico de contenedores aumentó casi otro 20% en 2016, pasando de las 18.100 unidades de 2015 a lograr casi 22 mil en 2016. Por el contrario, el tráfico de pasajeros experimentó una ligera bajada del 2,78 % de viajeros en la línea entre Ceuta y Algeciras, situándose en 1.932.483 pasajeros y 350.000 vehículos en 2016.

construcción singular, cuyas formas evocan los perfiles de un barco, de casi un siglo de antigüedad. Proyectado por el arquitecto Manuel Latorre y construido en 1929, era la antigua sede de la Autoridad Portuaria y en la actualidad acoge todo tipo de actividades culturales, como exposiciones, conferencias, etc., por lo que se ha convertido en un importante espacio de encuentro para los ceutíes, siendo también desde que se levantó el edificio uno de los mejores enclaves de la ciudad por su ubicación.

En el año 2016 fueron un total de 15 cruceros los que arribaron al puerto ceutí, con una escala estimada en cerca de 20.000 personas, cifra que significó todo un récord para una anualidad, frente a los 1.500 cruceristas registrados en el año 2015. Gracias en buena medida a las reformas llevadas a cabo en el muelle España, ha sido posible ya que grandes buques como el "Oosterdam", de la naviera Holland America Line, o el "Arcadia", de la naviera P&O, hicieran escala el pasado año, convirtiéndose en los de mayores dimensiones



Vista general del puerto y del paseo peatonal del muelle España tras su remodelación.

que han atracado en el citado muelle hasta el momento. La Autoridad Portuaria, de común acuerdo con el Gobierno de la Ciudad Autónoma y empresarios del sector turístico y de servicios, proyectan seguir potenciando las cualidades de Ceuta como un excelente puerto de escala, adecuado a la situación actual del mercado y con una larga serie de atractivos turísticos a los que se añaden sus ventajas impositivas y un régimen especial fiscal (excepción del I.V.A.) en una ciudad europea. Igualmente, la Autoridad Portuaria de Ceuta ha desarrollado acciones para mejorar la calidad de los servicios prestados al pasajero y, con el fin de materializar esta política, ha elaborado un "Plan de calidad de servicio al pasajero" con un horizonte inicial de cuatro años, desde el 2015 al 2018.



La reordenación de espacios en el muelle España ha redundado en una mejora de los accesos desde la ciudad

La remodelación en el muelle España se completará a corto plazo con la rehabilitación del Tinglado nº4, para la que se abrió convocatoria pública mediante concurso de proyectos. Conforme al proyecto ganador, el último e histórico almacén del legendario muelle ceutí se convertirá en un nuevo espacio multiusos, abierto a distintas actividades y donde se alojará el Museo del Mar, además de los archivos y legajos de la centenaria Autoridad Portuaria de Ceuta

Las mejoras van a continuar en los próximos años en el puerto ceutí, y se van a centrar sobre todo en toda la zona de la Estación Marítima, por donde entran decenas de miles de pasajeros. Asimismo está previsto que continúe el acondicionamiento de los terrenos donde estaba ubicado antiguamente el aparcamiento.

Javier R. Ventosa. Fotos: DCE Comunidad Valenciana

La construcción de la autovía Cieza-Font de la Figuera (A-33) ha dado un paso más hacia su conclusión con la apertura de la variante de La Font de la Figuera, tramo corto en kilometraje pero con importantes beneficios para usuarios y vecinos de esta localidad de la Costera valenciana. Su puesta en servicio ha suprimido un punto de elevada siniestralidad de las carreteras valencianas y ha restaurado el sosiego de la población al eliminar la travesía urbana de miles de vehículos junto al núcleo urbano.

La variante de La Font de la Figuera, que forma parte del tramo A-31/A-35 de la autovía Cieza-Font de la Figuera (A-33) en la provincia de Valencia, fue puesta en servicio el pasado 19 de junio por el ministro de Fomento, Íñigo de la Serna. Se trata de un segmento de autovía de unos 5 kilómetros de longitud, integrado en un tramo más amplio de 12,6 kilómetros cuya conclusión está prevista para 2019, que el Ministerio de Fomento ha abierto de forma anticipada al tráfico con el objetivo de adelantar en unos años los beneficios derivados de la supresión de la travesía de La Font de la Figuera, tradicional punto negro en la red viaria valenciana.

Esta travesía ha sido durante años paso obligado de la N-344, carretera con abundante tráfico de camiones y elevada siniestralidad, y uno de sus tramos más peligrosos. En esta localidad la carretera bordea el casco urbano mediante un trazado de ronda sinuoso que salva un gran desnivel en poco espacio, con fuertes pendientes y curvas cerradas, testigo de varios accidentes, que es inadecuado para el paso diario de elevados volúmenes de tráfico, sobre todo pesado. Para los vecinos, la intensa circulación junto al núcleo urbano no solo ha ralentizado sus desplazamientos diarios, sino que también ha sido fuente constante de molestias derivadas del ruido y de las emisiones contaminantes, por lo que han reivindicado la variante cuando han tenido ocasión.

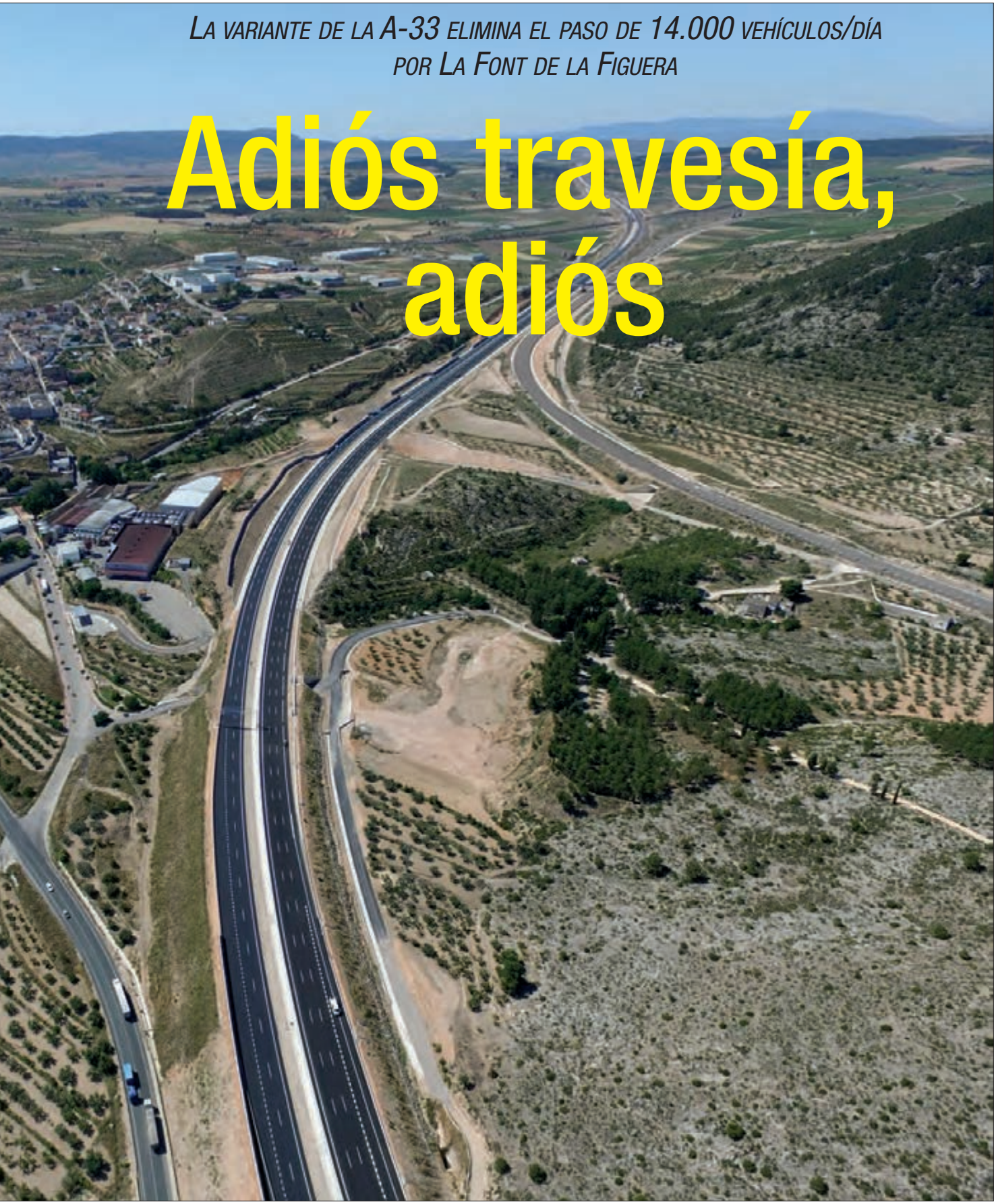
Su puesta en servicio, producto de una priorización de actuaciones en el tramo A-31/A-35, ha tenido un efecto inmediato en la localidad. El tráfico de largo recorrido que antes realizaba la travesía urbana, cifrado en unos 14.000 vehículos diarios (8.000 de ellos camiones), se ha trasvasado de forma casi automática a la nueva alternativa de alta capacidad en busca de los beneficios de un trazado moderno que aporta mayor seguridad, rapidez, economía y comodidad, y que además es dos kilómetros más corto. Este trasvase, que ha va-



Vista de La Font de la Figuera y de la nueva variante que discurre al oeste del núcleo urbano.

La variante de la A-33 elimina el paso de 14.000 vehículos/día por La Font de la Figuera

Adiós travesía, adiós





ciado la otrora saturada ronda, ha elevado la seguridad vial y mejorado la calidad de vida de los 2.500 vecinos de La Font de la Figuera, con lo que el Ministerio de Fomento da por cumplido "un compromiso largamente reivindicado", según dijo el ministro durante la inauguración de la variante.

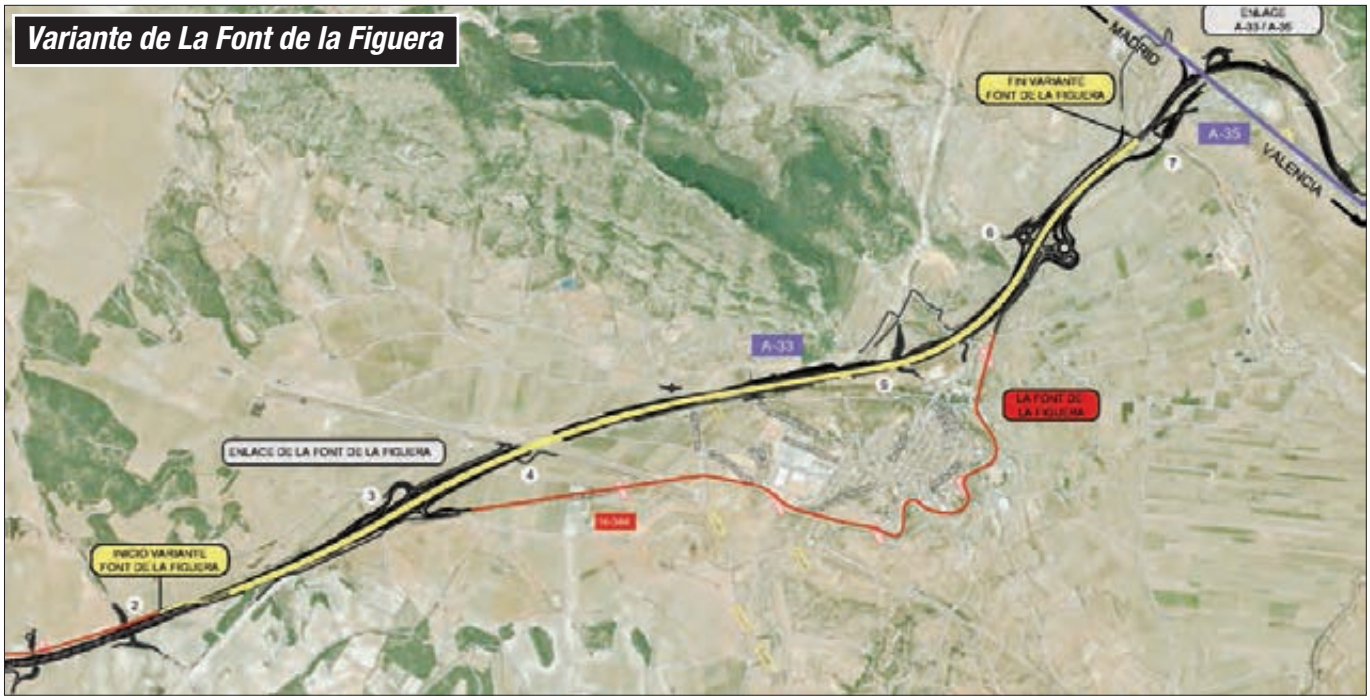
La construcción de la variante ha requerido aproximadamente la mitad del presupuesto de obra previsto para la totalidad del tramo A-31/A-35 de la autovía A-33, cuyo importe asciende a 110,3 M€. La inversión global del mismo (sumadas las expropiaciones y las asistencias técnicas al presupuesto de obra) es de 121,6 M€. La obra del tramo, iniciada en 2008, paralizada en 2010 y reactivada en 2014, corre a cargo de la empresa Acciona Construcción, el control y vigilancia lo lleva a cabo Intecsa-Inarsa y el proyecto ha sido redactado por la ingeniería GPO.

Características técnicas

El tramo de la A-33 que enlazará las autovías A-31 a la altura de Caudete y A-35 al nordeste de La Font de la Figuera discurre por el corredor de la carretera N-344, en su mayor parte en paralelo a la misma. Se desarrolla a lo largo de 12,6 kilómetros a través de las provincias de Albacete, Alicante y Valencia, de los que se han abierto al tráfico los 5 últimos kilómetros correspondientes a la variante, en territorio valenciano. Como parámetros geométricos, el trazado presenta un radio mínimo de 1.085 metros y pendiente máxima del 4%, siendo la velocidad de proyecto de 120 km/h.

La sección transversal de la autovía está formada por dos calzadas de 7 metros de anchura (cada una alberga dos carriles de 3,5 metros), arcenes exteriores de 2,50 metros, interiores de 1,0 o 1,50 metros en función

Enlace de La Font de la Figuera Sur, formado por una glorieta inferior de gran diámetro bajo el tronco y diversos ramales para los distintos movimientos.





Arriba, mapa de la variante en amarillo y carretera N-344 en trazo rojo. Debajo, vista de la sinuosa travesía de la N-344 bordeando el casco urbano y, a la derecha, la nueva variante.

de la velocidad y la disposición de la barrera de contención del vehículo, y mediana de 10 metros salvo en la parte final, que se reduce a 2 metros. El paquete de firmes en el tronco, colocado sobre una explanada E3, está formado por 30 centímetros de suelo cemento y 25 centímetros de mezclas bituminosas en caliente (3 cm de M-10 en capa de rodadura, 7 cm de S-20 en capa intermedia y 15 cm de G-20 y G-25 en capa base).

El trazado del tramo se inicia a unos 4 kilómetros de Caudete, en el límite de las comunidades de Valencia y Castilla-La Mancha, en el actual enlace con la autovía A-31, proyectándose en esta zona un nuevo enlace y la mejora del trazado de la A-31 en unos 4 kilómetros. Inicialmente discurre por terrenos suaves separado de la N-344, aunque a partir del pk 3+000 –donde se construirá un semienlace– lo hace en paralelo a la misma.



El ministro de Fomento, tras descubrir el monolito que señaliza la variante. Debajo, pasos superiores sobre dos líneas de alta velocidad.

Una autovía en desarrollo

La autovía Cieza-Font de la Figuera (A-33) es una infraestructura de alta capacidad que cuando esté finalizada servirá como itinerario alternativo para comunicar Murcia y Valencia por el interior frente a los congestionados itinerarios costeros en esta zona (AP-7, N-322), acortando de hecho en 46 kilómetros el recorrido por la autopista. Su trazado de 90 kilómetros, que se construye en paralelo al de la carretera N-344 (de Alcantarilla a Valencia por Yecla), discurre en su mayor parte por la comarca del Altiplano murciano (77 kilómetros) y en su parte final por las provincias de Albacete, Alicante y Valencia, comunicando a lo largo del mismo tres importantes corredores entre el centro peninsular y Levante: las autovías A-30 (Albacete-Murcia-Cartagena), A-31 (Albacete-Alicante) y A-35 (Almansa-Xátiva).

La construcción de la A-33 se inició en 2008 y en 2012 se puso en servicio el primer tramo en suelo murciano, Blanca (A-30)-Jumilla (N-344), que supone un tercio del trazado total. A este tramo se ha unido en 2017 la variante de La Font de la Figuera (5 kilómetros), parte central del segmento que enlaza las autovías A-31 y A-35. En el resto del trazado está en fase avanzada de obra el tramo Jumilla (N-344)-Yecla (C-3223), de 23,4 kilómetros, que será el siguiente en abrir al tráfico, y los dos subtramos valencianos restantes del tramo entre la A-31 y la A-35, cuya finalización se ha fijado para 2019. El tramo que completará la A-33, Yecla (C-3223)-Caudete (A-31), de 23,4 kilómetros, tiene el proyecto constructivo redactado y aprobado, y su licitación se realizará en los próximos meses, según dijo el ministro de Fomento el pasado mes de junio.

Poco después gira hacia el norte y en el pk 8+000, ya en el marco de la variante, se sitúa un enlace que da acceso por el sur a La Font de la Figuera, salvando a continuación dos vías férreas. Luego, siempre en dirección norte, se separa de la N-344 y pasa al oeste del núcleo urbano, bajo la mirada del monte Capurutxo y en paralelo a una vía férrea desmantelada, para unirse de nuevo a la N-344 hacia el pk 11+000, situándose a con-





La nueva variante de la A-33 ha relegado a la carretera N-344 (izquierda) a una simple vía de servicio.

tinuación un nuevo enlace, donde finaliza la variante. En su parte final, el trazado salvará el cauce del río Canyoles antes de enlazar con la autovía A-35.

De los cuatro enlaces previstos en el tramo, se han construido los dos situados en ambos extremos de la variante. Al principio de la misma se sitúa el acceso sur a La Font de la Figuera, un enlace completo formado por una glorieta inferior de gran diámetro bajo el tronco de la autovía, con cuatro ramales unidireccionales de entrada y salida a la misma más los ramales bidireccionales de conexión con la carretera N-344, que permiten todos los movimientos. Al final de la variante se ha construido un enlace formado actualmente por una glorieta y dos ramales de conexión con la autovía (en el futuro incluirá una nueva glorieta al otro lado de la autovía) más un paso inferior bajo la A-33, que constituye el acceso norte a La Font de la Figuera a través de la N-344. Este segundo enlace se ha desplazado unos 500 metros al norte respecto a lo previsto en el estudio informativo debido a razones medioambientales, evitando así la afección al cerro donde se ubica la ermita de Santa Bárbara.

Unidades de obra	
Excavación	5.300.000 m^3
Terraplén	3.200.000 m^3
Hormigón estructural	48.000 m^3
Acero	5.270.000 kg
Estabilizado de cemento	280.000 m^3
Selo cemento	210.000 m^3
Mezclas bituminosas en caliente	310.000 Tn
Vigas artesas	4.100 ml
Vigas doble T	3.500 ml
Pilotes	5.000 ml

En total, el tramo de la A-33 requerirá la construcción de 26 estructuras (tres viaductos para los enlaces con las autovías A-31 y A-35, 10 pasos superiores y 13 pasos inferiores, además de ocho marcos de drenaje). En la variante recién estrenada destacan los dos pasos superiores construidos a la altura de la depresión de la Hoya de Manuel para cruzar sobre dos vías de alta velocidad prácticamente consecutivas (Madrid-Valencia y Valencia-La Encina). Se trata de sendas estructuras, de 79 metros de longitud cada una, distribuidos en seis vanos, formadas por vigas prefabricadas pretensadas tipo doble T. En el capítulo de drenaje transversal, el tramo incluye la construcción de 39 obras, entre ellas ocho marcos de drenaje.

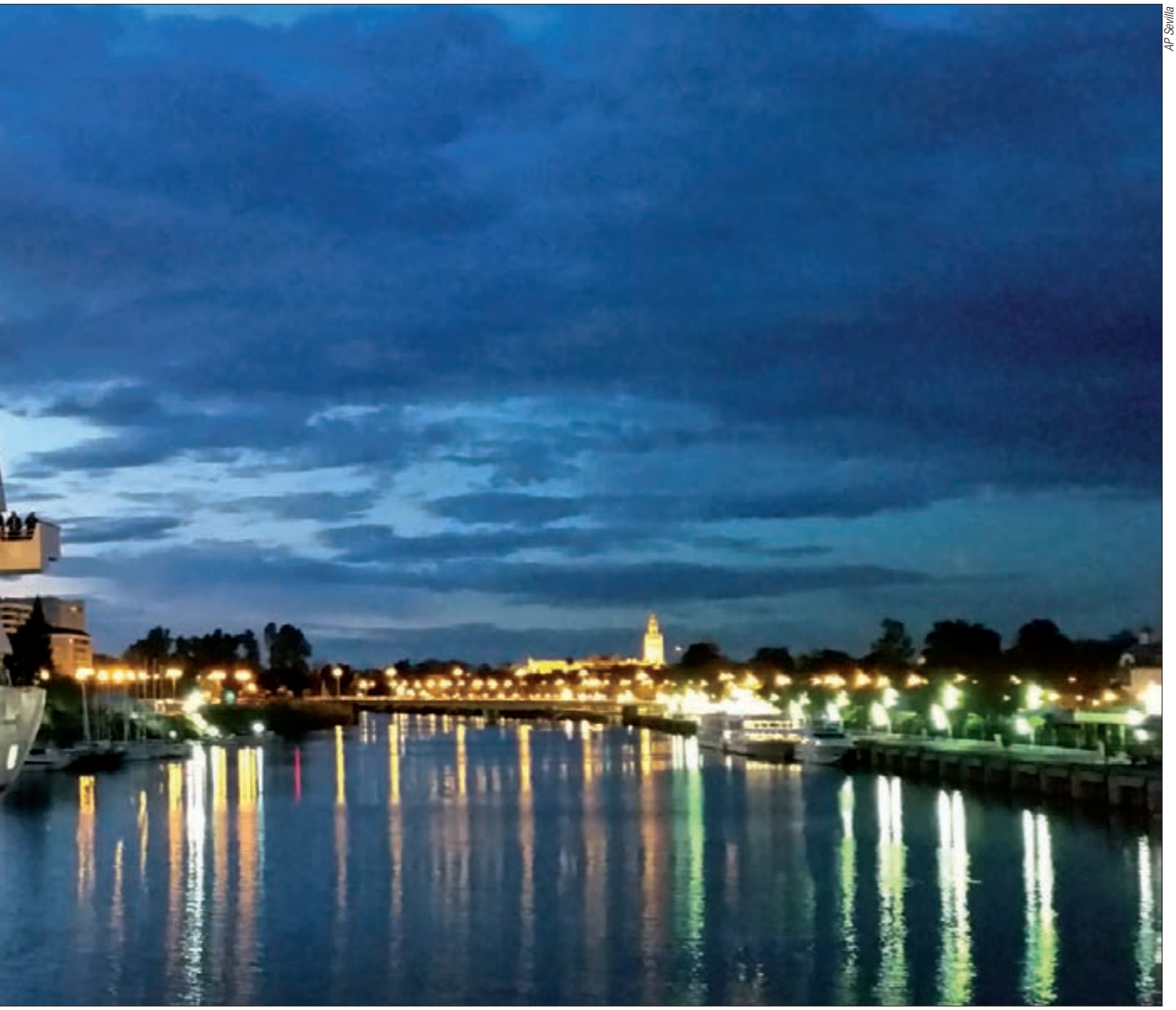
Con la nueva variante, se evita el paso diario de unos 8.000 camiones por la localidad

Las medidas de integración ambiental del tramo son la hidrosiembra en los taludes (677.000 m^2), la plantación de 68.000 unidades de especies autóctonas, el revestimiento de taludes con geoceldas (9.500 m^2), la extensión de 580.000 m^3 de tierra vegetal y la instalación de más de 6.000 m^2 de pantallas acústicas para reducir el impacto sonoro de la autovía en tres puntos del trazado, entre ellos el núcleo urbano de La Font de la Figuera y unas viviendas aisladas al norte de esta población. También se han realizado varias intervenciones arqueológicas, paleontológicas y etnológicas (excavación de 27.000 m^2). ▮



Fomento promueve la Agenda Urbana española

Por unas ciudades más sostenibles



AP Sevilla

Texto: Redacción R. Fomento

El Ministerio de Fomento ha dado los primeros pasos para impulsar la elaboración de la Agenda Urbana española, un documento estratégico con el que se busca avanzar en el compromiso de las ciudades en favor de un desarrollo sostenible, inteligente e integrador, en consonancia con propuestas internacionales como la Agenda Urbana europea o la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas.

Más de 36.000.000 de españoles, casi el 81 % de la población, vive en zonas urbanas; es decir, de acuerdo con los criterios de la UE, en núcleos con población superior a 5.000 habitantes, o también en áreas donde la densidad de población supera los 300 habitantes por km^2. Consecuencia del éxodo rural de las últimas décadas –a comienzos de 1950, sólo poco más del 33,5% de la población española vivía en ayuntamientos con más de 5.000 habitantes–, al igual que ha sucedido en la mayoría de países desarrollados, la concentración de la población en torno a las grandes áreas urbanas ha seguido en nuestro país pautas muy simila-

res a las de los países industrializados de nuestro entorno.

En general, la búsqueda de nuevas oportunidades laborales y de una mejor calidad de vida han sido las causas principales que han motivado ese movimiento poblacional. Y al mismo tiempo, las crecientes tasas de población urbana han desencadenado una nueva serie de problemas que han afectado al desarrollo de las propias ciudades: carestía y escasez de vivienda, contaminación y saturación del tráfico, sistemas de transporte poco eficientes, suburbios y bolsas de pobreza, etc.

Nuevos desafíos

Para responder a esos nuevos desafíos, tanto Naciones Unidas, a través de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible, como la Unión Europea, mediante la Agenda Urbana y el Pacto de Amsterdam aprobado en mayo del pasado año, han elaborado diversas propuestas encaminadas a orientar las nuevas políticas urbanas de los países en el horizonte de los próximos años.

En sintonía con ambas, el Ministerio de Fomento ha dado los primeros pasos para diseñar e impulsar una Agenda Urbana española, que no sólo deberá avanzar en el desarrollo de los compromisos internacionales, sino también consensuar y determinar una hoja de ruta operativa que marque el camino de las ciudades en favor de nuevas políticas de desarrollo sostenible, integrador y basado en el uso de las nuevas tecnologías. Para ello, presidida por el ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, el pasado 28 de junio se celebró en la sede del



La Agenda Urbana española sintonizará sus objetivos con las propuestas del pacto de Amsterdam de la UE y la Agenda 2030 de Naciones Unidas.



La elaboración de la Agenda Urbana española será un proceso abierto y participativo. Debajo, el ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, preside la reunión constitutiva del Grupo de Expertos Independientes.



Ministerio de Fomento la reunión constitutiva del Grupo de Expertos Independientes que trabajará en la elaboración de la Agenda Urbana española, un proceso que será abierto y participativo y en el que también intervendrán otros grupos de trabajo.

Uno de esos grupos de trabajo estará encargado de coordinar la colaboración de los ayuntamientos y comunidades autónomas. Habrá también otro que asumirá la coordinación con otros ministerios y organismos de la Administración Central con competencias en otras áreas –medio ambiente, industria, empleo, etc.–, de modo que en las propuestas de la Agenda puedan integrarse todos aquellos aspectos que inciden de manera transversal en las políticas urbanas.

Entre los objetivos inmediatos del Ministerio y de los expertos que han comenzado a trabajar ya en la ela-





Doce temas prioritarios

La Agenda Urbana europea reconoce la importancia de las ciudades para afrontar algunos de los problemas socioeconómicos más urgentes en la UE, y considera el papel de liderazgo de las autoridades locales como nivel de gobierno más próximo a la ciudadanía. Entre los problemas o temas más acuciantes y prioritarios en el ámbito urbano, los responsables de la UE han identificado los siguientes, a los que se tratará de buscar soluciones mediante el desarrollo de distintas experiencias piloto:

- ✓ *Empleo y competencias en la economía local.*
- ✓ *Pobreza urbana.*
- ✓ *Vivienda.*
- ✓ *Inclusión de migrantes y refugiados.*
- ✓ *Uso sostenible del suelo y soluciones basadas en la naturaleza.*
- ✓ *Economía circular (basada en la conservación de los recursos y la prolongación de la vida útil de los productos).*
- ✓ *Adaptación al clima.*
- ✓ *Transición energética.*
- ✓ *Movilidad urbana.*
- ✓ *Calidad del aire.*
- ✓ *Transición digital.*
- ✓ *Contratación pública responsable e innovadora.*

boración de la Agenda no está el de crear un nuevo documento a modo de "Libro Blanco", sino consensuar un verdadero programa operativo o plan de acción, con propuestas y objetivos muy definidos, gracias al cual las entidades con capacidad decisoria puedan disponer de herramientas y procedimientos que permitan alcanzar los fines propuestos.

▶ *La movilidad urbana y el uso sostenible de los recursos serán cuestiones prioritarias en las agendas urbanas europea y española.*





La Agenda Urbana busca dar respuesta a nuevos desafíos como un desarrollo territorial sostenible.

Referente

Para ello, la Agenda Urbana española tendrá como referente el principio de desarrollo territorial y urbano sostenible recogido en el Texto Refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana de 30 de octubre de 2015. La Agenda será, en palabras del ministro de Fomento, "un documento estratégico concebido para mejorar la normativa y la planificación territorial y urbana, así como la financiación de las nuevas políticas urbanas".



No tendrá carácter normativo y su línea de acción se basará sobre todo en el conocimiento, el intercambio de buenas prácticas y las experiencias obtenidas por otras entidades.

Así pues, y en consonancia con los compromisos internacionales antes mencionados, de manera especial con la Agenda Urbana europea, se pretende que la Agenda Urbana española sea un conjunto coherente de acciones promovidas sobre todo por los agentes y entidades clave, tanto a escala local, como autonómica y nacional, y destinadas a que las áreas urbanas desarrollen sus máximos potenciales.

Como en el caso de la Agenda Urbana europea y el Pacto de Amsterdam, ratificados el 24 de junio del pasado año por el Consejo de Asuntos Generales de la UE, los objetivos a corto y medio plazo son ofrecer a los ciudadanos nuevas oportunidades, mejorar su calidad de vida junto con la de su entorno, y dar respuestas a los nuevos desafíos urbanos como el desempleo, la movilidad, la inclusión social y el cambio climático. Y es que, como se señáló en el propio Pacto de Amsterdam, las ciudades tienen ya un impacto significativo sobre el desarrollo económico, social y medioambiental en toda Europa, por lo que constituyen un factor muy importante para cumplir los objetivos de la Estrategia Europa 2020, en especial cuantos señalan la necesidad de apostar de inmediato por un crecimiento inteligente, sostenible e integrador.

El Observatorio de Yebes acoge el Centro de Desarrollos Tecnológicos del IGN y realiza observaciones avanzadas

Escuchando el universo



Julia Sola Landero. Fotos: IGN

El Observatorio de Yebes, adscrito al Instituto Geográfico Nacional, creado hace ya 38 años, se ha convertido en el principal observatorio radioastronómico nacional y en uno de los más importantes del mundo. Catalogado como Infraestructura Científica Singular, sus instalaciones acogen uno de los radiotelescopios internacionales más potentes y el Centro de Desarrollos Tecnológicos (CDT) del IGN, que participa y asesora a observatorios de otros países en la creación de instrumental y equipos de alta tecnología.



Vista general de las instalacciones del Observatorio de Yebes.

Durante la noche del 1 al 2 de noviembre de 1979, se realizó en España la primera observación radioastronómica hecha desde un centro español. Un hito que se llevó a cabo en uno de los complejos tecnológicos más punteros de nuestro país, abierto dos años antes: el Observatorio de Yebes, situado en un extenso páramo de la provincia de Guadalajara, a más de novecientos metros sobre el nivel del mar, en una zona con poca actividad eólica y escasas precipitaciones.

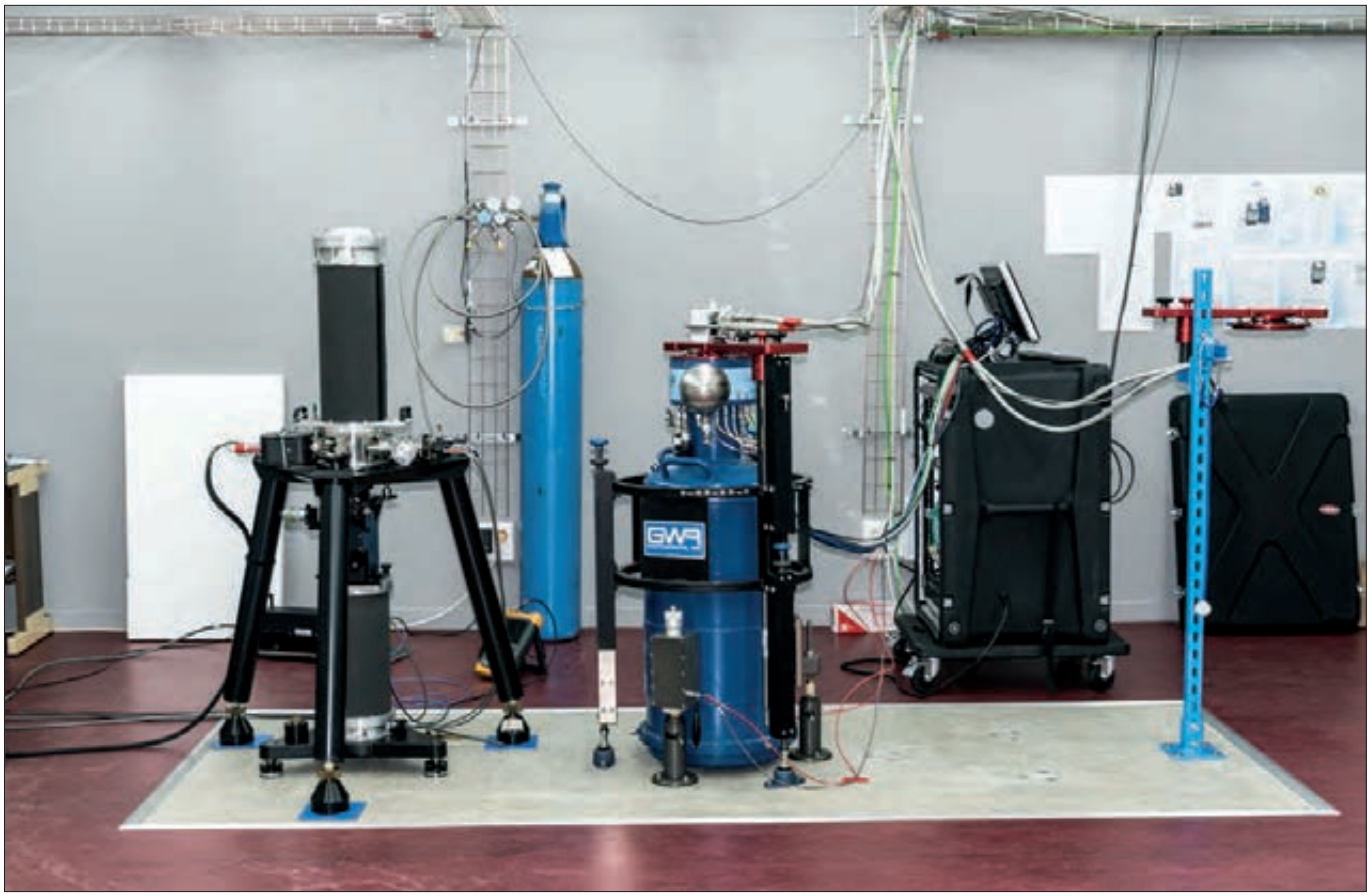
Aquella noche –4 grados de temperatura, cielo despejado y sin viento– dos jóvenes técnicos –el astrónomo Jesús Gómez González y el ingeniero geógrafo Alberto Barcia– fueron los primeros en usar el flamante radiotelescopio de 13,7 metros para ondas milimétricas construido por técnicos del Instituto Geográfico Nacio-



▶ *Imagen del radiotelescopio de 40 metros.*

nal (IGN) y de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones de Madrid. El objetivo de aquella primera observación radioastronómica era captar las ondas provenientes de la Luna para hacer una primera corrección de los errores de puntería del telescopio. Fue el comienzo del Observatorio de Yebes que, además de los instrumentos de observación, alberga el Centro de Desarrollos Tecnológicos (CDT) del Instituto Geográfico Nacional y que, casi cuatro décadas después, se ha convertido en un centro de investigación científica cien por cien español, clasificado como Infraestructura Científica y Tecnológica Singular, siendo por tanto el principal observatorio estrictamente nacional y también uno de los observatorios radioastronómicos más importantes del mundo.

Aquel primer radiotelescopio estuvo operativo, para astronomía y geodesia, hasta el año 2000. Tras dos décadas de colaboración con instituciones internacionales –el Instituto Hispano-franco-alemán de Radioastronomía Milimétrica o el Consorcio Europeo para la Interferometría de Muy Larga Base– durante las que se llevó a cabo el desarrollo instrumental más puntero, actualmente y desde 2005, el Observatorio de Yebes cuenta con un nuevo radiotelescopio para ondas centi-



Equipo de gravimetría.

métricas y milimétricas, de 40 metros. Diseñado por el CDT, a día de hoy es uno de los más potentes del mundo y una pieza clave de la red europea de interferometría de muy larga base VLBI (EVN) –para observaciones astronómicas–, lo que hace de él también una estación de observación de primer orden del Servicio Internacional VLBI (IVS) –para observaciones geodésicas–.

El radiotelescopio se mantiene en funcionamiento las 24 horas del día, durante los 365 días del año, captando las ondas que provienen de los cuerpos celestes más remotos del espacio, a fin de estudiar el medio interestelar, nubes de polvo cósmico, galaxias, remanentes de supernovas o estrellas en diferentes fases de su desarrollo. Algo que no es posible detectar mediante la astronomía óptica. Pero el radiotelescopio, por el contrario, sí hace posible el estudio de algunos de los procesos físicos más extremos y energéticos del universo. El impresionante ingenio, dotado de seis receptores radioastronómicos de última generación en la banda de frecuencia comprendida entre 2-140 GHz, además de sus correspondientes equipos de registro y tratamiento de datos, es capaz de realizar observaciones en solitario o formando parte de las redes europea y mundial de radiotelescopios.

Capaz de detectar señales ínfimas procedentes del Universo, en el Observatorio la contaminación lumínica no es el problema, sino la contaminación electromagnética proveniente de la radio, la televisión, internet o de otras comunicaciones vía satélite. Todas estas fuentes emiten ondas del mismo tipo que las que se intentan recibir desde el espacio, por lo que uno de los objetivos planteados es diseñar receptores más inmunes a las interferencias. Tarea compleja, dado que se trata de receptores hipersensibles (la señal de un móvil es miles de veces más potente que la que se intenta detectar). Precisamente para poner en común los avances en este campo, en junio pasado se celebró en Yebes un congreso internacional, en el que participaron 17 países, sobre el Impacto de las interferencias de radiofrecuencia y cómo luchar contra ellas en los observatorios.

En la frontera del conocimiento

En 2009, treinta años después de aquella pionera observación de la Luna, el nuevo radiotelescopio de Yebes realizó su primera conexión con otros telescopios y se incorporó a la técnica observacional más compleja de la moderna astronomía: la interferometría de muy larga base (e-VLBI), mediante la que se conectan radiotelescopios situados en distintos países para obtener observaciones espaciales de alta resolución, que no podrían

Aprendiendo astronomía

Desde el Observatorio de Yebes, y a través de un proyecto con apoyo municipal, se lleva a cabo una importante labor divulgativa mediante el Aula de Astronomía, ubicada en el Pabellón Divulgativo del Observatorio, con capacidad para recibir visitas en grupos de un máximo de 35 estudiantes. Una edificación independiente situada dentro del complejo, donde los más pequeños y el público en general pueden acercarse a las estrellas y los planetas, o entender las estaciones del año, las fases lunares, los usos horarios, el sistema solar, el zodíaco, las constelaciones de referencia o los movimientos celestes. Pueden acercarse también a la radioastronomía, que tiene un papel protagonista en los contenidos del Aula, dado que es la principal actividad del Observatorio.

Para llevar a cabo esta labor de divulgación astronómica, el pabellón dispone de una colección de paneles de divulgación, un módulo del sistema solar, un taller de Astronomía y medios audiovisuales, y organiza visitas guiadas por el centro. Además, el Observatorio ha incorporado un pequeño radiotelescopio parabólico –el "Spider"– que permite a los visitantes operar con un instrumento de observación astronómica real. Cuenta también con un planetario digital del aula de Astronomia, dotado de un sistema de simulacion astronomica en 3D y un sistema audiovisual de alta definicion. Para terminar la experiencia espacial, también se ha habilitado una "escuela de cohetes", en la que, mediante la fabricación de cohetes de agua, se aprende el principio de acción-reacción de Newton.

Además, los instrumentos que son ya parte de la historia del Observatorio, tienen paneles informativos y basta un paseo al aire libre para descubrir las funciones para las que se utilizaron en su día. Es el caso del primer radiotelescopio de 13,7 m, ahora cubierto con una cúpula protectora, y también del astrógrafo doble, formado por dos telescopios ópticos idénticos de 40X200 cm, situado en una cúpula de 8 m de diámetro e instalado en 1976. Este aparato estuvo especializado en observar objetos en movimiento, como asteroides o cometas, y también está obsoleto en la actualidad. El complejo alberga también la torre solar de 8 m de altura que se utilizó hasta el 2000 para monitorizar las manchas solares.



▶ *Interior del radiotelescopio de 40 metros.*

ser obtenidas con una observación de antena única. Con esta técnica, con la que la Tierra puede convertirse en un inmenso receptor de ondas milimétricas, los distintos radiotelescopios observan simultáneamente la misma radiofuente y envían las señales captadas en tiempo real a los centros de procesado.

Además de las observaciones conjuntas, decididas y programadas por un comité de expertos compuesto por miembros de distintos observatorios, el Centro de Desarrollos Tecnológicos de Yebes está involucrado actualmente en los proyectos situados en la vanguardia del conocimiento: IVS, EVN, Radioastron, SKA, ALMA, NOEMA, RAEGE y BRAND, y tiene también convenios de colaboración con distintos países (Alemania, Japón, Noruega, Tailandia, Corea del Sur, Finlandia).

De todos esos proyectos destaca el denominado Nanocosmos, avalado por el Consejo Europeo de Investigación y liderado por investigadores españoles, que intenta averiguar cómo se forman las nanopartículas que forman los granos de polvo interestelar y cuáles son sus procesos químicos. Para lograrlo, se han diseñado ingenios que emulan –en sus diferentes fases– las condiciones físicas y químicas de las capas exteriores de una estrella evolucionada (una gigante roja similar al tipo de astro en el que se convertirá en un futuro remoto nuestro Sol) y son capaces de reproducir polvo inte-



▶ *Sala de control del radiotelescopio de 40 metros.*

restelar. Simultáneamente, en el desarrollo de este proyecto se realizan observaciones radioastronómicas utilizando el radiotelescopio de Yebes y las 66 antenas de alta precisión de ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), en Chile, para analizar la composición molecular y los procesos químicos asociados en la zona de formación de ese "polvo de estrellas". El objetivo final es comprender el origen cósmico de esos granos interestelares, que han podido dar lugar a la formación de planetas como la Tierra.

Observando la Tierra

En el terreno de la observación geodésica, en Yebes se estudian y monitorizan los movimientos de las placas tectónicas de la corteza terrestre y se prestan servicios geodésicos a escala internacional mediante la realizacion periódica de los Marcos Internacionales de Referencia Terrestre (ITRF), con los que se pretende perfeccionar la red actual, que a día de hoy tiene grandes lagunas geográficas, escasas ubicaciones y una tecnología obsoleta.

Cuenta para ello con el radiotelescopio Jorge Juan de 13,2 metros –puesto en servicio en 2013–, que está adaptado a las nuevas especificaciones requeridas para la radioastronomía con fines geodésicos y forma parte del proyecto RAEGE (para una Red Atlántica de Estaciones Geodinámicas y Espaciales), cuyo objetivo es crear una red de cuatro Estaciones Fundamentales Geodésicas en España (Yebes y Canarias) y Portugal (islas Azores de Santa María y Flores), con el fin de establecer un Sistema Global de Observación Geodésica VLBI que, integrando diferentes técnicas, proporcione la infraestructura geodésica necesaria para monitorizar el sistema terrestre y obtener información sobre la forma de la Tierra, su campo de gravedad y su movimiento de rotación.

En la búsqueda de la máxima precisión de las observaciones geodésicas, el CDT está trabajando en el diseño de una nueva estación de *Satellite Laser Ranging* (SLR) para la medición de distancias mediante la emisión de pulsos de luz –a modo de destellos muy cortos y potentes–, a través de un telescopio láser, a los retrorreflectores de los satélites que orbitan a distancias de hasta 40.000 km de distancia de la Tierra. Estos reflejan la luz en la misma dirección de incidencia hacia el receptor del telescopio, lo que permite calcular, mediante un reloj capaz de medir picosegundos (la billonésima parte de un segundo), la distancia entre el satélite y el telescopio. Cuando esté operativo el sistema de SLR, el Observatorio de Yebes será una estación geodésica



Torre solar y radiotelescopio Jorge Juan.

fundamental, es decir: un observatorio en el que se combinan y aplican las técnicas de geodesia espacial más importantes y avanzadas.

El objetivo es georreferenciar cualquier parámetro ambiental con la máxima precisión para obtener marcos de referencia a nivel global, continental, nacional, regional y local; algo muy necesario, por ejemplo, para las agencias espaciales que lanzan misiones al espacio y que dependen de un marco de referencia geodésico preciso y estable, pues una desviación de un milímetro en un lanzamiento desde la Tierra puede significar un error de kilómetros en el espacio. Aunque su importancia también se mide en otros parámetros. Por ejemplo, se monitoriza el sistema ambiental de la Tierra –océanos, casquetes polares, hidrología, hielo, corteza, atmósfera–, no sólo para comprender los procesos de cambio global, sino también para poder predecir en el futuro cambios en las condiciones hidrológicas, que pueden afectar a la seguridad de la población –seísmos, aumento del nivel del mar, inundaciones, sequias, tormentas o tsunamis– y de ese modo, tomar decisiones adecuadas como la construcción de diques, estrategias de agricultura o el traslado de la población.

El espacio exterior resulta una fuente fiable para conocer los secretos de la Tierra. Por eso las observaciones geodésicas utilizan los cuásares que son los cuerpos celestes más lejanos y, por tanto, los más estables para calcular, por ejemplo, el posicionamiento preciso del radiotelescopio. Para conseguirlo, mediante la interferometría VLBI se mide la diferencia de tiempo en la recepción de la señal emitida desde el espacio y recibida en dos o más observatorios situados a grandes distancias.

El Centro de Desarrollos Tecnológicos trabaja en una nueva estación láser que permitirá cálculos geodésicos de máxima precisión

Para auscultar los movimientos más remotos e imperceptibles del planeta, las instalaciones de Yebes cuentan también con una Estación de Gravimetria diseñada para las intercomparaciones gravimétricas, que está siendo insertada en el Sistema Internacional de Referencia de Gravedad (IGRS). Dada la extrema delicadeza de los instrumentos que alberga y su altísima sensibilidad, el pabellón de gravímetros cuenta con doble cámara con sistema de aire acondicionado en el exterior y una estructura arquitectónica hiper estable (su envolvente exterior es independiente del volumen interior). El edificio alberga –anclados a la roca madre del terreno y con una separación de una pulgada con respecto



Interior del radiotelescopio de 40 metros.

al suelo para no recibir vibraciones– los instrumentos mas potentes en su campo (gravimetro absoluto FG5 y gravimetro superconductor) con los que, formando parte de la red mundial de este tipo de instalaciones, se monitorizan alteraciones como las mareas terrestres (levantamientos de la corteza provocados por la atracción gravitatoria de la Luna y el Sol).

Para controlar los parámetros del medio ambiente, que pueden afectar a las mediciones, el Observatorio de Yebes dispone de una estación meteorológica SEAC-300 que proporciona información actualizada de la temperatura, humedad y presión locales, datos que son utilizados para la calibración de las observaciones astronómicas realizadas con los dos radiotelescopios del Centro.

Tecnología punta

El CDT cuenta con un laboratorio para el desarrollo de instrumentación de alta tecnología y talleres de electrónica, microondas, criogenia, electroquímica y mecánica de precision. En ellos trabaja hoy más de una veintena de técnicos, que también se encargan de la instalacion, mantenimiento y desarrollo de toda la instrumentacion cientifica del IGN, con la que se llevan a cabo las observaciones y medidas astronómicas, geodésicas y geofísicas.

La enorme experiencia acumulada en investigación hace que distintos países del mundo soliciten los servicios técnicos del CDT para el desarrollo instrumental de alta tecnología. Entre otras cosas, equipos para la construcción de receptores criogénicos a longitudes de onda centimétricas y milimétricas –con fines tanto astronómicos como geodésicos–, como los que actualmente se proyectan para usar por Noruega en el Polo Norte o también para Finlandia. Se trabaja también para diversos observatorios de todo el mundo poniendo en marcha radiotelescopios, diseñando *software* de control de radiotelescopios, construyendo antenas focales y amplificadores de bajo ruido criogénicos o Sistemas RF e IF para radioastronomía. Para el montaje, integración y verificación de receptores, el CDT ha desarrollado una cámara anecóica única en España por su gran ancho de banda operativa y que, recubierta con cuñas piramidales de material aboserbente impregnado de partículas de carbono, evita el paso de cualquier onda electromagnética.

Actualmente el CDT colabora en el Square Kilometer Array (SKA), un proyecto internacional en el que participan alrededor de 100 organizaciones de 20 países, para construir el mayor radiotelescopio del mundo: una plataforma con un kilómetro cuadrado de superficie colectora, que contará con miles de antenas parabólicas de 15 metros de alta frecuencia, que serán localizadas en Sudáfrica, además de centenares de miles de antenas de baja frecuencia que se situarán en Australia occidental. Se trata de uno de los mayores retos científicos y tecnológicos de la historia, que hará posible observaciones con un nivel de detalle sin precedentes en el rango de 100 MHz y 20 GHz y con mayor velocidad que con cualquier otro sistema actual. El SKA podrá rastrear grandes áreas del cielo simultáneamente, con una altísima resolución, y será tan sensible que podría detectar, por ejemplo, el radar de un aeropuerto situado en un planeta a diez años-luz de distancia. Un proyecto, en definitiva, llamado a liderar una nueva era de descubrimientos científicos. ▮

Recorrido circular en tren por las dos vertientes pirenaicas y el corazón de La Cerdanya.

Ventanilla con vistas



Texto y fotos: José Ignacio de Grado

En la actualidad solo hay una conexión ferroviaria activa dominando paisaje abierto sobre el macizo de los Pirineos: la que discurre desde la estación francesa de La Tour de Carol-Enveitg y enlaza con la estación de Ribes de Freser (Girona), y la línea de Puigcerdà procedente de Barcelona.

Tradicionalmente las conexiones ferroviarias España/Francia han discurrido por los extremos occidental y oriental de los Pirineos, junto al mar, siendo bien conocidas las de Irún-Hendaya (Oeste) y Portbou-Cerbère (Este) y, más recientemente, en Girona, también la conexión de ancho internacional (UIC) que salva los Pirineos por debajo, mediante el túnel del Pertús, de 8,3 km.



▶ *Estación de Villefranche-Vernet-Les Bains.*

Pero para el viajero sin prisas existe otra propuesta alternativa, que es la que se narra en estas líneas: viajar en tren desde Barcelona por la línea de Puigcerdà (actualmente línea Rodalies R3) hasta Ribes de Freser, subir en el Cremallera de Núria (ida y vuelta) y seguir camino desde Ribes hasta la estación francesa de La Tour de Carol-Enveitg, en la histórica comarca de La Cerdanya, todavía al sur de los Pirineos. En esta estación se puede tomar el "Tren Amarillo" o "Train Jaune", ferrocarril de vía métrica de la Sociedad Estatal de los Ferrocarriles Franceses (SNCF) que cruza, por el puerto de la Perche, a la vertiente norte de los Pirineos, por donde va descendiendo hasta Villefranche de Conflent. En esta localidad de la antigua comarca del Rosellón es posible cambiar ya de tren a uno de ancho internacional de la red francesa y proseguir hasta Perpignan, donde se puede hacer transbordo para tomar otro tren hasta Portbou, y desde esta localidad gerundense, en otro tren de Renfe (Rodalies R11), estar ya de vuelta en Barcelona.

.\ Primera jornada.

Saliendo de Madrid en el AVE de las 07:00 h se llega a Barcelona-Sants a las 09:30, con tiempo suficiente para coger en la misma estación el Rodalies R3 de las 09:51 hasta Ribes de Freser. La mayor parte de esta línea a Puigcerdà se debe a la Sociedad del Ferrocarril y Minas de Sant Joan de les Abadesses, y su inauguración se remonta a 1880, cuando se abrió hasta Ripoll y el cargadero de carbón de Toralles, en Sant Joan, donde llegaba el carbón de la cuenca minera de Surroca-Ogassa gracias a un pequeño ferrocarril minero que salía junto a la bocamina de la mina de Santa Bàrbara.

Esta compañía minero ferroviaria quebró y se vendió en 1887 el ferrocarril y las minas a la poderosa NORTE, que le dio un nuevo impulso. En 1922 se inauguró la nueva línea desde Ripoll a Puigcerdà, construida a cargo del Estado, que remonta el río Freser (afluente del Ter) hacia el Norte. Pasado Ribes de Freser, hace un giro de 90º para continuar hacia el oeste junto al río Rigard (afluente del anterior) y donde fue necesario acometer, cerca de Toses, dos túneles: uno de caracol (túnel casi helicoidal de 1.054 m) y el túnel de Toses, de 3.904 m de longitud, que permitieron la continuidad del trazado entre las cuencas de los ríos Ter y Segre. La máxima altitud hoy de la red de los ferrocarriles de vía ancha española se encuentra precisamente en el interior de este túnel, en el cambio de rasante que presenta el mismo, a 1.480 m sobre el nivel del mar. A la salida del túnel, ya en la cuenca del Segre, se deja atrás la estación de esquí de La Molina para descender hacia Puigcerdà, junto al rio Alp. Esta espectacular línea de 47 km, inicialmente un ramal desde Ripoll (cota 683 msnm) a Puigcerdà (cota 1.147 msnm), discurre por el citado túnel de Toses a 1.480 msnm en su interior y exigió la construcción de un total de 43 túneles, deparando al viajero espectaculares paisajes de montaña.

En 1985 se clausuró el final de la línea original de Ripoll a Sant Joan de les Abadesses, que actualmente es la Via Verde del Ferro i del Carbò, que no sólo llega hasta el cargadero de Toralles sino que, remontando el desnivel del antiguo plano inclinado mediante una rampa moderna en zigzag, permite continuar por el trazado del ferrocarril minero hasta la plaza de la mina de Santa Bàrbara, en Ogassa, que es visitable.



▶ *Tren en descenso a Ribes visto desde el mirador de La Creu d'en Riba.*

El tren de Cercanías o Rodalies, que sale a las 09:51 de Barcelona-Sants lleva hacia el Noreste, hacia Montcada-Bifurcació, donde se separa del resto de la red y, bordeando Granollers, busca el norte hacia Vic. Pasada esta localidad y antes de llegar a Manlleu, cruza el río Ter, al que acompañará remontando su cauce hasta Ripoll. Este trayecto desde Barcelona es muy utilizado por grupos de turistas extranjeros que acuden a la capital de la comarca del Ripollés a visitar el monasterio de Santa María.

El tren llega a Ribes de Freser a las 12:13 y, junto a la estación de vía ancha, al final del andén hacia Puigcerdà, se encuentra la estación del cremallera de Núria. Este ferrocarril de ancho métrico fue inaugurado en 1931, y la línea la opera Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC). Tiene una longitud de 12,5 km, arranca en Ribes Enllaç (905 msnm) y, tras dejar atrás Ribes Vila y Queralbs, llega a Núria (1.964 msnm). Los primeros 5,5 km son en adherencia, y después comienza el tramo en cremallera, con dispositivo ABT y rampas del 15%. El trayecto es espectacular, y más debió serlo en el pasado, pues en 2008 se abrió una variante con el túnel del Roc del Dui, de 1.330 m de longitud, para evitar un tramo inestable pero de gran belleza (Dent d'en Rossell). La línea está electrificada a 1.500 V en corriente continua.

La Vall de Núria

El tren sale de Ribes de Freser a las 12:50 h y llega a Núria las 13:30 h, y andando con un paso ligero se puede atravesar el paraje de Núria hacia el mirador de la Creu d'en Riba, con una panorámica inmejorable sobre nuestro tren de subida que desciende ahora hacia Ribes. En Núria se encuentran el santuario de Nuestra Señora de Núria y la estación de esquí de Vall de Núria, solo accesible por este tren o andando, siendo la ruta más transitada la senda de montaña hacia Queralbs. Núria está a los pies de la cresta fronteriza de los Pirineos, y el pico más alto que lo bordea es el Puigmal, de 2.910 m, muy cerca del Pic del Segre.

De regreso, tomando el tren de las 15:30 h., se llega a Ribes Enllaç a las 16:20 h. En Ribes Vila existe un museo gratuito sobre el Ferrocarril de Núria, por lo que una buena opción es bajarse en esta estación para visitarlo y seguir luego caminando desde aquí hasta las



Vista sobre un mapa del recorrido ferroviario por las dos vertientes de los Pirineos. Debajo, tren de Rodalies de regreso a Puigcerdà.

estaciones de Ribes Enllaç (FC Núria) / Ribes de Freser (FC Renfe/Rodalies). En el museo se puede admirar una pieza singular: la antigua locomotora a vapor nº6, Julián Funchs, con disposición de ejes 021T, de 1892, diseñada inicialmente para tracción en cremallera y con los ajustes inclinados para que en plena rampa la caldera se mantenga en horizontal.

A las 17:15 h. sale el Rodalies de Ribes hacia Puigcerdà, tomando hacia el oeste para remontar el río Rigard. Poco antes de Toses se vuelve a atravesar el túnel helicoidal o de "caracol" que, junto al más pequeño de Grawakas, completan un giro de 360º salvando un desnivel de unos 80 m. De nuevo en la cuenca del Segre y ya en la estación fronteriza de Puigcerdà, es posible conectar con la línea de ancho internacional procedente de la estación francesa de La Tour de Querol–Enveitg, distante a menos de 4 km. Nuestro tren cruza la frontera y llega a la estación francesa casi a la hora prevista de las 18:06. Esta misma unidad 447 vuelve poco después hacia Puigcerdà y Barcelona a las 18:52 h.

La estación francesa de La Tour de Querol-Enveitg tiene servicios en 3 anchos de vía: el español de la línea de Puigcerdà (1.668 mm), el ancho internacional (1.435 mm) con incluso un tren directo nocturno a París-Austerlitz y el de vía métrica (1.000 mm) del tren amarillo hasta Villefranche-Vernet-Les Bains.

La oferta de pernoctación en estas pequeñas localidades francesas junto a la estación es muy limitada, pero la necesidad de iniciar desde aquí al día siguiente el recorrido en el tren amarillo me hace acomodarme en lo disponible lo más cerca de la estación francesa.

La Cerdanya (catalán), Cerdagna (francés) o Ceritania (latín) es una comarca histórica en la cabecera de la cuenca del rio Segre, y se extiende en Francia a los pies del Pic del Segre, de 2.843 m., cerca de la localidad de Llo. Como la adyacente del Roselló, fue española hasta el Tratado de los Pirineos de 1659, en virtud del cual la Cerdanya se dividió en dos, de modo que la Alta pasó a Francia y la Baja, con capital en Puigcerdà, permaneció en España, con una pequeña excepción, la villa de Llivia, que permanece como enclave español, como una isla, dentro de territorio francés.





Tren cremallera saliendo del túnel junto al embalse de Núria. Debajo, estación de Saillagause.

Aprovechando las horas de luz de julio es posible acercarse a Llivia andando, por Ur, a casi 8 km, por pequeños caminos, evitando el asfalto. Llivia está separada de Puigcerdà por unos 5,7 km (en línea recta, por asfalto de carretera), y ALSA tiene también autobuses que unen estas localidades. Para cerrar los vértices de este triángulo, La Tour de Carol-Enveitg se encuentra a unos 4 km de Puigcerdà. En el mejor de los casos, apenas unos discretos mojones de piedra marcan las fronteras en todos estos tránsitos.

Segunda jornada

Solo hay dos trenes al día que hagan el tramo completo desde La Tour de Carol-Enveigt (1.247 msnm) hasta la estación de Villefranche-Vernet-Les Bains (427 msnm): a las 08:28 h y a las 15:13 h. Este tren es conocido como Tren Amarillo o Train Jaune porque está pintado íntegramente en este color. El primero de la mañana, tren TER 23010, el de las 08:28 h llega a las 11:49 a Villefranche de Conflent. Este tren es de vía métrica, con tracción en adherencia, con un trazado ciertamente espectacular y es una atracción turística muy popular en la región. Tarda 3 horas y 21minutos en hacer los 62,6 km, atravesando el Parc Naturel Régional des Pyrénées Catalanes. Partiendo de la vertiente sur de los Pirineos, tras cruzar el río Segre, asciende hasta los 1.593 m en la estación de Bolquère-Eyne, junto al Col de la Perche, que hace de divisoria en la cresta de los Pirineos, y discurre luego en suave descenso junto al cauce del río Têt, ya al norte de los Pirineos, hacia Villefranche, capital del Conflent, una de las regiones que formaban el condado del Roselló.

El ferrocarril se completó en 1927 pero, en el transcurso de la inauguración de un tramo parcial en 1909, se produjo un accidente por problemas de frenos y causó la muerte a 7 personas, incluyendo al ingeniero Gisclard. Todo sucedió en una curva junto al espectacular puente colgante al que dio nombre, a 80 m sobre el Têt, con una luz entre pilares de 156 m y con 222 m de longitud total. Otro viaducto notable de este tramo, también catalogado en Francia como monumento histórico, es el de piedra de Séjourné, de 217 m de longitud y 65 m de altura, con una doble arcada superpuesta. La línea tiene 19 túneles, presenta pendientes de hasta el 6% y está electrificada a 850 voltios/corriente continua mediante un tercer carril en lugar de catenaria. Las composiciones son automotores y coches cerrados, pero lo más popular son los coches descubiertos intercalados entre los cerrados.





Train Jaune en el viaducto de Sejourné.



Vista de Villefranche de Conflent.



Estación de Puigcerdà

Tras la Paz de los Pirineos y la toma de posesión de Francia de estos territorios, se organizó la fortificación de los mismos. Luis XIV encargó la tarea a su ingeniero militar más afamado, Sébastien Le Preste (Vauban), quien construyó la fortificación de Mont Louis, muy cerca del Col de la Perche y sobre la misma Villefranche de Conflent (actual Fort Libéria). Estas dos fortificaciones forman parte del listado de las 13 fortificaciones de Vauban, declaradas Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

Tras la llegada a Villefranche a las 11:49 h., habiendo recuperado la media hora de retraso de la salida, es preceptiva la visita al Fort Libéria de Vauban, reconstruido después, en el siglo XIX, bajo mandato de Napoleón III. Es una sólida fortaleza a media ladera dominando la ciudad fortificada de Villefranche, con la que está unida por una galería subterránea conocida como la de "los mil escalones".

En Ribes-Vila se puede visitar el museo del Cremallera de Núria, de acceso gratuito

A las 15:25 h. parte el tren de Villefranche a Perpignan, en plena oferta de verano por el módico precio de 1€, con llegada a las 16:13 h. En Perpignan aún da tiempo de hacer una rápida visita, atravesando la ciudad, al palacio de los Reyes de Mallorca, recuerdo de la pasada vinculación con este reino.

Ya de regreso en la estación, a las 17:11 h. sale el tren que, en poco más de 40 minutos, llega a Portbou, ya en Gerona, pasando antes por las localidades costeras de Argelès-sur-Mer y Colliure, localidad en la que falleció y descansan los restos del poeta Antonio Machado.

Portbou tiene conexiones en ancho internacional procedentes de Cerbère (Francia) y en ancho español que, desde Girona y Barcelona, arriban también en algún caso hasta Cerbère. La estación está encajonada entre dos túneles, siendo el del norte el que acoge la frontera con Francia. Esta pequeña localidad fronteriza, que vio pasar muchos españoles camino del exilio al final de la Guerra Civil, fue testigo también de refugiados que, como el propio Antonio Machado, huían de Francia en sentido contrario poco tiempo después.

Como desde la estación se puede bajar cómodamente hasta la misma playa, antes de la salida del tren de Rodalies, que parte con destino a Barcelona a las 19:41 h., se puede dar un agradable paseo junto a la orilla. Y ya de regreso en la Ciudad Condal, a las 22:19 h., el viajero tiene dos opciones: rendir visita a sus hermosas calles, o bien aguardar las siguientes conexiones ferroviarias en Alta Velocidad si su destino es Madrid, o en el Euromed si desea partir con destino Valencia.



Cuarto centenario de la plaza Mayor de Madrid

Monumental transformación



▶ *Fiesta Real en la plaza Mayor, óleo de Juan de la Corte. Museo de Historia de Madrid.*

TEXTO Y FOTOS: JULIA SOLA LANDERO

La historia de la plaza Mayor de Madrid es la historia de una gran metamorfosis: desde su modesto origen, allá por la Edad Media, como mercado de abastos en los arrabales de la ciudad, hasta convertirse en el majestuoso recinto porticado que es hoy, la plaza se ha ido transformando a la medida de los deseos de reyes y alcaldes.

Eterna superviviente, la plaza sufrió en su centenaria historia tres incendios devastadores que dieron lugar también a profundas operaciones de rediseño. Y ha resistido con gallardía las veleidades de regidores deseosos de pasar a la historia por dejar en ella su impronta, de modo que ha lucido ajardinada a la francesa, engalanada de árboles, fuentes y parterres; como en su día fue escenario de corridas de toros, ajusticiamientos, beatificaciones y coronaciones; alojó cabeceras de tranvía y fue utilizada como aparcamiento. Siempre viva, castiza o mundana, tuvo un balcón reservado a los reyes pero también se llamó plaza de la República. Imperial y doméstica al mismo tiempo, a su alrededor se arremolinaron los gremios al calor de la creciente actividad comercial de la zona, y a los panaderos y carniceros de la plaza se unieron los esparteros, bordadores, botoneras o cuchilleros, que dieron nombre a las calles aledañas.

Su origen más remoto es medieval, aunque la traza actual del recinto corresponde al proyecto del arquitecto de Felipe III, Juan Gómez de Mora, realizado en 1617, fecha de la que este año la capital está conmemorando el cuarto centenario con música, teatro, mascaradas, cine y danza. Dos siglos atrás de aquella fecha y muy lejos de imaginar su noble destino, el recinto era un desaliñado mercado de abastos que dio en llamarse plaza del Arrabal y que creció sobre la explanada de una antigua laguna a cuyo alrededor, ya desde tiempos de los Reyes Católicos, se colocaban tenderetes para vender vinos y comidas. Al situarse fuera del recinto amurallado –en el arrabal de Santa Cruz–, el mercado estaba exento de pagar derechos de portazgo, por lo que los precios de los productos eran más baratos, razón por la que se convirtió en una de las plazas más frecuentadas por los madrileños.

En torno a aquel incipiente foco de actividad, situado en la confluencia de los caminos de Toledo y Atocha, se fueron levantando viviendas de forma desordenada, dando lugar a un recinto abierto y de trazado irregular. Allí se alzó la primera construcción porticada que sería característica de la futura plaza: la lonja que regulaba el comercio en ella, antecedente de la Real Casa de la Panadería.

La llegada de la Corte

Pero su existencia como humilde mercado estaba a punto de dar un vuelco. Madrid se preparaba para recibir a la Corte desde Toledo y había que dar lustre a la por entonces discreta villa situada en el centro árido del reino de Castilla. La transformación decisiva de aquel recinto medieval, que a lo largo del siglo XVI ya comenzó a llamarse plaza Mayor, sucedería, pues, a partir de 1561, cuando Felipe II comunica su voluntad de convertir Madrid en capital del reino. Por entonces la ciudad apenas tenía 15.000 habitantes y unas 2.000 viviendas y debía prepararse para recibir a un buen número de nobles, funcionarios, artistas y distintos cargos vinculados a la Corte. Efectivamente, en menos de 40 años desde que obtuvo la capitalidad del reino, los habitantes se duplicaron y el número de casas se multiplicó por tres. Tantos cambios trajo a Madrid la llegada de la Corte que, cuando en 1601, Felipe III la trasladó temporalmente a Valladolid, la villa clamaría por el regreso de la capitalidad.

Felipe II, de quien es conocida su natural afición a la arquitectura, ya estaba embarcado desde 1563 en la construcción del monasterio de El Escorial. A punto de concluir aquel proyecto, quiso contagiar a la plaza Mayor algo de la magnificencia que ya se adivinaba en la impresionante obra escurialense. Se hacía necesaria una actuación urbanística: el viejo mercado medieval se había convertido en un animado escenario de actividades comerciales, sociales y políticas, pero no estaba a la altura de la capital del reino.

Previendo esa necesidad de cambio, el por entonces corregidor de la villa, Luis Gaytán de Ayala, encargó en 1581 a Juan de Valencia (uno de los maestros mayores del rey) elaborar una propuesta de renovación que fue enviada a Lisboa, donde por entonces residía Felipe II. La respuesta vino del arquitecto real, Juan de Herrera, e iba dirigida al secretario de las Obras Reales, Juan de Ibarra, quien se reunió con Gaytán de Ayala a finales de marzo de 1582 para llevar a cabo el deseo real de demoler las casas de una manzana a fin de despejar y cuadrar la plaza. Juan de Herrera dirigió en 1581 los primeros derribos de cara a la construcción de una futura plaza Mayor, trabajos que compaginó con la construcción del puente de Segovia (el mismo que hizo exclamar a Lope de Vega que Madrid vendiera el puente o se comprara un nuevo río).

En 1590 comenzó a levantarse el primer y más importante edificio del recinto: la Real Casa de la Panadería, que acogía en su planta baja una tahona pública: una especie de panadería monumental, y almacén de trigo y harina para abastecer a la ciudad. En la planta sótano estaban las caballerizas de los panaderos, mientras que en la planta noble se reservó el llamado Salón Real, para uso de la Corona, que se abre a la plaza Mayor y desde cuyos balcones los Reyes presidieron procesiones, autos sacramentales, corridas de toros, carnavales y canonizaciones.



Arco de la callle de La Sal.

Epicentro

El Rey prudente murió en 1598 sin haber visto culminado su deseo de engrandecer la plaza Mayor. Reinando ya Felipe III, el aspecto del recinto lucía destartalado y con casas de dudosa factura, por lo que se decidió demoler el caserío existente y levantar una nueva plaza más acorde con la poderosa Corte real y con un Siglo de Oro que daba sus mejores frutos. Ordena el mo-



Farola, en primer plano, y balconada al fondo.

narca la reestructuración integral del recinto en el que había sido proclamado rey y donde, paradójicamente, fue ahorcado el valido regio caído en desgracia, Rodrigo Calderón. Estábamos ante la mayor reforma urbanística que había experimentado Madrid.

El proyecto de Juan Gómez de Mora –uno de los mejores alumnos de Juan de Herrera–, realizado en 1617, concebía la plaza como un enorme rectángulo de 152 metros de largo por 94 metros de ancho, una proporción que se aproxima a la que Vitrubio aconsejaba para el atrio romano. Se convirtió así en el espacio público más grande y con mayor prestancia de Madrid. Tenía capacidad para acoger 50.000 personas y 3.700 vecinos, y contaba con nueve entradas, tres bajo arcos y otras seis abiertas. Debido a la altura de sus edificios, la plaza era visible desde cualquier punto de la ciudad. Toda una metáfora del buen gobierno de la dinastía de Austria, traducido en el orden y en la grandeza de sus dimensiones. Epicentro absoluto del Madrid de los Austrias.

Gómez de Mora respetó la Casa de la Panadería, ya construida, modificando sólo la planta baja, y la dejó en el centro del lado mayor del rectángulo de la plaza.

> A su alrededor se arremolinaron los gremios, y los oficios –bordadores, botoneras, latoneros, etc.– dieron nombre a las calles aledañas

Según su proyecto, las casas tenían seis plantas, incluidos los bajos porticados y adintelados, estructura de madera, sótanos abovedados y fachadas de ladrillo rojo visto a las que se abrían balcones. Los tejados fueron de plomo hasta que las placas fueron literalmente derretidas por el incendio de 1631 y se sustituyeron por teja árabe. Frente a la Casa de la Panadería, que quedaba más baja que el resto de las construcciones, se levantó la Casa de la Carnicería, donde se encontraba el depósito general de carnes que abastecía los mercados y tiendas de la ciudad. Se desconoce la fecha exacta de la construcción de este edificio, pero se cree que fue reconstruida después del incendio de 1616, resultando un edificio de características similares a la Casa de la Panadería.

Las obras acabaron pronto y sólo dos años después de su comienzo, el 23 de septiembre de 1619 se pregona un acuerdo municipal para que ningún vecino de la plaza modifique los balcones y para que doren los enrejados. Por tanto, la plaza estaba prácticamente acabada y se daban los últimos retoques. Por fin, el 15 de mayo de 1620 se convirtió durante seis días en esce-



Vista de la plaza, ajardinada a la francesa,en una postal de comienzos del siglo XX.

nario de los festejos celebrados con ocasión de la beatificación de San Isidro.

Escenario de todo tipo de eventos, la plaza, como cualquier centro de espectáculos, tenía sus localidades en los balcones, cuyo uso se pagaba dependiendo de la altura: desde los 12 ducados del primer piso hasta los 3 de la quinta planta. El primer piso de la Casa de la Panadería, estaba reservado a los reyes y su séquito, por lo que las llaves, como sitio real que era, estaban custodiadas por el aposentador de Palacio. En 1634, Felipe IV autorizó la construcción de una nueva calle de acceso en la Casa de la Panadería, con el objeto de favorecer la entrada exclusiva de los carruajes de la familia real desde la calle Mayor

Incendios

En la calurosa noche del 6 al 7 de julio de 1631, reinando Felipe IV, y provocado por las chispas de un horno, se desencadenó el primer incendio ocurrido en la plaza. Tres días de llamas que devoraron decenas de viviendas, porque las losetas de plomo de las cubiertas se fundían y hacían casi imposible la extinción de las llamas. Ante la impotencia para apagar el fuego, que ya se extendía por las calles de Imperial y Toledo, al lugar de los hechos se personó el mismísimo Felipe IV acompañado del conde duque de Olivares, quienes hicieron llevar el cuerpo incorrupto de San Isidro y las vírgenes de Atocha, Almudena y de los Remedios y de la Soledad

Nombres de la plaza

Un enclave como la plaza Mayor, escenario de tantos y tan variados eventos –dramáticos, jocosos, solemnes–, y objeto de tantos proyectos rubricados con cuño real, no podría haber sido ajeno a los vaivenes políticos de España.

Desde 1619, cuando se lleva a cabo el proyecto de Juan Gómez de Mora, con el que se deja atrás definitivamente su pasado medieval y también su denominación como plaza del Arrabal, el recinto ya era conocido como plaza Mayor –la más grande de Madrid– y así se mantuvo hasta el XIX. Sin embargo, los cambios políticos trajeron nuevos nombres para el enclave más cambiante de la ciudad. Así, en 1812 pasó a llamarse plaza de la Constitución, una denominación de ida y vuelta que ostentó también en 1820, 1833, 1840, 1874 y 1876, mientras que la denominación de Plaza Real alternó con aquella en 1814, 1826, 1835 y 1874.

En 1873, al proclamarse la Primera República, la plaza fue bautizada con el nombre de plaza de la República. A los dos meses pasó a ser denominada como plaza de la República Federal y también como de la República Democrática Federal. Tras la Restauración borbónica volvió a llamarse plaza de la Constitución, nombre que en nuestros días fue olvidado para recuperar, como un círculo que al fin se cierra, el antiguo y actual de plaza Mayor.

Tampoco el principal edificio de la plaza, la Casa de la Panadería ha sido ajeno al ajetreo de actividad de la plaza más visitada de Madrid, desde su origen como Tahona General de la Villa. En 1732 albergó las dependencias del Peso Rea; más tarde, parte de su superficie fue ocupada por la Real Academia de San Fernando (1745-1774) y de la Historia (1774-1871), mientras que a finales del s XIX fue sede de la Biblioteca Municipal, para convertirse a principios del s.XX en Segunda Casa Consistorial de Madrid y sede del Archivo Municipal. Hoy, y tras haber sido también un centro cultural, alberga el Centro de Turismo de plaza Mayor.



▶ *Esquina junto a los arcos de Felipe II y de La Sal. Debajo, vista de la plaza en 1968, durante las obras de construcción del aparcamiento subterráneo.*

con la esperanza de que se obrara el milagro de la detención espontánea del incendio. Sofocado éste, el encargado de la reconstrucción fue nuevamente Juan Gómez de Mora, que eliminó las cubiertas de plomo y las sustituyó por tejas.

En 1672, entre el pánico de los madrileños que volvieron a revivir las trágicas noches del incendio anterior, se quemó la Real Casa de la Panadería, que tuvo que ser reconstruida posteriormente según proyecto del arquitecto Tomás Román, tras diecisiete meses de trabajos que renovaron el antiguo esplendor del edificio, esta vez con 33 balcones y dos torres laterales rematadas con chapiteles.



Hemeroteca Municipal

Pero el último y más catastrófico de los incendios se desencadenó en la noche del 16 de agosto de 1790 y dejó la plaza prácticamente arrasada. Aquella tragedia fue el origen de la reforma total y definitiva de la plaza. Reinaba Carlos IV y esta vez la reforma corrió a cargo de Juan de Villanueva, que dejó la impronta del neoclasicismo que cultivó en sus edificios.

Villanueva sustituyó las estructuras de madera de los edificios por ladrillo y piedra. Y la mayor novedad: cerró la plaza mediante caserío y arcos de acceso en las calles que desembocan en ella, siguiendo los modelos clásicos europeos y dando lugar a un recinto plegado sobre sí mismo. En las fachadas se uniformó la altura de los pisos con las de la Casa de la Panadería, mediante un tejado corrido de pizarra salteado de buhardillas, rebajándose de cinco a tres la altura anterior, normas que se extendieron a las calles aledañas. Las obras de reconstrucción se prolongarían hasta 1854, después de la muerte de Villanueva, dirigidas ya por sus discípulos Antonio López Aguado y Custodio Moreno.



Detalle de la fachada de la Real Casa de la Panadería.

Hasta hoy

Tras aquella reforma integral, terminada en 1854, la plaza adquirió, por fin, la disposición y ordenamiento actuales. Sus dimensiones finales serían de 120 por 90 metros, con 114 arcos –incluidos los ocho de acceso–, 377 balcones, cuatro torres y 76 buhardillas. Sin embargo, aún seguirían los cambios de usos y ornamentación. Así, durante el reinado de Isabel II, la plaza perdió la función de escenario para espectáculos y se remodeló el espacio central para convertirlo en un jardín a la francesa; y a instancias de Mesonero Romanos, a la sazón concejal del consistorio, se colocó en el centro la estatua ecuestre de Felipe III, diseñada por Giambologna y terminada por Pietro Tacca en 1616, que hasta entonces había estado en el acceso a la Casa de Campo.

Desde 1877 albergó las cabeceras de algunas de las principales líneas de tranvía de la ciudad, con actividad hasta 1956. En 1880, se restauró la Casa de la Panadería, según proyecto de Joaquín María de la Vega, y los frescos de su fachada, obra de Luis González Velázquez, fueron repintados. Doce años después los viejos frescos fueron sustituidos por otros realizados por el artista Carlos Franco con temas iconográficos protagonizados por Cibeles, Cupido, Baco o Tritón, entre otros.

Ya en los años sesenta del siglo XX se realiza una última gran remodelación que dejó el aspecto que posee a comienzos del siglo XXI. Con la eclosión del tráfico en el centro de la ciudad, durante los años 60, se empleó la plaza como aparcamiento hasta 1966, y enseguida se inician las obras para construir el aparcamiento subterráneo existente hoy y los túneles de acceso, obras que terminan en 1969. Y en la superficie se colocaron más de medio millón de adoquines de pórfido, caliza y granito rojo que forman parte del ajedrezado pavimento que hoy pisan a diario miles de turistas. En 1985, la Plaza Mayor de Madrid fue declarada Bien de Interés Cultural, en su categoría de Monumento.

La Casa de la Panadería

La Casa de la Panadería fue construida por Diego Sillero alrededor de 1590, pero de este edificio sólo se conserva el sótano y la planta baja. No obstante, es el modelo que copian el resto de edificios de la plaza. Entre las numerosas funciones que ha tenido, destacan el de Tahona Principal de la Villa, que fijaba el precio del pan para que los más necesitados pudieran adquirirlo; aposentos reales; Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, y Academia de la Historia. En la actualidad es la sede del Centro de Turismo de Madrid. La decoración



Estatua de Felipe III y soportales junto al Arco de Cuchilleros.

que podemos contemplar en la fachada no ha sido igual a lo largo de los años, debido a las reformas y rehabilitaciones. Las pinturas murales que cubren hoy el edificio son obra de Carlos Franco, y representan figuras mitológicas relacionadas con la historia de Madrid como la diosa Cibeles.

El Arco de Cuchilleros

Los incendios, sin embargo, han cambiado la fisonomía de la plaza en varias ocasiones. El más devastador fue el de 1790, que permitió la reconstrucción llevada a cabo por el arquitecto Juan de Villanueva, quien redujo en dos alturas las fachadas, cerró la plaza en sus esquinas y levantó nueve arcos de acceso. Dada su monumentalidad, el más conocido de todos es el de Cuchilleros, cuya escalinata salva un acusado desnivel. Los pintorescos edificios de esta calle llaman la atención por su elevada altura e inclinación de las fachadas, a modo de contrafuertes. Su nombre se debe a que aquí se ubicaban los talleres de cuchilleros que proveían de instrumental a los carniceros de la Plaza Mayor, donde se encuentra la Casa de la Carnicería, que fue el depósito general de carnes.



La estatua de Felipe III

Esta escultura ecuestre es una de las obras de arte de mayor valor ubicada en las calles de Madrid. Diseñada por Giambologna y terminada por Pietro Tacca en 1616, durante siglos custodió el acceso a la Casa de Campo, pero la reina Isabel II se la prestó en 1848 a la ciudad, y se decidió colocarla en la Plaza Mayor. Sólo durante las dos repúblicas la escultura ha vuelto a emigrar de esta plaza, tal vez la más emblemática de Madrid. ▮



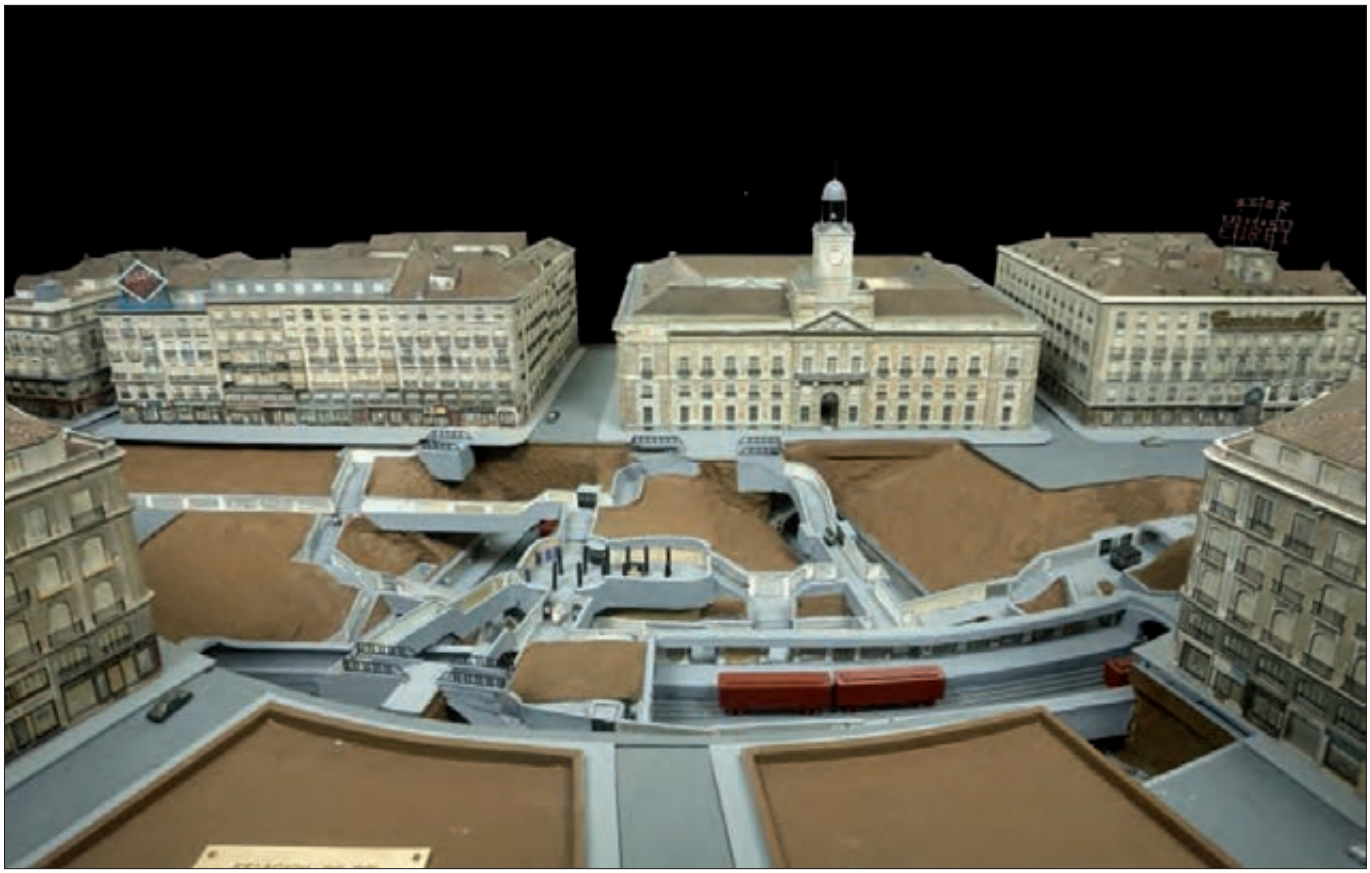
Una exposición de maquetas históricas rememora las obras públicas más singulares

Hecho a escala

Pepa Martín Mora. Fotos: Fundación Juanelo Turriano

La historia de la ingeniería y de la construcción se da a conocer en el Cuartel del Conde Duque, en Madrid, donde la Fundación Juanelo Turriano ha recogido en una muestra inédita los modelos a escala de obras de gran valor construidas entre los siglos XVIII y XX.

Por primera vez en Europa se han reunido en una misma exposición una selección de las maquetas que se hicieron en su día de piezas únicas de la historia de la ingeniería civil y de la construcción, todas ellas datadas entre los siglos XVIII y XX. Con un interés formal, estético, artístico, técnico y cultural de primer orden la muestra pone en valor todo un verdadero patrimonio cultural que en muchas ocasiones pa-



▶ *Maqueta de la estación de Metro de la Puerta del Sol, en Madrid.*

sa desapercibido o poco apreciado como muestra de la evolución de la ciencia y la tecnología.

La iniciativa, promovida por la Fundación Juanelo Turriano, dedicada a la promoción y difusión de la historia de la ingeniería y de la técnica, ha estado comisariada por Pedro Navascués Palacio y Bernardo Revuelta Pol, vicepresidente y director respectivamente de esta institución. Ambos aseguran que "esta muestra nos hace revivir la impresión de aquellos viajeros que visitaban las exposiciones universales en el siglo XIX, en las que cada país mostraba los adelantos de su industria, agricultura, comercio y obra pública a través de los centenares de modelos que se presentaban en ellas".

Así lo afirman en la introducción del catálogo que la Fundación ha editado con motivo de la exposición, un libro de 300 páginas con otras tantas ilustraciones de las maquetas y un texto explicativo de cada una de ellas. Sólo viendo las fotografías, que nos muestran al detalle desde muy distintas perspectivas los modelos a escala expuestos, percibimos que son de una belleza y perfección absolutamente excepcionales.

Bajo el título *Maquetas y Modelos Históricos. Ingeniería y Construcción,* la muestra, que se ha podido visitar en el Cuartel de Conde Duque, en Madrid, durante los meses de verano, ha recogido maquetas de arsenales, diques de carena, grúas, descargaderos de mineral, faros de costa –como el metálico de Buda, situado en el delta del Ebro, que se presentó en la Exposición Universal de París, en 1867, dada su originalidad para la época– puentes de muy distintos tipos, de fábrica, de hierro, rígidos y colgantes, depósitos de agua o armaduras de cubierta.

Cada uno de los modelos expuestos tiene tras de si una historia propia que enlaza con la obra construida, como es el caso del dique de carena del arsenal La Carraca, en Cádiz, que se construyó en los talleres del propio Arsenal, o el Transbordador que en 1916 ideó el ingeniero español Torres Quevedo sobre el Niágara, que recorre 7,2 kilómetros para unir las dos orillas del río en la zona canadiense y actualmente sigue constituyendo un gran atractivo turístico, al margen de los que se diseñaron en su día con distintas finalidades, como es el caso del Puente de Alcántara, en Cáceres, que sirvió de prueba testifical.

Otras han tenido su utilidad como ensayo en sus cortas dimensiones, para experimentar el comportamiento que tendrían sus elementos en la obra ejecutada, como es el caso de la cubierta de platea del Teatro Real de Madrid, debido al agrio debate que provocó la seguridad de sus 39 metros de luz tras su inauguración en 1850, o sencillamente como soluciones constructivas para la enseñanza en las Academias de Artillería y de In-

genieros Militares, o en las Escuelas Especiales de Ingenieros de Caminos y Minas como material didáctico.

Hay que advertir, no obstante, del vacío historiográfico que hay en torno a las maquetas y los modelos históricos de la ingeniería civil, que ni se han estudiado ni han sobrevivido al tiempo en su gran mayoría, contrariamente a lo ocurrido con las de arquitectura, pese a que la utilización de la imagen tridimensional es un hábito común desde muy antiguo. Es por ello que muchas de ellas nunca habían sido expuestas ni fotografiadas, y en algunos casos han tenido que ser restauradas con motivo de esta muestra.

Así, con esta exposición se quiere llamar la atención sobre el valor documental y el alcance de este patrimonio que no se ha sabido conservar a pesar de su valor y belleza material, que ha servido de mero objeto de curiosidad de coleccionista, de pieza de museo, o de simple adorno sin contenido propio.

.\ Maquetas espectaculares

La espectacularidad de los modelos expuestos se percibe nada más entrar a la sala 3 del Cuartel del Conde Duque, ya que de un solo vistazo se pueden apreciar un conjunto de maquetas de arquitectura clásica griega y romana, entre ellas dos sobre los órdenes arquitectónicos, la reproducción del puente de Alcántara, y la del acueducto de Segovia, todas fantásticas reproducciones de sus correspondientes obras reales.

Los modelos clásicos, que pertenecen a la colección del Palacio Real de Madrid y son propiedad de Patrimonio Nacional, son diez maquetas de arquitectura nunca estudiadas ni expuestas al público, que se construyeron como elementos eminentemente decorativos, entre las



▶ *Maqueta del templo de Vesta, en Tívoli.*

La Fundación y el Artificio de Juanelo

Creada en 1987 por el ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, José Antonio García-Diego, la Fundación Juanelo Turriano es una institución privada cuyo nombre debe a un brillante científico italiano de Cremona que se instaló en España para trabajar al servicio del emperador Carlos V, aunque su verdadero nombre era Giovanni Torriani. Aunque su oficio era el de relojero, la fama le vino de la mano de la ingeniería mecánica e hidráulica con el diseño del conocido como artificio de Juanelo. Se trata de una extraordinaria máquina que ideó y construyó en el siglo XVI para abastecer de agua procedente del río Tajo a la ciudad de Toledo, un portentoso ingenio que permitía subir el agua hasta el Alcázar superando una altura de 100 metros, cuyo modelo a escala se expone precisamente en esta muestra.



A día de hoy, esta maqueta, que pertenece a la Diputación de Toledo, es el modelo que más se ajusta a una de las máquinas más sorprendentes construidas en la historia de la ingeniería española, cuyos restos materiales desaparecieron por desgracia en el siglo XIX. Para su diseño fue necesaria la colaboración entre Ladislao Reti, gran investigador especializado en tecnología del Renacimiento, y el maestro artesano Juan Luis Peces Ventas, quienes contaron para ello con el apoyo del tornero Ricardo de Castro.

Este modelo a escala, que data de 1967, consta de cuatro módulos que nos permiten observar con detalle el funcionamiento del artificio: el primero representa una noria que elevaba el agua 14 metros sobre el nivel del río, el segundo es el motor hidráulico que generaba la energía para mover la máquina, y el tercero y el cuarto, las dos primeras torres de elevación –había hasta 24 en el ingenio original– que disponían de cazos oscilantes para elevar el agua 4 metros.

Como paradoja, tras el fallecimiento de Reti se descubrió un manuscrito de 1604 de Manuel Severim con el dibujo de un croquis del artificio junto a un texto explicativo sobre su funcionamiento, que vino a ratificar que el modelo a escala diseñado por el investigador se ajustaba con detalle a la creación de Juanelo.



Depósito del Canal de Isabel II.

que se encuentran la reproducción de la Linterna de Lisícrates, en Atenas, y la de La Maison Carrée, en Nimes, ambas procedentes del prestigioso taller de la familia Fouquet. Se trata de toda una saga de maquetistas, abuelo, padre e hijo, que trabajaron en París durante el siglo XIX y que figuran entre los grandes artífices de los modelos a escala en una línea que arranca del neoclasicismo.

En cuanto a la del puente de Alcántara, se construyó en su día con una finalidad poco frecuente, ya que formó parte en 1772 de un expediente administrativo abierto por el Consejo de Castilla que necesitaba un peritaje profesional para reparar los daños que esta infraestructura había sufrido a lo largo de su historia. Junto a él se expone otra maqueta del mismo puente que estaba en el Museo de Toledo y que representa su estado durante la guerra de la Independencia, cuando las tropas francesas volaron uno de sus arcos y los ingleses, años después, construyeron sobre él una pasarela de cuerdas provisional. Como curiosidad, el maquetista reprodujo el modelo con otro arco volado.

En cuanto a la reproducción del acueducto de Segovia, que pertenece a la Biblioteca de la Academia de Artillería de esta misma ciudad, se atribuye a Gil de Palacio, quién curiosamente dejó una dovela sin colocar en el arco superior, probablemente haciéndose así eco de la leyenda que cuenta que el demonio fue el constructor del acueducto, y que no lo pudo terminar porque salió el sol antes de poner la última piedra. Consta de tres partes: el suelo o terreno, el edificio en sí y el detalle de un tramo de la doble arquería.

> En la Exposición se han reunido más de 30 modelos a escala de obras de ingeniería, muchos de ellos de gran valor histórico

Destacan también, entre todas las maquetas de esta exposición, dos obras civiles ubicadas en Madrid. Podemos ver así la representación de la Puerta del Sol y el subsuelo del Metro, en la que se pueden apreciar los diferentes cortes y secciones de los túneles y andenes de tres de las líneas que ya lo atravesaban en 1949, una maqueta de indudable valor urbanístico que estuvo en el museo de la ciudad y hoy se expone en la sede de Metro. En cuanto a la segunda, se trata, del depósito elevado de agua del Canal de Isabel II de Santa Engracia, una maqueta de extraordinaria precisión que se construyó para la Exposición Iberoamericana de Sevilla de 1929. El depósito, fabricado en ladrillo y acero, sostiene una cuba metálica de 1.500 m^3 de capacidad para garantizar, en aquella época, la necesaria presión de suministro para el abastecimiento de agua a los barrios del ensanche madrileño.

Entre los puentes, se expone el modelo del mítico y desaparecido puente de Neully, en París, que muestra las distintas fases de construcción que llevó a cabo el ingeniero Perronet, una pieza única de la que no existe otra análoga, y que fue construida en los talleres de modelos del Cuerpo de Ingenieros del Ejército. También el puente colgante de Saint-Sever sobre el río Sena, en Rouen, o el de sistema Vergniais sobre el río Lignon, en Francia, propiedad de la Escuela de Ingenieros de Ca-


Faro de Buda.

minos, Canales y Puertos. También algunos tan lejanos como el puente de hierro proyectado sobre el río Pasig, en Manila (Filipinas).

Ingenios

Se ha reunido igualmente una corta serie de "ingenios", entre los cuales se encuentra la maqueta para acuñar moneda en la Real Casa de Moneda de Segovia, que sirvió a su vez de modelo para hacer una reproducción a tamaño real que está en la Casa de la Moneda, pasando por el del aserradero de madera del arsenal de La Habana, en Cuba; o del ingenio de Juanelo Turriano, aquel artificio que elevaba agua desde el río Tajo hasta el Alcázar de Toledo, del que hay un vídeo explicativo de su construcción que también se puede descargar en la página web de la Fundación; así como de un modelo de convertidor vertical para cobre, o del generador de vapor de Babcock-Wilcox.

Para que esta exposición fuera posible, la Fundación Juanelo Turriano ha contado con la colaboración de otras instituciones, entre ellas las de Patrimonio Nacional, el Museo del Ejército de Toledo, la Academia de Ingenieros de Hoyo de Manzanares, el Museo Naval, la Universidad Politécnica de Madrid, la Confederación Hidrográfica del Ebro, el Archivo Histórico Nacional, el Museo de Historia, Metro de Madrid, Canal de Isabel II y CEHOPU (Centro de Estudios Históricos de la Obra Pública).

Listado de modelos expuestos

- *Arquitectura de Fouquet.*
- *Puente de Alcántara (siglo XVIII).*
- *Modelo de puente de cuerdas sobre el puente de Alcántara.*
- *Puente de Encinas de Abajo sobre el río Tormes.*
- *Armadura de un puente de madera.*
- *Puente de Neuilly, en París.*
- *Puente sistema Verginais sobre el río Lignon, Francia.*
- *Puente colgante de Saint-Sever, en Rouen, Francia.*
- *Puente de hierro proyectado sobre el río Pasig, en Manila.*
- *Acueducto de Segovia.*
- *Arco del puente sifón del río Sosa, en Huesca.*
- *Acueducto de Tardienta, Huesca.*
- *Puente acueducto de La Sima, en Madrid.*
- *Depósito elevado del Canal de Isabel II.*
- *Dique de San Antonio del Arsenal de La Carraca, San Fernando, Cádiz.*
- *Antedique de Gamazo con barco puerta, Santander.*
- *Faro de Buda, Tarragona.*
- *Villa y puerto habilitado de Gijón.*
- *Cargadero de Desierto del Ferrocarril Minero de Triano, Sestao.*
- *Gran cabría del asearse al de Tolón, Francia, y modelo de machina de arbolar semejante a la del Arsenal de Cartagena.*
- *Sierra hidraúlica del arsenal de La Habana.*
- *Artificio de Juanelo, Toledo.*
- *Ingenio de laminar y acuñar moneda de la Real Casa de Moneda de Segovia.*
- *Trabajos en una mina de interior.*
- *Convertidor vertical para cobre.*
- *Horno de aludeles o de Bustamante.*
- *Horno alto de tiro natural.*
- *Horno para calcinación de minerales.*
- *Generador de vapor de Babcock-Wilcox.*
- *Armadura de la cubierta de platea del Teatro Real de Madrid.*
- *Andamiaje para la colocación de las columnas de la fachada de San Isaac, en San Petesburgo (Rusia).*
- *Transbordador del Niágara de Leonardo Torres Quevedo, en Canadá-Estados Unidos*
- *Estación de Sol en el Metro de Madrid.*



RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN

Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.



PVP: 10 €

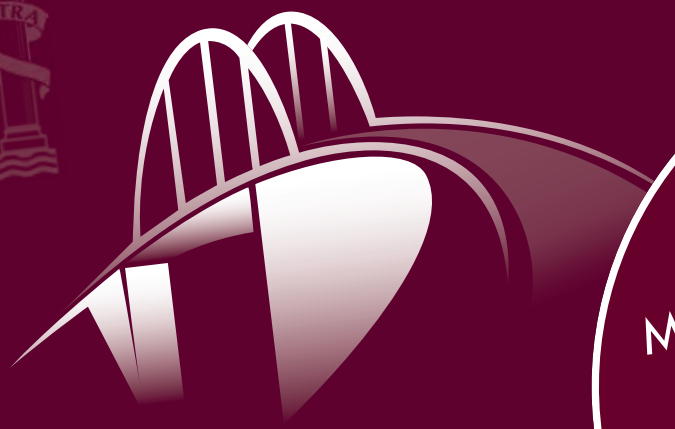
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

2017

Mapa Oficial de Carreteras©

ESPAÑA



GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

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*



También en el DVD:

1112 Espacios Naturales Protegidos
152 Rutas Turísticas
117 Vías Verdes

Edición 52
P.V.P.: 22,74€

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 675, septiembre 2017**

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

Año de edición: 2017

Características Edición:
1ª edición electrónica: octubre 2017
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 €

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.



Revista del Ministerio de

Fomento

Octubre 2017 Nº 676 3€

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO



Empresas españolas construyen los nuevos puentes atirantados en América

Salvamento Marítimo pone a prueba sus efectivos en el ejercicio Polex

Abierto al tráfico el segundo tramo de la autovía de la Ribagorza en Lleida

La obra pública bajo el imperio de Adriano: el auge de un legado







Revista del Ministerio de

Fomento

Julio-Agosto 2017 • Nº 674 • 6 €





Historia de los caminos y carreteras en España







MONOGRÁFICO
Julio-Agosto 2017

PVP: 6 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

Contenido

Director de la Revista: Antonio Recuero.
Maquetación: Aurelio García.
Secretaria de redacción: Ana Herráiz.
Archivo fotográfico: Vera Nosti.
Portada: Dragados
Elaboración página web: www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
Suscripciones: 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos).
Colaboran en este número: Jaime Arruz, Luis Fort López-Tello, Carmen Fort Santa-María, Begoña Olabarrieta, Javier R. Ventosa y Beatriz Terribas .
Comité de redacción: Presidencia: Rosana Navarro Heras. *(Subsecretaria de Fomento).*
Vicepresidencia: Alicia Segovia Marco. *(Secretaria General Técnica).*
Vocales: *Patricia Crespo González (Directora de Comunicación),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora 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),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Regina Mañueco del Hoyo *(Directora del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director 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.

INGENIERÍA
02
Iconos futuros de América
Empresas españolas construyen los principales puentes atirantados en el nuevo continente





SALVAMENTO MARÍTIMO
10
Coordinados contra la contaminación
El ejercicio internacional Polex pone a prueba efectivos de Salvamento Marítimo en Santander

CARRETERAS
16
Continuidad en el Segriá
En servicio el 2º tramo de la autovía de la Ribagorza (A-14) en Lleida





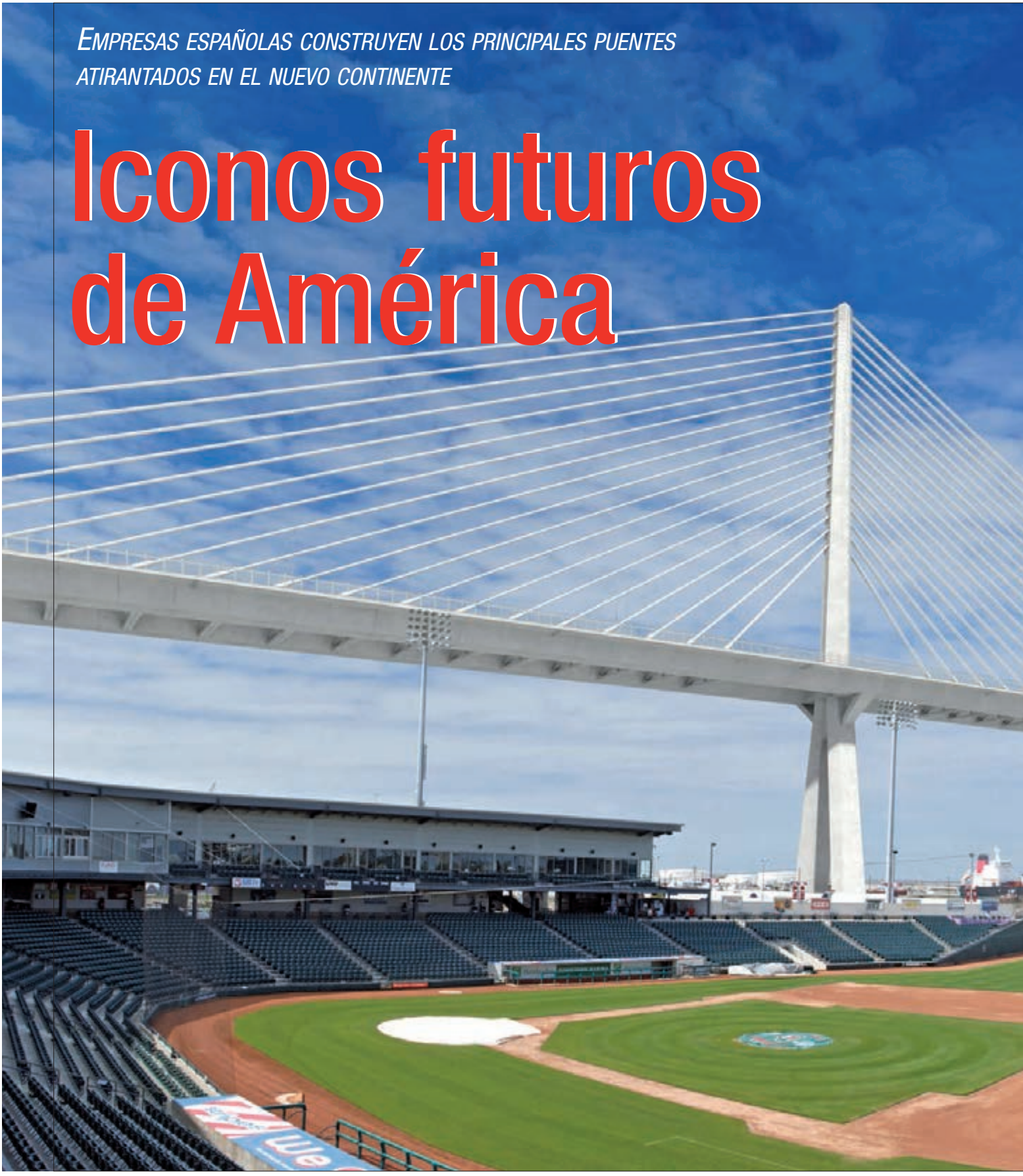
FERROCARRIL
24
Desde el Mississippi a los Grandes Lagos
Los proyectos de desarrollo de líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (VI): Chicago Connection

32. Roma en su máximo apogeo
1900 aniversario de la proclamación de Adriano como emperador

42. Modelos únicos
El Museo del Ferrocarril de Madrid acoge más de 600 piezas de la colección de modelismo ferroviario de Pascual Quirós

Empresas españolas construyen los principales puentes atirantados en el nuevo continente

Iconos futuros de América



Javier R. Ventosa

Que la ingeniería española de puentes figura a la vanguardia mundial en este campo es algo que se percibe en toda su extensión en América. En este continente, de Canadá a Colombia pasando por Estados Unidos, constructoras e ingenierías españolas protagonizan hoy la construcción de algunos de los principales puentes de tipología atirantada, gigantes estilizados de acero y hormigón sobre las aguas que son elevados a la categoría de iconos allí donde se levantan.

Elegantes, de apariencia liviana, idóneos para salvar un amplio rango de luces (más de 1.000 metros), versátiles y más económicos que los puentes colgantes de los que han evolucionado, los puentes atirantados son hoy una tipología muy extendida que, además, conforma símbolos de modernidad allí donde se construyen. Esta tipología, reconocible por los altos pilonos y los tirantes de acero anclados al tablero, cuenta con espléndidos ejemplos en Europa (Oresund, Millau, Normandía, Vasco de Gama, Rion Antirion y Constitución de 1812 en Cádiz; otras referencias españolas son los puentes de Rande –primero de su clase en ser ampliado–, Barrios de Luna y Centenario), es empleada masivamente en Asia (sobre todo en China) y se generaliza en América.

En este continente, constructoras e ingenierías españolas, encuadrados en consorcios multinacionales, despliegan hoy su *know how* y experiencia en el diseño y construcción de este tipo de estructuras viarias, campo en el que sus profesionales figuran a la vanguardia mundial. De las ocho grandes obras, por magnitudes y presupuesto, de puentes atirantados que hoy se construyen en América (Nuevo Champlain en Canadá, Gerald Desmond, Harbor Bridge, Mario M. Cuomo y New Goethals en EE UU, Tercer Puente del Canal en Panamá, Mercosur en Venezuela y Nuevo Pumarejo en Colombia), están presentes en la mitad, habiendo participado en las licitaciones de casi todos los restantes. Es un registro histórico, que aún puede superarse dado que compañías españolas son finalistas en los concursos de los otros tres grandes proyectos de atirantados a adjudicar este año en América (Gordie Howe en EE UU, Cuarto Puente del Canal en Panamá y Salvador-Itaparica en Brasil). A continuación se detallan las principales obras de atirantados con presencia española en este continente.

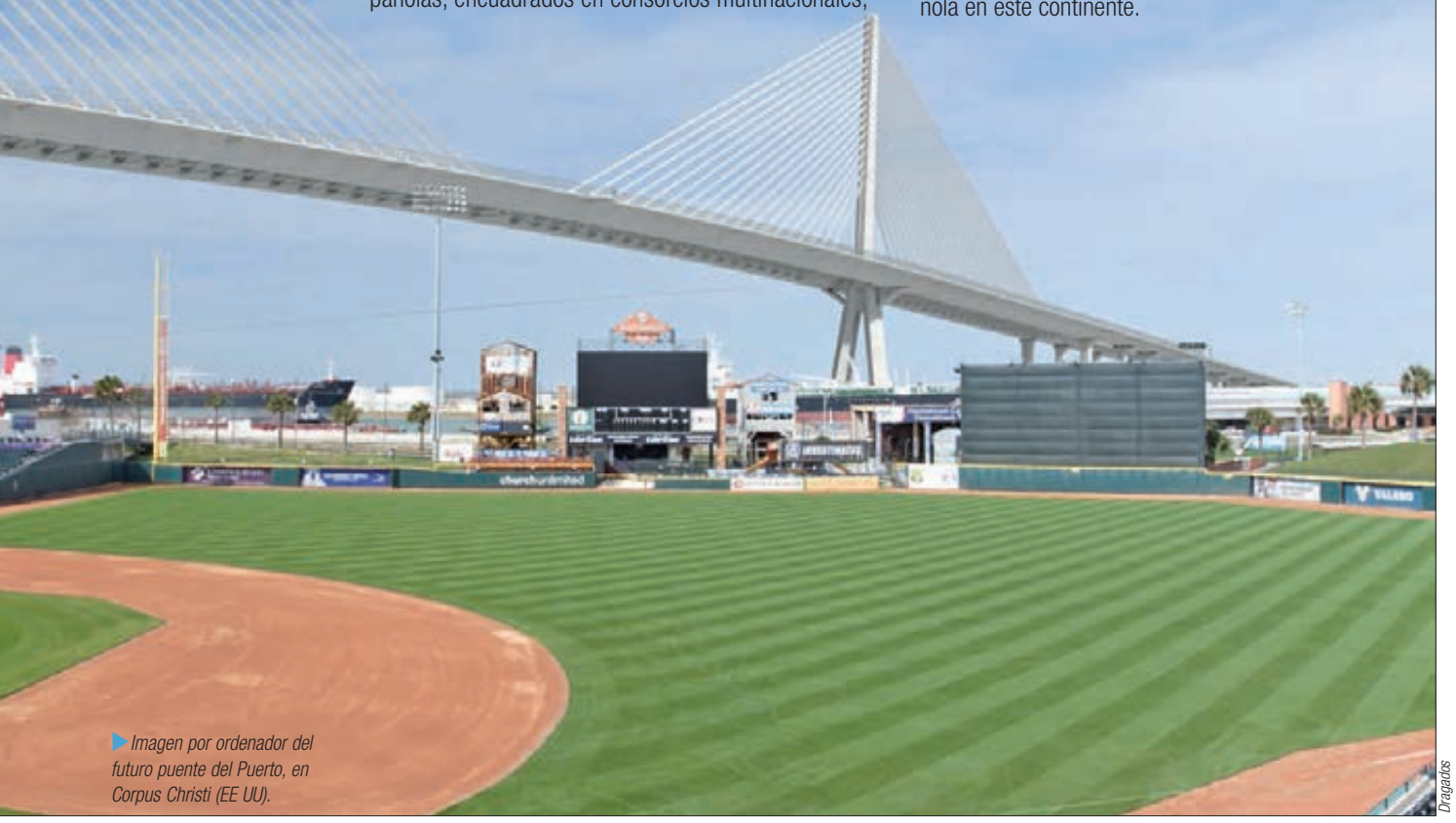


Imagen por ordenador del futuro puente del Puerto, en Corpus Christi (EE UU).

Dragados



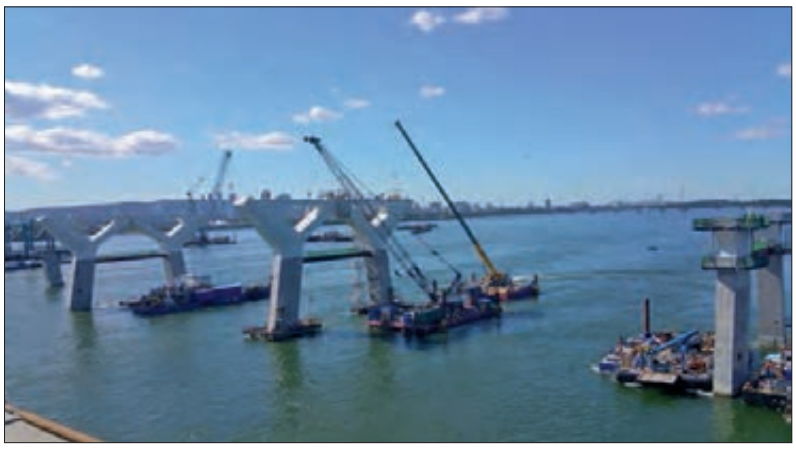
▶ *Vista del futuro puente Nuevo Champlain, en Montreal (Canadá). Debajo, montaje de los cabeceros del tablero sobre el agua.*

PUENTE NUEVO CHAMPLAIN

Este proyecto, promovido por el Gobierno de Canadá, contempla la sustitución del viejo puente Champlain, uno de los más transitados de Canadá (140.000 vehículos/día), al final de su vida operativa (data de 1962), por un nuevo puente sobre el río San Lorenzo que mejore la capacidad y seguridad de un acceso clave a la isla de Montreal que forma parte del corredor de San Lorenzo, una de las principales rutas de intercambio comercial con EE UU. El contrato de diseño, construcción y mantenimiento por 30 años del puente se adjudicó en 2015 al consorcio hispano-canadiense Signature on the Saint Lawrence, formado por Dragados Canadá, Flatiron Constructors (filiales de ACS) y las locales SNC-Lavalin y EBC, con un presupuesto de 1.800 M€ y plazo de ejecución de 42 meses. La obra, una de las mayores en Norteamérica, incluye el puente Nuevo Champlain, la construcción de otro puente de 470 metros en la isla de Soeurs, la ampliación de la autopista 15 y la mejora de las rampas de acceso hacia otras dos autopistas. El futuro puente está llamado a ser el nuevo símbolo de la ciudad de Montreal.

La estructura, que se construye en paralelo al puente Champlain, es un puente mixto (hormigón-acero) de 3.400 metros de longitud formado por un tramo central atirantado, con un vano principal de 240 metros y gálibo vertical de 38 metros sobre el canal de San Lorenzo, más los viaductos de acceso, con vanos de 80 a 84 metros. La altura máxima de las pilas es de 38,50 metros. El pilono central, constituido por dos torres de hormigón gemelas de 170 metros de altura, se asienta en una isleta del río. La estructura presenta tres tableros independientes, dos laterales que albergarán tres carriles para el tráfico (de 21,6 y 17,3 metros de ancho cada uno) y otro central de dos carriles para el transporte público (10,8 metros de ancho). El tablero más ancho incluye un carril bici. El vano principal atirantado será metálico y los vanos secundarios, mixtos. La estructura ha sido diseñada para tener una vida operativa de 125 años.

Los trabajos arrancaron en 2015, con la construcción de cinco muelles para las operaciones fluviales y la prefabricación de piezas. La cimentación subacuática ha consistido en la excavación del lecho del río a 5 metros de profundidad y la instalación de estructuras prefabricadas formadas por encepado y arranque de pila, de 900 toneladas y 11x11x14 metros cada una, operaciones realizadas con precisión milimétrica con apoyo de medios marítimos especiales y GPS. A finales de julio la cimentación estaba terminada, con 38 encepados más arranques emergiendo del agua y los 36 restantes en tierra ya ejecutados, incluido el del pilono. Ahora se procede al recrecido de los fustes con piezas de hormigón prefabricadas y al montaje de los cabeceros de acero que sustentarán los tableros, en forma de W y de 261 toneladas de peso. Luego vendrán la ejecución del pilono, el montaje de sus 60 tirantes y la ejecución



FCC



▶ *Pilonos y pilas alzados y parte del tablero ejecutado del puente Gerald Desmond en Long Beach (EE UU). A su izquierda, el puente actual.*

del tablero. Se espera que los trabajos estén acabados en el verano de 2018. Además de las filiales de ACS, en la obra participan las ingenierías Ideam y Pedelta (asistencias técnicas) y las metalúrgicas Megusa, Dizmar y Tecade (suministro de cabeceros y cajones metálicos).

PUENTE GERALD DESMOND

Proyecto destinado a construir una nueva conexión entre el continente y la isla Terminal en el puerto de Long Beach (California), segundo en importancia de EE UU, por donde pasa el 15% de la carga contenerizada importada. El nuevo puente sustituirá al existente, de 1968, con un tráfico de 68.000 vehículos/día y, sobre todo, un gálibo vertical de 45 metros sobre la boca del canal de acceso al puerto apto para buques de hace medio siglo, pero no para los grandes navíos actuales, lo que limita la operatividad del puerto. El proyecto de construcción del nuevo puente y de demolición del antiguo, promovido por el Departamento de Transporte de California y el puerto de Long Beach, se adjudicó en 2012 al consorcio SFI, formado por la estadounidense Shimmick, la española Fomento de Construcciones y Contratas (FCC) y la italiana Impregilo, con una inversión que hoy ronda los 1.300 M€. La construcción arrancó en 2013, pero un año después el proyecto se modificó para reforzar las especificaciones antisísmicas de la estructura, lo que se tradujo en un nuevo proyecto para el vano principal. El futuro puente, primer atirantado que se construye en la Costa Oeste de EE UU, será un nuevo icono para Long Beach, para Los Ángeles y para toda California.

El nuevo puente, que se construye en paralelo al existente, es una estructura de 2.660 metros formada por un tramo central atirantado de 610 metros, con un vano principal de 305 metros y dos vanos de aproximación de 152 metros, flanqueado por dos viaductos de acceso de 900 y 1.155 metros, con vanos de 57 a 69 metros. El gálibo vertical sobre el Back Channel es de 62 metros, el mayor de los atirantados del país, y permitirá el paso de las nuevas generaciones de portacontenedores. En la mediana del tramo atirantado se disponen dos torres de fuste único de 154 metros –las segundas más altas de un atirantado en EE UU–, de cada una de los cuales surgen dos planos de 10 cables que se anclan al tablero; los viaductos de acceso están soportados por 90 pilas de altura variable (8-60 metros). La cimentación ha sido uno de los condicionantes del proyecto al construirse sobre un antiguo campo petrolífero, con numerosos pozos, lo que ha determinado que sea de tipología profunda, con 350 pilotes de hormigón de 2,5 metros de diámetro hincados a 50 metros, entre ellos los correspondientes a los encepados de los pilonos. El tablero, de 47 metros de ancho, está formado por vigas metálicas

FCC



▶ *Imagen por ordenador del futuro puente Gerald Desmond.*

sobre las que se colocan losas prefabricadas de canto completo. Sobre el mismo se dispondrán dos calzadas con tres carriles cada una –el puente actual alberga solo dos por sentido–, más carriles de emergencia y un carril doble para ciclistas y peatones.

El proyecto ya ha superado el 60% de ejecución, con las dos torres de atirantamiento, terminadas, sobresaliendo por encima del viejo puente. A ambos lados del canal se yerguen las pilas de los viaductos de acceso, con buena parte del tablero ya construido. Como novedad, FCC ha introducido por primera vez en California el sistema de cimbra autolanzable, habitual en España. Mediante esta técnica se ejecutan los vanos de mayor altura, mientras que los de menor altura se han ejecutado con cimbra cuajada al suelo. La obra deberá concluir en la primavera de 2019. Además de la constructora, otra española presente en la obra es la ingeniería Fhecor, co-diseñadora del proyecto del tablero de los viaductos y que también ha revisado el proyecto de las autocimbras.

Otros proyectos americanos en marcha

Las constructoras e ingenierías españolas mantienen hoy en América una importante cartera de proyectos de puentes de distinta tipología centrada en la obra nueva y la mejora de estructuras existentes. Estos son los proyectos principales:

En EE UU, estas empresas, a través de filiales, desarrollan proyectos en media docena de estados, generalmente reconstrucciones y ampliaciones de estructuras en autopistas, además de los proyectos de Long Beach y Corpus Christi. Por la cantidad de obras en marcha destaca ACS, que construirá el puente Rodanthe (3,9 km) sobre el mar en Carolina del Norte y el puente arco Wellsburg (1,6 km) sobre el río Ohio en Virginia Occidental. OHL, por su parte, participa en el proyecto Restoring the George, de rehabilitación del puente neoyorquino George Washington, el más transitado del mundo. Ambas compañías reconstruyen puentes singulares en otros cuatro estados. Más al norte, en Canadá, con referencias recientes como el puente de Beauharnois (2,5 km) a cargo de Acciona/Dragados, el puente atirantado Nipigon (252 m) co-ejecutado por Ferrovial y la obra del Nuevo Champlain, en Edmonton se acaba de inaugurar el puente arco de Walterdale, obra de Acciona con diseño de Pedelta.

En México, con referencias como el viaducto San Marcos, obra de FCC, OHL ejecuta el Libramiento Elevado de Puebla, viaducto continuo de 13,3 km sobre una autopista que reducirá la congestión. Previamente ya empleó la tipología de segundos pisos para sus concesiones urbanas Viaducto Elevado Bicentenario (22 km), Urbana Norte (9 km) y Poetas (1,6 km), todas en México DF. En diseño, la oficina de Carlos Fernández Casado tiene varias referencias en el país azteca, la última de ellas el puente Barra Vieja (470 m) en Guerrero, con singular tipología de velas de hormigón. Más al sur, en Centroamérica, hay otras referencias como la rehabilitación de los puentes de Las Américas y Centenario en el Canal de Panamá, obra de FCC, y el viaducto de acceso al puerto de Moín (Costa Rica), de 1 km de longitud, que construye el Grupo Puentes.

La presencia en Sudamérica es más relevante, sobre todo en Colombia, con planes de infraestructuras que prevén la construcción de cientos de puentes y viaductos. En este país, además del Nuevo Pumarejo, Sacyr construye el singular puente Hisgaura, atirantado de 653 metros, vano central de 330 metros y pilono principal de 147 metros (será el más alto de Sudamérica), diseñado por Pedelta. Y para cruzar el río Magdalena se ejecutan dos estructuras con firma española: OHL construye un puente viga de 1.360 metros en Puerto Berrío (Antioquia) como parte de la concesión Magdalena 2 y Pedelta firma el diseño de un atirantado de 390 metros en Honda (Tolima). Junto a referencias recientes en Colombia (viaducto atirantado en Bucaramanga), Ecuador (puente Chiche en Quito), Perú (puente Chilina en Arequipa) y Paraguay ("superviaducto" de Madame Lynch en Asunción), empresas españolas desarrollan dos notables proyectos en Chile: el puente Treng Treng Kay Kay (240 metros), atirantado en obras en la Araucania, a cargo de un consorcio liderado por Assignia, con diseño de Apia XXI; y el puente industrial sobre el Bio-Bio en Concepción, que con sus 2,5 kilómetros será, tras el colgante de Chacao, el segundo más largo del país, a construir por OHL a partir de 2018. Y en Ecuador, Eurofinsa lidera el consorcio que construye el puente viga Guayaquil-Samborondón sobre el río Daule, de 780 metros.



Vista del futuro puente del Puerto sobre el canal portuario en Corpus Christi (Texas).

PUENTE DEL PUERTO

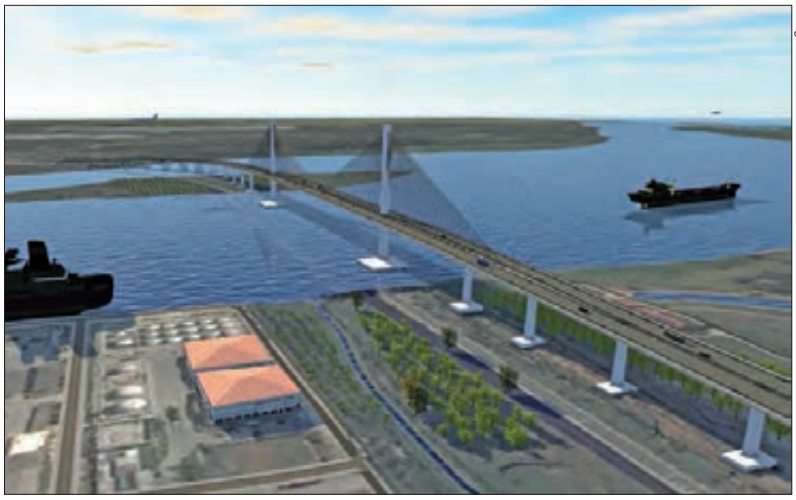
En Corpus Christi, localidad de Texas bañada por el golfo de México, un consorcio de ACS desarrolla las primeras fases del proyecto US 181 Harbor Bridge Replacement, que supondrá la construcción del mayor puente atirantado de EE UU. Se trata de una iniciativa del Departamento de Transporte de Texas que, como en Montreal y Long Beach, tiene por objeto la sustitución de un puente obsoleto (una estructura metálica de 1959 y 1,7 kilómetros que presenta un gálibo inadecuado para el acceso de grandes buques al puerto, sin arcenes, con una pendiente elevada, una alta tasa de accidentalidad e intensidad media de 60.000 vehículos/día) por una nueva estructura que garantice la eficiencia y seguridad de un corredor viario, y que además permita la navegación por el canal de acceso al tercer puerto petroquímico del país de los megabuques que cruzan el Canal de Panamá ampliado. El diseño, obra y mantenimiento del proyecto se adjudicó en mayo de 2015 al consorcio formado por Dragados USA y Flatiron, ambas filiales de ACS, por un importe cercano a 1.000 M€. El proyecto contempla la actuación sobre un corredor de 10,3 kilómetros que, además del nuevo puente, incluye la reconstrucción en 4 kilómetros de tres autopistas adyacentes y la demolición del puente existente.

El nuevo puente, que como en los casos previos se ejecutará al lado del existente, será una estructura de 3.900 metros de longitud con un tramo central atirantado y sendos viaductos de acceso, que presentará una luz principal de 504 metros, un gálibo vertical de 62,4 metros –apto para el tránsito de megabuques– y un ancho de 44,2 metros. Cuando esté terminado "será el récord mundial entre los puentes atirantados de hormigón pretensado con plano único central de atirantamiento", hoy ostentado por el puente d'Iroise francés (400 metros de luz y 23 metros de ancho), según datos de la ingeniería española Carlos Fernández Casado SL, que asesora al consorcio durante las fases de proyecto y construcción. Otro rasgo destacable son sus dos torres de atirantamiento, de 163 metros, que serán la estructura más alta de la ciudad costera y cambiarán su *skyline*. Para los viaductos de acceso se construirán 45 pilas de distinta altura. El puente incorporará dos tableros independientes, cada uno de los cuales albergará tres carriles (de 3,6 metros cada uno) y dos arcenes (de 3 metros de ancho), más un carril-bici compatible para peatones en uno de los tableros.

La ceremonia oficial de inicio del proyecto se celebró en el verano de 2016, aunque ha sido a partir de marzo pasado cuando los operarios han iniciado la preparación del terreno y el traslado de maquinaria pesada. Una vez ensayadas las características del subsuelo se prevé comenzar las cimentaciones en el mes de septiembre, tareas que se prolongarán hasta final de año. Está previsto que la construcción del puente y la reconstrucción de las vías adyacentes se prolongue hasta la primavera de 2020, mientras que la demolición del puente existente está fijada para un año después.

PUENTE NUEVO PUMAREJO

El consorcio SES Puente Magdalena, liderado por dos filiales de Sacyr, construye en Barranquilla (Colombia) el puente Nuevo Pumarejo, una de las obras más relevantes de Sudamérica y la mayor estructura atirantada del país. Este proyecto, que el Instituto Nacional de Vías (Invías) adjudicó en abril de 2015 por importe de 223 M€ y un plazo de 36 meses, relevará al puente Pumarejo, construido en 1974, con un doble fin: mejorar la comunicación entre Barranquilla y Santa Marta mediante la ampliación de la capacidad vial entre ambas ciudades (se pasará de un carril por sentido en el puente actual a tres) y habilitar el río Magdalena para la navegación fluvial de buques de gran calado mediante la eliminación del puente actual, principal obstáculo para el tráfico naviero dado su limitado gálibo vertical (12 metros). El nuevo puente, con gálibo de 45 metros y una distancia transversal libre de 340 metros, propiciará el paso de los buques del tipo *handy-size* (el 70% de los de transporte marítimo) y convertirá al Magdalena en una de la principales vías de comunicación de Colombia al hacer accesible su interior a navíos de gran tonelaje procedentes del Caribe. El proyecto, elaborado por un consorcio hispanocolombiano liderado por la valenciana Ivicsa, se modificó a instancias de Sacyr para adecuarlo al nuevo proceso constructivo por parte de la ingeniería madrileña Ideam, que también realiza la asistencia técnica a la constructora durante la ejecución.



Sacyr

El Nuevo Pumarejo se construye a 22 kilómetros de la desembocadura del río Magdalena y a 30 metros aguas abajo de la estructura actual. Será un puente de 2.173 metros, lo que lo convertirá en el noveno más largo de su tipo de Latinoamérica. Estará constituido por un tramo central atirantado de 800 metros dividido en cinco vanos, con un vano central de 380 metros y gálibo vertical de 45 metros, y flanqueado por dos viaductos de acceso: el de la margen izquierda, de 618 metros y nueve vanos con una luz tipo de 70 metros, del que se desprenden dos ramales que suman 660 metros; y el de la margen derecha, de 755 metros y 11 vanos de 70 metros de luz máxima. Los dos pilonos de la estructura es-

▶ *Imagen por ordenador del pùente Nuevo Pumarejo sobre el Magdalena en Barranquilla (Colombia).*

También en Europa

Empresas españolas también protagonizan los dos grandes proyectos de puentes atirantados en desarrollo en Europa en 2017, ambos en el Reino Unido. En Escocia, el pasado 4 de septiembre, la reina Isabel II inauguró el puente Queensferry Crossing sobre el estuario de Forth (en la imagen), pieza central del programa de mejora de accesos a la costa este escocesa, que ha construido un consorcio liderado por dos filiales de ACS (Dragados y Hochtief). El puente, de 2.638 metros, es la mayor estructura atirantada de tres torres del mundo y tiene una anchura de 39,6 metros, apta para seis carriles. Está formado por un tramo central atirantado, con dos vanos de 650 metros entre tres pilonos de distinta altura (202, 210 y 202 metros) y dos tramos de aproximación de 223 metros, más dos viaductos de acceso, siendo el tablero de tipo mixto. Su coste final se eleva a casi 1.500 M€. El puente se ha construido en paralelo a los vecinos Forth Bridge (1890, de ferrocarril) y Forth Road Bridge (1964, que se destinará al transporte público), conformando una inédita reunión de estructuras de ingeniería civil de tres siglos.



Dragados

Más al sur, cerca de Liverpool (Inglaterra), se desarrolla desde 2014 el otro gran proyecto británico, Mersey Gateway, concesión que aliviará la congestión del puente Jubilee (80.000 vehículos/día) sobre el río Mersey mediante un nuevo puente entre Runcorn y Widnes, además de la renovación de 9 kilómetros de carreteras. FCC participa en el consorcio Merseylink, que construye, explotará y mantendrá durante 30 años el puente, diseñado a su vez por un consorcio con presencia de las ingenierías Eptisa y Fhecor. El puente, de 2.130 metros, tendrá un tramo central atirantado de 1.000 metros sobre el estuario del río, dividido en cuatro vanos con luz máxima de 318 metros, y tres pilonos de 110, 80 y 125 metros. La plataforma, de 42 metros de ancho, albergará seis carriles de peaje. Debe estar concluido este otoño.

Sin dejar las islas Británicas, Dragados (ACS) construye en New Ross (Irlanda) el puente sobre el río Barrow, estructura extradosada (una tipología de los atirantados) de 887 metros cuyo vano principal será récord mundial en este tipo de puentes. En este país ya firmó otro atirantado notable, el puente sobre el río Suir en Waterford (465 metros). Y en la otra punta de Europa, en el mar Adriático, dos empresas españolas han mostrado interés por construir el puente de Peljesac, de 2,4 kilómetros de longitud y 55 metros de altura, que será la mayor estructura atirantada de Croacia.

Sacyr



▶ *Pilas levantadas en una orilla del Magdalena junto al actual puente Pumarejo. Debajo, la gigantesca autocimbra empleada para la ejecución del tablero.*

tarán formados por un fuste único de 6 metros de canto longitudinal, con una altura de 133 metros, y de cada uno de ellos se desprenderán 17 parejas de tirantes de sujeción y otros tantos de retenida. La altura de las pilas será variable, siendo la máxima de 35 metros. Los tableros estarán formados por una sección cajón de hormigón de 3,65 metros de canto. La plataforma del tramo atirantado, con 38 metros de anchura, será la mayor de los puentes colombianos, y albergará dos calzadas separadas por una mediana, con tres carriles por sentido, berma y carril-bici.

La obra, iniciada a finales de 2015, está en pleno desarrollo. La cimentación está finalizada, incluidos los dos encepados de los pilonos, de 40x40 metros, ejecutados en el río, cada uno con 20 pilotes de 2,8 metros de diámetro perforados a 50 metros de profundidad. En ambas márgenes y en una isla situada en el cauce se alzan ya las 36 pilas del proyecto. El tablero se ejecutará mediante tres métodos diferentes: ejecución *in situ* y ejecución vano a vano mediante cimbra autolanzable en los viaductos de acceso, y construcción mediante avance por voladizos sucesivos en el tramo atirantado. En los trabajos se emplea una de las mayores autocimbras del mercado, de 130 metros y 1.400 toneladas, que estrena un sistema constructivo inédito en Colombia, así como un carro de avance que está batiendo récords. Dadas las magnitudes de la cimentación y los malos terrenos en superficie, "hemos tenido que emplear medios auxiliares especiales, como perforadoras de gran tamaño y grúas de hasta 260 toneladas", afirma Juan Pablo Durán, director del proyecto, quien resalta la compleja operativa de los trabajos en el río, apoyada por tres remolcadores y 14 barcazas, y la exigente logística del proyecto. Otras singularidades son el modelado del puente en 3D, los tratamientos térmicos del hormigón en la fabricación y puesta en obra para afrontar las altas temperaturas tropicales, la construcción de dados de hormigón junto a los pilonos para resistir el impacto de buques y el empleo de drones para monitorizar los trabajos en altura. Cuando esté terminado, será el nuevo símbolo de la región Caribe colombiana. ▮

Sacyr





El ejercicio internacional Polex pone a prueba efectivos de Salvamento Marítimo en aguas de Santander

Coordinados contra la contaminación



En el ejercicio participaron equipos de salvamento y lucha contra la contaminación de organismos internacionales y españoles.

Begoña Olabarrieta. Fotos: Sasemar

El pasado mes de junio Santander fue el escenario del ejercicio internacional anual de salvamento y lucha contra la contaminación marina organizado por la Dirección General de Marina Mercante y Salvamento Marítimo. Un encuentro que dio cita a entidades y organismos nacionales e internacionales, medios aéreos, marítimos y de personal que probaron y pusieron al día la capacidad de respuesta coordinada ante un posible episodio de contaminación en el mar.

El Palacio de la Magdalena se transformó durante 48 horas en un centro de operaciones de emergencia al máximo nivel, en el que 9 instituciones y organismos internacionales y 21 españoles se coordinaron para dar rápida respuesta a un supuesto de contaminación marina en el abra del Sardinero y las proximidades de cabo Mayor.

Órganos de dirección, equipos, pantallas de seguimiento y *streaming* para seguir en directo toda la operación se pusieron en marcha en el ejercicio de lucha contra la contaminación más importante que la Dirección General de Marina Mercante y Salvamento Marítimo celebran cada año con el objetivo de reforzar la cooperación entre todas las administraciones para dar respuesta efectiva a casos similares.



Guardamar Concepción Arenal, una de la embarcaciones de Salvamento Marítimo que intervino en el ejercicio.

El ejercicio denominado POLEX 24-17 ('Pollution'+'Exercise', semana 24/año 17) partía de la supuesta colisión del buque Alfa, en su rumbo a Bilbao, con un objeto desconocido a la deriva. El "accidente", producido a 10 millas náuticas al norte del cabo Mayor, ocasionó una vía de agua en el buque, que quedó escorado. Como consecuencia de la colisión se produjo el supuesto vertido de 3.000 toneladas de fuel oil pesado en una zona colindante a un área marina protegida y de especial protección de aves. El lugar elegido para este ejercicio de simulación está cercano a dos parques naturales y a tres zonas de interés comunitario incluidos

Equipos mixtos

Diversos organismos internacionales y más de 20 nacionales participaron en el ejercicio anual de lucha contra la contaminación POLEX 24-17 organizado por la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima, bajo la Dirección General de la Marina Mercante, y encuadrado dentro del Sistema Nacional de Respuesta de Lucha Contra la Contaminación Marina Accidental aprobado en diciembre de 2012.

Organismos internacionales:

- *CEDRE (Centro de Documentación, Investigación y Experimentación sobre la Contaminación Accidental de las Aguas).*
- *CEPPOL (Centro de Conocimiento Especializado en Prácticas de Lucha contra la Contaminación).*
- *Dirección General de la Autoridad Marítima de Portugal.*
- *Embajada de Francia en España.*
- *EMSA (Agencia Europea de Seguridad Marítima).*
- *FIDAC (Fondos Internacionales de Indemnización de Daños debidos a la Contaminación por Hidrocarburos).*
- *ITOPF (Federación Internacional Anticontaminación de Armadores de Buques Tanque).*
- *National Maritime Information Center (Centro Nacional de Información Marítima del Reino Unido).*
- *Oil Spill Response Limited (Compañía de Respuesta a Derrames de Hidrocarburos).*

Organismos nacionales:

- *Aduanas de AEAT (Agencia Estatal de Administración Tributaria).*
- *AENA (Agencia Española de Navegación Aérea).*
- *AEMET (Agencia Española de Meteorología).*
- *Autoridad Portuaria de Santander.*
- *CEDEX (Centro de Estudios y experimentación de obras Públicas).*
- *CETMAR (Centro de Estudios Tecnológicos del Mar).*
- *Consejería de Presidencia y Justicia – Dirección General de Protección Civil y Emergencias.*
- *Cruz Roja española.*
- *Demarcación de Costas de Cantabria.*
- *DGMM (Dirección General de la Marina Mercante).*
- *Presidencia del Gobierno-Departamento de Seguridad Nacional*
- *Gardacostas de Galicia.*
- *Guardia Civil-Servicio Marítimo.*
- *Instituto Español de Oceanografía (IEO).*
- *INTECMAR (Instituto Tecnológico para el Control del Medio Marino de Galicia).*
- *Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.*
- *Ministerio de Defensa. Fuerzas Armadas. Armada Española.*
- *Ministerio de Fomento.*
- *Portos de Galicia.*
- *Puertos del Estado.*
- *Salvamento Marítimo.*



El ejercicio puso a prueba la coordinación de los medios aéreos y navales de Salvamento Marítimo.

Trabajo conjunto

El desarrollo del POLEX 24-17 ha contado con la coordinación de diversos centros de Salvamento Marítimo, cada uno con funciones específicas:

Órganos de dirección (Palacio de la Magdalena)

- *Dirección y coordinación de la emergencia*
- *Comunicaciones con el buque*
- *Notificaciones*
- *Movilizaciones de medios*

Centro Nacional de Coordinación de Salvamento Marítimo

- *Notificaciones y comunicaciones internacionales*
- *Solicitud de medios y servicios a nivel internacional*

Base Estratégica de Santander

- *Personal de respuesta para operaciones especiales*
- *Equipos de lucha contra la contaminación en la mar*

en la Red Natura 2000, además de ser un importante recurso turístico.

Un ejercicio supuesto, pero en el que toda la operativa de intervención se realizó con medios reales, marítimos, aéreos y de personal, para recrear y ensayar una actuación coordinada, siguiendo las instrucciones, protocolos y procedimientos previstos en estos casos.

Tres fases

Una vez detectado el incidente, todos los organismos implicados pusieron en marcha una actuación en cuatro fases. El primer día (14 de junio) se desplegaron las fases 1 y 2. La primera con las operaciones de salvamento y rescate de parte de la tripulación del buque accidentado con medios aéreos, y la movilización de los recursos anticontaminación. En la segunda se procedió a remolcar al buque supuestamente siniestrado.



En el ejercicio participaron el buque polivalente Don Inda y el remolcador María de Maeztu, que desplegaron sus medios de lucha contra la contaminación.

Al día siguiente se activó la tercera fase, en la que se realizaron misiones de vigilancia aérea con el avión especializado de localización de contaminación Sasemar 102 y recogida de muestras con medios marítimos. Finalmente, en la cuarta fase de la intervención se procedió a labores de contención mediante barreras y recogida del hidrocarburo con medios marítimos.

Coordinando todas las operaciones, dos centros de gestión en la zona, el situado en el palacio de la Magdalena y el Centro de Coordinación de Salvamento Marítimo en Santander, a los que se unieron la Base Estratégica de Santander y el Centro Nacional de Coordinación de Salvamento Marítimo de Madrid.

Despliegue real de medios

En las 48 horas del operativo se movilizaron medios coordinados entre los distintos organismos y entidades participantes para dar respuesta a la emergencia. Por aire, el avión Sasemar 102 y el helicóptero Helimer 213, ambos de Salvamento Marítimo, además del helicóptero SOS Cantabria del gobierno cántabro.

En el mar, por parte de Salvamento Marítimo intervinieron el buque polivalente de lucha contra la contaminación Don Inda, el remolcador María de Maeztu, la guardamar Concepción Arenal, la salvamar Deneb; a los que

Intervención de los medios de Salvamento Marítimo

Avión Sasemar 102

- *Coordinación de las operaciones aéreas.*
- *Labores de seguimiento del vertido.*
- *Vigilancia aérea. Monitorización y seguimiento de la contaminación.*

Helimer 202

- *Evacuación de heridos y tripulación.*
- *Embarque de personal para evaluación.*
- *Apoyo en la operativa de toma de remolque.*
- *Vigilancia aérea. Monitorización y seguimiento de la contaminación.*

Buque polivalente Don Inda

- *Despliegue de brazos recogedores*
- *Labores de OSC (coordinador de emergencia en zona).*

Remolcador María de Maeztu

- *Maniobra de remolque al buque siniestrado.*
- *Despliegue de sus medios de LCC asistido por unidad de apoyo.*

Guardamar Concepción Arenal

- *Evaluación de la situación y de apoyo al resto de unidades.*

Salvamar Deneb

- *Evaluación de la situación y de apoyo al resto de unidades.*



se unieron el remolcador Ría de Vigo de la Agencia Europea de Seguridad Marítima, el remolcador Mahón de la Armada, la patrullera Pisuerga de la Guardia Civil y embarcaciones de Cruz Roja.

Un despliegue que se iba siguiendo minuto a minuto desde el centro de seguimiento del palacio de la Magdalena, que se abrió también a los ciudadanos, con una jornada de puertas abiertas en la que se dio a conocer mejor cómo se actúa en un caso de lucha contra la contaminación como el planteado.



El palacio de la Magdalena se convirtió en improvisado centro de coordinación y seguimiento del ejercicio POLEX 24-17

Estos ejercicios de gran envergadura, como el POLEX 24-17, se repiten año a año con el objetivo de reforzar la cooperación entre Salvamento Marítimo y otros organismos supranacionales, nacionales, autonómicos y locales relacionados con la respuesta y lucha contra la contaminación. Una coordinación que está prevista en el Sistema Nacional de Respuesta ante Contaminaciones Marinas y el Plan Marítimo Nacional y que ayuda a revisar y poner al día el nivel de adiestramiento de todo el personal participante en este tipo de operaciones, y poner en práctica los protocolos operativos previstos.

Un ensayo real de coordinación entre todos los organismos responsables de evitar la contaminación en nuestros mares.

En servicio el segundo tramo de la autovía de la Ribagorza (A-14) en Lleida

Continuidad en el Segrià





Enlace con la autovía A-2, origen del nuevo tramo de la autovía de la Ribagorza.

Javier R. Ventosa. Fotos: DCE Cataluña

El Ministerio de Fomento ha puesto en servicio el pasado verano el tramo Lleida (A-2)-Rosselló de la autovía de la Ribagorza (A-14), infraestructura en fase inicial de desarrollo que servirá como alternativa de alta capacidad a la carretera N-230 para conectar la capital leridana con el valle de Arán y Francia. El nuevo tramo, que constituye el inicial del trazado de la A-14, aporta continuidad a un tramo adyacente ya en servicio, conformando un recorrido ininterrumpido de 16 kilómetros de autovía que refuerza la seguridad vial al evitar el paso por varias travesías urbanas al norte de la comarca del Segrià.

El nuevo segmento de la autovía A-14 fue puesto en servicio el pasado 17 de julio por el ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, quien subrayó, durante el acto de inauguración, que la culminación de esta actuación "da pleno sentido" al incipiente proyecto de la autovía de la Ribagorza, hasta entonces formada por un único tramo (Rosselló-Almenar) y que ahora ya tiene abiertos al tráfico dos de los tres tramos previstos en la provincia de Lleida, ofreciendo a los usuarios 16 kilómetros ininterrumpidos de autovía. El resto de esta infraestructura de gran capacidad, de 95 kilómetros de longitud, cuyo objetivo es mejorar las comunicaciones por carretera entre Lleida y el Pirineo, se desarrollará en la provincia de Huesca, para lo cual el ministro se comprometió a avanzar en la redacción de los proyectos de los tramos restantes.

El nuevo tramo supone una alternativa de gran capacidad a la carretera N-230 (de Lleida a Francia), que soportaba una media de hasta 13.500 vehículos/día (1.100 de ellos pesados), la mayor parte ya trasvasados a la autovía. Con la suma de ambos tramos el recorrido actual de la A-14 mejora la vertebración territorial y la movilidad al norte de la comarca del Segrià, además de favorecer la actividad del aeropuerto de Lleida-Alguaire mediante un acceso más rápido y directo. También supone un impacto favorable en la seguridad vial y la calidad de vida de los vecinos al liberar a las poblaciones de Torrefarrera, Rosselló (con el nuevo tramo), Alguaire y Almenar (con el tramo ya existente) del tráfico de largo y medio recorrido que hasta ahora pasaba por sus travesías, además de eliminar una docena de glorietas situadas en la N-230. Por otra parte, mejora los tiempos de viaje: dependiendo de la franja horaria, un



La parte inicial del trazado discurre mayoritariamente en terraplén.

vehículo ligero que circule por la A-14 entre la autovía A-2 y Almenar tiene un ahorro estimado de 6-8 minutos frente al mismo recorrido por la carretera N-230.

La construcción del tramo Lleida (A-2)-Rosselló de la A-14 ha requerido una inversión global de 72,8 M€ por parte del Ministerio de Fomento, de los cuales 56 M€ corresponden al contrato de obras, 14,8 M€ al importe estimado de las expropiaciones, 0,50 M€ al contrato de redacción del proyecto y 1,45 M€ al contrato de control y vigilancia de obras. La obra, bajo la dirección de la Unidad de Carreteras en Lleida de la Demarcación de Carreteras del Estado en Cataluña, ha sido realizada por Acciona Construcción y la consultoría ha corrido a cargo de Inypsa.

Características técnicas

El nuevo tramo se desarrolla a lo largo de 6.260 metros entre el enlace con la autovía del Nordeste (A-2) y la conexión con el tramo Rosselló-Almenar de la autovía



Parte final del trazado, que se desarrolla en trinchera entre desmontes

A-14, en servicio desde mayo de 2012. Discurre a través de terrenos agrícolas por los términos municipales de Lleida, Alpicat, Torrefarrera, Rosselló, Vilanova de Segrià y Alguaire, en dirección norte-sur y al oeste de la carretera convencional N-230. Se inicia en una zona sensiblemente llana situada a la cota 210 sobre el nivel del mar y posteriormente asciende a una pequeña meseta situada a la cota 360. Como parámetros geométricos, presenta un radio mínimo de 1.500 metros y una pendiente máxima del 4%, con una velocidad de proyecto de 120 km/h.

El trazado arranca con una alineación curva de radio 1.500 metros a derechas y se desarrolla inicialmente en terraplén, con una rasante que permite el paso bajo la autovía de la acequia del Cap y de un camino, con una pendiente ascendente. A partir del PK 1+300, el trazado continúa con una curva a la izquierda de 1.750 metros de radio y 981 metros de longitud, desarrollándose entre diversas balsas de riego. La rasante, que discurre en rampa, propicia el paso bajo la autovía de la carretera de Torrefarrera a Alpicat. Posteriormente se pre-



▶ *Vista general de la autovía A-2 y el enlace con la A-14.*

senta otra alineación curva a derechas de 2.100 metros de radio, que coincide con la reducción de la anchura de la mediana de 4 a 2 metros. En esta zona el trazado salva dos caminos. A partir del PK 3+600, el trazado accede a una altiplanicie y discurre entre desmontes, presentando en la parte final dos curvas consecutivas de 7.500 metros de radio, la primera de 1.750 metros de longitud a la izquierda y la segunda de 327 metros de longitud a derechas, antes de conectar con el tramo contiguo de la A-14.

El tramo ha sido construido sobre una plataforma que alberga una sección formada por dos calzadas de 11 metros de anchura, cada una de las cuales incluye dos carriles de 3,5 metros de ancho, arcén exterior de 2,5 metros, arcén interior de 1,5 metros y berma en terraplén de 1,1 metro y en desmonte de 1 metro. Entre ambas calzadas se sitúa una mediana con una anchura que oscila, por razones de visibilidad, entre 2 y 4 metros. Además, en el trazado se han construido tres pasos de mediana. La sección del firme en el tronco, apoyada sobre una explanada E3 más una capa de 20 centímetros de suelocemento, está formada por un paquete de 20 centímetros de mezclas bituminosas en caliente (3 centímetros de M-10 en la capa de rodadura, 6 centímetros de S-20 en la capa intermedia y 11 centímetros de G-20 en la capa base).

El elemento más relevante del tramo es el enlace de la A-14 con la autovía A-2, situado en el PK 460,5 de esta infraestructura y único del proyecto. Se trata de un enlace de tipo trompeta, formado por dos ramales directos de 250 metros de radio para los movimientos mayoritarios Barcelona-Frontera Francesa y Frontera Francesa-Zaragoza, un lazo de 90 metros de radio mínimo para el movimiento Zaragoza-Frontera Francesa y un ramal de 150 metros de radio mínimo para el movimiento Frontera Francesa-Barcelona. Para configurar este

Unidades de obra

Excavación en desmonte	1.800.711 m³
Terraplén	1.446.378 m³
Acero B500S	2.001 t
Acero S355 JG23	411 t
Hormigones	28.871 m³
Mezclas bituminosas en caliente	105.166 t



enlace se han construido dos puentes de tablero mixto (losa superior de hormigón armado de canto variable 0,30-0,35 metros sobre cajón metálico de 1,65 metros de canto), de 97 metros de longitud y 12 metros de anchura, que han permitido minimizar la afección sobre la autovía A-2 durante la fase de construcción.

La traza cruza siete caminos, varias líneas eléctricas y numerosos sistemas de riego, que han sido repuestos en su totalidad. Para asegurar la adecuada permeabilidad de la infraestructura sobre el entorno se han construido una docena de estructuras, entre ellas tres puentes (de 97, 33 y 22 metros de longitud), tres pasos superiores y cinco pasos inferiores. En el capítulo de drenaje transversal, se han ejecutado un total de 34 obras, en su mayor parte marcos de hormigón armado de 2 x 2 metros y tubos drenantes de 1,8 metros de diámetro.



El nuevo tramo de la A-14 mejora la vertebración territorial y la seguridad vial al norte de Lleida.



▶ *Detalle de los dos viaductos sobre la A-2 correspondientes al enlace donde nace el tramo Lleida-Rosselló de la A-14.*

Actuaciones de reposición y ambientales

El proyecto ha incluido también varias actuaciones de reposición en las inmediaciones del enlace con la autovía A-2, derivadas en su mayor parte de afecciones causadas por la construcción de los carriles de trenzado que permiten el acceso entre esta infraestructura y la A-14. Una de las más relevantes ha sido la construcción de un acueducto sobre la A-2, formado por tres tramos isostáticos resueltos con una viga artesa prefabricada, dentro de la cual se encaja una tubería de 1 metro de diámetro por donde ahora pasan los tres sifones que antes discurrían bajo la autovía y que resultaron afectados por las obras. También se ha impermeabilizado el canal de Pinyana en los 400 metros que discurre paralelo a la autovía para evitar filtraciones a la calzada. Asimismo, se

Innovación en seguridad

El tramo Lleida-Rosselló de la autovía A-14 incorpora, como medida singular de protección de pilas de tres pasos superiores, un total de 180 metros de una novedosa barrera de contención que mitiga las consecuencias de un accidente de circulación por salida de vía. De esta forma, la A-14 se convierte, después de la A-3, en la segunda autovía de la red estatal en incorporar este tipo de barrera, previamente ya instalada en dos autopistas (AP-7 y C-33) y en otras carreteras de Cataluña, Madrid y Alicante.

La barrera es el resultado del proyecto de I+D Bahoris, financiado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI) y desarrollado por las empresas Eiffage Infraestructuras, Servià Cantó y Givasa, con la colaboración de la compañía Applus+Idiada y el grupo de Ingeniería de la Construcción de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), con un doble fin: por un lado, garantizar una barrera con el índice de severidad B de impacto del vehículo establecido en la norma europea EN 1317, lo que supone reducir las consecuencias del impacto sobre el conductor; y por otro, construirla desde un punto de vista más sostenible que otros modelos convencionales y facilitar el mantenimiento. Al término de la investigación, que incluyó simulaciones numéricas avanzadas y ensayos de impacto normalizado con varios vehículos, la barrera fue homologada.



Universitat Politècnica de Catalunya

▶ *Barrera ejecutada* in situ.

La solución instalada en la A-14 y en otras vías permite reducir el grado de las lesiones humanas por un impacto en comparación con las barreras que existen actualmente. Esta mejora se ha obtenido mediante la conjunción de varios factores, como la configuración del material (hormigón armado) y la adecuación del contacto directo o fricción con el suelo. También se ha mejorado la forma del perfil de la barrera, lo que permite reconducir gradualmente la trayectoria del vehículo para que sea lo más próxima y paralela a la barrera una vez producido el impacto, y evitar así que se pierda el control de la conducción o se invada el carril contrario.

Desde el punto de vista económico, este modelo de barrera es muy competitivo respecto a otros tipos de barreras de similares características por su bajo coste de fabricación e instalación in situ, *así como por el reducido coste de mantenimiento durante su vida útil, estimada en 100 años.*



Acueducto sobre la autovía A-2 (en primer plano) y camino bidireccional (a la izquierda) construidos en el marco del proyecto Lleida-Rosselló de la A-14.

ha construido un camino bidireccional, paralelo a la autovía A-2 en el lado norte, que permite conectar la A-22, la A-14 y la carretera N-230.

Uno de los apartados destacados del proyecto es el relativo a la restitución ambiental y paisajística derivada de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), al que se ha destinado el 11% del presupuesto de obra. En concreto, se ha dispuesto la realización de hidrosiembra en una superficie de 701.806 m^2, así como la aplicación de hidromanta en una superficie de 115.778 m^2, una solución para controlar la erosión en taludes de gran pendiente y facilitar la plantación y crecimiento de arbustos, dado su alto contenido de materia orgánica. También se han extendido 373.703 m^2 de tierra vegetal. Asimismo, el proyecto de medidas correctoras del impacto ambiental incluye la plantación de 21.527 unidades de especies arbóreas y otras 35.405 unidades de especies arbustivas, especialmente en taludes, desmontes, glorietas y mediana. Para garantizar la permeabilidad de la traza para las especies animales de la zona se han construido dos pasos de fauna. ▮



Los proyectos de desarrollo de líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (VI): Chicago Connection

Desde el Mississippi a Los Grandes Lagos



Horizonte de rascacielos de Chicago junto a la orilla del lago Michigan.

Luis Fort López-Tello y Carmen Fort Santa-María

El Anteproyecto “Misilinoh Project: Chicago Connection” desarrolla soluciones de trazado para la conexión Illinois /Indiana de la Unidad Estructural VI (”Ingleses Nordeste”) con la Unidad Estructural II (“Intercoasts Way”), dentro de los planes de la Alta Velocidad Ferroviaria en Estados Unidos USHSRS. Con la ciudad de Chicago como gran cabecera, comprende dos grandes líneas o ejes de alta velocidad: la “Lincoln Home Line” (Saint Louis-Springfield-Chicago/Gary) y la “Shikaakwa/Marquette Line” (Chicago/Gary-Indianápolis-Cincinnati/Hamilton).

La columna vertebral “Costa Pacífico (Oeste)-Costa Atlántico (Este)” del Plan de Alta Velocidad Ferroviaria de Estados Unidos se complementa ahora con una importante conexión intermedia con la región de los Grandes Lagos a través de su “capital efectiva”: Chicago, la tercera gran aglomeración urbana de Estados Unidos, después de las de New York y Los Ángeles, en la orilla suroeste del lago Michigan.

Reseña histórica

Según los relatos de los exploradores españoles del siglo XVII, los indios que habitaban Illinois, los potawatomis, llamaban “Shikaakwa” o “Checagou”al territorio que bordea por el suroeste el lago Michigan, según la primera mención conocida al sitio de la actual ciudad de Chicago, dada en un libro de memorias escrito por Robert de La Salle (hacia 1679), que significaba, en la lengua de los indios “miami-illinois”, poderoso, fuerte o

grande y era utilizado por muchos jefes de tribu para calificarse a sí mismos como “grandes jefes”.

Los franceses Louis Joliet y el padre Jacques Marquette fueron comisionados por el gobierno francés en 1673 para explorar el territorio, estableciendo este último una misión india en la zona.

El primer colonizador europeo de la zona fue Jean Baptiste Point du Sable, que hacia 1780 se estableció de forma permanente a las orillas del actual río Chicago. Se casó con Kittihawa, india potawatomi, con la que tuvo dos hijos, Jean y Susanne. En 1796 tuvo una nieta, “la primera persona de padres, no nativos indígenas, nacida en la región”. En 1795 el área fue cedida por los nativos a Estados Unidos por el Tratado de Greenville.

El 12 de Agosto de 1833 se fundó formalmente la ciudad de Chicago, con una población inferior a 200 habitantes. En 1848 se construyeron los canales Illinois y Michigan, interconectando los Grandes Lagos con el río Mississippi. Unos años después la fama de la ciudad, como centro de oportunidades y de desarrollo, era tan grande que llegaban hasta cien mil inmigrantes anuales. En 1860 se celebró en Chicago la Convención Nacional Republicana que nombró a Abraham Lincoln candidato presidencial, comenzando un año después, durante su mandato, la Guerra de Secesión. En 1871 el “Gran Incendio” de Chicago destruyó la mayor parte de la zona central de la ciudad. Después del incendio surgió una Chicago más grande, y las autoridades propiciaron la llegada de arquitectos de fama internacional a la ciudad para su reconstrucción. En pocos años Chicago resurgió y fue elegida para acoger la Exposición Universal de 1893, durante la que recibió dos millones y medio de visitantes, cuando contaba ya con una población próxima





Edificio Wrigley (Chicago). Debajo, vista aérea del circuito automovilístico de Indianápolis.



al millón y medio de habitantes. En 1933, para celebrar el centenario de su fundación, se celebró la feria mundial "Un Siglo de Progreso", que recibió en dos años más de 48 millones de visitantes.

Se considera a Chicago como la ciudad de los rascacielos. Entre 1922 y 1924, el edificio más alto fue el "Wrigley Building", diseñada con un perfil que toma la forma de "La Giralda" de la catedral de Sevilla en su torre sur, de 120 m de altura.

El principal objetivo del "Misilinoh Project: Chicago Connection" es dar acceso a la alta velocidad ferroviaria a una población de más de 30 millones de habitantes

La ciudad de Springfield, capital del Estado de Illinois desde 1837, fue fundada en 1819. Abraham Lincoln vivió en esta ciudad desde 1837, hasta que en 1860 fue nombrado candidato presidencial. Las carreteras interestatales I-33 (de norte a sur) y la I-72 (de este a oeste) cruzan Springfield, así como el ferrocarril de Amtrak, que comunica Chicago y Saint Louis. La ciudad está localizada en la cuenca inferior del río Illinois, en un área conocida como "Till Plain", resultado del flujo glacial "illinoiniano".

La ciudad de Indianápolis, capital del Estado de Indiana desde 1821,era antes de su fundación un área pantanosa llamada "Fall Creek Settlement" por algu-

▶ *Torreón del Murat Shrine Center de Indianápolis. Debajo, en rojo, trazado propuesto para el proyecto Chicago Connection (plano 1).*



Tabla Resumen: USHSRS-Chicago Connestion (Unidad Estructural VI-1: Ingleses Nordeste)

		"Lincoln Home Line"	"Shikaakwa/Marquette Line"	MISILINOH Project
Unidades	Seciones	HSL SAINT LOUIS-SPRINGFIELD-CHICAGO/GARY MISSOURI- ILLINOIS Connection	HSL CHICAGO/GAR-INDIANAPOLIS-CINCINNATTI /HAMILTON INDIANA-OHIO Connection	CHICAGO CONNECTION SAINT LOUIS-CHICAGO-CINCINNATI
Km	Longitud Total	420,0 (261mile)	450,0 (280mile)	870,0 (541mile)
Km (%)	Longitud a cielo abierto (Desmontes y Terraplenes)	389,0 (92,62%)	435,1 (96,69%)	824,1 (94,72%)
Km (%)	Longitud Total de Túneles	12,0 (2,86%)	6,0 (1,33%)	18,0 (2.07%)
Km (%)	Longitud Total de Viaductos	19,0 (4,52%)	8,9 (1,98%)	27,9 (3,21%)
Estaciones	Localización estaciones intermedias	SPRINGFIELD-BLOOMINGTON-JOLIET	WEST LAFAYETTE-INDIANAPOLIS-RUSHVILLE	SAINT LOUIS-SPRINGFIELD-BLOOMINGTON-JOLIET-CHICAGO/GARY-WEST LAFAYETTE-INDIANAPOLIS-RUSHVILLE- HAMILTON/CINCINNATI
Número (E/Sint)	TSAP/PIB/(Línea + estación) (PAET/BIP)	11 (9+5)	10 (5+5)	21 (11+10)
Km/h	Velocidad Media	325 (1 Stops)	321 (1Stop)	323
Mm³	Movimientos de Tierras (Total)	57,15	39,59	96,74
Mm³	Excavación	20,02	17,18	37,20
Mm³	Relleno	35,33	21,51	56,84
Mm³	Túneles	1,8	0,90	2,70
Mm³	Tras compensaciones	-15,31	-4,33	-19,64
Mm³	Déficit (-)	-24,19	-13,44	-37,63
Mm³	Exceso a Vertedero (+)	8,88	9,11	17,99
Number	Total Túneles	1	1	2
nb (Km)	Túneles Gran Longitud (≥ 6 Km)	1 (12,0)	1 (6,0)	2 (18,00)
nb (Km)	Túneles menores (≤ 1,25 Km)	0	0	0
Km	Longitud grandes túneles	12	6	12,0/6,0/
m²	Total Estructuras	436.220	330.910	767.130
nb	Viaductos	16	23	39
nb-m²	Otros Puentes	35 138.600	45 195.000	80 333.600
nb-Km	Puentes colgantes (800 m de luz)	6 9,60	2 3,20	8 12,80
M$	Presupuesto (A+B+C+D+E+F+G)	6.183	5.088	11.271
M$	Movimiento de tierras (a)	1379	907	2.286
M$	Túneles (b)	400	206	606
M$	Estructuras (c)	1274	678	1.952
M$	A - Infraestructuras (a+b+c)	3053	1791	4.844
M$	B - Superestructuras	1419	1528	2.947
M$	C - Instalaciones	1319	1413	2.732
M$	D - Protección medioambiental	104	84	188
M$	E - Proyecto, Garantía de Calidad, Direción de obra	148	121	269
M$/Km	F -Suplemento por Estaciones y Edificios en PAETs	140	151	291
M$/Km	Coste unitario (Incluido estaciones)	14,39/(14,72)	11,31/(12,11)	12,80/(13,37)
M$/Km	Coste medio de eficiencia Ministerio español de Fomento (ref. 2010)	13.02	10,97	11,96
FOM(2010) M$/Km	Relieve - Tipo - Naturaleza	F-2-Surb	F-2-Surb	F-2-Surb
M$/estados	Imputación de Costes	294 MISSOURI 5727 ILLINOIS 162 INDIANA	3720 INDIANA 1074 ILLINOIS 294 OHIO	294 MISSOURI 6801 ILLINOIS 3882 INDIANA 294 OHIO

nos comerciantes de pieles. El primer colono europeo fue George Pogue, que se estableció el 2 de marzo de 1819 en el río Blanco, actualmente Parque Estatal Río Blanco, hacia el centro de Indianápolis. A principios del siglo XX, tuvo lugar el gran auge de la ciudad merced al descubrimiento de un enorme depósito de gas natural en el centro-este de Indiana, en 1886, y de un gran yacimiento petrolífero unos años más tarde: el "Campo de Trenton", hasta que en 1920 se agotó, finalizando con ello la era de oro de Indianápolis.

.\ Objeto

Según se ha indicado anteriormente, es objeto del Anteproyecto "Misilinoh Project: Chicago Connection" la conexión del "Intercoasts Way: San Francisco-Washington D.C". con la región de los Grandes Lagos, dando acceso a la alta velocidad a una población superior a los 30 millones de habitantes de los estados de Illinois (11,5), Indiana (5,6), Michigan (9,4) y Wisconsin (4,9), conec-



▶ *Capitolio de Illinois.*

tados a la columna vertebral de la U.S.H.S.R.S a través de la gran aglomeración urbana de Chicago, a la que se accede en alta velocidad mediante dos líneas HSR desde/(a) Saint Louis (Missouri), la HSRL Saint Louis-Springfield-Chicago/Gary "Lincoln Home Line", de 420 km, y a/(desde) Cincinnati/Hamilton (Ohio) mediante la HSRL Chicago/Gary-Indianápolis-Cincinnati/Hamilton, de 450 km.

Proyecto "Chicago Connection"

En la tabla resumen adjunta se desglosan por líneas las figuras características, morfológicas, constructivas y económicas de este proyecto. Puede destacarse de forma general que este proyecto requiere la construcción de 870 km (541 millas) de plataforma de vía, de los cuales 18,0 km discurren en túnel (dos "*long tunnels*"), otros 27,9 km en viaducto (ocho puentes colgantes, con 12,8 km de longitud) y 824,1 km a cielo abierto (94 Mm^3 de movimiento de tierras más 3 Mm^3 de excavación en túneles). La explotación de esta "conexión", en condiciones de seguridad y adecuado servicio, se proyecta hacerla con nueve estaciones (tres grandes terminales: Saint Louis,Chicago/Gary e Indianápolis (Int. Airport)) y 21 puestos de adelantamiento y estacionamiento de trenes (PAETs/TSAPs).

Este proyecto supone una inversión total de 11.271 M$, con un coste unitario de 13,37 M$/km, en torno a un 12% superior al medio de eficiencia FOM (coste que el Ministerio de Fomento del Gobierno de España aprobó en 2010 para la ejecución de obras públicas de infraestructura ferroviaria de alta velocidad), en condiciones medias aplicables por analogía.

El coste total imputable a cada uno de los cuatro estados por los que discurre esta infraestructura ferroviaria interestatal, es de 294 M$ (20 km) a Missouri (2,61%), 6.801 M$ (484 km) a Illinois (60,34%), 3.882 M$ (340 km) a Indiana (34,44%), 294 M$ (26 km) a Ohio (2,61%).

Se planifica la construcción de la conexión a la región de los Grandes Lagos, desde los "Work Poles" 4 y 9, instalados en Chicago y Pittsburgh, respectivamente, en un plazo de doce años.

A continuación se describen con algún detalle las dos líneas que forman parte del "Misilinoh Project", esquematizándose su trazado en el plano 1.



Iglesia católica de Santa María en Indianápolis.

Línea Saint Louis Chicago/Gary

El trazado de esta línea parte de la estación terminal de Saint Louis (150 m) en el Estado de Missouri, para entrar a 20 km en el Estado de Illinois, habiendo cruzado el río Mississippi con dos puentes colgantes (SB) de 800m de luz central (tipología simbólica de la USHSRS). Sigue en rampa y, tras conectar en el PAET Girard con la línea existente, llega a la estación de Springfield, capital del Estado de Illinois (186m) en el pk 135. A la altura de Mc Lean (pk 213), la línea de alta velocidad abandona la plataforma de vía existente para circunvalar la ciudad de Bloomington, donde se instala (pk 232) la estación de alta velocidad (243 m), en zona de pequeños desmontes. El trazado se vuelve a apoyar en la vía existente, ampliando la plataforma a partir de Lexington (pk 314), cuya estación se utiliza, ampliándola, como PAET. Entre Dwight y Essex, en 22 km (pk 314 a pk 336), la línea de alta velocidad en trazado nuevo en terraplén, deja la plataforma del FC a Joliet por Elwood, para apoyarse en la plataforma del FC a Joliet por New Lenox y Frankfort. Luego continúa en un tramo urbano con un túnel artificial de 12 km bajo Tinley Park y Oak Forest, para llegar a Posen y Dolton, desde donde, mediante un viaducto múltiple de tres puentes colgantes (con la tipología simbólica de la USHSRS), que salva el Columet River, accediendo a East Chicago, ya en el Estado de Indiana. Finalmente, con un tramo de 4,5 km de plataforma de vía en estructura elevada para salvar instalaciones existentes, se alcanza la estación terminal de Chicago/Gary (186m), comunicada con el International Airport de Gary/Chicago y, a través del sistema viario del entramado urbano del Gran Chicago, con los aeropuertos O'Hare Int. Airport y Chicago Midway Airport.

Se proyectan en total once PAETs, seis de ellos en Illinois, situados en los pk 90 (Girard), pk 182 (Lincoln), pk



Esquema de comunicaciones de la estación terminal Chicago Gary con los aeropuertos del Gran Chicago.



Tumba de Lincoln en Springfield (Illinois).

Bibliografía

- *Fort, L. & Fort, C. (2016): "España y la red de Alta Velocidad en Estados Unidos". Revista de Obras Públicas (ROP) nº 3580. Octubre, 2016. Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2016): "Los proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (I): Del Pacífico a las Rocosas". Revista del Ministerio de Fomento, Febrero, 2016, Nº658. Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2016): "Los proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (II): El descenso de Las Rocosas". Revista del Ministerio de Fomento. Septiembre, 2016. Nº664. Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2016): "Los proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (III): Por las Grandes Llanuras al Golfo de México". Revista del Ministerio de Fomento. Octubre, 2016. Nº665. Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2016): "Los proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (IV): Por las Llanuras de la antigua Florida Española". Revista del Ministerio de Fomento. Diciembre, 2016. Nº667. Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2017) "Los proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (V): La Alta Velocidad llega a Nueva York" Revista del Ministerio de Fomento. Abril, 2017. Nº671. Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2017): Anteproyecto "Misilinoh Project:Chicago Connection". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos(Ref. 152452). Mayo, 2017. Madrid, España.*
- *Encyclopedia Wikipedia (2017): "Chicago" "Wrigley Building, Chicago" "La Giralda, Sevilla" "Springfield (Illinois)" "Indianápolis", Internet. USA.*

213 (Mc Lean), pk 257 (Lexington), pk 314 (Dwight) y pk 336 (Essex), además de los situados en las terminales HSR de Saint Louis y Chicago/Gary y en las estaciones de Springfield, Bloomington y Joliet.

Línea Chicago/Gary-Indianápolis-Cincinnati/Hamilton

El trazado de esta HSL parte, con nueva plataforma, de la estación terminal Chicago/Gary (186 m), situada en el Estado de Indiana, durante 55 km con plataforma ampliada de la existente hasta el PAETde Frankfort, y nuevamente con acondicionamiento de plataforma en 39 km hasta alcanzar Pittsboro en otro PAET, del que arranca un tramo de nueva plataforma de 70 km hasta el PAET de Morristown, desde donde se amplía la plataforma del FC Indianápolis-Hamilton para servir de plataforma a la HSR en otros 28 km, hasta la estación de Rushville, que se adapta también a estación de alta velocidad. A partir del PAET situado en esa estación, el trazado nuevo sigue en moderados pendiente y terraplén hasta la estación de Hamilton/Cincinnati, donde conecta con la línea Cincinnati-Columbus.

> El proyecto "Chicago Connection" requerirá en total la construcción de más de 870 km de plataforma de vía

Entre Pittsboro (pk 267) y Pleasant View (≈ pk 320) la línea HSR circunda en su parte suroeste el "Óvalo" del "Indianápolis Motor Speedway" (carretera interestatal I-465, al que llegan otras cinco carreteras interestatales), donde se disputan desde 1911 las 500 Millas de Indianápolis. En este tramo se sitúa la estación terminal de Indianápolis, conectada con el Indianápolis Int. Airport y un puente colgante (SB) de 800m de luz en su tramo central, con la tipología que simboliza la red de alta velocidad ferroviaria a su paso por las grandes ciudades estadounidenses y que, en este caso, no impide sino colabora, al actual embellecimiento y preservación del Canal y parque estatal Río Blanco, resaltando su importante papel histórico.

Se proyectan en total diez PAETs: dos en Illinois, situados en los pk 55 (Momence), y pk 113 (Milford), y tres en Indiana, en los pk 228 (Frankfort), pk 267 (Pittsboro) y pk 337 (Morristown), además de los situados en las terminales HSR de Chicago/Gary e Indianápolis Int. Airport y en las estaciones de West Lafayette, Rushville y Cincinnati/Hamilton. ▮



1900 aniversario de la proclamación de Adriano como emperador

Roma en su máximo apogeo

Beatriz Terribas

Hace 1900 años Publio Elio Adriano fue erigido emperador de Roma. Descendiente de una notable familia hispano romana afincada desde el siglo III a. de C. en la ciudad bética de Itálica, su gobierno se caracterizó por conseguir la estabilidad social y el extraordinario desarrollo de las provincias del Imperio Romano, que en aquel momento alcanza su máxima extensión territorial, abarcando desde el Atlántico hasta Mesopotamia.



Jardines de Villa Adriana (Tívoli).

Adriano fue el segundo de los emperadores hispanos, tras suceder a su tío y padre adoptivo Marco Ulpio Trajano. Accedió al poder en el año 117 de nuestra era, al ser nombrado por Trajano su heredero, gracias al apoyo de Pompeya Plotina, su esposa, y del cónsul y senador Lucio Licinio Sura. La mayor parte de sus antepasados, incluido su padre biológico, que falleció cuando Adriano contaba ocho años de edad, habían pertenecido al orden senatorial, lo que influyó decisivamente en la exquisita educación que recibió en Itálica en materias como la gramática, la retórica y la cultura grecorromana. A instancias de Trajano, a los catorce años se trasladó a Roma para comenzar su formación política, inicialmente tutelada por senadores de alto rango, responsables de los tribunales de justicia, para incorporarse después al servicio militar como tribuno y legado de las legiones establecidas a lo largo de los casi 3000 km por los que discurre la cuenca del Danubio, donde ejerció también como administrador del territorio. Nombrado cuestor por Trajano en el año 100, acompañó a su tío durante las dos insurrecciones de la Dacia, y tras ser elegido cónsul, ocho años después, permaneció algún tiempo en Grecia, donde se le otorgó la ciudadanía ateniense. Su carácter antibelicista marcó las directrices de su gobierno, orientado a mantener la estabilidad del Imperio, lo que le llevó incluso a desestimar la conquista de Mesopotamia, iniciada por Trajano. El único conflicto de importancia que alteró sus propósitos fue la rebelión de Judea, encabezada por varios rabinos liderados por Simón Bar Kojba, que se oponían a la creación de una ciudad romana en Jerusalén y a la prohibición de la circuncisión decretada por el emperador. La revuelta, que causó la muerte de más de medio millón de judíos y de veinte mil soldados imperiales, concluyó con la fusión de Judea y Siria en la nueva provincia de Siria Palestina, la anulación de los ritos judíos y la fundación de la ciudad Aelea Capitolina sobre las cenizas de Jerusalén.

Construcciones defensivas

Para evitar contiendas similares en otras provincias, Adriano estableció destacamentos militares permanentes en aquellos puntos susceptibles de cualquier levantamiento. El alto grado de especialización alcanzado por las legiones, gracias a las reformas militares adoptadas por el emperador, garantizaba la intimidación de sus adversarios, evitando, cuando era posible, el estallido de indeseados enfrentamientos. Las tropas se instalaban en campamentos de planta cuadrangular, que los soldados construían con tierra y empalizadas de madera, precedidos por fosos o rodeados de murallas de mampostería y piedra. Su superficie va-



Alamy Cuenten

riaba en función de los efectivos adscritos a cada lugar, cifrándose entre las 20 y 60 hectáreas. En lo que fue la antigua provincia Hispania Citerior Tarraconensis todavía se conservan, en el valle de Vidriales, en Zamora, parte del recinto amurallado, puertas, foso y hospital del campamento que durante el siglo II albergó a una de las unidades auxiliares del ejército imperial encargada de controlar las calzadas que conectaban la zona con el noroeste peninsular. Estos puestos militares, reforzados con atalayas, fortalezas y murallas, se establecieron durante el gobierno de Adriano a lo largo de las fronteras (limes) del Imperio para preservar sus territorios de incursiones indeseadas y mantener la estabilidad de las provincias. En Europa alcanzaron notable importancia los sistemas defensivos de los limes de Germania y Retia, provistos de mil torres de vigilancia y un centenar de fortalezas emplazadas en las inmediaciones de los ríos Rin y Danubio, a lo largo de más de 500 km. En el año 2005, los vestigios que se conservan fueron declarados Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, al igual que los lienzos que permanecen en pie del Muro de Adriano, que recibieron el mismo distintivo en 1987. Este imponente parapeto, con una longitud que superaba el centenar de kilómetros, se levantó entre el golfo de Solway y el estuario del río Tyne para defender Britania de los pictos del Norte. Levantado con sillares de piedra que superaban los 4 m de altura y los 3 m de anchura, estaba custodiado por casi un centenar de fuertes, componiendo un inexpugnable sistema que preservó Britania de sus enemigos desde el año 132 hasta el año 383, momento en el que fue abandonado.

Vista aérea del muro de Adriano, que se extiende a lo largo de 73 millas, en la región de Northumbria, al norte de Inglaterra.

Reformas imperiales

Mantener la paz del Imperio y mejorar su administración fueron los objetivos prioritarios del gobierno de Adriano. Para ello emprendió sendas reformas en sus instituciones que comenzaron en la administración, donde expertos funcionarios del orden ecuestre sustituyeron a los libertos en la gestión de los tribunales, la hacienda o las finanzas, con el fin de que este organismo dejase de estar sometido a los cambios adoptados por cada emperador. También unificó el tesoro público, hasta entonces dividido en varias cajas que recaudaban los in-



▶ *Panteón de Agripa, en Roma.*

gresos de los impuestos, las rentas del emperador y el estipendio de los militares licenciados. En el terreno jurídico, además de aprobar la redacción de un edicto legal perpetuo para regular la administración de justicia y evitar que cada magistrado, al iniciar su mandato, modificara el de su predecesor, cambió la constitución para impedir que los esclavos fueran torturados o asesinados por sus dueños. En el mismo ámbito regularizó la producción de aceite de la Bética estipulando el montante destinado a Roma, al ejército y el de la propia provincia. Tan innovadoras medidas dan fe del interés de Adriano por conseguir el bien común de los ciudadanos del imperio, acostumbrados a elevar directamente sus peticiones al emperador durante los intermitentes viajes que realizó por las provincias durante la mayor parte de los veintiún años que duró su mandato. Acompañado de un séquito de ingenieros, arquitectos y administradores fundó algunas ciudades, reconstruyó otras, y desarrolló un extraordinario programa de mantenimiento de infraestructuras en todas las provincias, que agradecidas erigieron un sinfín de inscripciones, estatuas y monumentos conmemorativos en su honor, otorgándole incluso el apodo de "el restaurador".

Actividad edilicia

Aunque conservar el legado de sus predecesores fue una constante a seguir por Adriano, no por ello dejó de acometer nuevas obras y embellecer las ciudades emulando el modelo de Roma. Su actividad edilicia se extendió por todo el imperio, mostrándose especialmente generoso con Grecia, cuya cultura y costumbres abrazó desde su primer viaje a la provincia; también con la magna Roma, corazón del imperio; y, por supuesto, con Hispania, para algunos su lugar de nacimiento. El nexo afectivo que se forjó entre Grecia y el emperador, elegido incluso gobernador honorífico de Atenas, se manifestó en las cuantiosas aportaciones que el Tesoro cedió a la provincia, y en la construcción de edificios oficiales, entre otros, la biblioteca de las Cien Columnas, al norte del Ágora ateniense, destinada a guardar los fondos bibliográficos del emperador. Se levantó siguiendo las pautas de la arquitectura griega, y constaba de lujosas salas de lectura y conferencias, como evoca el historiador Pausanias en sus escritos. La misma ostentación caracterizó al templo de Zeus, obra concluida por Adria-





▶ *Dos vistas del foro romano de Tarragona.*

no en las inmediaciones de la Acrópolis. Edificado en mármol, las 16 columnas que sobreviven del centenar que poseía dan idea de la magnitud del santuario, que alojaba una escultura del rey de los dioses, labrada en marfil y oro, y otra del propio benefactor.

Aunque Adriano apoyó la construcción de santuarios similares en Asia Menor, la innovación arquitectónica del Panteón de Roma lo hace único en su género. Se edificó sobre los vestigios del templo erigido por el general Agripa y está precedido por dieciséis imponentes columnas procedentes de Egipto que conforman el pórtico de entrada, en cuyo friso aparece inscrito el nombre de Agripa. Desde él se accede al templo, cuyo diseño, medidas y proporciones aluden a la cosmología romana. Su imponente sala circular de 43 m de diámetro insertada en una base cuadrada simboliza la síntesis entre el cielo y la tierra, mientras que la extraordinaria cúpula, que corona la obra y alcanza la misma altura, representa la bóveda celeste. Dividida por cinco círculos concéntricos de hormigón, provistos de veintiocho casetones que evocan los planetas conocidos entonces y los días del mes lunar, la bóveda descansa sobre un muro cilíndrico en cuyo interior se insertaron sendos arcos de descarga que contrarrestan su empuje. Asimismo esta estructura, que no ha sido restaurada en ningún momento, va reduciendo paulatinamente su espesor hasta la coronación gracias al empleo gradual de materiales como el hormigón, la piedra pómez y el tufo o toba volcánica. Aunque se desconoce al autor de obra tan colosal, que irrumpió en la arquitectura imponiendo nuevas técnicas constructivas, algunas hipótesis sostienen que se edificó según el proyecto de Agripa, pero otras atribuyen su autoría a Adriano, cuyos conocimientos de arquitectura le llevaron incluso a retar en ocasiones a Apolodoro de Damasco, arquitecto de Trajano.

La Hispania de Adriano

Las grandes riquezas de Iberia convirtieron la Península en la mayor productora agrícola y minera del imperio. Desde sus provincias se exportaban a Roma alimentos, materias primas y yeguadas, pero además, Hispania era el mayor complejo minero del Imperio con sus yacimientos de plomo, hierro, cobre, plata y oro lo-



Acueducto de la Penya Cortada (Valencia).

calizados en el sureste y suroeste peninsular, en Sierra Morena y en la zona noroccidental. El tránsito de estas mercancías precisaba que la red viaria que trazaron los romanos tras su llegada a la Península en el año 218 a. de C. estuviese en perfecto estado. Por ello Adriano restauró gran parte de los 1500 km de la Vía Augusta, que desde los Pirineos se dirigía a Cádiz bordeando el Mediterráneo. Esta medida también afectó a los dos trazados que unían Caesaraugusta (Zaragoza) con Emérita Augusta (Mérida) y con Asturica Augusta (Astorga), en este último caso a través de Cantabria. Ambos ramales partían de la Vía de la Plata, que unía las dos ciudades y facilitaba el traslado de la plata y el oro del noroeste peninsular y el de las pepitas del río Tajo. El mismo interés económico impulsó la construcción de la calzada de Olisippo (Lisboa) al centro minero de Bracara (Braga), que con 300 Km de recorrido se convirtió en la principal de la vertiente atlántica de Hispania.

El abastecimiento hidráulico de las ciudades fue también determinante en el desarrollo de Hispania, donde se levantaron las presas más importantes del Imperio, entre otras las de Araya y Cornalvo que abastecían Emérita Augusta y datan de la época de Adriano, al que se debe también el embalse de Andelos, en la actual provincia de Navarra. Estas infraestructuras se alimentaban de pequeños arroyos y se construyeron, como las demás presas, en depresiones secas del terreno, lo que permitía a los ingenieros cimentar la obra y construir sus torres de toma de agua y aliviaderos con seguridad. Araya responde a la tipología de “muro y contrafuertes”, un

sistema de construcción que permitía reducir los materiales de obra con el consiguiente ahorro económico. Los ingenieros descubrieron que, en los casos en que se precisaban muros de retención no muy elevados, podían levantarlos planos, con piedra y hormigón, y provistos de contrafuertes que soportaban satisfactoriamente el empuje del agua embalsada. En esta presa son 23 los que se adosaron a su paramento de 4 m de altura, que finalmente se recubrió de cal y ladrillo molido para su impermeabilización. De similares características era la presa de Andelos, que abastecía aquella ciudad y aún conserva parte de su muro de contención y algunos contrafuertes. En el caso de Cornalvo, al ser más elevado el paramento, 21 m de altura, los ingenieros utilizaron el sistema de "muro y espaldón", que consistía en adosar a la parte posterior del cuerpo de la obra, en este caso de hormigón, un espaldón de tierra y piedra apisonada para resistir la presión del agua. Una de las singularidades de esta presa, que todavía sigue en activo y fue restaurada en los siglos XVIII y XX, es la torre de toma de aguas, que también regulaba el caudal del embalse. Se levantó alejada del muro para evitar filtraciones y erosiones que perjudicasen la estructura, aunque estaba unida a él por una pasarela y un arco de sillería. Debajo de ella y del cuerpo de la presa se conserva la galería por la que fluía el agua hacia el acueducto que la transportaba a Emérita Augusta. Otra de las obras hidráulicas más relevantes de aquel momento, dada la dificultad de su trazado, es el acueducto de Penya Cortada, en la comarca valenciana de Los Serranos. Recogía principalmente las aguas del río Tuéjar, en el municipio del mismo nombre, y los restos encontrados hasta la fecha se extienden a lo largo de 28 Km, desconociéndose el punto de destino, aunque probablemente fueran los cultivos de Casios y Liria. La abrupta topografía de la zona obligó a los ingenieros a perforar numerosos túneles en las montañas para dar continuidad a algunos tramos de la conducción, llegando incluso a cortar verticalmente la cresta de una de ellas para evitar el derrumbe de la obra, dadas las grietas que presentaban sus paredes. Otras partes del acueducto discurrían al aire libre sobre imponentes arcadas, entre las que destacan las del magnífico puente que los ingenieros construyeron para salvar el barranco de Penya Cortada. Con una altura desde la rasante de 18 m, se edificaron con sillares procedentes de lugares más lejanos, dada la mala calidad de la roca del lugar para la construcción.

Itálica, cuna de Adriano

La mayor reforma urbanística costeada por Adriano fue la de su ciudad natal, Itálica. Fundada por Publio Cornelio Escipión en el año 206 a. de C. para alojar un destacamento militar permanente, fue poblándose con destacadas familias procedentes de la península Itálica, alcanzando su mayor expansión urbanística y monumental durante el reinado de Adriano. El trazado de la Nova Urbs, que se dispuso al norte de la existente, sobre unas colinas atravesadas por dos arroyos, comenzó por la canalización de sus aguas mediante dos cloacas de ladrillo y mortero de cal que, todavía en perfecto estado, alcanzan una longitud de 6 Km. La infraestructura hidráulica se completó con la ampliación del acueducto de la ciudad vieja al que se le anexionó una nueva canalización, de hormigón y revestida de ladrillo, que antes de llegar a Itálica se separaba de él en dirección al depósito de la Nova Urbs, desde donde se distribuía el agua a sus múltiples fuentes, situadas en todos los cruces de las calles, y a las termas mayores. La planificación ortogonal de las vías de Itálica, que se prolongan a lo largo de 15 km, dio lugar a numerosas manzanas donde se construyeron los edificios públicos y las viviendas. Escasos restos han aparecido de la basílica de la Nova Urbs y también de las termas, un gran recinto de 32.000 m^2 que disponía, entre otras dependencias, de gimnasio, biblioteca, sauna, y varias piscinas de agua



Presa de Cornalvo (Badajoz).



a diferente temperatura de las que se ha conservado sólo una, en aquel tiempo recubierta de mármol. Cada manzana albergaba también dos viviendas que, respetando la legislación urbanística aprobada después del incendio que devastó Roma en tiempos de Nerón, estaban separadas por un muro doble. En todas las casas, cuya superficie oscilaba entre los 1600m^2 y los 4000m^2, se repetía el mismo diseño, condicionado por un patio central porticado, provisto de un aljibe y un jardín, al que se accedía directamente desde la calle a través de un vestíbulo y que daba paso a las distintas dependencias de la casa distribuidas en dos plantas. Curiosamente, al tener que amoldarse los edificios a la topografía del terreno, algunas habitaciones, pavimentadas con magníficos mosaicos, se encontraban a distinto nivel.

El programa urbanístico de Adriano incluyó la construcción de un magnífico anfiteatro situado fuera de la muralla de la ciudad. Dedicado a la lucha de gladiadores, constaba de tres cáveas para 25.000 espectadores que se construyeron sobre la loma de una vaguada cuyas aguas se canalizaron a través de sendas cloacas.

Lamentablemente la Nova Urbs, afamada por sus obras de arte y su vida comercial y artesanal, como atestiguan los restos encontrados de las tiendas y talleres que se localizaban bajo los soportales que cubrían las aceras, tuvo una vida limitada. Tan sólo una generación pudo disfrutar de sus viviendas, que fueron resquebrajándose por las tensiones que provocaron en sus cimientos las arcillas expansivas sobre las que se asentaban. ▮

Bibliografía

- ✓ *Obras públicas en la Hispania Romana. Ministerio de Cultura.*
- ✓ *Ingeniería Romana en Hispania. Historia y Técnicas Constructivas. Ignacio González Tascón e Isabel Velázquez. Edit. Juanelo Turriano.*
- ✓ *Adriano, emperador romano. Vicente Piñeiro González. Edit. Irreverentes.*
- ✓ *Ingeniería hidráulica romana. Carlos Fernández Casado. Edit. Turner.*
- ✓ *Itálica. Ministerio de Cultura.*
- ✓ *Itálica arqueológica. Antonio Caballos Rufino. Universidad de Sevillla.*
- ✓ *Hispania, el legado de Roma. Ministerio de Educación y Cultura.*

Centro de publicaciones

Librería de publicaciones oficiales



www.fomento.gob.es



Revista del Ministerio de
Fomento

TARJETA DE SUSCRIPCIÓN

NOMBRE Y APELLIDOS/EMPRESA ..... **N.I.F.** .....

DOMICILIO ..... **Nº** .....

LOCALIDAD ..... **PROVINCIA** ..... **C. P.** .....

PAÍS ..... **TELÉFONO** ..... **CORREO ELECTRÓNICO** .....

MODALIDAD DE SUSCRIPCIÓN	ESPAÑA	EXTRANJERO
☐ 1 año (11 números)	**25 €**	**35 €**
☐ 2 años (22 números)	**40 €**	**50 €**

Envíenme gratis la el nº extraordinario *"Alta velocidad en España 1992-2011"* que regalan por una suscripción de dos años*
**(Hasta agotar existencias)*

FORMA DE PAGO ☐ **Envío cheque adjunto** ☐ **Envío giro postal nº** ..... ☐ **Domiciliación bancaria** (sólo suscriptores)

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal, usted tiene derecho al acceso, cancelación, rectificación y oposición de los datos facilitados mediante solicitud por escrito a : Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. E-mail: cpublic@fomento.es

Enviar a: **Revista del Ministerio de Fomento**
Pº de la Castellana, 67. 28071 Madrid. **Información y suscripciones: 91 597 64 49.** **Correo electrónico: cpublic@fomento.es**

DOMICILIACIÓN BANCARIA

Entidad bancaria .....

Domicilio entidad ..... Nº .....

C.P. ..... Localidad ..... Provincia .....

Muy Sres. míos:
Ruego que, con cargo a mi cuenta y hasta nuevo aviso, atiendan el pago de los recibos correspondientes a mi suscripción que les presentará al cobro la Revista del Ministerio de Fomento, editada por el Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento.

Les saluda atentamente
(firma)

CÓDIGO IBAN CUENTA CLIENTE

E S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

....., de ..... de 201

EL TITULAR, Fdo. .....

Enviar a: **Revista del Ministerio de Fomento. Pº de la Castellana, 67. 28071 Madrid.**



El Museo del Ferrocarril de Madrid acoge más de 600 piezas de la colección de modelismo ferroviario de Pascual Quirós

Modelos únicos



Jaime Arruz. Fotos: Museo del Ferrocarril de Madrid

La afición que arrancó allá por 1947 con una primera locomotora, una Märklin E424, ha hecho de él, 70 años después, uno de los más relevantes coleccionistas de modelismo ferroviario del mundo. Ahora, una parte de la extensa colección de Carlos Pascual Quirós, con numerosas piezas únicas, se puede contemplar en Madrid, hasta el mes de marzo del próximo año.

Las maquetas ferroviarias cuentan con aficionados en todo el mundo, con algunas colecciones dignas de ser exhibidas en un museo. Una de las mejores, no sólo de Europa sino del mundo entero, es la del madrileño Carlos Pascual Quirós, y por ello se ha ganado por derecho propio ser expuesta en un espacio tan representativo como el Museo del Ferrocarril de Madrid, ubicado en la antigua estación de Delicias.

Hasta marzo de 2018, los aficionados al modelismo ferroviario y todos aquellos que sientan curiosidad por este hobby, el de coleccionar trenes, locomotoras, coches o cualquier otro elemento relacionado con el mundo del tren, pueden observar de primera mano parte de la gran colección de Carlos Pascual Quirós, cuyo tesón le ha llevado a reunir más de 1.600 locomotoras, de todas las escalas –H0, H0e, H0m, GTT…–, y unos 300 vehículos de diferentes tipos. En la exposición del Museo del Ferrocarril se muestran cerca de 600 piezas, entre ellas algunas piezas únicas muy difíciles de conseguir, como una réplica del primer tren italiano con locomotora de vapor y con cabina delantera (cab forward).



Locomotora de vapor italiana de Ernesto Breda.

Afición precoz

Carlos Pascual Quirós, economista jubilado, nacido en Madrid en 1941 y que ha dedicado gran parte de su vida, más de 35 años, al transporte internacional por carretera, comenzó su colección muy temprano, con apenas seis años, con una locomotora Märklin E424 de Ferrovie dello Stato –Ferrocarriles Italianos– que le trajeron los Reyes Magos en la Navidad de 1947. Esta es la pieza de mayor valor sentimental para el coleccionista madrileño.

Gracias a los regalos con motivo de sus cumpleaños y en otras ocasiones especiales, Pascual Quirós pudo ir dando forma a su afición, incrementando paulatinamente su colección. Sin embargo, el gran salto adelante lo pudo dar gracias a su labor profesional. Su cargo como Secretario General de la Asociación de Transporte Internacional por Carretera (ASTIC), con viajes constantes por toda Europa y otros continentes, le permitió acceder a modelos únicos, aquellos que sólo se podían adquirir en sus países de origen. En muchas ocasiones, el coleccionista madrileño regresaba de sus viajes con la maleta llena de modelos para poder ampliar su colección.

Así, comenzó a engrandecerse el repertorio de locomotoras y otros vehículos ferroviarios a escala con ejemplares de Estados Unidos, Corea del Sur, Japón… Modelos de los cinco continentes y de los fabricantes con más historia en el modelismo ferroviario, de Märklin y Fleischmann hasta Liliput, Jouef, Bemo, Rivarossi o Lima, llegando incluso a contar con casi toda la producción en serie de estas marcas.

Algunas de sus réplicas, especialmente las más antiguas, muchas de ellas de latón, tienen un gran valor, dado que son pura artesanía al estar fabricadas a mano, una a una, sin ningún tipo de producción industrial. Muchas





Locomotora trifásica italiana, precursora de la tracción eléctrica en Europa. Debajo, imagen cenital de la sala del museo de Ferrocarril donde se exhibe la colección Pascual Quirós.



Varios modelos de trenes de alta velocidad y, debajo, locomotora eléctrica norteamericana de General Electric.

son piezas únicas, muy poco vistas por el gran público y que no se pueden encontrar en las tiendas, pues sólo cambian de propietario pasando de un coleccionista a otro.

El muestrario que atesora Carlos Pascual Quirós está dividido en diferentes temáticas que comprenden desde el origen, desarrollo y éxito de la tracción a vapor a las locomotoras 'dobles', pasando por el nacimiento y la evolución de la tracción eléctrica o la alta velocidad y sus precursoras. Las locomotoras excepcionales y las eléctricas de Estados Unidos tienen también su propio apartado en un extenso catálogo, con piezas muy exclusivas que en Europa apenas existen. Además, el coleccionista madrileño atesora numerosas rarezas sólo al alcance de los coleccionistas más exigentes y que incluyen reproducciones de material de vías, obras, quitanieves, grúas y vehículos especiales.

Entre las piezas de su colección que se pueden considerar ejemplares casi únicos, cabe incluir las réplicas de las locomotoras de vapor carenadas, las locomotoras 'dobles' o los grandes 'monstruos' americanos, tanto de vapor como diesel y eléctricas. Además, Pascual Quirós posee ejemplares a los que únicamente se pue-





▶ *Carlos Pascual Quirós junto a una de las vitrinas en la que se exhibe una parte de su colección.*

de acceder en los países donde los modelos reales prestaban servicio. Es el caso de ciertas piezas procedentes de Australia, Brasil, Canadá, China, Japón, Rusia o Sudáfrica. Muchas de ellas son las únicas piezas que a día de hoy se pueden contemplar en Europa.

Un hombre del transporte

Carlos Pascual Quirós es un coleccionista que ha dedicado gran parte de su vida no sólo a acumular cientos de modelos relacionados con el mundo ferroviario, sino a otra actividad ligada directamente con este sector, el transporte, aunque en su caso, el transporte por carretera, en la que ha desarrollado una intensa y dilatada carrera directiva. Economista por formación, desempeñó diversas labores profesionales en los sectores químico-farmacéutico e informático antes de pasar al mundo del transporte.

Pascual Quirós, que durante años ejerció de profesor de Econometría en la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), como antes se mencionó fue también Secretario General de la Asociación de Transporte Internacional por Carretera (ASTIC), fundador de SETIR –Servicios Especiales TIR–, empresa de servicios de ASTIC, y fundador y Director General de la Fundación Francisco Corell, la primera entidad de sus características dedicada a la promoción y el desarrollo del transporte internacional por carretera.

El coleccionista madrileño también fue fundador y Primer Secretario General de la Federación Nacional de Transportes de Mercancías (FNTM), la precursora de la actual Confederación Española de Transporte de Mercancías (CETM). Por toda su trayectoria, sus casi cuatro décadas en el sector del transporte por carretera, Carlos Pascual Quirós fue designado, en noviembre de 2011 en Ginebra, miembro de honor de la Unión Internacional de Transportes por Carretera (IRU). ▮

Exposición de modelismo ferroviario 'Carlos Pascual Quirós'

Museo del Ferrocarril de Madrid-Sala de Andaluces
Paseo de las Delicias, 61

Horario

Lunes a jueves: 9.30-15.00 horas.
Viernes, sábados, domingos y festivos: 10.00-20.00 horas

Precios

Lunes a jueves y viernes hasta las 14.00 horas: 6€
Viernes a partir de las 14.00 horas, sábados y domingos: 2,5€
Más información: www.museodelferrocarril.org



RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN

Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.



PVP: 10 €

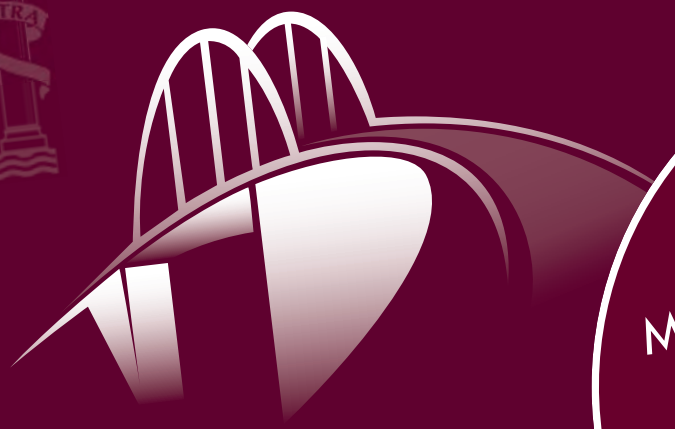
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

2017

Mapa Oficial de Carreteras©

ESPAÑA



GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

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*



También en el DVD:

1112 Espacios Naturales Protegidos
152 Rutas Turísticas
117 Vías Verdes

Edición 52
P.V.P.: 22,74€

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 676, octubre 2017**

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

Año de edición: 2017

Características Edición:
1ª edición electrónica: noviembre 2017
Formato: PDF
Tamaño: 14 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 €

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.



Revista del Ministerio de

Fomento

Noviembre 2017 Nº 677 3€

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO



Viaducto sobre el río Guarga en la A-23 en Huesca

Plan de modernización de estaciones convencionales de Adif

Vuelta al mundo de una joven piloto

Centenario de la estación del Norte de Valencia







Revista del Ministerio de

Fomento

Julio-Agosto 2017 • Nº 674 • 6 €





Historia de los caminos y carreteras en España







MONOGRÁFICO
Julio-Agosto 2017

PVP: 6 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

Contenido

Director de la Revista: Antonio Recuero.
Maquetación: Aurelio García.
Secretaria de redacción: Ana Herráiz.
Archivo fotográfico: Vera Nosti.
Portada: DCE Aragón.
Elaboración página web: www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
Suscripciones: 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos).
Colaboran en este número: Luis Fort López-Tello, Carmen Fort Santa-María, Pepa Martín Mora, Javier R. Ventosa y Julia Sola Landero.
Comité de redacción: Presidencia: Rosana Navarro Heras. *(Subsecretaria de Fomento).*
Vicepresidencia: Alicia Segovia Marco. *(Secretaria General Técnica).*
Vocales: *Patricia Crespo González (Directora de Comunicación),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda),* Belén Villar Sánchez *(Jefa del Gabinete de la Subsecretaria),* Mónica Marín Díaz *(Directora del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Regina Mañueco del Hoyo *(Directora del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director 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.

INGENIERÍA
02
Oscense singular
Viaducto sobre el río Guarga en la autovía A-23 en Huesca





FERROCARRIL
10
Puesta al día
Adif desarrolla un plan de mejora y modernización que alcanza a 433 estaciones de su red convencional

AVIACIÓN
18
Un vuelo inspirador
Vuelta al mundo de una joven piloto para impulsar la presencia femenina en carreras técnicas y aviación





HISTORIA
26
La catedral de los tiempos modernos
La estación del Norte de Valencia cumple 100 años

34. Seattle Connection
Los proyectos de desarrollo de líneas de Alta Velocidad en EEUU: Del Pacífico al Gran Lago Salado por la meseta de Columbia (VII)

42. Viaje al centro del imperio
El tren turístico de Felipe II inicia sus viajes a El Escorial



Viaducto sobre el río Guarga en la autovía A-23 en Huesca

Oscense singular



Javier R. Ventosa. Fotos: DCE Aragón

El pasado mes de agosto, tras superar con nota la preceptiva prueba de carga, se dio por finalizada la obra del viaducto sobre el río Guarga, construido en el tramo de la autovía A-23 que recorre la cara norte del alto de Monrepós, en Huesca. Se trata de una estructura singular que se distingue por una solución constructiva original, bien resuelta, de gran calidad estética y que sobre todo busca causar el mínimo impacto ambiental. Su coste se ha elevado a 14,6 M€.

La construcción de un viaducto singular sobre el río Guarga, enmarcado en las obras del tramo Caldearenas-Lanave de la autovía Mudéjar o Sagunto-Somport (A-23) que cubre la cara norte del alto de Monrepós, responde a la necesidad de limitar la afección de la infraestructura vial sobre un Lugar de Interés Comunitario (LIC), denominado La Guarguera, formado por el cauce de un afluente del río Gállego y la zona protegida de su entorno, con presencia de es-



pecies vegetales y animales que requieren protección. El factor medioambiental, tan presente en la obra pública de hoy, ha sido el principal condicionante en este proyecto, determinando tanto la tipología de la estructura como su proceso constructivo. Otros condicionantes de peso han sido el trazado en planta (que pasa de un tramo recto a una curva de 600 metros de radio) y la elevada pendiente (6,5%) del viaducto, situado en una variante de trazado que ahorra un kilómetro y medio en la subida al puerto prepirenaico.

Como tipología, la consultora de arquitectura civil e ingeniería Esteyco, proyectista del viaducto, planteó al Ministerio de Fomento una estructura mixta (acero y hormigón) de 350 metros de longitud dividida en cuatro vanos, una solución que reduce a tres los apoyos sobre el cauce fluvial frente a otras alternativas tipológicas más

Paisaje de la obra, con las tres pilas construidas, dos dinteles metálicos ya colocados y un tramo de tablero ya instalado en su lugar.



convencionales que requieren un mayor número de apoyos y que, por ello, son susceptibles de provocar una mayor afección medioambiental. Como característica reseñable, cada una de las tres pilas troncocónicas que soportan el viaducto, con un diámetro de solo 4,3 metros en su base, sostiene a la vez las dos calzadas, evitando de esta forma tipologías estructurales de doble pila o doble estructura.

Otro rasgo peculiar del viaducto es la distribución simétrica de luces (75+100+100+75 metros), que permite aprovechar al máximo las virtudes de esta tipología estructural, generando la imagen de un viaducto de estética liviana, casi como una línea en el horizonte, que se inserta con naturalidad en el entorno. Además, el empleo de dinteles metálicos de 40 metros de longitud sobre las pilas, adaptados a la geometría del tablero, crea en el observador un efecto de reducción de la luz de los vanos centrales de 100 a solo 60 metros, algo que caracteriza estéticamente a la estructura.

También el proceso constructivo ha estado condicionado por factores medioambientales. La elección de una estructura mixta, con tablero y dinteles metálicos, ha propiciado que la mayor parte de los elementos constructivos hayan sido prefabricados en taller y posteriormente trasladados para su montaje a la zona de obra, reduciendo de esta forma la afección al cauce del río Guarga. La propia tipología de la estructura, de elevada altura y gran variabilidad en planta y alzado, descartó respectivamente el empleo tanto de elementos provisionales de apoyo (cimbras) sobre el cauce –lo que, unido a su elevado coste, habría generado nuevas afecciones al entorno debido a las cimentaciones auxiliares que requieren estas estructuras–, como la utilización de un sistema de empuje para el cajón metálico, por lo que finalmente se optó por el montaje mediante grandes grúas.

.\ Características

Desde el punto de vista de la tipología estructural, el viaducto sobre el río Guarga presenta una sección transversal resuelta mediante un tablero mixto (único para ambas calzadas) caracterizado por una anchura total de 24,80 metros y un canto constante de 3,40 metros. Tiene capacidad, por tanto, para alojar dos calzadas independientes con dos carriles de 3,50 metros de anchura cada uno, más arcenes exterior e interior y aceras. Este tablero está formado por un cajón metálico semicircular y una losa de hormigón de espesor variable (de 0,20 metros en la zona central a 0,40 metros en el arranque del voladizo), con voladizos laterales de hormigón de 4,40 metros.

Para las tres pilas, de altura variable (42,5, 44,8 y 30,3 metros), se planteó una solución mixta en forma de “Y”, con un fuste troncocónico de hormigón de sección variable que conecta con una parte metálica en “V” que resuelve los dos brazos de la “Y” y que se adapta con naturalidad a la geometría del tablero. Como ya se apuntó, la amplitud de los brazos de la pila permite reducir la luz del tablero. El soporte metálico de las pilas (“V”), pintado en un llamativo verde claro que otorga una nota colorista al conjunto, se adapta a la pendiente longitudinal y transversal del tablero mediante una cuña intermedia entre éste y el fuste de hormigón, variable pa-

En plena ejecución

El tramo Caldearenas-Lanave –donde se ubica el viaducto sobre el río Guarga– es uno de los cinco segmentos en que se divide la obra del cruce del alto de Monrepós (1.280 metros de altitud), punto más alto en el recorrido de la autovía A-23 y escenario de gran complejidad constructiva. De ellos hay dos en servicio (Nueno-Congosto de Isuela y Arguis-Alto de Monrepós), con 8,2 kilómetros abiertos al tráfico en 2014, y otros tres en obras, que suman 21,6 kilómetros: uno en la cara sur del puerto (Congosto de Isuela-Arguis), otro que cruza el puerto a media altura con un túnel de 2,8 kilómetros ya perforado (Alto de Monrepós-Caldearenas) y un tercero que recorre la cara norte (Caldearenas-Lanave). Este último es, con 12,6 kilómetros, el más largo del puerto y de todo el trazado de la A-23 hasta Jaca, así como el segundo de mayor presupuesto (cerca de 105 M€).

En este tramo, cuyas obras están en fase avanzada tras su reactivación en mayo de 2014, y con el objetivo de ponerlo en servicio en 2018, se desarrollan tres tipos de actuaciones: por un lado, la mejora del trazado de la carretera N-330 actual para su conversión en la calzada Jaca-Huesca de la futura autovía; por otro, la construcción de la nueva calzada Huesca-Jaca que recorre los últimos cinco kilómetros de bajada del puerto; y por último, la ejecución de un tramo de calzada única Huesca-Jaca. Esto supone la construcción de 9 kilómetros de calzada única y otros 5 kilómetros de calzada doble. Todo ello con una pendiente superior al 6%.

A lo largo del tramo se disponen dos enlaces: uno para conectar con la carretera a Caldearenas en la calzada Huesca-Jaca y otro, al final del tramo, para conectar con la carretera de La Guarguera. También se construyen 17 nuevas estructuras, la mayoría ya acabadas, para asegurar la permeabilidad de la autovía. Entre ellas destacan los viaductos sobre el río Guarga, sobre el barranco del Fontanal (estructura de planta curva y vigas prefabricadas de 465 metros, que corrige el trazado de la curva más cerrada del tramo, en ejecución muy avanzada) y sobre el arroyo Atos (105 metros), así como tres estructuras para los enlaces, una estructura de cruce de las calzadas de la autovía, tres pasos superiores, tres pasos inferiores y cuatro pasos de fauna. Hacia la mitad del tramo, en la calzada hacia Jaca, se ha construido, según el Nuevo Método Austriaco, el túnel Monrepós 8, unidireccional de 395 metros, y cerca del alto del puerto se ha renovado el túnel Monrepós 6, de 609 metros, con la construcción de una galería de evacuación de peatones y la adecuación de sus instalaciones a la normativa vigente, actuación que se está realizando sin interrumpir el tráfico en el túnel.

Unidades de obra

Acero laminado S355	3.320 t
Acero corrugado B500S	1.279 t
Hormigones	8.216 m^3
Conectadores	49.880 u



Izado de dintel metálico para su colocación sobre una pila.

ra cada pila, que permite adoptar una geometría única de la "V" metálica.

La cimentación de las pilas se planteó directamente en la roca mediante la ejecución de zapatas, adoptando una tensión admisible del terreno de 4 kg/cm^2, tal como recoge el informe geotécnico del proyecto. Los dos estribos también están cimentados directamente en la roca igualmente con zapatas.

.\ Proceso constructivo

La construcción del viaducto, desarrollada en seis fases, ha corrido a cargo de la UTE formada por las empresas Ferrovial-Agromán y Construcciones de Obras Castillejos, bajo dirección de la Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón. En la primera fase se construyó una plataforma de trabajo provisional sobre el



Colocación de uno de los tramos metálicos del tablero.

río, en la sombra del viaducto ampliada hasta una anchura de 60 metros, destinada a las operaciones de las fases siguientes, entre ellas el ensamblaje de los tramos metálicos y su izado mediante grúas. De forma previa a su construcción se procedió al desvío provisional del río. En la plataforma se dispusieron cajones de hormigón prefabricado que daban continuidad al cauce fluvial, habilitándose barreras de retención de sólidos para evitar el aporte de materiales contaminantes al río. Todas estas operaciones contaron con la preceptiva autorización de la Confederación Hidrográfica del Ebro. La plataforma se desmontaría al término de la obra, restituyéndose el cauce del río.

Seguidamente se desarrollaron las fases 2 y 3, de cimentación y ejecución de alzados de pilas y estribos. En el caso de la pila 2, la más alta del viaducto, para ejecutar la cimentación se dispuso un dispositivo de contención específico, con apoyo de escollera, para garantizar su desagüe y permitir el trabajo sin riesgo en este tajo. El alzado de las pilas, por su parte, se realizó mediante el sistema de enconfrado deslizante, consistente en la ejecución vertical consecutiva de secciones de hormigón mediante moldes. La ejecución de los estribos, finalmente, se acometió desde la plataforma de la autovía, para evitar la afección a los taludes del cauce.

> La mayor parte de los elementos del viaducto se han construido en taller para evitar afecciones al cauce

En la fase siguiente se procedió al montaje de los dinteles en "V" sobre los fustes de hormigón de las pilas, ya ejecutados. Cada una de estas piezas, de 271 toneladas de peso y 40 metros de longitud, se fabricó previamente en taller y se transportó dividida en seis partes hasta la obra, donde se ensamblaron y soldaron. Con los dinteles ya ensamblados, grúas de gran potencia –con una capacidad de izado de hasta 1.100 toneladas– procedieron a su colocación en su lugar definitivo sobre las pi-



Prueba de carga del viaducto, en la que participaron 32 camiones. Debajo, una de las piezas del dintel metálico transportada en un vehículo especial a la obra.

las, en una secuencia iniciada en la pila 2, continuada en la pila 3 y finalizada en la pila 1. Como paso final, se procedió al anclaje definitivo del contacto metal y hormigón mediante el tesado de las barras de acero albergadas en el interior de los fustes de hormigón y enhebradas en la placa de base del dintel metálico.

La fase 5 correspondió a la colocación del tablero metálico, el otro gran elemento prefabricado del viaducto. Para su ejecución, el tablero fue dividido en el taller en 14 tramos de 25 metros (cada uno formado por tres elementos: un bloque central y dos alas laterales), conformando un total de 42 elementos de la máxima longitud y peso permitidos para su traslado por carretera a la obra, realizado mediante transportes especiales. Una vez en la plataforma de trabajo, se soldaron tramos completos de tablero metálico de 50 metros de longitud y 358 toneladas de peso, como paso previo a su izado por las grúas hasta el lugar predeterminado. La secuencia constructiva se inició con la colocación de los tramos de tablero sobre los dinteles, seguida del montaje de los vanos centrales (2 y 3) y, finalmente, de los vanos laterales (1 y 4), estos últimos realizados desde la plataforma de la autovía. El encaje preciso de estas piezas en las alturas y su posterior soldadura a los tramos contiguos ha constituido una de las fases más delicadas de la obra. Todas las soldaduras de los elementos metálicos se han verificado sistemáticamente para evitar fallos.

La última fase de la obra comprendió la ejecución de la losa de compresión de hormigón sobre el cajón metálico y la construcción de los voladizos laterales, eje-





▶ *Vista del viaducto sobre el río Guarga ya terminado.*

cutados con el apoyo de un carro de encofrado. La transmisión de esfuerzos entre el hormigón y el acero del tablero se ha asegurado mediante la disposición de 50.000 conectadores metálicos. Por último, se ejecutó la barrera de hormigón que separa las dos calzadas y, en los laterales del tablero, las aceras y los correspondientes pretiles de defensa, además de diversos acabados. Con ello el tablero ha quedado preparado para recibir la capa de firme, que según el proyecto estará constituida por un paquete de 8 centímetros de espesor formado por una capa de regulación de 5 centímetros y una capa de microaglomerado de 3 centímetros.

.\ Prueba de carga

Con los trabajos ya finalizados, el pasado 5 de agosto se desarrolló la preceptiva prueba de carga de recepción del viaducto, cuyo objetivo es la comprobación, cuantitativa y cualitativa, antes de la puesta en funcionamiento, de la correcta concepción y ejecución de la estructura mediante la evaluación de su comportamiento empírico. Para ello se reproducen varios estados de carga sobre la estructura, representativos de las acciones a que va a estar sometida durante su vida en servicio, y se contrastan los resultados obtenidos con los valores calculados de forma teórica.

La prueba se llevó a cabo con la participación de 32 camiones de cuatro ejes, con un peso de 38 toneladas cada uno, que realizaron ensayos de tipo estático sobre la superficie del viaducto. El movimiento registrado por el tablero en diferentes puntos se midió con el apoyo de equipos topográficos de precisión, comparando estas medidas con los valores obtenidos en los cálculos previos. Los resultados de la prueba fueron satisfactorios, registrándose un descenso máximo en el viaducto de 3,5 centímetros para el total de la sobrecarga aplicada, cifra muy aproximada y algo inferior al valor teórico. La aprobación de esta reválida ha certificado la aptitud del viaducto sobre el río Guarga para soportar con seguridad el paso del tráfico rodado, quedando su puesta en servicio supeditada a la finalización y apertura del resto del tramo. ▮



ADIF DESARROLLA UN PLAN DE MEJORA Y MODERNIZACIÓN QUE ALCANZA A 433 ESTACIONES DE SU RED CONVENCIONAL

Puesta al día



▶ *Estación de Sahagún (León).*

Pepa Martín Mora. Fotos: ADIF

Un total de 433 estaciones de tren, situadas en su mayoría en zonas rurales y repartidas por toda la red ferroviaria convencional gestionada por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif), se están beneficiando del Plan Extraordinario de remodelación que se va a desarrollar durante 2017 y hasta 2018, y que contará con una inversión estimada en torno a 2.165.000 euros.

Las actuaciones comprenden, entre otros trabajos de mejora, los de pintura, limpieza, electricidad, iluminación y albañilería, así como la reparación de cubiertas, fachadas, marquesinas y vallados, pasos entre andenes y el entorno de las estaciones. También alcanzará, en los casos en que sea necesario, trabajos de albañilería en vestíbulos, reposición y reparación de señales, cristalería, paneles de refugios, adecuación de tomas de tierra y de instalaciones de electricidad e iluminación en andenes, poda de vegetación y recogida de escombros y deshechos.



Estación de Puebla de Sanabria (Zamora). Debajo, estación de Blasicas-Mar Menor (Murcia).

Por comunidades autónomas, Castilla y León es la que más estaciones verá remodeladas, con un total de 101; le seguirá Cataluña, con 67; Galicia, 65; Aragón, 63; Castilla-La Mancha, 34; Andalucía, 33; Comunidad Valenciana, 19; Extremadura,19; Comunidad Foral de Navarra, 9; Comunidad de Madrid y La Rioja, ambas con 6; Región de Murcia, 5; Principado de Asturias, 3; Euskadi, 2, y Cantabria, 1.

En cuanto a la inversión, las más de cien estaciones a remodelar en Castilla y León, en las que se invertirán más de medio millón de euros, hacen que aparezca como la primera comunidad autónoma por volumen de gasto. Le siguen Castilla-La Mancha, con 302.329 euros; Andalucía, con 266.833 euros; Aragón, con 242.788 euros; Cataluña, con 239.879 euros; Galicia, con 232.607 euros; Extremadura, con 128.467 euros; País Vasco, con 64.694 euros; Comunidad Valenciana, con 43.350 euros; La Rioja, con 38.852 euros; Comunidad de Madrid, con 32.350 euros; Navarra, con 21.149 euros; Murcia, con 17.293 euros; Cantabria, con 15.795 euros, y Asturias, con 12.411 euros.

Castilla y León

La mayor parte de los 506.197 euros para realizar actuaciones de mejora y conservación en la comunidad castellano-leonesa se destinarán a la provincia de León, con 25 estaciones a remodelar; seguida de Palencia, con 18; Salamanca, 13; Valladolid, 12; Zamora, 8; Ávila, Segovia y Soria, con 7 cada una de ellas, y por último, Burgos, con 4.

Entre las intervenciones más importantes, destacan las que se van a acometer en el edificio de viajeros de Arévalo, en Ávila; la adecuación general en las de Quintana-Raneros y Vega-Magaz, en León; las de Almazán-Villa y Arcos del Jalón, en Soria, y la actuación en el edificio de viajeros de Osorno, en Palencia.

Castilla-La Mancha

De las 34 estaciones a remodelar en Castilla-La Mancha, 10 pertenecen a la provincia de Cuenca; 6 a la de Albacete; otras tantas en Ciudad Real; 4, en Guadalajara, y 8 en Toledo. La provincia donde más se invertirá será Guadalajara, con una partida económica de 127.333 euros, de los que 90.733 irán al refuerzo de la





Estación de La Palma del Condado (Huelva).

cimentación de la estación de Sigüenza; seguida de Ciudad Real, con un importe de 65.400 euros; Toledo, con 44.200 euros; Cuenca, con 34.700 euros, y Albacete, con 30.696 euros.

La estación que más inversión recibirá en Cuenca, dentro este plan extraordinario, será la de Chillarón: 8.200 euros que se destinarán a revestir el refugio, limpiar la superficie y reponer el banco de espera. La estación de Tarancón recibirá trabajos de poda y desbroce en andenes, caja de vía y proximidades, una labor cifrada en 8.150 euros.

En la provincia de Ciudad Real se actuará mejorando la estación de Almadenejos-Almadén, con un coste de 1.200 euros. Por su parte, al edificio de viajeros de la estación de Almagro se destinarán 10.000 euros; en la de Daimiel, las actuaciones sumarán un importe de 17.000 euros, y las de Manzanares y Valdepeñas contarán en ambos casos con un presupuesto de 18.000 euros. También se retirará la vegetación en la estación de Guadalmez-Los Pedroches, una actuación presupuestada en 1.200 euros.

En Albacete, se llevarán también a cabo trabajos en las estaciones de Caudete y La Gineta, en las que se mejorarán los andenes y el entorno, al igual que en las de Minaya y Villarrobledo, además de las de Hellín y La Roda, en las que se procederá al saneamiento y pintado de todas las puertas y ventanas.

Andalucía

El Plan Extraordinario aprobado por Adif contempla la mejora de 36 estaciones en la comunidad andaluza, a las que se destinará un total de 266.833 euros. Estas estaciones están ubicadas en Huelva (9); Almería (1); Cádiz (4); Córdoba (2); Granada (2); Jaén (6); Málaga (6) y Sevilla (6).

Destacan las obras en la estaciones onubenses de La Palma del Condado, en la que Adif tiene previsto invertir 18.600 euros para el tratamiento de humedades y falsos techos interiores, así como en la reparación de cubierta; en la de Jabugo-Galaroza, a la que se destinarán 3.600 euros para la reparación y pintura de fachadas, y para el mismo concepto se invertirán 3.500 euros en las de Niebla-Puerta Buey, y otros 3.150 euros en la de San Juan del Puerto.

La estaciones de Gibraleón y de Calañas también serán mejoradas con una inversión de 2.500 euros en cada una para la reposición de la iluminación exterior. Por su parte, en la de Escacena se invertirán 950 euros para la reparación y reposición de equipamiento. Por último, Adif mejorará las estaciones de Almonaster-Cortegana, con 600 euros para mejora del refugio, y el apeadero de Belmonte, en San Bartolomé de la Torre, con 500 euros para la mejora de la iluminación y entorno.



Estación de Ferreruela (Teruel). Debajo, estación de Manlleu (Barcelona).

Aragón

En Aragón Adif va a actuar, durante el periodo 2017-2018, hasta en 63 estaciones, de las que casi la mitad de ellas, 31, están localizadas en la provincia de Zaragoza; otras 18 se sitúan en Teruel y las 14 restantes en la de Huesca, con una media de inversión de 5.000 euros por estación.

En Zaragoza se intervendrá en las estaciones de Alagón, Alhama de Aragón, Arañales de Muel, Ariza, Badules, Bubierca, Cabañas de Ebro, Calatorao, Cariñena, Caspe, Cetina, Embid de Jalon, Encinacorba, Épila, Fabara, Fuentes de Ebro, Grisén, La Zaida-Sastago, Longares, Maria de Huerva, Monreal de Ariza, Morata de Jalón, Mores, Nonaspe, Pedrola, Plasencia de Jalón, Purroy, Ricla-La Almunia, Terrer, Villanueva de Gállego y Villarreal de Huerva.

En la provincia de Teruel los trabajos tendrán lugar en las estaciones de Calamocha, Caminreal-Fuentes Claras, Cella, Cuencabuena, Ferreruela, Puebla de Híjar, Monreal del Campo, Mora de Rubielos, Navarrete, Puebla de Valverde, Escandón, Rubielos de Mora, Samper, Sarrión, Torrijo del Campo, Villafranca del Campo y Villahermosa.

Finalmente, en la provincia de Huesca, los trabajos se efectuarán en las estaciones de Anzánigo, Binéfar, Caldearenas-Aquilué, Canfranc, Castiello-Pueblo, Grañén, Monzón-Río Cinca, Plasencia del Monte, Riglos, Riglos-Concilio, Santa María y La Peña, Sariñena, Tardienta y Villanúa-Letranz.

Cataluña

Las estaciones a mejorar en Cataluña son 67, de las cuales 8 están situadas en la provincia de Barcelona; 17 en Girona; 10 en Lleida, y 32 en Tarragona.

En Barcelona, las estaciones en las que se van a llevar a cabo actuaciones son: Aguilar de Segarra, Borgonyà, Calaf, Manlleu, Rajadell, Sant Martí de Sesgueioles, Sant Quirze de Besora-Montesquiu y Seguers-Sant Pere Sallavinera, en gran parte de ellas para mejorar la iluminación de andenes, la electricidad, y los pasos entre andenes y su entorno.

Las 17 de la provincia de Girona son las de Bordils-Juià, Camallera, Campdevànol, Celrà, Colera, Fornells de la Selva, La Farga de Bebié, La Molina, Planoles, Puig-





Estación de Zafra (Badajoz).

cerdà, Ribes de Freser, Riudellots de la Selva, Sant Miquel de Fluvià, Toses, Urtx-Alp, Vilajuïga y Vilamalla, en las que se desarrollarán, entre otros trabajos, la reposición de señalítica, la electricidad, y la cristalería, así como la instalación de paneles y refugios.

En Lleida, las obras se centrarán en las estaciones de Anglesola, Bell-lloc d'Urgell, Bellpuig, Castellnou de Seana, Cervera -en la que se realizará una mejora amplia que contempla reparaciones en el vestíbulo, la electricidad, la iluminación de andenes, los pasos entre andenes y entorno, la tala de arbustos, la recogida de escombros y basura y la pintura y limpieza de grafittis-, Golmés, Juneda, Les Borges Blanques, Mollerussa y Tàrrega.

En cuanto a las 32 estaciones restantes, pertenecen a la provincia de Tarragona, entre ellas las de Alcover, Altafulla-Tamarit, Ascó, Camarles-Deltebre, Camp-redó, Capçanes, Duesaigües-L'Argentera, Flix, La Plana-Picamoixons, La Riba, La Selva del Camp, L'Ametlla de Mar, Les Borges del Camp, L'Ampolla-Perelló-Deltebre y L'Espluga de Francolí.

También se llevarán a cabo obras en las de L'Hospitalet de l'Infant, Marçà-Falset, Montblanc, Mont-roig del Camp, Port Aventura, Riba-roja d'Ebre, Riudecanyes-Botarell, Roda de Berà, Roda de Mar, Salomó, Ulldecona-Alcanar-La Sènia; Valls, Vilabella, Vila-Seca, Vilaverd i Vimbodí i Poblet.

Galicia

En la Comunidad Autónoma de Galicia será la provincia de A Coruña la que verá un mayor número de estaciones remodeladas, hasta un total de 24; seguida de Pontevedra, con 20; Ourense, con 13, y Lugo con 8.

Las estaciones coruñesas, entre otras, la de Pontedeume, en la que se pintarán las fachadas y se nivelarán los pavimentos de los andenes; la de Miño, o también la de Padrón, se beneficiarán de diferentes inversiones. Por su parte, en Lugo, las de Baamonde, Parga, Pedrelosceltigos, o Rabade, verán también la realización de obras de adecuación general. Mientras que en Ourense serán las de A Rua-Petin, Afriela-Maside, A Gudiña, Barra de Miño, o Covas. Y por último, las pontevedresas de Lalín, O Porriño, o Redondela, recibirán asimismo distintas actuaciones de mejora.

Extremadura

La inversión prevista por Adif en Extremadura será de 77.817 euros en la provincia de Badajoz, alcanzando a un total de trece estaciones: (Zafra, Zafra-Feria, Villafranca de los Barros, Valdetorres, San Vicente de Alcántara, Montijo-El Molino, Montijo, Fregenal de la Sierra, Castuera, Calamonte, Almendralejo y Aljucén). Asimismo se destinan otros 50.651 euros a las estaciones cacereñas (Casatejada, Navalmoral, Plasencia, Casas de Millán, Cañaveral y Arroyo de Malpartida).

La mayor inversión se realizará en la estación de Casatejada, en Cáceres, que recibirá 23.313 euros destinados a la reparación de cubiertas, falsos techos, así como a señalización y reparaciones en el patio de viajeros, mientras que en la de Villafranca de los Barros, se invertirán 16.853 euros para reparación de la fachada, trabajos de pintura y rotulación.

Les siguen las de Almendralejo, en Badajoz, con 12.464 euros para reparaciones y pintura de la fachada y aseos, la cacereña de Plasencia, con 9.728 euros para la adecuación de superficies y mejora de la accesibilidad en el andén principal; la pacense de Fregenal de la Sierra con 9.500 euros para reparaciones y pintura de la fachada, y Cañaveral, en Cáceres, estación en la que se reparará y pintará la fachada y los exteriores por un importe de 5.700 euros.

Valencia

En la Comunidad Valenciana ascienden a 19 las intervenciones a realizar, 6 de ellas en estaciones de la provincia de Alicante, 4 en la de Castellón, y 9 en la de Valencia, por un importe total de 43.350 euros.

En las estaciones alicantinas se va a proceder a la mejora del cerramiento de las estaciones de Alcoy, La Encina, y Novelda-Aspe, en la que también se mejorarán los andenes; en la de Agres se intervendrá para acondicionar el entorno; en la de Cocentaina se repondrá el alicatado en el refugio de viajeros, se podará el ramaje, se limpiarán los *grafitis* y se repondrán papeleras, y en la de Sax se pintarán interior y exteriores y se repondrá la vitrina expositor.

En las estaciones de Alcalá de Chiverte, Barracas Oropesa y Torreblanca, todas ellas en Castellón, se mejorará el paso entre andenes en la primera; se podará todo el ramaje en la segunda; se pintará y eliminarán los *grafitis* en diversas construcciones técnicas ubicadas en los andenes de la tercera, y en la última se mejorarán los ascensores, se sustituirán los cristales, se pintará el vestíbulo, se elimarán *grafitis*, se sustituirá el vallado y se repondrá la señalización del aparcamiento destinado a personas con discapacidad.



Además se mejorará el entorno en las estaciones valencianas de Agullente, Genovés y Ontynyet, en la que también se mejorará el edificio, al igual que en las de Benigamin y Camporrobles. En las de Bufali y La Pobla del Duc se repondrá el alicatado en el refugio de viajeros, en Las Cuevas se pintará y se eliminarán los *grafitis* del refugio de viajeros, y en Las Cuevas se colocarán puntos de luz, mientras que en la de Montabernerner se sustituirán las cristaleras del refugio, entre otras actuaciones.

Estación de Calahorra (La Rioja). Debajo, estación de Sax (Valencia).

La Rioja

Las estaciones riojanas en las que Adif va a intervenir son las de Agoncillo, para realizar la adecuación de tomas de tierra, así como en las de Alcanadre, Alfaro y Rincón de Soto, para la mejora de tomas de tensión eléc-





Estación de Robledo de Chavela (Madrid). Debajo, estación de Torrepacheco (Murcia).

trica; en la de Calahorra, en la que se realizará la misma intervención, además de diversos trabajos de limpieza, tratamiento de residuos y realización de análisis en la estación depuradora de agua residual de la estación, y por último en la de Haro, donde se llevarán a cabo reparaciones correctivas y pintura en edificios y entornos de la estación.

Comunidad de Madrid

Son seis las estaciones rurales madrileñas que recibirán las inversiones de Adif, en las que se realizarán, entre otros trabajos, la eliminación de pintadas en El Pimpollar, Santa María de la Alameda-Peguerinos y Tablada; igualmente se realizarán obras de adecuación general en la de Castillejo-Añover, así como otras intervenciones de mejora en los edificios de viajeros de Robledo de Chavela y Zarzalejo.



Otras comunidades

En la Comunidad Foral de Navarra, las actuaciones de mejora tendrán lugar en las estaciones de Alsasua, Castejón de Ebro, Etxarri-Aranatz, Féculas-Navarra, Marcilla de Navarra, Ribaforada, Tafalla, Uharte-Arakil y Villafranca de Navarra.

Las cinco actuaciones a realizar en otras tantas estaciones de la Comunidad Autónoma de Murcia son para adecuación general en las siguientes: Archena-Fortuna, Balsicas-Mar Menor, Calasparra, Cieza y Torre-Pacheco.

En el Principado de Asturias son tres las estaciones que recibirán las inversiones de Adif para mejorar sus instalaciones. Se trata de Fuso de la Reina y Soto de Rey, en las que se realizarán obras de adecuación general, y en la de Linares-Congostinas, destinada a mejorar la iluminación y el cierre de seguridad del edificio anexo.

En el País Vasco las dos actuaciones se van a realizar en estaciones de la provincia de Álava: Agurain/Salvatierra de Álava, en la que se va a proceder a la limpieza de la fachada del edificio de viajeros, y la de Nanclares-Langraiz, en la que se van a realizar trabajos correctivos de reparación y pintura en accesos, andenes y entornos de la estación.

Finalmente, en la comunidad autónoma de Cantabria, se invertirán 15.795 euros en la estación de Martaporquera, en la que se van a realizar reformas correctivas y se va a proceder a pintar el edificio de viajeros.

Dirección General de Aviación Civil



Vuelta al mundo de una joven piloto para impulsar la presencia femenina en las carreras técnicas y la aviación

Un vuelo inspirador



Shaesta Waiz con su avión ante la torre de control de Cuatro Vientos y, a la derecha, durante una conferencia en la Universidad Autónoma.



Universidad Autónoma de Madrid

Javier R. Ventosa

Se llama Shaesta Waiz, tiene 30 años, es de origen afgano y a principios de octubre entró en las páginas de la historia como la piloto más joven en dar la vuelta al mundo en solitario a los mandos de un avión monomotor. En una de las primeras etapas, en junio, recaló en Madrid de la mano del Ministerio de Fomento. El mensaje de superación, del "sí se puede" que evoca su gesta aeronáutica, busca inspirar a las nuevas generaciones de niñas y jóvenes para elevar la limitada presencia femenina en las carreras técnicas y en la aviación.

Aeropuerto internacional de Daytona Beach, Florida (EE UU). Mediodía del 4 de octubre. Un avión Beechcraft A36 Bonanza, matrícula N364ER, aterriza en la pista. Del pequeño aparato salta a tierra una silueta femenina de larga cabellera enfundada en un mono de piloto azul, con rostro sonriente. Es Shaesta Waiz, feliz por haber culminado con éxito un largo viaje que la ha convertido en la octava piloto de la historia, y la más joven de todas, en circunnavegar el globo en solitario manejando un avión monomotor. Su hazaña aeronáutica le ha llevado a completar una ruta de más de 45.000 kilómetros, con 30 escalas en los cinco continentes, replicando los legendarios vuelos pre-GPS de Amelia Earhart (primera mujer en cruzar el Atlántico en solitario, desapareció en el Pacífico cuando intentaba la vuelta al mundo en 1937) y Geraldine *Jerrie* Mock (primera piloto en conseguirlo, en 1964), entre otras pioneras que han abierto camino a la mujer en la aviación.



Dreams Soar

▶ *Shaesta Waiz, con el uniforme de comandante, a los mandos de la Beechcraft Bonanza.*

"La finalidad de este viaje no es ver mundo", apuntó Waiz en una conferencia en la Universidad Autónoma de Madrid durante su escala en España. El objetivo es otro: se trata de fomentar entre niñas y jóvenes la importancia de la educación universitaria en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés), carreras técnicas, como la aviación, con una baja presencia femenina. En cada escala, Waiz se ha reunido con escolares de 7 a 15 años, hasta un total de 3.000, para despertar su interés por estas disciplinas e inculcarles su pasión por volar, sobre todo a ellas. "Muchas aún creen –ha dicho– que son carreras de hombres, y es difícil hacer recapacitar a quien ha sido educado para pensar así, pero hay que intentarlo". En última instancia, el viaje busca obtener financiación para dar becas "a cualquiera que sueñe con volar o con hacer una carrera STEM", básicamente jóvenes con bajos recursos. La iniciativa ha corrido a cargo de Dreams Soar, ONG estadounidense cofundada por Waiz en 2014, financiada por empresas de tecnología y aviación, respaldada por la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI), y que dispone de un equipo de 40 voluntarios volcado en la logística.

En las escalas, Waiz ha difundido el mismo mensaje: la mujer es capaz de triunfar en cualquier actividad, "incluso puede dar la vuelta al mundo en solitario". Y para ello ha esgrimido su propio ejemplo: una afgana nacida en un campo de refugiados y huida con su familia de la guerra, que recaló en California siendo bebé, creció en un barrio deprimido con el inglés como tercera lengua y las malas notas como norma, y con la única perspectiva vital de ser madre de familia numerosa, como manda la tradición afgana. A los 18 años, un viaje en avión con el instituto le inoculó la pasión por volar y encontró un nuevo sentido para su vida, aplicándose desde entonces en las matemáticas como forma de alcanzar su sueño. Desafiando los prejuicios familiares, que la empujaban a una vida tradicional, ingresó en una universidad de Aeronáutica de Florida y, tras años de esfuerzo personal costeados a duras penas por su familia, se graduó como ingeniero aeronáutico y como piloto, siendo la primera afgana con licencia para volar. "Quiero que las niñas vean que si una refugiada sin recursos ha alcanzado su sueño, ellas también lo pueden hacer; solo hay que creer en una misma y dejar que los sueños vuelen", ha reiterado a sus audiencias.

.\ El viaje

Waiz, con una experiencia de 800 horas de vuelo como piloto comercial, ha predicado con el ejemplo y el 13 de mayo inició su vuelta al mundo en el aeropuerto de Daytona Beach a los mandos del Beechcraft Bonanza, uno de los monoplanos más fabricados de la historia. En su versión A36, del año 2001, es un avión impulsado por un motor de pistón que desarrolla 300 CV, de 8,3 metros de longitud, 10,2 metros de envergadura y una velocidad punta de 326 km/h. Tres de las cuatro plazas de la cabina se removieron para dar cabida a tan-



Dreams Soar

Intervención de la piloto, cubierta con una bandera afgana, ante un auditorio de niñas y jóvenes en Kabul (Afganistán).

ques auxiliares de fuel, limitando el espacio pero elevando la capacidad de combustible hasta 300 galones, lo que ha permitido una autonomía de vuelo de 20 horas. La instrumentación, según la piloto, incluía "todo lo necesario para la navegación", como sistemas avanzados cedidos por los patrocinadores, piloto automático, pronósticos meteorológicos y cuatro cámaras para captar todos los detalles del viaje. Como único pasajero le ha acompañado su osito de peluche *Charlie*.

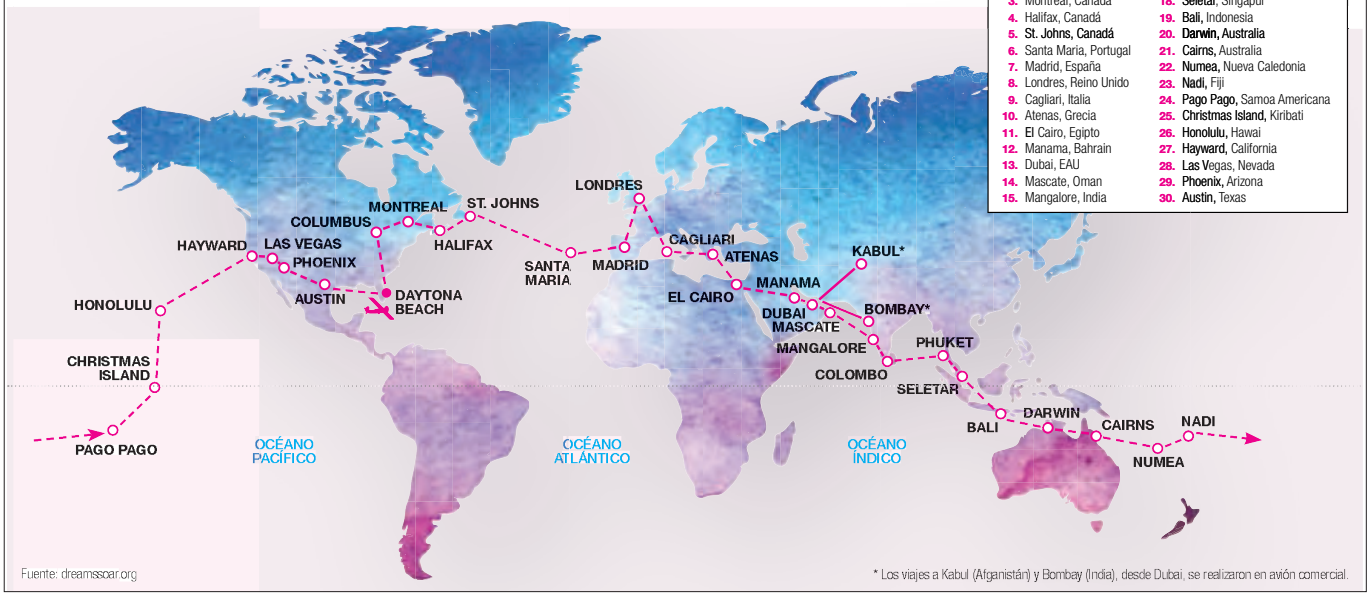
> Las largas y peligrosas travesías del Atlántico y el Pacífico han sido los principales desafíos del viaje

La primera parada fue en Columbus (Ohio) para visitar a la hermana de *Jerrie* Mock y rendir homenaje a esta leyenda de la aviación, a la que conoció poco antes de fallecer en 2014 –medio siglo después de ser la primera en completar la vuelta al mundo en solitario– y que, en cierta forma, le inspiró para emprender esta iniciativa. "Me contó en detalle su aventura, como si hubiera sido ayer, y me hablaba como si yo fuera a repetir su hazaña, cuando yo solo quería conocer a esta heroína de la aviación femenina", recuerda de aquella conversación, sin sospechar entonces que acabaría emulando su gesta. Desde Columbus voló hasta Canadá, primero a Montreal, donde visitó la sede de la OACI, y luego, más al norte, hasta Halifax y St.John's, ya en Terranova, para afrontar el reto de sobrevolar el océano Atlántico.

La travesía transatlántica ha sido una de las etapas más difíciles. "Es uno de los océanos más peligrosos –relató en Madrid–, el tiempo cambia súbitamente, las temperaturas son bajas… es la madre naturaleza, no sabes lo que va a pasar". Esta adversidad la sufrió Waiz, primero esperando una semana en tierra a que se abriera una ventana meteorológica, y luego, en pleno vuelo, al romperse la antena de comunicaciones cuando estaba 300 millas mar adentro, lo que le obligó a regresar a tierra. En este punto se replanteó la misión, pero la reemprendió impulsada "por todas las niñas que tienen un sueño". Durante la travesía, que requirió de una férrea preparación mental para afrontar durante horas la única visión del mar, sufrió molestias en piernas y espalda por falta de espacio, bebió en abundancia para evitar la deshidratación y tuvo que mantener el cerebro

LA VUELTA AL MUNDO DE **SHAESTA WAIZ**

45.930 km / 22 países / 176 horas de vuelo



ESCALAS DE LA RUTA

1. Daytona Beach, Florida
2. Columbus, Ohio
3. Montreal, Canadá
4. Halifax, Canadá
5. St. Johns, Canadá
6. Santa María, Portugal
7. Madrid, España
8. Londres, Reino Unido
9. Cagliari, Italia
10. Atenas, Grecia
11. El Cairo, Egipto
12. Manama, Bahrain
13. Dubai, EAU
14. Mascate, Oman
15. Mangalore, India
16. **Colombo,** Sri Lanka
17. **Phuket,** Tailandia
18. **Seletar,** Singapur
19. **Bali,** Indonesia
20. **Darwin, Australia**
21. **Cairns,** Australia
22. **Numea,** Nueva Caledonia
23. **Nadi,** Fiji
24. **Pago Pago,** Samoa Americana
25. **Christmas Island,** Kiribati
26. **Honolulu,** Hawai
27. **Hayward,** California
28. **Las Vegas,** Nevada
29. **Phoenix,** Arizona
30. **Austin,** Texas

Fuente: dreamsoar.org

* Los viajes a Kabul (Afganistán) y Bombay (India), desde Dubai, se realizaron en avión comercial.

en estado de alerta constante –"escribía cada 15 minutos el nivel de fuel, comprobaba los indicadores de velocidad, altura, temperatura…"–. Pese a la dureza de la prueba, en su retina guarda como única la experiencia del vuelo libre entre las olas y las nubes, un privilegio de los pilotos, con la sensación de "yo y el océano ahí abajo, en silencio absoluto", preguntándose "¿que hago yo aquí?" y respondiéndose que "esto es la aviación, mi pasión". Finalmente, completó sin contratiempos la travesía de casi 5.400 kilómetros en dos etapas: ocho horas y media hasta las islas Azores, donde hizo escala, y otras siete horas hasta la capital de España, primera parada en el continente europeo.

La estancia en Madrid –aterrizó el 11 de junio en Cuatro Vientos– contó con la colaboración de la Dirección General de Aviación Civil, quien diseño una agenda representativa de lo que serían las sucesivas escalas. En sus tres días de estancia oficial, mantuvo dos encuentros con 120 escolares de 12 años para hablarles de las carreras STEM, la aviación y el cruce del Atlántico –"no os imagináis las cosas que preguntan", recuerda–, charló en la Universidad Autónoma con licenciadas del grado de Gestión Aeronáutica y con mujeres piloto, compartió su aventura con alumnos de las escuelas de pilotos de Cuatro Vientos y se reunió con representantes del proyecto Balance 4 AESA (ini-



Dreams Soar

▶ *Junto a la joven comandante emiratí Bakhita Al Muheiri, en el simulador del Boeing 777, durante su escala en Dubái (EAU).*



Dirección General de Aviación Civil

▶ *Charla con escolares madileños en el Museo de Aeronáutica y Astronáutica de Cuatro Vientos, en junio pasado.*

ciativa para promover la igualdad de género en esta agencia) y de la plataforma Aviadoras (proyecto para dar visibilidad a las mujeres piloto). A nivel institucional, sus contactos incluyeron una entrevista en el Ministerio de Fomento con el director general de Aviación Civil, Raúl Medina, y un encuentro con la directora de AESA, Isabel Maestre. También tuvo tiempo para visitar el Museo de Aeronáutica y Astronáutica y para atender a los medios, además de disfrutar de unos días de asueto, como haría en las siguientes escalas.

.\ Regreso a Afganistán

De Madrid dio un salto a Londres (Reino Unido) para desarrollar su agenda y desde allí hacia el Mediterráneo, con escalas en Cagliari (Cerdeña) y Atenas (Grecia), en una ruta oeste-este distinta a la realizada por Mock, que sobrevoló el norte de África, aunque coincidente en la última escala africana de El Cairo (Egipto). La estancia en Oriente Próximo –además de Egipto, hizo escalas en Baréin, Emiratos Árabes Unidos (EAU) y Omán– era clave para el proyecto Dreams Soar y su mensaje de apoyo a las mujeres, que Waiz difundió, con buena acogida, entre escolares, pilotos femeninos y autoridades aeronáuticas. Su aportación al papel de la mujer en la aviación del siglo XXI fue resaltada en Dubái (EAU), cuya aerolínea de bandera presume de tener la mayor plantilla femenina del mundo árabe.

Mujeres y carreras STEM

Desarrollar el pensamiento crítico, aprender a resolver problemas y aplicar a la vida diaria los conocimientos y habilidades adquiridos son componentes básicos de las carreras STEM, acrónimo en inglés que agrupa las disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Los campos que abarcan estas carreras técnicas son considerados como fundamentales para el progreso económico, por la que en el mundo existe una necesidad creciente de este tipo de profesionales. No obstante, las proyecciones indican que los jóvenes con perfiles STEM no cubren las necesidades reales del mercado. Solo en EE UU se pronostica que en 2018 habrá un déficit de 2,4 millones de puestos de trabajo STEM.

La presencia femenina en carreras STEM –y como pilotos comerciales de aviación– es históricamente baja, y no precisamente por falta de resultados en las etapas preuniversitarias. Lo cierto es que a la hora de elegir la carrera, debido a diversas razones, las jóvenes se deciden mayoritariamente por las de educación y salud, frente a las de ciencia y tecnología, principal elección de los jóvenes. Esta división se produce de forma transversal en todo el mundo. En España, con una población universitaria mayoritariamente femenina (54%), las mujeres solo ocupan el 25% de las plazas de carreras técnicas y el 10% en las ingenierías TIC, según datos del Ministerio de Educación,Cultura y Deporte. Son porcentajes que la iniciativa de Dreams Soar trata de mejorar con su programa de becas, destinado a incorporar cada vez más talento y potencial creativo femenino a los puestos de trabajo STEM.

Cuando se planteó el *tour* mundial, el sueño de Waiz era ir a su Afganistán natal, aunque la altitud de la capital, las características de su avión y razones de seguridad descartaron ese destino. "Pero –recuerda en la web del proyecto– tenía que ir de una forma u otra", por lo que antes de iniciar el viaje se añadió una escala en Kabul, aunque dejando el avión en Dubái. Tras acordar una agenda con el Gobierno afgano, el 10 de julio viajó en vuelo comercial a la capital afgana, con la incertidumbre de no saber qué le esperaba. Sin embargo, desbordando las previsiones, fue recibida como una heroína nacional, "de una forma que no me esperaba", y se reunió con las principales autoridades del país, que le hicieron entrega del título de embajadora de la paz por sus esfuerzos para inspirar a las nuevas generaciones y de la licencia que la acredita como la primera piloto afgana. En el acto más emotivo, reunió a 300 jóvenes, en su mayoría niñas cuyo horizonte social y profesional

Visibilizando a la minoría

Las mujeres apenas representan el 3% del total de pilotos comerciales en el mundo y únicamente unas 450 son comandantes de líneas aéreas. Son datos de la Sociedad Internacional de Mujeres Piloto de Líneas Aéreas (ISA), reproducidos en España (6.000 pilotos y solo 198 mujeres, según el sindicato SEPLA), que reflejan una realidad incontestable: el abrumador predominio masculino en las cabinas de los aviones comerciales. Iniciativas como la que protagoniza Waiz aspiran a atenuar esta desproporción con la incorporación de más pilotos femeninas a la aviación comercial, un campo profesional que, como argumenta, no debe tener diferencias de género ya que "un avión no sabe si eres hombre o mujer, cuál es tu religión o tu origen, solo reacciona a las órdenes del piloto y volará de acuerdo a sus habilidades".



Encuentro con mujeres piloto y licenciadas del grado de Gestión Aeronáutica en la Universidad Autónoma.

Universidad Autónoma de Madrid

En sus escalas, Waiz, además de difundir entre las niñas su pasión por volar, se ha reunido con mujeres piloto y con asociaciones aeronáuticas femeninas para compartir experiencias, apoyar su causa y darle visibilidad. En Madrid, primera escala europea, departió en dos ocasiones con pilotos españolas (uniformadas por petición suya), con las que compartió su aventura transatlántica, y conoció las iniciativas en pro de la igualdad de género en la aviación. Especialmente relevantes fueron las reuniones con profesionales femeninas de la aviación (pilotos, oficiales, técnicos, controladores aéreos…) y estudiantes en las escalas árabes de El Cairo (Egipto) y Dubái (Emiratos Árabes Unidos), donde manejó el simulador de un Boeing 777 junto a una joven comandante emiratí. Este emirato es uno de los países árabes más avanzados en cuanto a presencia femenina en líneas aéreas: su aerolínea de bandera posee una plantilla de mujeres piloto de 24 nacionalidades, incluida la primera comandante árabe del Airbus A380, y un completo equipo femenino de ingenieras, mecánicas y técnicas de mantenimiento, además de un programa para incorporar más mujeres piloto. Waiz, que en Afganistán se reunió con chicas de la fuerza aérea a la espera de su bautismo aéreo, también contactó con representantes femeninas de aviación civil y con mujeres piloto en India, Indonesia y Australia.



Dreams Soar

Selfie junto a mujeres de la fuerza aérea afgana en Kabul.

es limitado debido a su género, para transmitir un mensaje de esperanza y de cambio ("Soy como vosotras. Si yo lo he conseguido, vosotras también podéis") basado en las oportunidades que brinda la educación. Por ello, se ha marcado como objetivo abrir una escuela femenina STEM en Kabul, que ofrecerá a las jóvenes la misma oportunidad que tuvo ella.

Afganistán, donde fue recibida como una heroína, ha sido la etapa más emotiva del viaje de Shaesta Waiz

De regreso a Dubái, la siguiente etapa era la India, pero los monzones alteraron la ruta prevista y viajó hasta Mumbai en vuelo comercial. Allí celebró diversos actos para difundir su proyecto, mostrándose convencida de que "en unos años será normal ver a una mujer con uniforme de piloto". Y alabó la promoción india de la mujer en la aviación, traducida en hitos como el registrado en marzo, cuando un avión de Air India se convirtió en el primero de la historia en dar la vuelta al mundo con una tripulación cien por cien femenina, en total 20 mujeres. A caballo de julio y agosto llegaron otras largas travesías sobre aguas asiáticas –el mar Arábigo y el golfo de Bengala/mar de Birmania, con más de 4.000 kilómetros de vuelo y escalas intermedias en Mangalore (India) y Colombo (Sri Lanka)– que pusieron a prueba la resistencia de Waiz. Al aterrizar en Phuket (Tailandia), había completado la mitad del viaje.

A partir de este punto, la ruta de Waiz se desplazó hacia el sur, alejándose de la realizada por su mentora Mock en 1964, que de Tailandia voló a Filipinas para afrontar desde allí el cruce del Pacífico. A bordo de su aparato, Waiz realizó nuevas escalas en Singapur y Bali (Indonesia) y sobrevoló los mares de Java y Timor, cruzando al hemisferio sur, hasta alcanzar Australia, cuyo territorio norte recorrió en dos etapas (Darwin y Cairns). Desde aquí emprendió el último reto, el cruce del océano Pacífico, travesía de más de 11.000 kilómetros (casi la cuarta parte del viaje) que hizo saltando por las islas de Melanesia y Micronesia: Nueva Caledonia, Fiji, Samoa Americana, Kiribati y, finalmente, Honolulu (Hawai), con escalas para difundir su proyecto, aunque también para el descanso y la revisión del avión. La última etapa hasta el continente americano ha sido la más larga, con casi 4.000 kilómetros, que cubrió el 14 de septiembre en 14 horas y 30 minutos hasta aterrizar en Hayward (California). Luego cruzó Estados Unidos en varias etapas, siempre celebrando actos con niños y jóvenes, hasta alcanzar el punto de partida. En Daytona Beach, donde hubo una recepción en su honor, Waiz puso punto final a una travesía de 24.800 millas náuticas (45.900 km) realizada en 145 días, uno de los grandes vuelos de este siglo que su protagonista ha dedicado "a todas las personas que sueñan, que creen, que no tienen miedo de perseguir sus sueños y luchar por ellos hasta que levantan el vuelo". ▮

La Estación del Norte de Valencia cumple 100 años

La catedral de los tiempos modernos

Julia Sola Landero. Fotos: Adif

La mañana del 2 de agosto de 1907 comenzaban las obras para construir la estación del Norte de Valencia, uno de los edificios más deslumbrantes de la ciudad mediterránea. Diez años después –7 de agosto de 1917– entró en servicio la monumental terminal ferroviaria, que este año celebra su primer centenario y que nació con vocación de representar el poderío económico de su promotora, la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España.



Cuando comenzaron los trabajos corrían tiempos de bonanza. Valencia era una ciudad en plena expansión y la Compañía del Norte, que ya contaba con 3.670 kilómetros de vías férreas en toda España, disfrutaba de una economía boyante. Aquella prosperidad le permitió construir una estación monumental que fue el asombro de la sociedad valenciana por su belleza y sus extraordinarias dimensiones para la época: 15.476 m^2 de superficie y capacidad para acoger a 40.000 viajeros diarios. De hecho, la nueva terminal triplicaría la capacidad de la antigua estación y superó con creces a otras de capitales tan importantes como París o Viena. Aún hoy, es reconocida como una de las mejores estaciones ferroviarias de Europa.



El edificio –denominado por algunos como catedral de los tiempos modernos– es la obra cumbre del arquitecto valenciano Demetrio Ribes. Su singular estilo modernista es la traducción mediterránea de la escuela secesionista vienesa, de la que bebió Ribes; una manifestación de modernidad y progreso, caracterizada por la simbiosis de elementos ornamentales junto a materiales y técnicas industriales de nuevo cuño, como el uso del hormigón armado y el acero, que permitían una mayor luz y esbeltez estructural. Pero su mayor singularidad se encuentra en la exuberante y preciosista ornamentación que hacen del conjunto una obra de arte (fue declarada Monumento Histórico Artístico en 1961, Bien de Interés Cultural en 1983, a los que suma la consideración de Estación Histórica por parte de Adif).

Valencia aplaudió con entusiasmo el edificio al ver reflejada el alma de la ciudad en la iconografía regionalista de sus mosaicos y pinturas. Omnipresente en techos, paredes, remates de las torres o enjutas de los arcos, aparecen paisajes (La Albufera), construcciones típicas (la barraca, el micalet) y abundancia de flores de azahar, rosas, naranjas, hojas verdes y guirnaldas, junto a mujeres vestidas con el traje regional valenciano o escenas costumbristas que evocan el colorido y las tradiciones de la ciudad mediterránea.

Urgente necesidad

Poner en marcha la nueva estación no fue tarea sencilla, pero era necesario sustituir más pronto que tarde la vieja terminal. En aquellos primeros años del siglo XX la actividad comercial e industrial de Valencia estaba creciendo con rapidez y las líneas férreas en su territorio iban sumando kilómetros. Para gestionarlas sólo funcionaba la estación de San Francisco, que desde 1852 daba servicio a la línea que unía el casco urbano con la zona portuaria de El Grao y Xátiva, y que posteriormente continuaría hasta Almansa (1859) y Tarragona (1865). Se trataba de una estación con una capacidad muy limitada en un momento en que la ciudad de Valencia contaba con 130.000 habitantes. Proyectada por los ingenieros James Beatty y Domingo Cardenal, la vieja terminal se fue a levantar en pleno centro urbano de





Imagen de la estación del Norte hacia 1920 en una postal de la época. Debajo, la sala de los Mosaicos.



Vidriera y lámpara en el vestíbulo principal.

Valencia, dentro del recinto amurallado, sobre los terrenos que habían ocupado los huertos y el cementerio del desaparecido convento de San Francisco, a unos 200 metros de la actual estación.

Aquella ubicación intramuros hizo que, para permitir el paso de los trenes a la estación, fuera preciso derribar la parte de la muralla medieval situada entre las puertas de Ruzafa y de San Vicente. El desafortunado emplazamiento, elegido cuando nadie imaginaba que la línea férrea valenciana formaría parte de un nudo de comunicaciones tan importante, hacía muy difícil ampliar la estación, que empezó a quedarse pequeña sólo cinco años después de su inauguración. De hecho, ya desde 1859 se realizaron varios proyectos de remodelación.

Se trataba de una terminal en fondo de saco con salida hacia el sur. Una disposición que, si para las vías procedentes de Xátiva y La Encina era un escenario óptimo, para el resto de las líneas férreas, como la procedente de Tarragona, era pésimo. Por otra parte, las vías del tren atravesaban la calle Xátiva, lo que obligaba al corte constante del tráfico. Y a estas dificultades se añadieron las que aportaron la nueva línea procedente de Buñol, abierta en 1883, y el nuevo ferrocarril a Liria, puesto en servicio en 1897.

Así las cosas, se hacía urgente sustituir la vieja estación por otra capaz de gestionar el creciente tráfico ferroviario, y se imponía la necesidad de mejorar los espacios ferroviarios en la trama urbana y eliminar en lo posible su papel de barrera. El primer paso fue buscar terrenos donde poder levantar la nueva estación, proyecto que concentró los deseos de progreso y modernidad de la ciudad. Fue un proceso complicado que obligó a sortear algunos pleitos derivados de las propuestas de expropiaciones de terrenos y durante el cual se barajaron distintas ubicaciones que provocaron agrios debates entre los partidarios de que se instalara junto al centro neurálgico de la ciudad y los que preferían situarla en un lugar más alejado. Tanto es así, que incluso el diario *Pueblo*, cuando el 8 de agosto de 1917 dio la noticia de la entrada en servicio de la estación, aprovechó

Adif restaurará la estación

Desde que la llegada del AVE supuso la construcción de la nueva estación Joaquín Sorolla, la estación del Norte concentra el tráfico de cercanías, pero el edificio también atrae a miles de visitantes y se ha convertido en un icono de la ciudad. Para conmemorar el primer centenario de esta singular estación, Adif ha programado un amplio repertorio de actividades conmemorativas, compuesto por conciertos de música clásica y tradicional valenciana, exposiciones de indumentaria regional, muestras de fotografía y modelismo ferroviario, entre otras.

Por otra parte, el próximo año Adif invertirá 6,5 millones de euros en trabajos en restauración, conservación y mejora de diversos elementos e instalaciones. Los trabajos incluyen la rehabilitación de la cubierta central y de los cuerpos laterales del edificio, y la mejora de evacuación de aguas pluviales y canalizaciones. Se realizará un tratamiento de las fachadas frontales y laterales, y de los sistemas de iluminación y climatización, y se adecuarán y repararán las marquesinas en los andenes adyacentes al cuerpo central.

La sala de los Mosaicos –antigua cafetería de la estación– fue restaurada y mejorada, también por Adif, en 2008, tras estar más de veinte años cerrada. Con los minuciosos trabajos de restauración de los elementos de su ornamentación, que se prolongaron durante cuatro años, se recuperaron los antiguos colores y brillantez de mosaicos y trencadís, y del valioso artesanado.

para recordar que "sin perjuicio de elogios", el mejor emplazamiento hubiera sido "en el vértice de la Gran Vía, en lugar de instalarla pegada a la plaza de toros". Por el camino, la Sociedad de los Ferrocarriles de Almansa a Valencia y Tarragona (AVT) que gestionaba el ferrocarril valenciano, y que en su día llegó a ser una de las sociedades ferroviarias más rentables de España, fue adquirida por la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España, que prosiguió con el proceso iniciado por AVT.

La ubicación elegida fueron los terrenos situados extramuros de la calle Xátiva, y el vacío que dejaría la demolición de la antigua daría lugar a la ampliación de la plaza del Ayuntamiento, y al nacimiento de lo que sería el centro comercial y administrativo de la ciudad. Resuelto el espinoso asunto de la obtención de los terrenos hubo que sortear otra dificultad, dado que durante las obras los trenes no podían dejar de circular. Y como el haz de vías coincidía con el cuerpo central de la nueva estación, los trenes atravesarían la fachada principal a través de dos grandes vanos que después serían las puertas de acceso al vestíbulo. Peculiar situación que hizo que la estación del Norte fuera la primera en ver pasar los trenes antes de estrenarse.

Todas las artes

Además de la mejora funcional del tráfico ferroviario, Ribes se propuso crear un espacio arquitectónico en el que estuvieran presentes todas las artes aplicadas formando un todo armonioso. Desde las fachadas –don-



Vestíbulo principal.

Un arquitecto comprometido

Demetrio Ribes (Valencia 1875-1921) estuvo vinculado desde muy pronto con la Compañía de Caminos de Hierro del Norte, de la que su padre era maestro de obras. Trabajó como arquitecto facultativo de la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España durante toda su vida profesional y es autor del proyecto para los edificios gemelos destinados a oficinas y almacén de la estación Príncipe Pío de Madrid. Fue en 1906 cuando recibió el encargo para redactar el proyecto de la estación de Valencia Nord, proyecto al que se dedicó en cuerpo y alma, diseñando desde zócalos y carpinterías hasta barandillas o picaportes; se preocupó hasta de los más mínimos detalles del edificio, que concibió como una delicada obra de arte en la que todos los componentes debían estar en armonía. Por eso se ha comparado a Ribes con el meticuloso director de orquesta que controla y dirige cada nota para que no haya una sola disonancia en la sinfonía.

Ribes admiraba la obra del cofundador de la escuela de Viena, Otto Wagner, quien realizó, entre 1894 y 1904, 36 estaciones de ferrocarril en Viena y alrededores, y 40 kilómetros de líneas ferroviarias, puentes y viaductos, y también a otros arquitectos de la misma escuela como Josef Hoffmann o Joseph Maria Olbrich. Le deslumbraron los principios compositivos que proponía el secesionismo, con estructuras claras y ordenadas enriquecidas con ornamentaciones a base de mármoles, vidrieras, azulejos, aplicaciones de metal, ornamentos florales, estucos coloridos o dorados. Tanto, que no sólo los incorporó a sus obras, sino que los defendió públicamente en varios congresos de arquitectura y a través de artículos en revistas especializadas.

Su doble formación –era doctor en Ciencias Físico-Matemáticas y en Arquitectura-, le permitió moverse con soltura entre el mundo de la arquitectura y la ingeniería. A ello se debe la asombrosa cubierta de la estación de Valencia, que recoge la tradición inaugurada en las exposiciones universales de 1855 y 1867, con la que se aventura a lograr luces más amplias y a introducir novedades en el sistema de ventilación. Para desarrollar nuevos materiales, fundó en 1917 la empresa Construcciones Coloma y Ribes, especializada en obras de hormigón armado, siendo reconocido como uno de los grandes pioneros en introducir este material en la arquitectura.

Su obra es mayoritariamente de carácter industrial: fábricas, dependencias ferroviarias, oficinas, muelles y almacenes, pero también se dedicó a la arquitectura de carácter público, como la Casa de Correos y Telégrafos de Castellón, la plaza de toros de Xàtiva o el asilo de la marquesa de San Joaquín, convertido hoy en el Instituto de Bachillerato San Vicente Ferrer de Valencia; realizó proyectos de viviendas privadas tanto en el ensanche como en la ciudad vieja de Valencia, y fue el autor de la reforma del antiguo barrio de pescadores, entre otros proyectos.



Despacho de billetes y, en la imagen inferior, detalle de la sala de los Mosaicos con motivos de la Albufera.

de aplicó una variada carta de colores–, a los paramentos, techos, vidrieras, mobiliario, lámparas o la cerrajería. El diario Pueblo, en la reseña publicada el día de la inauguración, alababa la utilización de las artes aplicadas "combinando los metales, la cerámica y la madera y los mármoles de forma que en ninguna parte se encuentran disonancias".

La ornamentación se aplica mediante paños cerámicos y piezas de piedra artificial esmaltadas que recubren muros y resaltan pilastras, arcos y elementos verticales, enfatizando la estructura constructiva y aumentando en sentido ascendente, de forma que la planta baja resulta ser la más austera. De la ornamentación se encargaron artistas de Valencia, como el pintor y ceramista Gregorio Muñoz Dueñas, que decoró la antigua cantina, Lluis Bru o José Mongrell, que firmó los cartones de dos paneles de la fachada, realizados en mosaico veneciano en los talleres de Madrid de Maumejean Hermanos.



Demetrio Ribes, inspirado en la escuela de Viena, creó un espacio armonioso en el que concurren todas las artes aplicadas

El vestíbulo principal de la estación conserva su ornamentación original: mosaicos y trencadís, zócalos de maderas trabajadas, exquisitas taquillas de venta de billetes y las dos columnas centrales con su decoración a base de capiteles cerámicos y lámparas que aportan una nota brillante y suntuosa. Tras esa dependencia principal, es la antigua cantina, conocida como "sala de Mosaicos" la que más admiración despierta. Restaurada en 2008 por Adif, es una pieza maestra cuyo exuberante tratamiento decorativo se ha equiparado a la Oficina Central de Correos de Viena, proyectada por Otto Wagner, uno de los fundadores de la escuela secesionista de Viena. Sus paredes y techos están tapizados por mosaicos firmados por Muñoz Dueñas y cocidos en la antigua fábrica de lozas La Ceramo de Benicalap, en cuyos legendarios hornos también se cocieron las piezas que ornamentaron las cúpulas del ayuntamiento de Valencia, el mercado de Colón, el mercado Central y otros edificios modernistas de la ciudad.



▶ *Detalle de uno de los torreones laterales.*

La estación se diseñó para dos usos independientes: uno destinado a trenes de mercancías y otro a viajeros, que a su vez se organizaría en gran distancia y cercanías, y entre llegada y salida de viajeros. Su planta tiene forma de "U" compuesta por un cuerpo central y dos laterales que protegen la playa de vías. El cuerpo principal, con 76 metros de fachada y 26 de profundidad, está formado por una torre central de dos plantas y dos laterales de tres. El lateral que da a la calle Bailén se destinó a la llegada de pasajeros y albergaba la consigna de equipajes y diversas dependencias auxiliares. El que da a la calle Alicante acogía una elegante sala de espera de viajeros de primera clase –ahora se diría sala VIP– y varias oficinas y despachos.

Su estructura está coronada por una audaz cubierta metálica formada por grandes arcos elípticos articulados sobre rótulas asentadas en tierra, con 196 metros de longitud y 45 metros de luz transversal, y con una altura de 24 metros. Obra de Enrique Grasset y Echevarría, uno de los principales ingenieros de la Compañía del Norte, fue fabricada en Madrid, trasladada por partes a Valencia y ensamblada directamente sobre la estación. Como novedad y para despejar el ambiente interior de la estación de los humos y vapores de las locomotoras, se instaló un gran lucernario superior y se colocaron lateralmente grandes ventanales practicables mediante un sistema eléctrico. De Enrique Grasset es también la marquesina, una gran estructura metálica única que vuela sobre mínimos apoyos.

.\ Tiempos difíciles

Durante la construcción del edificio, la situación económica y social fue cambiando. La euforia de los primeros años del siglo XX dio paso a las dificultades económicas y la agitación social derivadas de la Primera Guerra Mundial. Subía el precio del pan, escaseaba la comida y faltaban materiales de construcción, carbón y queroseno. La crisis de la industria provocó el aumento del paro, y en el sector ferroviario se dispararon los precios del servicio. La Compañía del Norte no fue ajena a los problemas económicos y despidió a una treintena de trabajadores, lo que se traduciría en una serie de huelgas que se habrían de repetir hasta finales de 1917.



▶ *Vestíbulo principal y detalle de uno de los paños cerámicos de la fachada.*

En aquel clima de desesperanza, la anhelada estación se inauguró sin pena ni gloria. Si cuando empezaron las obras, según informaba el diario *Las Provincias*, hubo un acto solemne y festivo en el que se vieron "confraternizando, unidos en patriótica aspiración, a representantes del gobierno, de la iglesia, del ejército, de la industria, del comercio, de las artes, de la ciencia y de los partidos populares en todos sus matices; todos inspirados en el bien de Valencia, todos unidos para asistir a una de las mejoras que reclamaba la ciudad", en su puesta en servicio no hubo ni acto oficial ni celebraciones. *Pueblo* daba cuenta de ello el 8 de agosto de 1917: "Esta noche pasada, al dar las doce, ha comenzado a prestarse el servicio de viajeros en la nueva estación del Norte". Alabanzas a la nueva estación y consejos a los viajeros, pero ninguna referencia a las celebraciones que cabría esperar. *Las Provincias*, que tuvo palabras elogiosas para la Compañía del Norte, "que no ha regateado gasto ni sacrificio alguno para que nuestra ciudad pueda enorgullecerse de tener la mejor de España", también informó de la ausencia de acto inaugural: "Carente de solemnidad, se inauguraba el 7 de agosto la nueva estación de los ferrocarriles del Norte. Su apertura estaba prevista para antes, pero la huelga ferroviaria y la agitación social y política de la ciudad y el país, han obligado a posponerla".



Paradójicamente, y para simbolizar la pujanza económica de la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España, un águila de bronce –potencia y velocidad– sosteniendo entre sus garras la bola del mundo, coronaba la fachada. ▮



Los proyectos de desarrollo de líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (VII): del Pacífico al Gran Lago Salado por la meseta de Columbia

SEATTLE CONNECTION



Vista de Seattle (Washintgon).

Luis Fort López-Tello y Carmen Fort Santa-María

El anteproyecto “Waoridnevut (Washington-Oregón-Idaho-Nevada-Utah) Project: Seattle Connection” se ocupa de la conexión por Nevada/Utah de la Unidad Estructural $VIII_2$ (Condominio de Oregón-Columbia Tableland Way (CTW) con la Unidad Estructural II (Intercoasts Way) del desarrollo de la Alta Velocidad Ferroviaria en los Estados Unidos (USHSRS). La Unidad Estructural $VIII_2$ permitirá el acceso “Canada Pacific” de la red de alta velocidad ferroviaria de Estados Unidos desde Seattle (Washington) a la red de alta velocidad ferroviaria de Canadá en Vancouver.

Es objeto de este anteproyecto el corredor Columbia Tableland Way, de 1300 km y formado por las líneas “CTW Idaho Line: Seattle (WA)-Boise (Idaho)”, de 670 km, y “CTW Utah Line: Boise (Idaho)-Salt Lake City (Utah)”, de 630 km, de los que 450 km discurren desde Boise a la Fork Station de Bonneville (Nevada), donde conecta con la “Great Basin Line (GBL): Reno (Nevada)-Salt Lake City (Utah)”, identificándose con ésta en 180 km para llegar ambas a la Terminal Station (Salt Lake City) después de atravesar la parte sur del Great Salt Lake, con plataforma de vía sobre escollera, viaductos de tramo recto de 100 m de luz y el gran viaducto ”Great Salt Lake MultiSuspension Bridge”, de 11,2 km de longitud y con tramos centrales “tipo” de 800 m de luz, diseñado así ante la posibilidad de licuefacción de los sedimentos modernos de este lago por sismos relacionados con las principales fallas de la “Wasatch Range”.



Don Ramey Logan

▶ *Vista nocturna de Seattle (Washintgon).*

Aproximación histórica

Seattle es la ciudad más grande del estado de Washington, cuya capital es Olympia, en el extremo noroeste de los Estados Unidos. El área metropolitana de la ciudad comprende Seattle, Tacoma y Bellevue, la mayor del noroeste del Pacífico, con una población de 3.300.000 habitantes.

La ciudad está situada entre el lago Washington y la bahía Puget Sound, comunicada con el océano Pacífico y a 155 km al sur de la frontera de Estados Unidos y Canadá.

Los primeros asentamientos europeos en la zona datan de mediados del siglo XIX, estando habitada antes por los indios *duwamish* y *suquamish*. Uno de los primeros colonos, Doc Maynard, fue el principal promotor en nombrar a la ciudad, fundada como Duwamps, con el nombre del gran jefe indio Seattle, de los *duwamish*. (Se reproduce a continuación, traducido, el último párrafo del discurso pronunciado por el jefe indio Seattle ante la asamblea de las tribus del noroeste de los Estados Unidos en Port Elliott, hacia 1854, dirigido a Franklin Pierce, presidente de EE.UU., como respuesta a la petición de compra por el gobierno norteamericano de una gran zona del territorio indio, unida a la promesa de crear una reserva. Estas palabras, a nuestro criterio, constituyen una de las manifestaciones más bellas y profundas de la consideración humana del territorio, como soporte de su propia naturaleza y de su desarrollo: "Cuando el último piel roja haya desaparecido de la tierra y su memoria sea solamente la sombra de una nube cruzando la pradera, estas costas y estas praderas aún contendrán los espíritus de mi gente; porque ellos aman esta tierra como el recién nacido ama el latido del corazón de su madre. Si nosotros vendemos a ustedes nuestra tierra, ámenla como nosotros la hemos amado. Cuídenla, como nosotros la hemos cuidado. Retengan en sus mentes la memoria de la tierra tal y como se la entregamos. Y con todas sus fuerzas, con todas sus ganas, consérvenla para sus hijos, ámenla así como Dios nos ama a todos. Una cosa sabemos: nuestro Dios es el mismo Dios de ustedes, esta tierra es preciosa para él. Y el hombre blanco no puede estar excluido de un destino común". Fdo: Noah Seathl, Jefe de la Tribu Suwamisu. SEATTLE (EE. UU.).

Seattle se encuentra entre la ensenada Puget Sound, al oeste, y el lago Washington, al este. El puerto de la ciudad (uno de los más importantes de Estados Unidos), en la bahía Elliot, se localiza en una entrada del Puget Sound. Hacia el oeste, más allá del Puget Sound, se ubican la península Kitsap y las Montañas Olímpicas, en la península Olímpica. Al este, más allá del lago Washington, se encuentran el lago Sammamish y la cordillera de las Cascadas. Las aguas del lago Washington fluyen hacia Puget Sound a través del canal de navegación del lago Washington, el lago Unión y las esclusas Hiram en la bahía Salmón, que se extiende hasta la bahía Shilshole. Muchas de las zonas más elevadas se encuentran cerca del centro de la ciudad: Capitol Hill, First Hill y Beacon Hill, juntas, constituyen una especie de cresta a

▶ *Trazado en planta de la línea Boise-Salt Lake City y, debajo, de la línea Seattle-Boise.*



Plano 1

lo largo de un istmo entre la bahía Elliott y el lago Washington. La ruptura de la cresta entre First Hill y Beacon Hill fue consecuencia de los muchos proyectos de renivelación que reconfiguraron la topografía del centro de la ciudad. Debido a su ubicación en el llamado cinturón de fuego del Pacífico, Seattle se encuentra en una zona de gran actividad sísmica. A pesar de que la falla de Seattle pasa justo al sur del centro de la ciudad, ni dicha falla, ni la zona de subducción de "Cascadia" han causado un terremoto desde la fundación de la ciudad. No obstante, esta zona presenta un riesgo de terremotos de magnitud 9, que pueden afectar gravemente a construcciones situadas en la ciudad, sobre todo en zonas construidas sobre vertidos, por lo que se deben tener precauciones y criterios de diseño en la estación Terminal y en los viaductos de los primeros kilómetros de vía, de forma similar a los tenidos en cuenta en el Great Salt Lake y en el diseño de la Great Basin Line a su llegada a la terminal de Salt Lake City.

La mayoría de las calles de Seattle discurren tanto en sentido norte-sur como este-oeste. Sin embargo, esta orientación no prevalece en una de las zonas más antiguas y más densas de la ciudad: la delimitada por la bahía Elliott al oeste, Bradway al este, Yesler Way al sur y Denny Way hacia el norte. Esa excepcional área incluye todo el distrito central de negocios (CBD), la parte más septentrional de la plaza Pioneer, el barrio del sur del CDB, First Hill al este del CBD y Belltown Denny Regrade al norte del CBD. La red está orientada 32 grados oeste en la parte sur de esta zona excepcional y 49 grados oeste en la parte norte. El resultado han sido tres modelos de red, provocado por el desacuerdo entre Doc Maynard, cuyas tierras se extendían al sur de Yesler Way, y Arthur A.Denny y Carson D.Boren, cuyas tierras lo hacían al norte. Denny & Boren preferían que sus calles siguieran el litoral de Elliott Bay, mientras que Maynard eligió una red basada en los puntos cardinales.

> La construcción del proyecto Seattle Connection requerirá de una inversión estimada en torno a 65.878 M$

Esta circunstancia tendrá una especial incidencia en el diseño de las obras lineales que se proyecten en la zona central de la ciudad, como pasa al situar así la Terminal HSR de Seattle y el inicio noroccidental de la USHSRS.

Según se esquematiza en los planos 1 y 2, en la Unidad Estructural $VIII_2$: HSR Seattle-Salt Lake City, se pueden hacer algunos apuntes, como se indican a continuación:



Plano 2

Tabla Resumen: USHSRS-Seattle Connection (Unidad Estructural VIII-2 : Columbia Tableland Way

		"CTW Idaho Line"	"CTW Utah Line"	WAORIDNEVUT (Northwest II) Project
Unidades	Seciones	HSL SEATTLE (WA)-BOISE (ID) WASHINGTON-OREGON-IDAHO Connection	HSL BOISE (ID)-BONNEVILLE (NV)-SALT LAKE CITY (UT) IDAHO-NEVADA-UTAH Connection	SEATTLE CONNECTION SEATTLE-BOISE-BONNEVILLE-SALT LAKE CITY
Km	Longitud Total	670,0 (471mile)	630(450+180) (392mile)	1.300,0 (808mile)
Km (%)	Longitud a cielo abierto (Desmontes y Terraplenes)	334,5 (49,93%)	476(311+165) (75,55%)	810,5 (62,35%)
Km (%)	Longitud Total de Túneles	296,5 (44,25%)	128(128+0) (20,32%)	424,5 (32,65%)
Km (%)	Longitud Total de Viaductos	39,0 (5,82%)	26(11+15) (4,13%)	65,0 (4,89%)
Estaciones	Localización estaciones Intermedias	Ellensburg-Kennewick-Pendleton-Welser-Emmett	Mountain Home-Grasmere-ELKO-BONNEVILLE-Timple	SEATTLE-Ellensburg-Kennewick-Pendleton-Welser-Emmett-BOISE-Mountain Home-Grasmere-ELKO-BONNEVILLE-Timple-SALT LAKE CITY
Número (E/Sint)	TSAP/PIB/(Línea + estación) (PAET/BIP)	8 (6+2)	7 (3+4)	15 (9+10)
Km/h	Velocidad Media	276 (con TAVs potencia para V=430 km/h)	222 (1 Stop en Grasmere)	250
Mm³	Movimientos de Tierras (Total)	607,68	635,51	1243,19
Mm³	Excavación	84,5	5,64	90,14
Mm³	Relleno	483,13	612,57	1095,7
Mm³	Túneles	40,05	17,3	57,35
Mm³	Tras compensaciones	-398,63	-606,93	-1005,56
Mm³	Déficit (-)	-407,09	-607,49	-1014,52
Mm³	Exceso a Vertedero (+)	8,46	0,56	9,02
Number	Total Túneles	9	4	13
nb (Km)	Túneles Gran Longitud (≥ 6 Km)	9 (296,5)	4 (128,0)	13 424,50)
nb (Km)	Túneles menores (≤ 1,25 Km)	0	0	0
Km	Longitud grandes túneles	19-26-28-28,5-31,5-34-34-43-52,5	21-25-30-52	19-21-25-26-28,5-30-31,5-34-34-43-52-52,5
m²	Total Estructuras	719.050	198.830	917.880
nb	Viaductos	23	12	35
nb-m²	Otros Puentes	36 149.400	14 58.600	50 208.000
nb-Km	Puentes colgantes (800 m de luz)	17 27,20	3 4,80	20 32,00
M$	Presupuesto (A+B+C+D+E+F+G)	35.295	30.523	65.888
M$	Movimiento de tierras (a)	16.938	21.616	38.544
M$	Túneles (b)	9.674	4.178	13.852
M$	Estructuras (c)	3.065	680	3.745
M$	A - Infraestructuras (a+b+c)	29.677	26.474	56.151
M$	B - Superestructuras	1.906	1.383	3.289
M$	C - Instalaciones	2.104	1.413	3.517
M$	D - Protección medioambiental	596	518	1.114
M$	E - Proyecto, Garantía de Calidad, Dirección de obra	857	745	1.602
M$/Km	F -Suplemento por Estaciones y Edificios en PAETs	155	60	215
M$/Km	Coste unitario (incluido estaciones)	52,40/52,68	48,46/(48,56)	50,52/(50,68)
M$/Km	Coste medio de eficiencia Ministerio español de Fomento (ref. 2010)	53,45	44,15	48,94
FOM(2010) M$/Km	Relieve - Tipo - Naturaleza	VS-2-Surb	VS-2-RuSurb	VS-2-RuSurb
M$/estados	Imputación de Costes	17118 WASHINGTON 11484 OREGON 6693 IDAHO	12442 IDAHO 18151 NEVADA	17118 WASHINGTON 11484 OREGÓN 19135 IDAHO 18151 NEVADA

La gran terminal de Seattle se sitúa, como se ha dicho antes, en la parte central de la ciudad, lo que hace necesario que la plataforma de vía vaya en estructura elevada y se salven los importantes cuerpos de agua existentes con puentes colgantes (los más recomendables en ubicaciones con riesgo sísmico de licuefacción de sedimentos y vertidos) que, con la tipología característica elegida (800 m de luz central), evidencia en este majestuoso marco la traza de la Alta Velocidad Ferroviaria USA (USHSRS) en su extremo más noroeste.

Desde la terminal se conecta con la red ferroviaria existente y con la capital del estado de Washington, la ciudad de Olympia.

Desde Seattle hasta pasado Kennewick, el trazado, muy accidentado (ver planos 1 y 2), con grandes túneles de fuertes pendientes, llega a Ellensburg en las márgenes del Yakima River, después de atravesar los "Wenatchee y Saddle Mountains", de 1.800 m de altitud, y luego continúa en el estado de Washington, perforando la cadena "Yakima Ridge" a cotas similares a las ini-



▶ *Capitolio de Salt Lake City (Utah). Debajo, retrato del gran jefe Seattle.*

ciales en el terreno ondulado de "Horse Heaven Hills", cruzando repetidamente el gran Columbia River.

En el pk 325, el trazado pasa al estado de Oregón, en el que atraviesa las estribaciones de las Blue Mountains y de las Elkorn y Wallowa Mountains, que alcanzan cotas de 1.500 m. En el pk 543 el trazado cruza el Snake River, pasando al estado de Idaho, unos kilómetros antes de llegar a la población de Weiser, en cuyas inmediaciones cruza el Weiser River.

A partir de entonces, el trazado discurre por el Boise Basin. En el pk 670 llega a la estación de Boise, final de la "CTW Idaho Line" y principio de la "CTW Utah Line". Boise es la capital y ciudad más poblada (≈ 220.000 hab) del estado de Idaho. Está situada a orillas del Boise River, afluente del Snake River, que lo es a su vez del Columbia River, y unos kilómetros al sur del río Payette (afluente del Snake River) y al pie de las Montañas Rocosas.



I.B. Franklin

Antes de llegar a Boise, a la altura de la ciudad de Emmett, circundada por el Payette River, se proyecta un PAET (TSAP)-Apeadero, por ser esta ciudad cruce de carreteras y disponer de ferrocarril y aeródromo local, formando parte del Boise-Nampa Idaho Metropolitan Area. El río Payette lo llamaron así los indios nativos por el comerciante de pieles de Quebec, François Payette, que fue encargado del viejo Fort Boise en 1818 y viajó por toda el área.

Con suave pendiente el trazado asciende de nuevo a la meseta de Columbia y desciende ligeramente a la llanura del Snake River, en la que un poco al norte de la orilla derecha del curso medio de este río se encuentra la ciudad de Mountain Home. Desde aquí, con pendiente media asciende hasta Grasmere (≈pk 815) a la cota 1.551m sobre nivel del mar, y continúa con pendiente algo más suave hasta entrar en el estado de Nevada en el pk 853. Con pendiente moderada y mediante dos grandes túneles que perforan la Sheep Creek Range, que presenta elevaciones de 2.100 m y 1.750 m sucesivamente, desciende el trazado desde su punto más alto en el pk 870, Mountain City hasta Elko River y la ciudad de Elko, a una altitud de 1.544m, donde se localizaba el final del tramo ferroviario construido por Central Pacific Railroad, de California a Utah. Elko es la ciudad más grande entre Reno (Nevada) y Salt Lake City (Utah), tiene una estación de la línea de Amtrak, la California Zephyr, y un aeropuerto, por lo que se prevé disponer en ella un PAET (TSAP), con apeadero/estación HSR.

A partir de Elko la traza pasa por Spring Creek y enfila Ruby Mountain y Bute Hills, que atraviesa con un gran tú-

nel de 52 km en doble pendiente. A la salida de este, y tras cruzar dos cursos de agua, afluentes o procedentes del Snow Water Lake y de las proximidades de Carrie, mediante otro gran túnel de 21 km, con fuerte pendiente descendente, accede a la Fork Station de Bonneville (pk 1.120), donde se unifica con la "Great Basin Line", procedente de Reno (Nevada) y, tras pasar en el pk 1.151 al estado de Utah, siguen ambas líneas en plataforma única en suave rampa hasta el PAET de Timpie, y finalmente, por la parte sur del Great Salt Lake, llega a través del MultiSuspension Bridge GSL, de 11,2 km de longitud, a la Terminal Station de Salt Lake City, en el pk 1.300.

Descripción del proyecto

En la tabla resumen adjunta se desglosan por líneas las características morfológicas, así como las previsiones constructivas y económicas manejadas para este proyecto. Puede destacarse, de forma general, que requerirá la construcción de 1.300 km (808 millas) de plataforma de vía, de los cuales 424,5 km discurren en túnel (13 grandes túneles), 65 km en viaducto (20 puentes colgantes, con 32,0 km de longitud) y 810,5 km a cielo abierto (1186 Mm^3 de movimiento de tierras, más 57 Mm^3 de excavación en túneles). La explotación de esta conexión, en condiciones de seguridad y adecuado servicio, se proyecta hacerla con cinco estaciones (tres grandes terminales: Seattle, Boise y Salt Lake City) y quince puestos de adelantamiento y estacionamiento de trenes (PAETs/TSAPs).

Este proyecto supone una inversión total de 65.888 M$, con un coste unitario de 50,68 M$/km, 3,5% superior al de eficiencia FOM (coste que el Ministerio de Fomento del Gobierno de España aprobó en 2010 para la ejecución de obras públicas de infraestructura ferroviaria de alta velocidad), en condiciones medias aplicables por analogía.

El coste total imputable a cada uno de los cuatro estados por los que discurre esta infraestructura ferroviaria interestatal (la parte que discurre por el quinto, Utah, está contabilizada en el Proyecto Nevut, en la línea "Great Basin Line", al utilizar la misma plataforma de vía) es de 17.118 M$ (325 km) a Washington (25,98%), 11.484 M$ (218 km) a Oregón (17,43%), 19.135 M$ (310 km) a Idaho (29,04%) y 18.151 M$ (278 km) a Nevada (27,55%).

Se planifica la construcción de la conexión Seattle, desde el Work Pole 2, instalado en Seattle, en un plazo de 15 años.

A continuación se describen con algún detalle las dos líneas que forman parte del Waoridnevut Project, esquematizándose su trazado en planta y en perfil (planos 1 y 2).





Vista aérea de la ciudad de Seattle. Debajo, vista de Spring Creek Valley (Nevada).

Línea SEATTLE (WA)– BOISE (ID)

Con la solución propuesta, Columbia Tableland Way: Idaho Line, el trazado de esta HSL parte de la estación terminal de Seattle (40 m), en el estado de Washington, y termina en la estación de Boise (860 m), en el pk 670.

Se proyectan en total ocho PAETs: dos en el estado de Washington, situados en los pk 160 (Ellensburg) y pk 290 (Kennewick); dos en el estado de Oregón, en los pk 353 (Pendleton) y pk 429 (La Grande), y dos en el estado de Idaho, en los pk 570 (Weiser) y pk 630 (Emmett), además de los situados en las terminales HSR de Seattle (Washington) y de Boise (Idaho).

Por lo accidentado del trazado, más del 44% de la línea discurre en túnel, con un total de nueve grandes túneles, de longitudes comprendidas entre 19 km y 52,5 km, siendo éste último el más largo, con una pendiente superior a 22 milésimas y situado a la salida de Seattle, lo que obliga a disponer, en el tramo Seattle-Ellensburg,



Vista de la ciudad de Boise (Idaho).

de suplemento de tracción. Aun así, la velocidad media operativa en esta línea es de 276 km/h, con un tiempo de recorrido entre Seattle y Boise de 2h 26m.

La existencia de los lagos Washington y Sammamish en el tramo urbano de Seattle, a ambos lados de Mercier Island y en el acceso a Bellevue, aconsejan disponer la plataforma de vía sobre tres viaductos con tipología de MultiSuspension Bridges, con una longitud total próxima a los 15 km, que hacen espectacular este tramo inicial del corredor noroccidental de la USHSRS.

Se proyectan otros cinco viaductos con la tipología característica de puentes colgantes, de 800m de luz central, sobre los ríos Columbia (3), Powder y Snake, y otros grandes viaductos en arco y tramo recto, con luces superiores a 100m, hasta totalizar 39 km de longitud (5,82% de la longitud total).

Línea BOISE (ID)-SALT LAKE CITY (UT)

Para la solución propuesta, Columbia Tableland Way: Utah Line, el trazado de esta HSL parte de la estación terminal de Boise (Idaho, 860m), en el pk 670, y termina en la estación terminal de Salt Lake City (Utah, 1.340m), en el pk 1.300, discurriendo los últimos 180 km, desde la Fork Station de Bonneville (Nevada, 1.360m), en el pk 1.120, por la plataforma de la Great Basin Line: Reno (Nevada)- Salt Lake City (Utah), definida en el Nevut Project.

Se proyectan en total siete PAETs: dos en el estado de Idaho, situados en los pk 729 (Mountain Home) y pk 815 (Grasmere); otros dos en el estado de Nevada, en los pk 983 (estación de Elko) y pk 1.120 (Fork Station Bonneville), y uno en el estado de Utah, en el pk 1.237 (Timpie), además de los situados en las terminales HSR de Boise (Idaho) y de Salt Lake City (Utah).

Más del 20% de la línea discurre en túnel (128 km), con un total de cuatro grandes túneles, de longitudes comprendidas entre 21 km y 52 km (este con doble pendiente que permite el ataque desde sus dos bocas, del lado Elko y lado Bonneville).

Se proyectan tres viaductos con tipología característica de puente colgante de 800 m de luz central, uno a la salida de la estación de Boise y otros dos sobre el Snake River y sobre el Elko River. Además, serán necesarios otros grandes viaductos en arco y tramo recto con luces superiores a 100 m, hasta totalizar veintiséis kilómetros de longitud (4,13 % de la longitud total). En el tramo común a la Great Basin Line se cruza el Great Salt Lake con un MultiSuspension Bridge de tipología característica de 800 m de luz central, con 12 km de longitud y otros 3 km de viaductos de tramo recto de 100 m de luz.

Bibliografía

- *Fort, L. & Fort, C. (2016) "España y la red de Alta Velocidad en Estados Unidos" Revista de Obras Públicas (ROP) nº 3580 Octubre 2016 Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2016) "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (I): Del Pacífico a las Rocosas" Revista del Ministerio de Fomento, Febrero 2016, Nº 658, Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2016) "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (II): El descenso de Las Rocosas" Revista del Ministerio de Fomento, Septiembre 2016, Nº 664, Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2016) "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (III): Por las Grandes Llanuras al Golfo de México" Revista del Ministerio de Fomento, Octubre 2016, Nº 665, Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2016) "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (IV): Por las Llanuras de la antigua Florida Española" Revista del Ministerio de Fomento, Diciembre 2016, Nº 667, Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2017) "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (V): La Alta Velocidad llega a Nueva York" Revista del Ministerio de Fomento, Abril 2017, Nº 671, Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2017) Anteproyecto "Misilinoh Project: Chicago Connection" Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos(Ref.152452) Mayo 2017, Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2017) "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (VI): Chicago Connection "Desde El Mississippi a Los Grandes Lagos" Revista del Ministerio de Fomento, Septiembre 2017, Nº 675, Madrid, España.*
- *Fort, L. & Fort, C. (2017) Anteproyecto "Waoridnevut Project: Seattle Connection " Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Ref.152694) Agosto 2017, Madrid, España.*



El tren turístico Felipe II inicia sus viajes a El Escorial

Viaje al centro del imperio



Julia Sola Landero. Fotos: FFE y ALSA

Desde el pasado 8 de julio, a las 10:20 h. de la mañana, un convoy formado por cuatro coches de viajeros de los años cuarenta y una locomotora fabricada en 1964, sale desde la estación de Príncipe Pío de Madrid con destino a El Escorial. A bordo, personajes vestidos de época rememoran al mismísimo "Rey Prudente" e invitan al pasajero a emprender un ameno viaje a la historia del Real Sitio.

Es el Tren Turístico Felipe II, un proyecto impulsado por la Fundación de los Ferrocarriles Españoles (FFE), con la colaboración de Patrimonio Nacional, la Comunidad de Madrid, y los ayuntamientos de El Escorial y San Lorenzo de El Escorial, que será operado por la empresa de transportes ALSA. Es el primer tren de viajeros y con carácter turístico que, gestionado por un operador privado, circula en España sobre la Red Ferroviaria de Interés General, lo que supone una importante novedad en la historia ferroviaria española de al menos estos últimos 75 años.

El Felipe II viaja a una velocidad promedio de casi 100 kilómetros/hora y alcanza la estación de El Escorial en apenas unos 50 minutos. Desde allí, un autobús de la compañía ALSA traslada a los viajeros al Real Sitio de San Lorenzo de El Escorial, donde los viajeros tienen oportunidad de conocer la historia del Monasterio –considerado la octava maravilla del mundo y símbolo de la grandeza del imperio español– asistiendo a una versión teatralizada y narrada por un "emisario real" de Felipe II, fiel conocedor, por tanto, de todos los secretos del noble edificio.

▶ *El tren turístico Felipe II a su llegada al Real Sitio de San Lorenzo de El Escorial.*





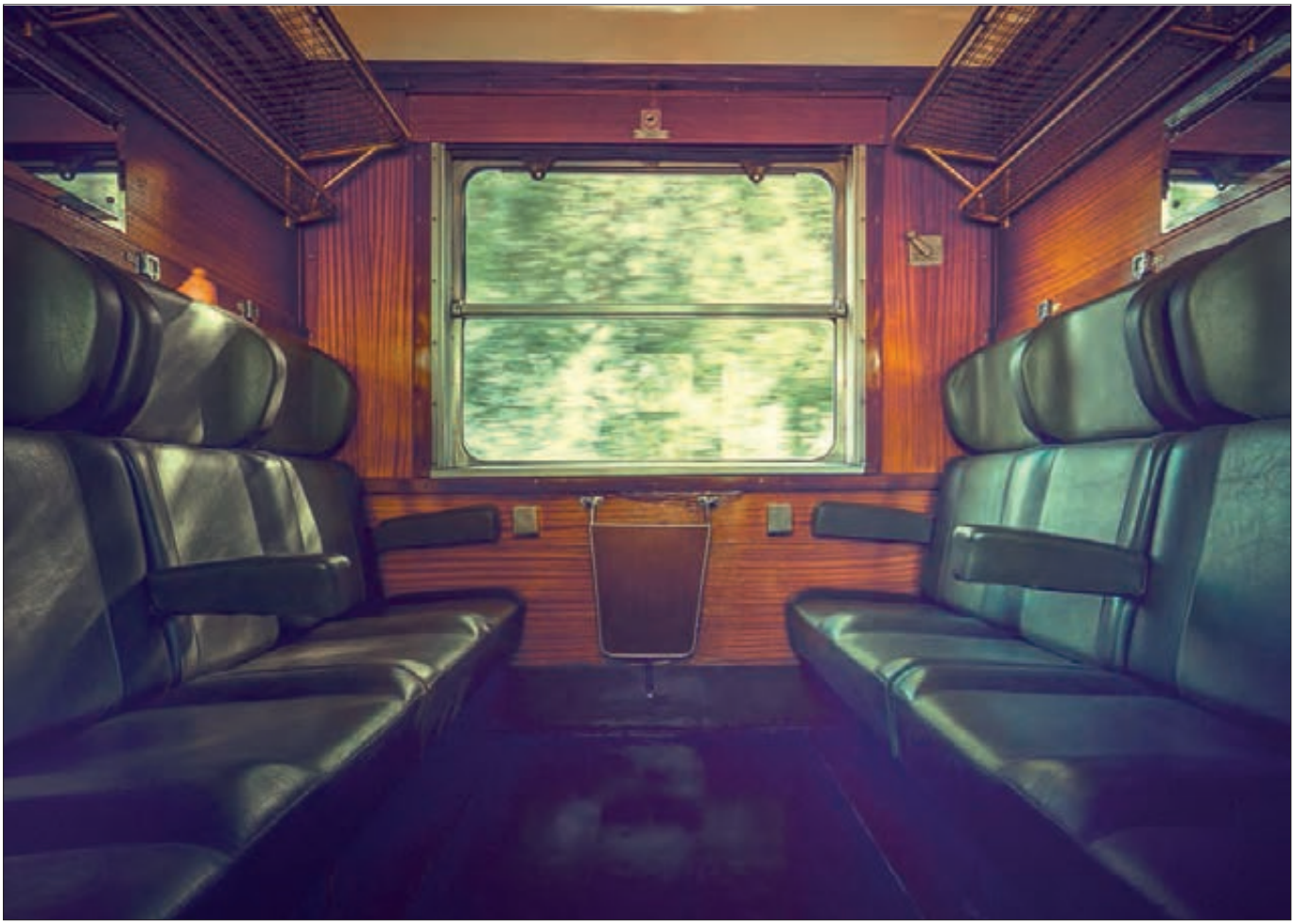
Para hacer posible este proyecto cultural, la FFE y ALSA firmaron en 2016 varios acuerdos para concretar la puesta en marcha y explotación del tren histórico. Entre ellos, la FFE puso a disposición de la empresa de transportes los cuatro coches de viajeros de su propiedad que forman parte del convoy. Se trata de vehículos fabricados en la década de los cuarenta del siglo pasado, de la serie 5000/6000 que permanecían parados desde 2012 y que formaron parte de la primera generación de coches metálicos de Renfe.

Durante más de 30 años fueron los vehículos que más viajeros transportaron en España. Su origen coincide con la creación de Renfe, en 1941, momento en el que la nueva entidad ferroviaria necesitaba urgentemente material remolcado, en especial coches de viajeros (en aquel momento disponía de 1.139 vehículos de largo recorrido con caja de madera y sólo un centenar de coches metálicos). Para paliar la situación y descartada la posibilidad de importar material desde una Europa en guerra, Renfe encargó a la oficina de Unificación del Material Móvil el proyecto de un coche metálico que debía ser lo más ligero posible y ajustado a la economía de subsistencia que entonces había en España. Tanta era la urgencia, que no llegó a hacerse un prototipo del diseño y se pasó directamente a su desarrollo, de forma que las primeras unidades aparecieron en 1946 (se llegaron a construir 759 unidades hasta los años 50).

A pesar de haber nacido en plena postguerra y con recursos económicos casi de subsistencia, aquellos coches introdujeron notables mejoras y fueron destinados a los trenes de mayor categoría (expresos y rápidos). Cada coche disponía de dos aseos con agua fría y caliente que, al igual que la calefacción, funcionaba a vapor. Había radiadores bajo los asientos de los departamentos que los viajeros los podían regular a voluntad me-

El tren Felipe II en los andenes de la estación de Príncipe Pío.





Interior de uno de los vagones.

diante un mando situado junto a la ventana, y también se instalaron en los pasillos, embutidos en la estructura interior.

Las unidades destinadas a la primera clase representaron en aquel momento el máximo confort alcanzado en España. Disponían de 7 departamentos muy amplios de 6 plazas cada uno, con butacas forradas de paño y paredes revestidas de madera. Los de 2ª clase tenían 8 departamentos de 8 plazas cada uno y los de tercera (clase vigente hasta 1968, año en el que comenzó su desaparición en España), 9 departamentos con 10 plazas cada uno.

Entrados los años 80, coincidiendo con la campaña de modernización del material rodante de Renfe, los esforzados 5000 y 6000 fueron encontrando otros destinos. Más de un centenar de ellos, fueron modernizados en el Taller Central de Reparaciones de Vilanova i la Geltrú y posteriormente vendidos a Cuba. Otros, pasaron a formar parte de los servicios técnicos de Renfe; algunos de la serie 6000 fueron convertidos en coches-salón; y otros, prestan servicios turísticos, como los de la línea Lleida-Pobla de Segur, remolcados por la locomotora a vapor La Garrafeta. De hecho, los del Felipe II, también formaron parte del Tren Turístico Camino de Santiago, que hace su ruta entre Palencia y Frómista, y fueron arrastrados por la legendaria locomotora de vapor *La Verraco* (1887). Su puesta a punto para la nueva andadura se ha llevado a cabo con la colaboración de la Asociación Venteña Amigos del Ferrocarril (Venta de Baños, Palencia); en los Talleres Celada, en León, y en los Talleres Requena, en Madrid.

Segunda oportunidad

La locomotora que ahora vuelve a viajar a través de la sierra de Guadarrama también estaba en desuso. Se trata de una potente máquina diésel-eléctrica ALCO que conformaría la serie 2100 de Renfe, fabricada en los años sesenta y adquirida por ALSA, quien la ha devuelto a las vías para vivir una segunda oportunidad. En sus buenos tiempos, estas robustas e incansables locomotoras viajaron por Castilla, Madrid, Extremadura, Andalucía, Galicia y Asturias.

La historia de esta vieja máquina arranca en 1962, cuando la Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles, durante el proceso de dieselización de las líneas espa-



▶ *En primer plano la locomotora ALCO, encargada de propulsar los cuatro coches del Felipe II.*

ñolas para eliminar las locomotoras de vapor que estaban en circulación, convocó un concurso internacional para comprar 60 locomotoras diésel de uso mixto, con la potencia suficiente para remolcar tanto coches de viajeros como los pesados trenes de mercancías. La convocatoria, a la que se presentaron los principales compañías del mundo, fue ganada por la empresa norteamericana American Locomotive Company (ALCO), la mayor constructora de locomotoras del mundo (récord avalado por las más de 90.000 unidades construidas en sus factorías), y con probada experiencia; de hecho, en 1924 fue la primera compañía en producir, en consorcio con General Electric, una locomotora diésel-eléctrica con éxito comercial.

El diseño ganador del concurso fue una exitosa adaptación específica del modelo DL-500 a las necesidades de explotación españolas: una variante que incorporaba dos amplias cabinas gemelas, situadas en los extremos de la locomotora, que sustituían a los angostos puestos de conducción habituales. Una distribución que no existe en el ferrocarril norteamericano, y que sin embargo, y dada su versatilidad, fue empleada posteriormente por otros países. El modelo DL-500 adaptado para España se denominaría DL-500S (S, de Spain).

El tren turítico Felipe II cubre el trayecto Madrid-El Escorial de martes a domingo en apenas 50 minutos

Se trata de una máquina mixta diésel-eléctrica que funciona como un generador diésel que suministra energía eléctrica a los motores situados en los ejes, con 2180 caballos de potencia y capaz de circular a 120 km/h. Su diseño está basado en el "World Locomotive" de ALCO, sistema de probada eficiencia en toda Europa, América, India y Australia desde 1925. De hecho, la simpli-



El tren turístico Felipe II en viaje de regreso a Madrid.

Más información para viajar

El Tren de Felipe II parte desde la estación madrileña de Príncipe Pío a las 10:20 h., de martes a domingo, y regresa por la tarde desde El Escorial (horario variable según el mes, a consultar en la web ***https://www.trendefelipeii.com****.*

El viajero puede elegir entre varias modalidades de visita al Real Sitio: una que incluye la recepción y grupo de animación en la estación Príncipe Pío y durante todo el viaje, y el traslado en autobús entre la estación de El Escorial y el casco urbano de San Lorenzo de El Escorial. Esta modalidad, denominada "Imperial", incluye una visita guiada al Real Monasterio de S. Lorenzo de El Escorial y al casco histórico de San Lorenzo de El Escorial.

La otra modalidad, denominada "Leyendas Reales", incluye, además de la recepción y grupo de animación en la estación de Príncipe Pío y durante el viaje, una bienvenida con personajes de época y recorrido panorámico en autobús por el Bosque de Felipe II. Además, una visita guiada teatralizada por los Jardines de la Casita del Infante, miradores del Monasterio, Jardines del Fraile, Patio de Reyes, Basílica del Real Sitio y conjunto histórico de San Lorenzo de Escorial.

Para los que prefieran acceder por cuenta propia a la oferta cultural del Real Sitio, podrán optar por el recorrido más sencillo, el denominado "Travesía".

Hay además la posibilidad de viajar en grupo con tarifas especiales. Para más información, consultar en el enlace web antes citado.

cidad y economía de su construcción, y su alta fiabilidad, han hecho que la tracción eléctrica que incorpora, haya sido el estándar en los ferrocarriles de todo el mundo.

Ocho de ellas fueron fabricadas en la planta de ALCO en Estados Unidos y llegaron al puerto de Sestao en enero de 1965 y otras 52 fueron fabricadas por la Compañía Euskalduna de Construcción y Reparación de Buques, S.A, licenciataria de ALCO en España, que derivó la orden a CAF y a La Naval. Finalmente, y dado el buen comportamiento de estas máquinas, en 1967 España compró a ALCO otras 20 unidades más, que fueron construidas por Euskalduna en su factoría de Villaverde Bajo (Madrid).

A día de hoy, la mayoría de aquellas robustas locomotoras, punteras en su época, han sido desguazadas, algunas fueron vendidas en su día a operadores de Argentina, y otras aún funcionan para la conservación de las vías o, como en el caso del Felipe II, para viajar al pasado.

Centro de publicaciones

Librería de publicaciones oficiales



www.fomento.gob.es



RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN

Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.



PVP: 10 €

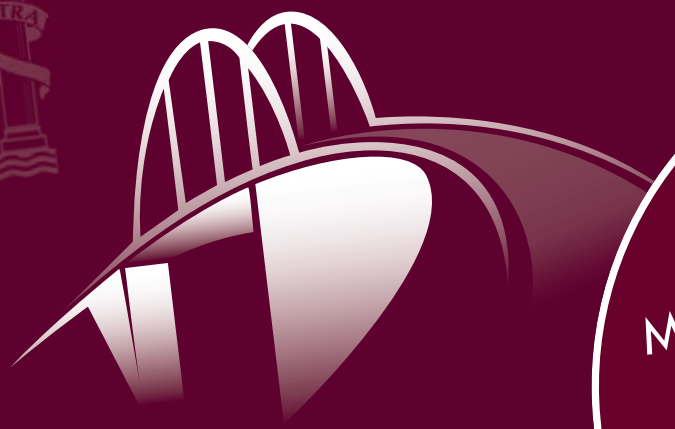
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

2017

Mapa Oficial de Carreteras©

ESPAÑA



GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

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*



También en el DVD:

1112 Espacios Naturales Protegidos
152 Rutas Turísticas
117 Vías Verdes

Edición 52
P.V.P.: 22,74€

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 677, noviembre 2017**

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

Año de edición: 2017

Características Edición:
1ª edición electrónica: diciembre 2017
Formato: PDF
Tamaño: 15 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 €

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.



Revista del Ministerio de

Fomento

Diciembre 2017 Nº 678 3€

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO



La autovía del Altiplano en Murcia crece

Bienal Next Station 2017: Las nuevas estaciones inteligentes

Nuevo Plan de Innovación para el transporte y las Infraestructuras

Julio Martínez Calzón, Premio Nacional de Ingeniería 2017







Revista del Ministerio de

Fomento

Julio-Agosto 2017 • Nº 674 • 6 €





Historia de los caminos y carreteras en España







MONOGRÁFICO
Julio-Agosto 2017

PVP: 6 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

Contenido

Directora de la Revista: Herminia Cano
Maquetación: Aurelio García.
Secretaria de redacción: Ana Herráiz.
Archivo fotográfico: Vera Nosti.
Portada: DCE Murcia.
Elaboración página web: www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
Suscripciones: 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos).
Colaboran en este número: Pepa Martín Mora, Javier R. Ventosa, Julia Sola Landero y Beatriz Terribas.
Comité de redacción: Presidencia: Rosana Navarro Heras. *(Subsecretaria de Fomento).*
Vicepresidencia: Alicia Segovia Marco. *(Secretaria General Técnica).*
Vocales: *Patricia Crespo González (Directora de Comunicación),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda),* Belén Villar Sánchez *(Jefa del Gabinete de la Subsecretaria),* Mónica Marín Díaz (*Directora del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Regina Mañueco del Hoyo *(Directora del Centro de Publicaciones)* y Herminia Cano *(Directora de la Revista Fomento).*
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.

CARRETERAS

02

La A-33 crece

Entra en servicio el tramo más largo de la autovía del Altiplano en Murcia





FERROCARRIL

08

Eficiente, atractiva y digital

La bienal Next Station 2017, organizada por Adif y la UIC, analiza cómo será la estación inteligente

I+D+i

16

Una hoja de ruta para encarar el futuro

Fomento pone en marcha el Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras 2017-2020





ARQUITECTURA

24

Ingeniero y humanista

Julio Martínez Calzón, Premio Nacional de Ingeniería 2017

30 Inspirado en El Escorial
El complejo de Nuevos Ministerios cumple 75 años

38 De utopía a realidad
Centenario del inicio de las obras del metro de Madrid

45 Indice temático de la Revista del Ministerio Fomento de 2017



Entra en servicio el tramo más largo de la autovía del Altiplano en Murcia

La A-33 crece

Javier R. Ventosa. Fotos: DCE Murcia

La autovía del Altiplano (A-33) tiene ya dos tercios del trazado en servicio tras la inauguración del tramo Jumilla-Yecla, el más largo de este eje que discurre mayoritariamente al norte de la Región de Murcia. Con esta obra, que pone fin al aislamiento por autovía del municipio de Yecla, se mejora la conexión interior entre Murcia y Valencia, objetivo final de la autovía. La elección de un nuevo trazado en un valle llano, contiguo al más abrupto de la carretera nacional, ha mejorado sensiblemente las condiciones de circulación y facilitado la ejecución de la obra, concluida con 10 meses de antelación.



▶ *Enlace con la carretera RM-A26, con tipología de diamante con glorieta elevada.*

El tramo Enlace N-344 (Jumilla)-Enlace C-3223 (Yecla) fue puesto en servicio el pasado 5 de octubre por el ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, quien estuvo acompañado por el presidente de la Región de Murcia, Fernando López Miras. En el acto, el titular del departamento subrayó que el nuevo tramo es un paso más en el proceso de construcción de la autovía Blanca-La Font de la Figuera (A-33), que se desarrolla predominantemente por la provincia de Murcia y en menor medida por las de Albacete, Alicante y Valencia. Este corredor tiene hoy 60 de sus 89,1 kilómetros abiertos al tráfico, es decir, dos tercios del trazado, con los tres tramos murcianos y la variante de La Font de la Figuera (Valencia) en servicio, el subtramo alicantino en obras y los dos restantes, a caballo entre Murcia y Albacete, en distintas fases de licitación, todo ello con una inversión prevista de 466 M€. El presidente autonómico, por su parte, destacó la importancia de la obra inaugurada, "que forma parte del conjunto de reivindicaciones históricas de la Región de Murcia".

El ministro puso de manifiesto la relevancia de este nuevo eje, que constituye una alternativa de mayor calidad para el tráfico de largo recorrido que circula por los corredores formados por la autovía A-7 (del Mediterráneo) y la carretera N-340 (de Cádiz a Barcelona) entre Almería, Murcia, Alicante y Valencia, esperándose a su finalización un impacto muy positivo en el tráfico de la provincia de Alicante. Particularmente importante es la mejora que la A-33 introducirá, cuando esté terminada, en la relación Murcia-Valencia, con una reducción de 46 kilómetros respecto al recorrido costero actual por la AP-7/A-7 y un tiempo de viaje fijado en unas dos horas. Por otra parte, la A-33 también interconectará tres corredores de alta capacidad, las autovías A-30 (Madrid-Murcia), A-31 (Albacete-Alicante) y A-35 (Almansa-Xátiva), igualmente relevantes para las comunicaciones entre el centro y el sureste peninsular.

A escala provincial, el nuevo tramo, que con 23,4 kilómetros es el de mayor longitud de la A-33, contribuye a mejorar la vertebración territorial del norte de la provincia de Murcia, concretamente la comarca del Altiplano, hasta ahora comunicada por la N-340, vía de trazado montañoso y circulación media de 5.500 vehículos/día (el 23% pesados). El nuevo eje recorta el recorrido convencional en 11,1 kilómetros (de 38,3 a 23,4 km, más los 3,8 km que se realizan por la carretera RM-424), con un ahorro de 11 minutos en el tiempo de viaje (de 29 a 18 minutos) y de 5,1 litros en combustible para vehículos pesados (de 12,3 a 7,2 litros). También introduce mejores estándares de comodidad y seguridad, evitando el paso por tres travesías urbanas (polígono industrial Los Romerales, La Alquería y Fuente del Pino). Estos beneficios tienen un impacto muy acusado en Yecla (34.000 habitantes), municipio que estaba desconectado de la red de autovías y que ahora dispone de una conexión de alta capacidad con Jumilla, segunda ciudad de la comarca (24.000 habitantes), y con la capital autonómica, situada desde principios de octubre a 45 minutos de la capital del mueble.

División en tres subtramos

Para proceder a su licitación, y con objeto de adecuar la obra a la situación económica que vivía el país, el tramo Jumilla-Yecla se dividió a su vez en tres subtramos, que fueron adjudicados entre noviembre de 2014 y los primeros meses de 2015. De esta forma, el proyecto, cuya obra ha dirigido la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia, se compone de los subtramos Enlace N-344 (Jumilla)/Enlace RM-A26, de 7,3 kilómetros, construido por la UTE CHM-Padelsa, con asistencia técnica de Grusamar; Enlace RM-A26/Enlace RM-A26, de 7,5 kilómetros, ejecutado por la UTE FCC-Pavasal y asistencia técnica de Auraval-Ingeniería 63; y Enlace RM-A26/Enlace RM-424 (Yecla), a cargo de la UTE Copasa-Altyum y asistencia técnica de Intef-Ingemed. La redacción del proyecto ha sido realizada por Incosa. La obra se ha prolongado durante 30 meses, terminándose 10 meses antes del plazo contractual, previsto inicialmente para el mes de julio de 2018.



Mapa de itinerarios Murcia-Valencia. Cuando esté terminado, el itinerario 1 (trazo azul oscuro, incluye la autovía A-33) será la principal alternativa interior de alta capacidad al existente itinerario 2 (trazo en verde) que discurre por la costa, ahorrando 46 kilómetros.

El presupuesto total del contrato de obras ha ascendido a 71,9 M€, cantidad que, sumada al coste de redacción del proyecto (1,2 M€), al importe estimado de las expropiaciones (14,5 M€) y al coste de la asistencia técnica para el control y vigilancia de la obra (1,8 M€), arroja una inversión total de 89,6 M€, sufragados por el Ministerio de Fomento.

Características de la obra

El tramo Enlace N-344 (Jumilla)-Enlace C-3223 (Yecla) viene definido principalmente por un trazado de nueva construcción de 23,42 kilómetros de longitud, que discurre en sentido suroeste-noreste de forma más o menos



El único viaducto del tramo (118 metros de longitud) permite salvar la Rambla de Jumilla.

paralela al corredor de la carretera N-344, aunque separado entre 4 y 10 kilómetros de la misma. De hecho, se desarrolla por el valle contiguo al de esta infraestructura, situado entre las sierras del Buey de un lado y de Enmedio y del Serral por el otro, un lugar por donde discurrió el trazado del ferrocarril de vía estrecha de Villena a Alcoy y Yecla (conocido como el Chicharra) durante casi medio siglo. En este valle predominantemente llano y de pequeñas ondulaciones, dedicado a los cultivos frutales, se ha construido un trazado de autovía con pendientes muy suaves (la pendiente media es del 1,2%), radios de gran amplitud (1.500 metros) y una cota máxima de 563 metros, en abierto contraste con el valle donde se sitúa la carretera nacional, de trazado abrupto, con rampas pronunciadas, cota máxima de 793 metros y problemas de vialidad invernal.

El nuevo tramo Jumilla-Yecla recorta el recorrido de la carretera nacional en 11,1 km con el consiguiente ahorro de tiempo y consumo

En el nuevo trazado, por tanto, reside la mayor parte de las ventajas de menor longitud, menor consumo y ahorros de tiempo que aporta el tramo de autovía, cuya velocidad de proyecto es de 120 km/h.

Como características generales, la sección tipo del tronco de autovía está formada por dos calzadas de dos carriles de 3,50 metros de ancho separados por una mediana de 10 metros, arcenes exteriores de 2,50 metros de ancho, arcén interior de 1 metro y berma interior de 1 metro. El paquete de firmes, colocado sobre una explanada tipo E-3, está formado por una subbase de suelo cemento de 25 centímetros (se ha optado por esta tipología en vez de la zahorra artificial al encontrarse mejores materiales para ello en la zona) y tres capas de mezclas bituminosas en caliente con un espesor total de 20 centímetros.

A lo largo del tramo se han dispuesto tres enlaces, que son los elementos más relevantes del trazado y los que precisamente marcan la división entre cada uno de los subtramos. Al inicio del recorrido se sitúa el enlace con la carretera N-344 que permite el acceso al núcleo urbano de Jumilla, construido con tipología de glorieta central a distinto nivel y un radio de 60 metros. Fue puesto en servicio en julio pasado. En los subtramos 2 y 3 se han dispuesto sendos enlaces con la carretera RM-A26, que discurre de forma sensiblemente paralela a la traza. Situados en los PK 10+600 y 17+100, se trata de enlaces con tipología de diamante con glorieta, elevada en el primer caso e inferior en el segundo. Por otro lado, al término del subtramo 3 se ha construido una conexión provisional con la carretera de titularidad autonómica RM-424 de Yecla a Pinoso, con tipología de glorieta a nivel, que dará paso en el futuro al enlace definitivo con esa misma carretera. Su construcción se realizará en el contrato del tramo contiguo de la A-33 que discurre entre Yecla y Caudete (Albacete).

El capítulo de estructuras ha comprendido la construcción de un viaducto, 13 pasos superiores y ocho pasos inferiores para garantizar la permeabilidad de la infraestructura. El único viaducto del trazado, situado en el subtramo 3, es una estructura de vigas prefabricadas

Unidades de obra

Excavación	2.748.621 m³
Terraplén	3.076.601 m³
Hormigón estructural	24.137 m³
Acero	3.571.590 kg
Suelo estabilizado	272.594 m³
Suelo cemento	166.345 m³
Mezclas bituminosas en caliente	269.240 tn
Zahorra artificial	139.443 m³

En el entorno de Murcia

En la inauguración del tramo de la A-33, el ministro repasó el estado actual y aportó las últimas novedades de dos infraestructuras viarias, las autovías del bancal y del Reguerón, consideradas fundamentales para la movilidad en la zona metropolitana de Murcia, séptima ciudad de España por número de habitantes.

En el primer caso, el ministro entregó al presidente autonómico un borrador del convenio para culminar el trazado de la RM-11, autovía de titularidad autonómica que enlazará la autopista AP-7 en San Javier con la autovía A-7 en Santomera, al este de Murcia, y que está llamada a configurar la parte este de la circunvalación de Murcia. De los 40 kilómetros de trazado, el Gobierno regional puso en servicio 29 kilómetros, restando 11 kilómetros (tramo Zeneta-Santomera) para finalizarla. El convenio establece el compromiso firme de ambas administraciones para construir este tramo, cuya inversión de 110 M€ será financiada por el Gobierno central. La firma del convenio permitirá la transferencia de los créditos necesarios por parte del Ministerio de Fomento a la Administración regional, que asumirá la ejecución de unas obras cuyo inicio está previsto en 2018.

La otra actuación viaria que mencionó el ministro es la autovía del Reguerón, infraestructura que conformará la circunvalación sur y este de Murcia propiciando el enlace de las autovías A-30 y A-7 (está a través de la autovía del bancal), lo que permitirá aliviar el denso tráfico de la carretera regional RM-300 y la Costera Sur. Su construcción, interrumpida en 2010, se reactivó en marzo de 2015. Según los datos aportados por el ministro, el tramo Este de esta vía de alta capacidad (7 kilómetros entre la RM-11 y la avenida de Beniaján, más otros 4 kilómetros de accesos y ramales) está en plena fase de obra, con un nivel de ejecución del 20%, mientras se trabaja activamente para licitar el tramo Oeste (9 kilómetros hasta la A-30).



▶ *Segundo enlace con la carretera RM-A26, con tipología de diamante con glorieta inferior.*

de tipo artesa, de 118 metros de longitud, que permite salvar la Rambla de Jumilla. Los pasos superiores, cuatro de los cuales corresponden a las estructuras de los enlaces situados en los subtramos 1 y 2, se han ejecutado mayoritariamente con tipología de losa postesada de canto variable, con longitudes que oscilan entre 70 y 151 metros. Por su parte, los pasos inferiores son marcos de hormigón construidos *in situ*, con longitudes entre 12 y 40 metros, correspondiendo dos de ellos al enlace con la carretera RM-A26 del subtramo 3. En cuanto al drenaje transversal, a lo largo del trazado se ha construido casi una treintena de obras.

Medidas ambientales

En el apartado de medidas de integración ambiental, se han llevado a cabo una batería de actuaciones destinadas a minimizar o corregir el impacto de la construcción y explotación de la infraestructura sobre el territorio y sobre la flora y fauna en él asentadas. De esta forma, se ha realizado la reposición de varias vías pecuarias que han sido interceptadas por el trazado, entre ellas la cañada de Albacete a Murcia, el cordel de la Rosa, el cordel de las Sanguijuelas (paso inferior) y la cañada de los Serranos (paso superior). En el capítulo de ordenación ecológica, se han revegetado los taludes de terraplenes y desmontes, con la extensión de más de 955.000 m^2 de hidrosiembra y más de 380.000 m^2 de tierra vegetal, y se han plantado especies autóctonas de árboles y arbustos en una superficie superior a 720.000 m^2.

Asimismo, se han implantado pasos específicos para la fauna local y se han adaptado las obras de drenaje para permitir el paso de la pequeña fauna. Paralelamente, se han instalado cerca de 8.000 m^2 de pantallas acústicas en determinados puntos el trazado cercanos a zonas pobladas. También se ha realizado el seguimiento arqueológico de las obras. ▮



La bienal Next Station 2017, organizada por Adif y la UIC, analiza cómo será la estación inteligente

Eficiente, atractiva y digital



La Estación Central de Viena, en servicio desde 2016, es un ejemplo de cómo las infraestructuras ferroviarias transforman la ciudad mediante la recuperación de zonas degradadas.

Javier R. Ventosa

El concepto de estación de ferrocarril ha cambiado desde los apeaderos del siglo XIX hasta las terminales de alta velocidad del XXI. Hoy, en una nueva fase de su evolución, se están sentando las bases de la transformación hacia la estación inteligente, apoyada en la digitalización para mejorar su eficiencia y atractivo, enfocada a un cliente interconectado que demanda servicios de calidad en un espacio público integrado en la ciudad inteligente. Este fue el argumento central de Next Station 2017, conferencia bienal sobre estaciones organizada por la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC) y Adif, con el patrocinio especial del Ministerio de Fomento, Renfe e Ineco, que reunió en Madrid a expertos de 18 países para compartir visiones sobre la estación del futuro. La próxima cita será en Yazd (Irán) en 2019.

La conferencia, celebrada los pasados 19 y 20 de octubre bajo el título "Estaciones inteligentes en ciudades inteligentes", fue inaugurada por el ministro de Fomento y clausurada por los presidentes de la UIC y Adif. En las sesiones, representantes de alto nivel de gestores y operadores ferroviarios y de empresas del sector compartieron su visión sobre la modernización de la estación desde diversos ángulos: gestión innovadora, diseño, uso comercial, impacto de la digitalización, nuevos servicios a pasajeros, sostenibilidad, movilidad integrada, accesibilidad o seguridad.

Estas aportaciones configuraron una aproximación hacia lo que será la estación inteligente, concepto de definición amplia y proyectado en buena medida hacia las grandes terminales pero de implantación más incierta en la miríada de estaciones menores existentes (el 40%



ECE



Network Rail

de las que hay en Europa recibe menos de 100 pasajeros al día), según se apuntó. Para la UIC, no obstante, la terminal inteligente debe apoyarse en tres pilares: la gestión inteligente, la infraestructura inteligente y la movilidad inteligente. Seguidamente se desarrollan las principales ideas debatidas en estas áreas.

GESTIÓN INTELIGENTE

El mensaje de la conferencia fue nítido: la estación de ferrocarril atraviesa un proceso de transformación para adaptarse a los retos del transporte del siglo XXI (movilidad, crecimiento de viajes y pasajeros, intermodalidad, sostenibilidad) y atender las nuevas demandas sociales (conectividad, información en tiempo real, nuevos hábitos de ocio), tratando de anticipar las tendencias futuras. En opinión de directivos del área de terminales de seis de los principales gestores de infraestructuras ferroviarias (Alemania, Francia, España, Italia, Japón y Rusia), que representan a más de 50.000 estaciones, ese proceso conducirá a la estación inteligente, que estará enfocada al cliente y deberá ser más eficiente y atractiva que las actuales.

Con ese fin, los principales gestores avanzan en esa transformación mediante estrategias basadas en un enfoque *smart* o inteligente, cuyos ejes son la mejora del modelo de negocio, una nueva oferta de servicios, la reducción de emisiones, la conectividad y la digitalización. También se busca una mayor integración con la ciudad inteligente que se está configurando. En ese enfoque, la tecnología jugará un papel central, ya que transformará la mayor parte de los sistemas, procesos y servicios de la terminal e interconectará en tiempo real a todos los actores que interactúan en la estación (gestores, operadores, comercios, logística, usuarios, administraciones…). El análisis inteligente de los datos que generará este modelo permitirá detectar tendencias de comportamiento del viajero, base para anticipar respuestas que mejorarán la gestión de instalaciones y crearán nuevas oportunidades de negocio.

Para los gestores, el enfoque inteligente tiene un doble objetivo: por un lado, mejorar la operativa y la seguridad, contribuyendo a una gestión más eficiente de las instalaciones, y por otro, optimizar la experiencia personal del viajero, pero también transformar la estación de mero lugar de paso en un destino en sí mismo para clientes que acuden en busca de ocio o trabajo, generando además un retorno económico. “Queremos que la estación inteligente sea el lugar donde al cliente le apetece estar, y que diga: esta es mi estación”, resumió un directivo de Adif. Precisamente el gestor español de infraestructuras ferroviarias es un alumno avanzado en ese enfoque, como prueban la formación continua de su plantilla en cultura *smart* y la política integral hacia la estación como nodo de transporte integrado, digitali-

▶ *Conseguir que la estación sea un destino en sí mismo es un objetivo de la terminal inteligente. En la imagen, vestíbulo de la estación de Kings Cross en Londres.*



Vision-Box

▶ *La identificación biométrica de pasajeros ya se utiliza en algunas estaciones. En la imagen, control automático de fronteras del servicio Eurostar en la terminal de St. Pancras (Londres). Debajo, a la derecha, el robot móvil B.AR.Y.L., que realiza labores de limpieza en algunas estaciones francesas, es un ejemplo de la tecnología al servicio del usuario.*

zado y sostenible (programas Estación Abierta, Estación 360º, Last Green Mile Area, Dialoga, Alertas App o transformación digital).

En ambos ámbitos los expertos presentaron las soluciones implantadas o en proyecto en las estaciones más avanzadas. En seguridad y control de accesos, subrayaron la tendencia a agilizar al máximo el paso del viajeros por estos dos procesos básicos de la operativa de la estación. En el campo de la seguridad, apuntaron a la combinación de nuevas tecnologías y sistemas tradicionales como mejor solución para el control de pasajeros y equipajes, destacando la importancia de recabar datos personales que optimicen esa seguridad, algo que, sin embargo, está sujeto al equilibrio entre eficiencia y privacidad. Desde Adif, además, se destacó que la estación inteligente, dado su carácter de infraestructura crítica, debe disponer de una plataforma integral de ciberseguridad para garantizar el entorno tecnológico de la infraestructura, sus servicios e información. Y en control de accesos, mencionaron como tendencias actuales la implantación del billete intermodal, con servicios unificados para todo el viaje (tren, autobús, taxi, coche eléctrico o bicicleta), y la sustitución de los tornos para validar billetes por sistemas basados en telefonía móvil y biometría, algunos ya en servicio. En otro ámbito de la gestión, el mantenimiento, se expusieron innovaciones como el mantenimiento predictivo de instalaciones sensorizadas, el mantenimiento basado en *apps* o el empleo de robots y drones para vigilancia de instalaciones y vías.

Más abundantes fueron las soluciones expuestas para hacer la estación más atractiva para el visitante, que puede hacer ya la compra online: *shopping* virtual (el viajero adquiere un producto en un muro virtual y lo recibe en casa; ya está operativo en terminales de Corea del Sur y Canadá), supermercado de comestibles (gestionado desde *app* móvil, con entrega en el día) o servicio *e-commerce* de paquetería (en funcionamiento en varias estaciones europeas). O disfrutar de una estancia más agradable con servicios de valor añadido: robots para distintas tareas (información, traslado de equipajes, limpieza del aire), hoteles (St. Pancras o Málaga), traslado exprés de maletas aeropuerto-estación (Incheon, Corea) y los originales spas y podo-spas del operador nipón JR East. También puede ir a su estación local a trabajar en los nuevos espacios de *coworking* (proyecto Smart Cities de Deutsche Bahn) o a disfrutar las ofertas de ocio difundidas por los c*ommunity managers* (Nueva York Central), entre otros.



SNCF


Adif

INFRAESTRUCTURA INTELIGENTE

La tecnología es un elemento nuclear de la estación inteligente. Y esta tecnología, como se apuntó en la conferencia, está alcanzando grados de madurez tales que en poco tiempo permitirán el salto definitivo desde la estación tradicional, inerte por naturaleza y analógica, a una infraestructura viva y digitalizada, un nuevo entorno donde todo, usuarios e instalaciones, estará interconectado mediante redes y sensores, abriendo un mundo de posibilidades en automatización o nuevos servicios. Representantes de Telefónica destacaron que las tecnologías básicas de esa transformación digital son la conectividad de alta capacidad (se augura una revolución con la quinta generación de telefonía móvil o 5G), la plataforma Internet de las Cosas (interconexión digital de objetos), la estrategia *cloud* (almacenamiento y flujo de datos) y la tecnología *Big Data* (aportará inteligencia a los datos de la nube).

Los grandes gestores, incluidos Adif y Renfe, diseñan hoy planes de digitalización con estas tecnologías para aprovechar las posibilidades que ofrecerán a la propia terminal y al usuario. En este ámbito, la tecnológica Indra presentó en la conferencia el proyecto Estación 4.0, un modelo de estación inteligente en desarrollo que, basado en la tecnología digital y en la integración de los actores relacionados con el operador (proveedores de servicios, comerciantes, administraciones públicas y ciudades), permitirá el control remoto de las instalaciones (*ticketing*, cámaras de seguridad, *check-in*, escaleras, ascensores, limpieza…), el análisis de los datos generados por los distintos actores (facilitará al gestor la toma de decisiones sobre operaciones, seguridad y eficiencia energética) y adecuará los servicios al cliente según sus preferencias.

Junto a la tecnología, el diseño también será básico a la hora de inyectar eficiencia en la estación, como reflejaron varias presentaciones. Adif, por ejemplo, mostró cómo la integración de arquitectura y tecnología, proyectada en la estación de Chamartín, aportará al viajero toda la información que necesita para hacer su paso por la terminal sencillo y agradable: recorrido virtual sobre suelos interactivos, paneles de datos sensitivos, señalización dinámica, wifi, asistente virtual, etc. Por su lado, la ingeniería gala Systra presentó un sistema *smart* de gestión de ambientes, operativo en la estación de Toulouse, que mediante sensores centralizados adapta, en función de la hora o la densidad de flujos, la luminosidad, la ventilación y los *displays* de datos, facilitando los flujos de viajeros y el mantenimiento. Además, el operador coreano Korail anunció mejoras en los tiempos de trasbordo en la estación de Suseo con la simple mejora de señalización e instalaciones (iluminación, accesos, mayor racionalidad). Y en la fase de proyecto se subrayó la importancia de dos herramientas para mejorar el diseño de la terminal: la metodología Building Information Modeling (BIM) para un diseño óptimo de edificios, generadora de un gran caudal de datos a lo largo de su ciclo de vida que serán de gran interés para la gestión y el mantenimiento (presentado por Ineco); y el uso de la modelización y la simulación para gestionar los flujos de pasajeros y reordenar los espacios de la terminal (Laboratorio Ville Mobilité Transport francés).

La gestión de los flujos de viajeros es un factor decisivo en el diseño de estaciones. En la imagen, estación María Zambrano, Málaga, que acogerá el piloto de digitalización de estaciones de Adif.

Deutsche Bahn



La estación de Horrem es el primer exponente de la nueva generación de terminales descarbonizadas de la red ferroviaria alemana.

Next Station 2017 también analizó los nuevos desarrollos de la estación sostenible, otro componente de la infraestructura inteligente. Este modelo, que apuesta por las energías renovables y las medidas para reducir el consumo energético y las emisiones de CO_2, está ya generalizado en los nuevos proyectos, con exponentes como la estación de Cuenca, encuadrada en la iniciativa Estación Sostenible 360º de Adif, pero es más difícil de implementar en las estaciones existentes. En esta línea, el operador alemán DB ha dado un paso más con su programa de estaciones verdes, cuyo buque insignia, la estación de Horrem, es el primer edificio ferroviario de cero emisiones y energéticamente autosuficiente. Estructura de acero y madera combinada con fachada de cristal y pizarra y una cubierta verde para aprovechar la luz solar y regular la temperatura interior, empleo de materiales reciclados, sistema fotovoltaico como fuente energética principal complementado por energía geotérmica (climatización) y solar (agua sanitaria), colector de lluvias para sanitarios e iluminación combinada luz solar-tecnología LED, más digitalización y confort máximo, son factores que hacen que la operación de esta terminal no produzca CO_2, iniciando así una nueva generación de estaciones verdes en Alemania que puede abrir camino en otros países.

Plan digital de Adif

El ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, anunció en la conferencia el lanzamiento del Plan Director de Transformación Digital para Estaciones de Viajeros, destinado a convertir las terminales de Adif en estaciones inteligentes y adaptadas a las necesidades reales de los usuarios. Esta iniciativa, asociada a un plan tecnológico con un horizonte de cinco años, definirá la estrategia de optimización de los sistemas, procesos y servicios que ayuden a las estaciones a mejorar su eficiencia, obtener información del usuario, ofrecer servicios de valor añadido e integrarlas como "smart place" en las ciudades.

En este proceso digitalizador jugarán un papel central la implementación de soluciones de Internet de las Cosas (IoT) y una infraestructura avanzada de comunicaciones. Con ello se pretende alcanzar no solo la conectividad plena del usuario, tanto en la terminal como en los trenes, sino también la interconexión del centro de operaciones de la terminal y el personal de Adif con los dispositivos de la estación sensorizada con objeto de mejorar los servicios prestados a los usuarios, a los operadores ferroviarios, a los comercios y a la propia ciudad. Esa hiperconectividad, además, generará un gran caudal de información (Big Data) cuyo análisis permitirá identificar patrones de comportamiento de los usuarios, base para anticipar la respuesta más eficaz a los distintos aspectos de gestión de la terminal: servicios al viajero, seguridad, movilidad, mantenimiento, tráfico de trenes, actividad comercial, etc.

Junto a la vertiente digital, el Plan también apuesta por la transformación de las estaciones en centros de intercambio intermodal sostenibles, mediante la adopción de soluciones arquitectónicas integradas y al servicio del viajero, la autogestión de necesidades energéticas, la accesibilidad plena, el fomento de la movilidad verde y la potenciación de la relación estación-ciudad, entre otros.

Las innovaciones tecnológicas previstas en el Plan serán testadas en un proyecto piloto a desarrollar en la estación Vialia Málaga María Zambrano. Este proyecto aprovechará la experiencia adquirida en el marco de la Red de Ciudades Inteligentes de España, así como la existencia en esta provincia del Centro de Tecnología Ferroviaria de Adif y del clúster de empresas innovadoras.

Integración en la ciudad

Los participantes en Next Station 2017 coincidieron en la necesidad de mejorar la integración de la estación en la ciudad inteligente. Para ello sugirieron medidas como la creación de una plataforma común de servicios y el incremento del flujo de datos hacia el municipio, que puede redundar en la mejora de las estrategias de movilidad sostenible de la ciudad. Junto a esta vertiente, se subrayó el potencial de las estaciones para influir en la transformación urbana, en colaboración con autoridades locales o nacionales, contribuyendo a "hacer ciudad" mediante nuevos desarrollos o distritos que recuperan zonas degradadas, como muestra la nueva estación central de Viena. Entre las presentaciones destacaron los proyectos de gran escala de operadores nipones para mejorar la interconexión de líneas o la intermodalidad de estaciones de Tokio y Osaka, operaciones de enorme complejidad por realizarse en zonas sin apenas espacio de urbes densamente pobladas y con enormes flujos de pasajeros/día (entre 3,5 millones y 850.000), que regenerarán extensos entornos urbanos y crearán zonas de interacción social. También las estaciones de Teherán y Mashad, las principales de Irán, proyectan operaciones de este tipo para mejorar su intermodalidad. De España se citaron los casos de las futuras estaciones de alta velocidad de Ourense y Santiago, que "coserán" mediante pasarelas los barrios separadas por las vías y generarán vida pública con plazas exteriores. Y de Francia se mencionó la estación de Burdeos como impulsor económico e integrador urbano de un entorno degradado. De cara al futuro, Adif tiene previsto llevar a cabo el gran proyecto ferroviario de Madrid, Atocha-Chamartín, que, en palabras del presidente de la compañía, supondrá "la transición de la estación del siglo XX a una gran estación intermodal con dos terminales del siglo XXI", implicando una gran operación urbanística en la zona norte de la ciudad.

MOVILIDAD INTELIGENTE

En este campo, Next Station 2017 debatió sobre el papel de la estación inteligente como nodo intermodal de la cadena de transporte, un modelo cada vez más generalizado que facilita la movilidad de las personas, favorece el intercambio entre modos de transporte y reduce el impacto medioambiental de esa movilidad. En opinión de los participantes, la estación inteligente debe hacer frente a dos facetas de la movilidad: la movilidad de la información y la de los individuos, tanto interior como exterior.

La transformación digital hará de la estación un nuevo espacio hiperconectado, un nodo de intercambio de datos entre gestores, comercios y clientes que, una vez gestionados con inteligencia, beneficiará a todos, según apuntaron los participantes. Cómo hacer que esa información procesada llegue en tiempo real al destinatario para ser útil es clave para el modelo, para lo cual se apoya en la conectividad que aportan el *smartphone* y las redes wifi. Los grandes gestores ya tienen a disposición del viajero *apps* móviles con toda la información útil para elegir la solución de movilidad más adecuada entre todas las que se le presentan y moverse sin dificultades por la estación (tráfico en tiempo real, horarios de trenes, servicios, comercios, ofertas de ocio, camino a la plataforma, alertas, incluso compra de billetes). Adif en tu Móvil o Mein Bahnhof Zürich son exponentes de *apps* de éxito, que son replicadas por los operadores de nuevas líneas de alta velocidad (Marruecos e Irán). En los próximos años se espera un enorme desarrollo de esta herramienta, de gran potencial para ofrecer al cliente nuevos servicios personalizados e incluso para mejorar la gestión (Adif, por ejemplo, prepara la *app* Avisa para mejorar el mantenimiento de estaciones con ayuda del usuario), en un proceso en el que los gestores colaboran con compañías *startup*. Junto al canal móvil, la estación ofrece otras soluciones de información avanzadas, como las pantallas táctiles interactivas o como la plataforma multimedia Elcano de Adif,



Ector Hoogstad Architecten

▶ *Render del acceso al parking de bicicletas de la estación de Utrecht (Holanda), solución intermodal para potenciar la movilidad sostenible en las terminales ferroviarias.*

Adif



La conectividad del pasajero con la estación es un factor decisivo en el modelo de la terminal inteligente. Debajo, las empresas ensayan distintas soluciones para mejorar el paso por la estación del colectivo de personas con movilidad reducida.

que ofrece datos sobre circulaciones en tiempo real por varios canales (cartelería, tótems, paneles, megafonía, sinóptico, interfonía y SMS); en 2017 se ha implantado en las grandes estaciones del país.

Si la movilidad de la información es básica para la estación inteligente, también lo es la movilidad de los individuos que la transitan, que no deben encontrar obstáculos para la libre circulación. En este ámbito se abordó sobre todo la accesibilidad para pasajeros con movilidad reducida (PMR), un factor ya incorporado en el diseño de las nuevas estaciones pero con margen de mejora en las existentes. Varias soluciones presentadas apuntaron importantes mejoras en la experiencia de estos colectivos en su tránsito por la estación, entre ellos un proyecto finés en pruebas que, combinando señales tradicionales, instalaciones adaptadas y nuevas tecnologías, guía con seguridad a las personas con discapacidad visual hacia el cambio de modo de transporte; o un proyecto español que facilita el paso seguro por la estación de personas con discapacidad auditiva mediante dispositivos personales que, con el apoyo de sensores, traducen los sonidos en avisos visuales y sensoriales. El operador italiano RFI también mostró un servicio innovador para estos colectivos basado en tecnologías integradas (*app*, wifi, circulación sin obstáculos…) que apoya al viajero en todas las etapas del viaje y que está registrando altos índices de satisfacción.



SBB

Para los expertos, los traslados entre la estación y la ciudad (primera y última milla) deben ser sostenibles

Junto a la movilidad interior, en el exterior la estación es un actor decisivo en la redistribución de flujos a/desde la ciudad y, en suma, en la movilidad urbana sostenible, función que ya ejerce como nodo de intercambio modal entre el ferrocarril y otros modos de transporte (metro, cercanías, tranvía, vehículo particular, taxi, bicicleta, autobús…) y que tiene un gran potencial de mejora mediante la conexión con instituciones y entidades públicas urbanas y con otro servicios de transporte de la ciudad. Para los gestores, en este ámbito queda por resolver la cuestión de la primera y la última milla, esto es, el traslado ciudad-estación de viajeros en vehículo particular, causante de efectos negativos como contaminación, atascos y ruidos. “La primera y la última milla deben ser sostenibles”, subrayaron, para lo cual el objetivo es limitar la actual primacía del coche en estos trayectos.

Como soluciones se presentaron los servicios de autobús puerta a puerta bajo demanda (iniciativa de los operadores estadounidense Amtrak y alemán DB), el *carsharing* o la cooperación ferrocarril-taxi, en fase de estudio, además de realidades como la gestión inteligente de parkings que garantiza plaza al cliente y evita rodeos junto a la estación (B-Parking, en servicio por el operador belga SNCB). A estas iniciativas se suman estrategias con vehículos sostenibles, cada vez más demandadas por ciudades y usuarios, que requerirán modificaciones en el exterior de la estación. Entre ellas destacan el empleo de la bicicleta tradicional o eléctrica (el gran exponente es la estación holandesa de Utrecht, que ha inaugurado la primera fase de un parking para 12.500 bicicletas), el vehículo eléctrico (requiere puntos de recarga, existiendo soluciones verdes como las ferrolineras de Adif) o las *scooters* propulsadas por hidrógeno (SNCF realiza un piloto en Beziers con un sistema equipado con expendedores de hidrógeno). El objetivo es hacer de la estación y su entorno una zona medioambientalmente sana que contribuya a la sostenibilidad de la ciudad. ▮



Fomento pone en marcha el Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras 2017-2020

Una hoja de ruta para encarar el futuro



El Plan busca impulsar e integrar las actividades de innovación en el Grupo Fomento.

Redacción R. F.

El Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras define los objetivos y desafíos de futuro más inmediatos de las empresas e instituciones del Grupo Fomento. Destinadas a impulsar la digitalización de las infraestructuras y sistemas de transporte, sus iniciativas buscan dar respuesta a las nuevas demandas, reduciendo al tiempo su impacto ambiental y consumo energético. Una apuesta que se plantea como una mejora continua en los servicios al ciudadano y como la consolidación de nuestro país como uno de los más punteros en cuanto a los sectores de infraestructuras, movilidad y transporte, capaz de ofrecer las soluciones más avanzadas en el ámbito internacional.

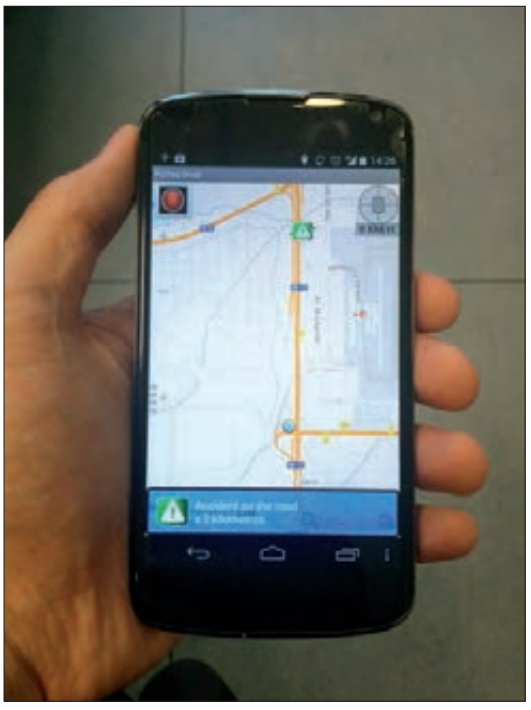
El pasado 2 de noviembre, el ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, dio a conocer las líneas maestras del Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras 2017-2020, del que destacó que "nace con el objetivo de impulsar e integrar las actividades de innovación desarrolladas por el Grupo Fomento, al tiempo que busca incrementar unas líneas de innovación más abiertas a la colaboración y la participación conjuntas con el sector privado y las universidades". El ministro puso de relieve también que el Plan pretende promover asimismo el liderazgo mundial de nuestro país en ambos sectores –infraestructuras y transportes–, teniendo a los usuarios finales como centro del proceso e incentivando la máxima participación social.



Iniciativas concretas

El nuevo Plan, que fue encargado a la empresa Ineco, adscrita a Fomento, y en cuya elaboración han participado todas las empresas e instituciones del Ministerio: Adif, Renfe, Aena, Enaire o Puertos del Estado, entre otras, tiene como marcos de referencia preferentes la Estrategia Europea 2020 y el Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación, que se encuentra hoy en revisión. Los cuatro grandes objetivos del Plan son: acelerar la incorporación de la tecnología en favor del bienestar de la sociedad, favoreciendo especialmente la innovación en seguridad, accesibilidad y sostenibilidad; elevar la rentabilidad económica y social de las inversiones, en aras de una mayor eficiencia de la inversión pública y privada; impulsar un ecosistema o tejido productivo que haga de nuestro país un lugar más atractivo para las empresas e inversiones innovadoras en el ámbito de la movilidad y el transporte, y en cuarto lugar, movililzar la inversión y la tecnología desde fuera de nuestras fronteras a fin de consolidar el liderazago internacional.

En sintonía con esos objetivos, la estrategia del Plan se ha articulado también en torno a cuatro grandes áreas de contenido, seleccionadas por cuanto condicionarán el futuro más inmediato de las infraestructuras y los sistemas de transporte: la digitalización, internet del futuro, la intermodalidad y la transformación energética en busca de la mayor eficiencia y sostenibilidad. Y a partir de ellas, el Plan contempla una serie de ejes y líneas de acción donde se han agrupado las principales tendencias del sector, de modo que se identifican 67 iniciativas concretas en las que se trabajará ya en el período 2017-2020, si bien su ejecución puede prolongarse más allá de ese último año, en ejercicios posteriores.



El ministro de Fomento en el acto de presentación del Plan. El uso de aplicaciones que faciliten el acceso a los sistemas de transportes es una de las prioridades del Plan.

Horizontes futuros

Previo al diseño de su hoja de ruta, el Plan parte de un análisis de la situación que define el panorama actual de las infraestructuras y el transporte y, en especial, de los efectos de la irrupción tecnológica que está transformando los servicios y procesos y posibilitando sistemas de gestión más eficientes, seguros e integrados. Así, se han tenido muy en cuenta las cuatro grandes tendencias globales que están caracterizando el horizonte futuro: la acentuación de los procesos de urbanización; la integración de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) en la gestión de las infraestructuras y el transporte; la apuesta por el medio ambiente en el sector del transporte y la movilidad, orientada a la mayor sostenibilidad y reducción de las emisiones, y la crucial tendencia al alza del envejecimiento de la población –las previsones de Naciones Unidas apuntan a que la población mundial de más de 60 años pasará de los actuales 962 millones a 2.100 millones en 2050–, lo que sin duda acentuará la demanda de mejoras en la accesibilidad de los sistemas de transporte.

El análisis de esas tendencias ha marcado y definido los grandes retos y oportunidades del Plan: movilidad inteligente, soluciones al desarrollo urbano, accesi-

HUB *ferroviario*

Dentro de las distintas iniciativas del Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras cabe destacar de modo singular la puesta en marcha de un denominado HUB ferroviario de innovación, cuyo cometido principal será impulsar la tecnología y conocimiento del sector ferroviario a nivel internacional. Ello conllevará la generación de proyectos colaborativos de I+D+i, la comercialización de tecnología y know-how, la promoción del emprendimiento y la prestación de servicios especializados.

Como punto de partida, el HUB ferroviario de innovación se apoyará en el Centro de Tecnología Ferroviaria (CTF), emplazado en el Parque Tecnológico de Andalucía, a 13 km de la ciudad de Málaga, que actualmente da soporte a 37 empresas, con 14 de ellas manteniendo presencia y actividad continuas. Este Centro tiene, no obstante, una capacidad de acogida potencial para hasta 50 empresas y 200 investigadores, lo que hace de él un entorno ideal como acelerador e incubadora de nuevas empresas y startups.

Como principales actividades a desarrollar dentro del HUB ferroviario se han planificado las siguientes: gestión del conocimiento y comercialización de tecnologías; oficina de proyectos de I+D; emprendimiento y aceleración; punto de consulta internacional ferroviaria; promoción de servicios y formación; promoción de proyectos llave en mano, y eventos internacionales.



Innovación abierta y startups

El término anglosajón startups designa a aquellas empresas con un alto potencial de crecimiento y que, apoyadas en el uso de las nueva tecnologías, son capaces de aportar soluciones altamente innovadoras a otros sectores y servicios. A fin de aportar más velocidad y eficacia en el modelo de innovación, en especial en el ámbito digital, el Plan puesto en marcha por el Grupo Fomento contempla favorecer y estrechar la colaboración con este tipo de empresas. Se buscará, sobre todo, fomentar una relación de beneficio mutuo, en la que los distintos sectores de las infraestructuras y el transporte puedan obtener soluciones basadas en la aportación de conocimiento de estas empresas, que a su vez podrán tener acceso a una amplia cartera de clientes, canales de contacto e, incluso, respaldo financiero.



bilidad a infraestructuras y vehículos, intermodalidad, sostenibilidad, optimización energética y reducción de emisiones, etc. Seguidamente, y de acuerdo con ellos, se ha procedido al examen de todos los proyectos de innovación realizados en el perido 2012-2016 por las empresas del Grupo Fomento que han participado en el estudio (Adif, Aena, Crida –Centro de Referencia en el que participan Enaire, la Universidad Politécnica de Madrid e Ineco–, Enaire, Ineco, Puertos del Estado y Renfe).

Proyectos y ejes

Durante ese proceso, se evaluó un total de 577 proyectos de innovación, de los que 267 han sido proyectos internos, desarrollados con recursos de las empresas analizadas, y los 310 restantes han sido proyectos colaborativos, que contaron con recursos de otros organismos, en gran medida procedentes del Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea. Del examen de todos ellos se extrajeron como con-

El Plan arranca con la evaluación de 577 proyectos de innovación ya en marcha en el Grupo Fomento.





clusiones más importantes: la necesidad de potenciar las sinergias y una mayor colaboración entre todas las empresas participantes; avanzar hacia una cultura más innovadora en todos los niveles; mantener el posicionamiento de España dentro de la UE, aprovechando las oportunidades de innovación en otros mercados internacionales, y utilizar la innovación para mejorar el posicionamiento de las diferentes marcas de las empresas del Grupo Fomento fuera de nuestro país.



Tomando como base ese análisis, en la siguiente fase de elaboración del Plan se procedió a identificar los que constituyen sus cuatro grandes ejes estratégicos. El primero de ellos, definido como Experiencia del Usuario, se orienta a facilitar la movilidad en todos los ámbitos, tanto el meramente físico o territorial como a través de aplicaciones digitales. El segundo gran eje, Plataformas Inteligentes, concebido para actuar transversalmente como apoyo a los demás ejes, busca recopilar y articular toda la información relativa a los diferentes servicios e infraestructuras. El consignado como Rutas Inteligentes, tercero de los ejes, se apoya en las plataformas transversales para compartir la información, además de en los sistemas predictivos a fin de hacerlas realmente inteligentes y no solo conectadas. El cuarto y último eje, Eficiencia Energética y Sostenibilidad, busca finalmente impulsar la definitiva implantación de ambas en los sectores de servicios e infraestructuras.

.\ Iniciativas destacadas

En torno a estos cuatro ejes principales, el Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras ha agrupado 21 líneas estratégicas que a su vez comprenden 67 iniciativas ya trazadas y a las que se dedicará una inversión de unos 50 millones de euros en los próximos tres años. Entre esas inciativas y dentro del eje Experiencia de Usuario, cabe mencionar la definición

de un Modelo Nacional de Movilidad como Servicio, enfocado tanto a la generación de plataformas digitales que permitan la integración de datos de los distintos operadores como a ofrecer soluciones integradas de transporte multimodal. Otra iniciativa importante dentro de este mismo eje será la creación de nuevos sistemas de accesibilidad y pago, orientada a la eliminación de barreras y elementos físicos como el billete, conllevando su sustitución por otros medios como la telefonía móvil o la biometría. También el Big Data será otra herramienta esencial para mejorar la experiencia del usuario, a fin de conocer sus valoraciones y adaptar mejor la oferta de los servicios. Para ello se prevé la creación de un Portal de Participación Ciudadana, además de un Marketplace, dentro del Grupo Fomento, que potencie una oferta global de servicios de forma conjunta con los títulos de viaje.

Respecto al segundo de los ejes, Plataformas Inteligentes, se han agrupado dentro de él iniciativas como todas aquellas que buscan favorecer un ecosistema de plataformas inteligentes en los sectores de ferrocarril, puertos y aeropuertos, de modo que el usuario pueda acceder a cuanta información sea de interés en sus desplazamientos. En él habrá también una plataforma inteligente de mercancías, constituida como un elemento de innovación logística, intermodal, eficiente y automatizado, combinando la entrega de mercancías por ferrocarril y última milla a través de un sistema global de gestión de las flotas. Asimismo, otra de las iniciativas destacadas de este eje será el desarrollo del Cielo Único, cuyo objetivo es favorecer la navegación aérea en el marco de la mayor interoperabilidad y la optimizaión del uso del espacio aéreo. Concretamente se buscará generar el mayor número de proyectos con potencial exportador hacia otros países.





El uso de energías limpias y el desarrollo de plataformas inteligentes son objetivos prioritarios del Plan



Centro de Tecnología Ferroviaria de Adf en Málaga.

Por su parte, el eje Rutas Inteligentes reúne iniciativas especialmente orientadas hacia la digitalización de la carretera y el ferrocarril. También se han incluido en él una serie de ellas cuyo objetivo primordial es el desarrollo de sistemas de modelización y predicción que generen territorios inteligentes, adaptados a las demandas de los viajeros, favoreciendo la accesibilidad a las áreas rurales y contemplando la implantación de un proyecto piloto de rutas de transporte público dinámicas. Destacan asimismo iniciativas que buscan favorecer la conectividad vehículo/infraestructura/organizaciones/usuario, a fin de lograr sistemas de transporte más eficientes y seguros. En definitiva, con todo ello se busca favorecer también el control dinámico del tráfico y evitar anticipadamente posibles congestiones en las rutas. El Ministerio de Fomento, por su parte, prevé desarrollar un Modelo Nacional de Transporte Multimodal para Viajeros y Mercancías integrado en el resto de plataformas inteligentes, de modo que todos los usuarios y agentes potenciales dispongan de una herramienta con información actualizada y unificada.

> El Plan busca potenciar las sinergias y una mayor colaboración entre todas las empresas del Grupo Fomento

Finalmente, bajo el cuarto y último eje, Eficiencia Energética y Sostenibilidad, se han agrupado, entre otras, aquellas iniciativas orientadas a potenciar el uso de sistemas de generación de energía renovable, sistemas de almacenamiento y sistemas de distribución de la energía excedente para autoconsumo o bien su reversión a la red. En esta línea está prevista la elaboración de un Plan de Infraestructura para el Vehículo Eléctrico y otros vehículos impulsados mediante energías alternativas, donde también se contempla la implantación de una red de puntos públicos de recarga que permitan la máxima autonomía en desplazamientos.

Luis Solera



▶ *Paso superior de Juan Bravo sobre la Castellana en Madrid.*

Julio Martínez Calzón, Premio Nacional de Ingeniería 2017

Ingeniero y humanista





Estrucutura terminada del Estadio Wanda Metropolitano. Madrid.

Pepa Martín Mora

Fomento ha concedido el Premio Nacional de Ingeniería Civil 2017 a Julio Martínez Calzón, un galardón con el que se reconoce no sólo su dilatada y brillante trayectoria profesional, sino también su enorme aportación en la proyección de la ingeniería española y su concepción de la misma desde una arraigada convicción humanista.

El Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos Julio Martínez Calzón ha sido galardonado por unanimidad del jurado, presidido por el secretario de Estado de Infraestructuras, Transportes y Vivienda, Julio Gómez-Pomar, con el Premio Nacional de Ingeniería Civil que concede el Ministerio de Fomento anualmente.

"No tenía noticia de que me habían incorporado a la lista de posibles, por lo que ha sido una sorpresa total –asegura el galardonado–, además de una satisfacción grande porque el premio proviene de los propios com-



Puente de Tortosa sobre el rio Ebro.



▶ *Edificio Torre Mare Nostrum. Gas Natural. Barcelona. Arquitectos: Miralles y Tagliabue.*

pañeros, con lo cual gana en importancia, al margen del orgullo que representa tenerlo por su transcendencia profesional".

Martínez Calzón tiene agradecimientos para quienes le han propuesto para este galardón, entre los que se encuentran ingenieros de la talla de Javier Rui Wamba, anterior Premio Nacional de Ingeniería Civil, y Mariano Navas, director del CEDEX hasta el pasado mes de septiembre, en que se jubiló. Una gratitud que hace extensiva al jurado que le ha premiado tras valorar la variedad de campos en los que ha trabajado, incluidos sus facetas como investigador y escritor, o por haber puesto en marcha un nuevo sistema de estructuras mixtas muy original, ya que cuando comenzó a desarrollarlo en España se había utilizado en pocas partes del mundo.

Todo ello consta en el acta del jurado, que además de destacar su dilatada y brillante trayectoria profesional, pone en valor su contribución al desarrollo de la ingeniería civil en el campo de las estructuras –tanto en el ámbito profesional como en el académico–, concretamente por su papel de introductor y máximo exponente en el desarrollo de las estructuras mixtas de hormigón-acero en nuestro país.

Las obras de Julio Martínez Calzón, dice textualmente el acta, "son exponente de una vocación innovadora que a menudo han supuesto novedades mundiales en el uso de los materiales aplicados a la construcción de puentes" y sus trabajos, entre los que destacan especialmente algunos puentes de gran envergadura, "han contribuido a prestigiar la imagen de la ingenería española en el ámbito internacional".

Se le cita también como un "referente" cuando se trata de resolver estructuras de gran complejidad, y "son notables –se asegura en el acta– sus contribuciones en el campo de la edificación", en el que ha colaborado con los más prestigiosos arquitectos, tanto españoles como extranjeros.

El Premio Nacional de Ingeniería está instituido como recompensa y reconocimiento a la meritoria labor de un profesional desarrollada fundamentalmente en España, en los distintos ámbitos de la ingeniería, y está dotado con una cuantía económica de 31.470 euros además de un diploma acreditativo.



▶ *Torre de Collserola en Barcelona. Arquitecto: Norman Foster.*

.\ Trayectoria

En 1962, Julio Martínez Calzón se doctora en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, ámbito en el que ha realizado numerosas obras de puentes y edificios singulares, gran parte de ellos en la tipología que él más ha impulsado, estructuras mixtas de hormigón y acero, una técnica de la que se le considera su gran creador e impulsor en España.

"Yo trabajaba por las mañanas en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, especializado en estructuras de hormigón, en el que ocupaba el puesto de director de la sección de ensayos mecánicos –nos cuenta–, y por las tardes, en el estudio de un ingeniero, Juan Batanero, que se dedicaba al análisis de las estructuras metálicas, colaborando con él en la realización de patentes".

Se planteó entonces la posibilidad de una colaboración entre ambos desarrollos tras advertir que, mientras la línea de trabajo relativa a las estructuras mixtas empezaba a germinar en Europa, en España aún se desconocia. En 1966 traduce y adapta del alemán al castellano un libro sobre la materia, al que incorpora sus planteamientos personales y que edita bajo el título de "Estructuras Mixtas. Teoría y Práctica", y es justo a partir de ese momento cuando se considera que se inicia este tipo de construcción en nuestro país, primero a iniciativa suya y después secundado por el resto de la ingeniería española.

Su actividad como ingeniero la ha compaginado con la filosofía, la investigación y también el arte –se declara "ingeniero humanista"– lo que le ha permitido desarrollar obras emblemáticas y singulares, con un profundo componente artístico. Ese gran salto evolutivo tiene lugar a través de la creación, en 1988, de su propio estudio de ingeniería, MC2, dedicado al desarrollo de proyectos y patentes aplicadas a las estructuras mixtas desde una perspectiva empresarial.

Martínez Calzón ha desarrollado también una intensa faceta docente –complementaria de la divulgadora, como participante muy activo en congresos y simposios–, de modo especial como profesor titular de estructuras metálicas y mixtas en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid hasta el año 2003, lo que le ha permitido transmitir sus conocimientos y experiencias en este campo a sucesivas promociones de jóvenes ingenieros.

Es en 2006 cuando se puede decir que su actividad alcanza uno de sus momentos más culminantes, sobre todo a raíz de una exposición retrospectiva de su obra donde se recopilan sus proyectos como ingeniero estructural, y con la publicación también del libro "Puentes, Estructuras, Actitudes", una biografía profesional en la que se compendian buena parte de sus proyectos.



Puente para el AVE sobre la calle Comercio. Madrid.

Obras

"Sus obras son exponente de una vocación constantemente innovadora, que a menudo han supuesto novedades mundiales en el uso de los materiales aplicados a la construcción de puentes", según versa el acta del jurado, y cuando se le pregunta por ellas, las que más orgullo le proporcionan, bien por su complejidad o por el resultado obtenido, destaca, no sin antes advertir que responder a ello es difícil, el paso superior de Juan Bravo sobre el Paseo de la Castellana (1968), en Madrid, "en el que introduje todos los factores innovadores, y que es la primera estructura mixta que se desarrolla en España en época moderna" asegura.

Este proyecto, sin duda alguna, merece una mención especial teniendo en cuenta, como él mismo dice, que supuso "el inicio de mi carrera en todas sus vertientes creativas, ya que no sólo fue la primera obra de estructura mixta en la que se utilizaron el hormigón blanco estructural y el acero corten, autoprotegido contra la corrosión" sino que cambió significativamente la manera de concebir los puentes en la ciudad, "que pasaron a ser estructuras de diseños refinados y creativos".

También destaca el Puente de Tortosa "porque quizá sea la pieza en la que más se concitan todos los aspectos de innovación y complejidad de las estructuras mixtas, o el edificio de Gas Natural en Barcelona, en el que puse en marcha los procesos constructivos para edificación en construcción mixta", nos cuenta.

Y entre sus triunfos personales menciona el de haber aplicado el procedimiento constructivo de elevación e inserción telescopada a la Torre de Collserola, pro-

Actividad actual

"Soy de los últimos de Filipinas –dice con cierta retranca– porque pertenezco a una generación en la que se hacía una ingeniería de carácter personal; el ingeniero tenía un nombre al que se atribuía una determinada obra, pero hoy en día son las empresas las que asumen la autoría de los proyectos. Se ha perdido el reconocimiento individual del papel del ingeniero, hasta el punto de que las empresas son celosas de dar los nombres de los proyectistas, una práctica que, sin embargo, no se ha extendido a los arquitectos".

Como ingeniero humanista que dice ser, ha pensado mucho en cómo recuperar ese margen de personalidad de los ingenieros, "pero es muy complicado –asegura– desde una atalaya personal retomar esta senda, sobre todo porque hay aspectos, como el de la seguridad, que hacen que haya una enorme cantidad de gestión y control para que nadie haga una obra en la que por un error se falle. Ahora en los proyectos intervienen equipos multidisciplinares".

Hace dos años que se jubiló. Su último trabajo conocido ha sido, curiosamente, un libro sobre pintura del siglo XIX, una obra ideada hace 50 años que ha podido materializar ahora. Por circunstancias personales ha estado muy vinculado con el mundo del arte; estuvo casado con María Corral, la que fuera directora del Museo Reina Sofía, quien le contagió esa inquietud. Además de ello, "mi suegro tenía una colección de pinturas de paisajes del siglo XIX muy interesante, lo que me permitió comprobar que no había una obra con fundamento que recogiera ese mundo tan maravilloso, por eso me decidí a hacerlo yo mismo, editando este libro", que asegura es más una obra de consulta que de divulgación, por lo que es más fácil encontrarla en las bibliotecas universitarias que en las generalistas.

Como ingeniero está terminando su último proyecto en colaboración con MC2, que es la empresa que él mismo creó y en la que ha desarrollado toda su actividad, y que más tarde traspasó a Typsa cuando se jubiló. Se trata de la ampliación del puente de Rande, en Vigo (1981), obra en la que casualmente participó también en el jurado para seleccionar el proyecto de construcción y "casi 40 años después –dice– he tenido la oportunidad de realizar el diseño en una especie de revival extraordinario".

Reflexiona, para terminar, sobre la posición del ingeniero civil en el mundo "es maravillosa –asegura– porque cuenta con una plataforma para su comprensión ya que, sin ser científico, puedes entender muy bien la ciencia y la técnica, a lo que se suma que el diseño de tus obras te lleva hacia la creatividad artística. Esto nos permite tener una profunda visión de los que es el cosmos o el universo, es la doble oportunidad de ver el mundo".



Teatros del Canal. Madrid. Arquitecto: Juan Navarro Baldeweg.

yecto de Norman Foster, en el que, en lugar de emplear grúas y sistemas de colocación de piezas, elevó el edificio en conjunto sobre sí mismo, como una flor, de modo que se izaba autoevolutivamente hasta su posición definitiva.

A estos ejemplos de los proyectos de estructuras innovadoras en España y en el mundo que ha desarrollado Martínez Calzón, también podríamos añadir el primer puente construido utilizando los sistemas con doble acción mixta, sobre la ría de Ciérvana, en Bilbao, de 1977; el primer puente con pretensado exterior en España, sobre el antiguo cauce del Turia, en Valencia, en 1989; el primer puente con recubrimiento de cobre, en el Arenal, Córdoba, en 1991, o asimismo el primero en el que se utilizó el acero inoxidable con carácter estructural, que fue en el Polígono de Granadilla, en Tenerife, en 1996.

Libros editados

- ✔ *Puentes, Estructuras, Actitudes (2006)*
- ✔ *Construcción Mixta. Hormigón-Acero (1978). Escrito en colaboración con Jesús Ortíz Herrera.*
- ✔ *Puentes Mixtos. Comunicaciones y mesas redondas de las 1ª Jornadas Internacionales (1993).*
- ✔ *Puentes Mixtos. Comunicaciones y mesas redondas de las 2ª Jornadas Internacionales (1996).*
- ✔ *Puentes Mixtos. Comunicaciones y mesas redondas de las 3ª Jornadas Internacionales (2002).*
- ✔ *Pabellón de España, Exposición Universal de Shanghái (2010)*
- ✔ *Pintura del Siglo XIX. (2017)*

También en el campo de las estructuras mixtas destaca por haber creado nuevos sistemas y tipologías, como el cajón estricto mixto, utilizado en los puentes de Vilobí d'Onyar y La Roca, sobre la A-7, en 1993, o el sistema ábaco, aplicado en los puentes sobre la ría de Santa Lucía en Uruguay, en 2005, y el Estrecho de Paredes, en Cuenca, en 2008.

Al margen, ha colaborado en la construcción de 26 puentes, la mayoría de ellos con el ingeniero José Antonio Fernández Ordoñez, desde 1970, en Martorell, Tortosa (puente del Milenario de Cataluña), Sevilla, Córdoba, Valencia, San Sebastián, Bilbao, así como pasos en ciudades, viaductos para la alta velocidad y diversos proyectos en Canadá y Uruguay.

También ha participado en la construcción de 24 estructuras para diferentes edificios proyectados por arquitectos como Navarro Baldeweg (Museo de Altamira y los Teatros del Canal); Pei (Torre Espacio); Rubio & Álvarez-Sala (Torre PwC); Cruz y Ortiz (estadio de La Peineta); Norman Foster (torre de Collserola); Miralles y Tagliabue (edificio de Gas Natural); Moneo (Diputación de Cantabria); Arata Isozaki (el Palau de Sant Jordi) y Vázquez Consuegra (torre de Cádiz).

Premios

Además del recientemente concedido Premio Nacional de Ingeniería Civil, sus obras han sido objeto de los más altos reconocimientos dentro y fuera de nuestras fronteras, habiéndosele concedido, entre otros galardones y premios la Medalla al Mérito Profesional que otorga el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; el premio Puente de Alcántara en 1992, por la torre de Collserola. ▮

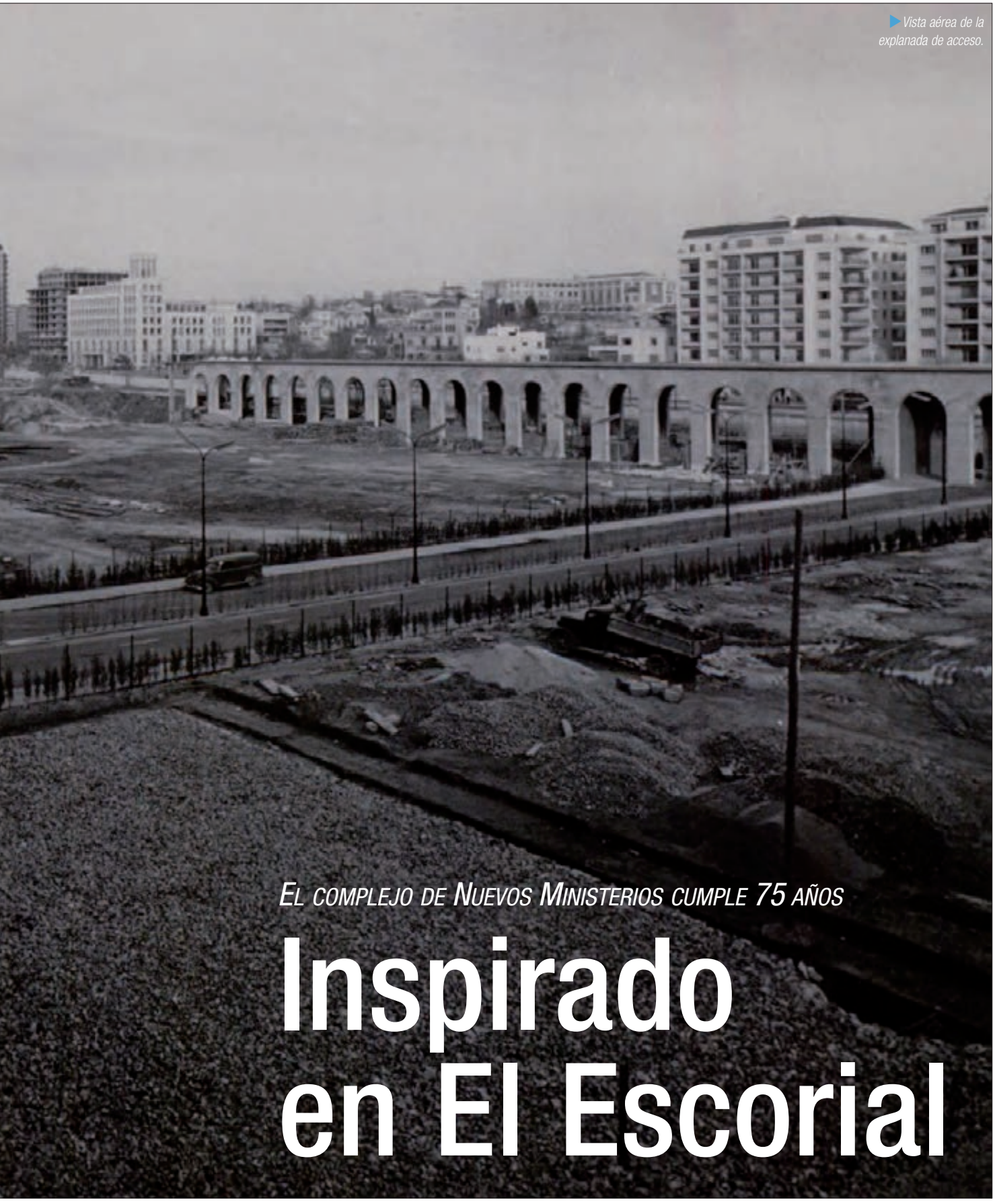
Beatriz Terribas.
Fotos: Archivo General del Ministerio de Fomento.

Este año se conmemora el 75 aniversario de la inauguración del complejo administrativo de los Nuevos Ministerios, diseñado por el arquitecto Secundino Zuazo Ugalde para albergar los departamentos de Obras Públicas; Gobernación; Agricultura, Industria y Comercio; y la sede de la Dirección General de Seguridad. El proyecto de Zuazo completaba el Plan Nacional de Obras que Indalecio Prieto, ministro de Obras Públicas de la II República, había adoptado para Madrid con el fin de definir su expansión urbana y solucionar el problema del transporte y la falta de trabajo de los obreros de la construcción.

El 14 de abril de 1933 comenzaron a edificarse los Nuevos Ministerios, una extraordinaria obra institucional que serviría de base a la futura extensión de Madrid a través de la prolongación del paseo de la Castellana, que, inaugurada en la misma fecha, se convertiría en el gran eje de comunicación entre el norte y el sur de la capital.

En aquel momento Madrid continuaba el proceso de modernización, iniciado a principios del siglo XX, para convertirse en una gran metrópolis, amparada entonces por el extraordinario impulso que dio a la economía española la declaración de neutralidad adoptada por el Gobierno de Eduardo Dato ante la Primera Guerra Mundial. La gran demanda de productos del mercado extranjero favoreció el extraordinario desarrollo del sector industrial y comercial español, y por ende, el del transporte marítimo, enriqueciendo considerablemente las arcas públicas. Madrid, como punto neurálgico del país, acusó especialmente los efectos de esta situación que se tradujeron, entre otros aspectos, en una intensa actividad arquitectónica y urbana fruto del extraordinario aumento de su población, que pasó del medio millón de habitantes, censados en 1910, a más de setecientos mil tan solo una década después. En aquel momento el trazado urbano de Madrid había ido modificándose según las directrices del Ensanche, diseñado por el ingeniero Carlos María de Castro en 1860 con el fin primordial de dotar a la ciudad de viviendas, especialmente para el sector de la población menos acaudalado. El plan, que proponía el aumento del espacio urbanizable en más de 2.000 hectáreas, estableciendo tres zonas de expansión de Madrid hacia el norte, este y sur, así como el incre-





▶ *Vista aérea de la explanada de acceso.*

El complejo de Nuevos Ministerios cumple 75 años

Inspirado en El Escorial

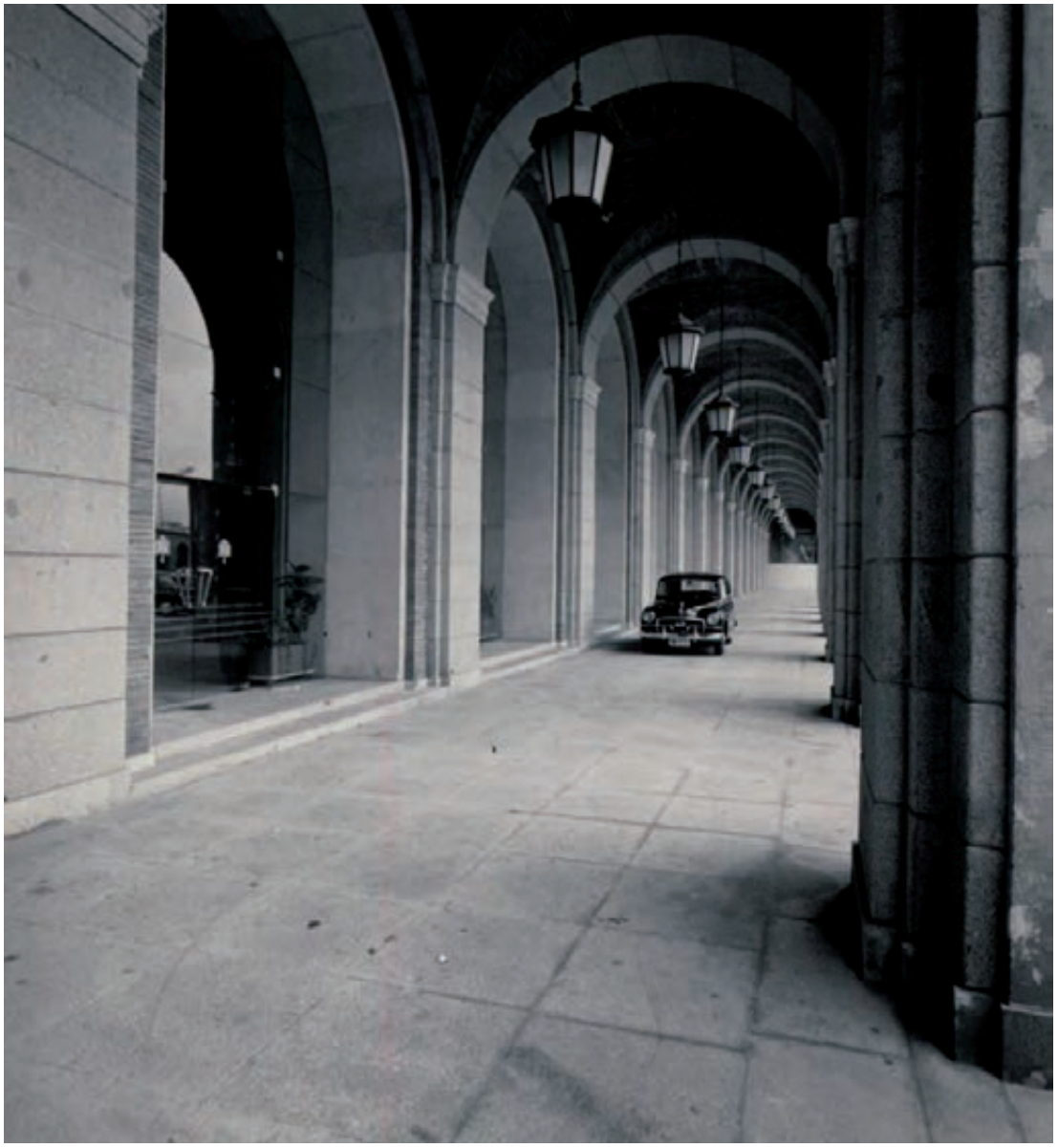


Imagen de la Arquería.

mento de zonas verdes como medida de salubridad, aunque se consolidó en algunos enclaves próximos al casco histórico de la ciudad, no consiguió, sin embargo, los resultados esperados. Ello se debió tanto al retraso de su desarrollo, que se prolongó hasta 1930, como a la especulación del suelo y al encarecimiento del precio de los arrendamientos de las viviendas en virtud de la Ley del Inquilinato, que permitía a los propietarios establecer libremente el precio de los alquileres. En consecuencia, el crecimiento urbano de Madrid continuó en algunas zonas según la planificación establecida y en otras de forma irregular, especialmente en el extrarradio donde fueron surgiendo pequeños núcleos de población en torno a los caminos que los comunicaban con el casco urbano. El aumento de población y extensión de la ciudad, con casi un millón de habitantes en 1929, influyó decisivamente en el incremento del sistema de transporte público, que aquel año se cifraba ya en 44 líneas de tranvía, 10 de autobuses urbanos y suburbanos, 2 de Metro, 7 estaciones de ferrocarril, y más de 60 líneas de autocares de carácter provincial.

.\ Ordenación urbana

En 1929 la planificación urbana de Madrid distaba mucho de la que necesitaba aquella ciudad en continua expansión y evolución, que, a pesar de estar tan densamente poblada debido al progreso de su actividad comercial, industrial y de servicios, seguía absorbiendo grandes flujos de inmigrantes, especialmente de jornaleros y artesanos que se establecían mayormente en chabolas levantadas en torno a las vías de entrada a Madrid.

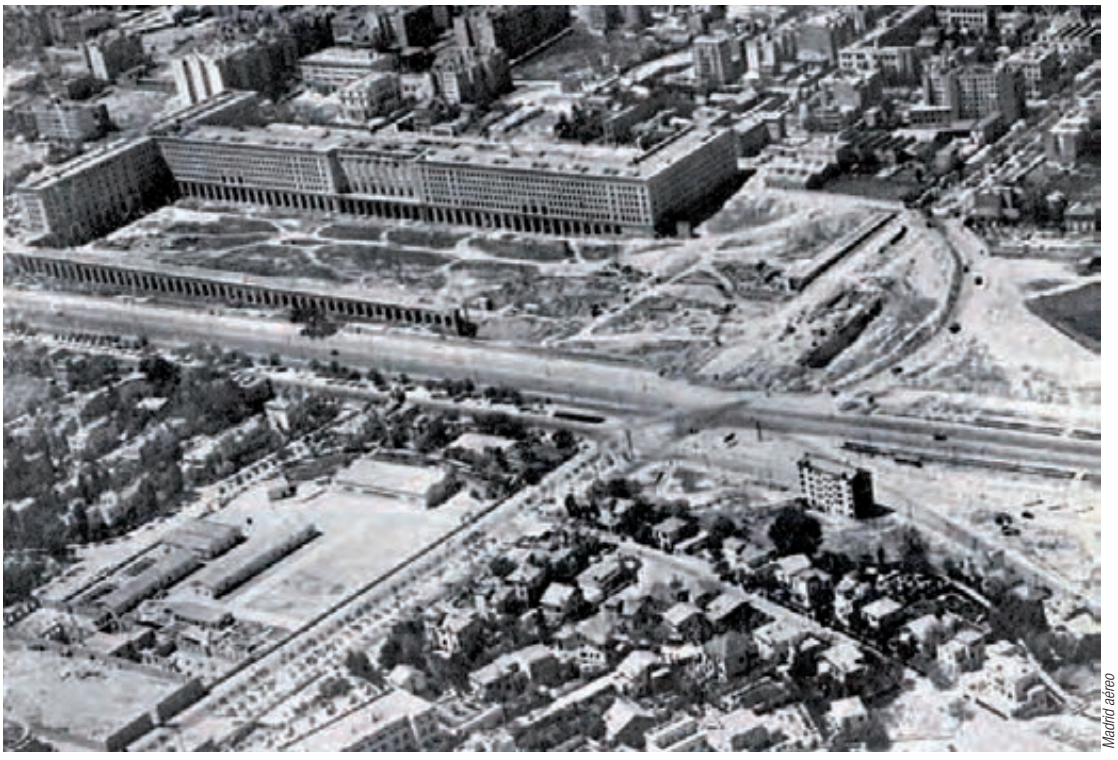


Madrid aéreo

▶ *Esquina del Paseo de la Castellana con Fernández Villaverde. Debajo, Vista aérea del complejo en 1949.*

Esta situación impulsó a su Ayuntamiento a convocar el Concurso Internacional de Anteproyectos del Trazado Viario y Urbanización de Madrid, con el fin de recoger propuestas para definir la reforma del interior de la ciudad, su extensión fuera del término municipal y el enlace entre la metrópolis con los nuevos asentamientos de población de la periferia. En diciembre de 1930 el jurado declaró desierto el certamen, al estimar que ninguno de los 12 trabajos presentados respondía globalmente a las exigencias que contemplaban las bases del concurso. Sin embargo, el Ayuntamiento seleccionó seis de ellos como base de un proyecto definitivo que se adecuase a las necesidades urbanas y viarias que habían motivado la convocatoria. El anteproyecto más notorio para el Ayuntamiento, presentado conjuntamente por el arquitecto Secundino Zuazo Ugalde y el urbanista Hermann Jansen, proponía desarrollar la ciudad en dirección norte-sur y establecer una red subterránea de ferrocarril, bajo el trazado viario del paseo de la Castellana, para enlazar la futura estación de Chamartín, al norte del paseo, con la estación de Mediodía, en Atocha, facilitando así la comunicación de la ciudad con las poblaciones del extrarradio.

Zuazo y Jansen también contemplaban la necesidad de dotar a las zonas de actuación de espacios verdes y de viviendas aisladas o colectivas, cuyo diseño debía garantizar los mínimos principios de higiene y salubridad de los que carecían muchos de los hogares decimonónicos. Las ideas concebidas por Zuazo recibieron el respaldo favorable del marqués de Hoyos, alcalde de la Villa, quien encargó al arquitecto diseñar un nuevo proyecto de prolongación del paseo de la Castellana en el que se incrementarían las zonas edificables en detrimento de los espacios verdes, con el fin de aumentar su rentabilidad. El proyecto, para el que se preveía una gran inversión de capital privado, que se obtendría de las plusvalías de los terrenos destinados a la construcción, finalmente no llegó a desarrollarse.



Madrid aéreo



Uno de los despachos en 1950.

II República

En junio de 1931, dos meses después de la proclamación de la II República, Secundino Zuazo seguía in0sistiendo en la premura de solucionar los problemas urbanos de Madrid, que hasta entonces se habían intentado saldar buscando mayormente la rentabilidad económica y eludiendo en gran medida la construcción de viviendas dignas para los trabajadores con menor poder adquisitivo. Zuazo señalaba la importancia de controlar administrativamente la compraventa de los terrenos edificables, así como la de aprobar un plan de comunicaciones que, además de remediar los problemas de habitabilidad, también reactivaría la industria de la construcción.

La recesión económica a la que se enfrentaba la II República a causa de las malas cosechas de 1930; la caída del sector industrial y el de la construcción, debido al descenso de la inversión privada por su desconfianza en el nuevo régimen; el desplome de las cotizaciones de la Bolsa; el retorno de numerosos emigrantes de América; y los efectos, aunque lejanos, de la Gran Depresión de 1929, pese a reducir el número de licencias de construcción expedidas por el Ayuntamiento, no impidieron, sin embargo, que a partir de 1931 el Gobierno de la II República impulsara la finalización de las obras de la Gran Vía, iniciadas en 1910; el desarrollo de infraestructuras como la pavimentación y el abastecimiento de agua en las zonas de Madrid más depauperadas, y la construcción de centros escolares, aprobando además la prolongación del Paseo de la Castellana hacia el Norte de la ciudad y la edificación de los Nuevos Ministerios, enclavados en la apertura de la vía como punto de partida de la nueva expansión urbana. Ambos proyectos formaban parte del Plan Nacional de Obras adoptado por el ministro de Obras Públicas, Indalecio Prieto, para reformar Madrid, mejorar la estructura ferroviaria nacional y reducir el paro obrero. Para acometer aquella empresa, Indalecio Prieto creó en 1932 la Comisión de Enlaces Ferroviarios y el Gabinete Técnico de Accesos y Extrarradio, asignando su vicepresidencia a Secundino Zuazo Ugalde, asesor del Gobierno en temas urbanísticos y de vivienda. Una vez descartados los proyectos ferroviarios del ingeniero Fernando Reyes, que proponían un enlace subterráneo bajo la Gran Vía para comunicar la estación de Príncipe Pío y la de Atocha, dotándole de un apeadero en la Plaza de Callao, por su importancia comercial, Indalecio Prieto aprobó la propuesta de Secundino Zuazo, ya definida en el anteproyecto que el arquitecto había presentado en 1929 en el Concurso Internacional convocado por el Ayuntamiento de Madrid. Su idea era conectar con una línea subterránea de ferrocarril el Paseo del Prado, Recoletos, el Paseo de



▶ *Rotonda en la escalera imperial.*

la Castellana y la futura prolongación de la ciudad hacia el Norte. La obra se completaría con la construcción del complejo de los Nuevos Ministerios, destinado a agrupar los departamentos de Obras Públicas; Gobernación; Agricultura, Industria y Comercio; y la sede de la Dirección General de Seguridad, que hasta entonces ocupaban edificios de alquiler.

.\ El proyecto de Zuazo

El primer tramo de la prolongación de la Castellana se inauguró el 14 de abril de 1933, en conmemoración del segundo aniversario de la República. Ese mismo día comenzó la construcción del enlace ferroviario norte-sur, junto al de los Nuevos Ministerios en el solar del desaparecido Hipódromo Real, que fue derruido porque impedía la extensión del Paseo de la Castellana.

Secundino Zuazo elaboró un proyecto arquitectónico y urbanístico que contemplaba la ordenación de los edificios administrativos en paralelo al primer tramo de la ampliación del Paseo y separados del mismo por la arquería que cierra el conjunto ministerial y se superpone al trazado ferroviario y a la estación subterránea de los Nuevos Ministerios.

El arquitecto diseñó el conjunto ministerial siguiendo las directrices del clasicismo académico que había marcado gran parte de su obra, caracterizada por el sobrio equilibrio compositivo y la austeridad ornamental. Muy influenciado por el Monasterio de El Escorial, Zuazo proyectó las cuatro unidades administrativas en torno a sendos patios que articulan el conjunto precedido por dos amplias plazas diáfanas, la de la República, ubicada al norte del recinto y limitando con la calle Raimundo Fernández Villaverde, que no llegó a ejecutarse como él había dispuesto, y la Gran Plaza o Plaza del Pueblo, la principal explanada del recinto. Dos espacios desnudos como las lonjas de El Escorial y las históricas plazas españolas, que en el entramado urbano de la ciudad se concibieron como elemento de solaz para el ciudadano, y en el caso de los Nuevos Ministerios también como lugar de celebración de actos institucionales.

Ante la Gran Plaza, Zuazo dispuso los Ministerios de Obras Públicas y Gobernación, actualmente Empleo y Seguridad Social, separados por el Cuerpo de Honor, y al sur del recinto, en perpendicular a sus fachadas, situó la Dirección General de Seguridad como cierre de la Plaza del Pueblo. En la zona septentrional, la Plaza de la República delimitaría el edificio del Ministerio de Agricultura, Industria y Comercio, cuya construcción fue suspendida por la Comisión de Presupuestos de 1934, tras el cese del gobierno de Azaña en septiembre de 1933 y, por ende, el de Indalecio Prieto, que cedió la cartera de Obras Públicas a Rafael Guerra del Río, abandonando

además la presidencia de la Comisión de Enlaces Ferroviarios y del Gabinete Técnico de Accesos y Extrarradio.

Zuazo proyectó las dependencias ministeriales sobre una arquería que, reservada a la circulación peatonal, a su vez circunda la Gran Plaza, reproduciendo la configuración estructural de las plazas porticadas españolas. Las sobrias fachadas de los edificios, que evocan una vez más el trazado del Monasterio de San Lorenzo de El Escorial, se perpetúan también en el Cuerpo de Honor, unidad común a los departamentos de Obras Públicas y Gobernación que, diseñada por el arquitecto como una solemne sala de recepción, conecta con el

Zuazo y Jansen contemplan la necesidad de dotar al complejo de una superficie de jardines equivalente a la edificada

Patio de Honor, en su parte posterior, a través de una zona de paso cubierta por severas bóvedas de cañón. Para diferenciar el Cuerpo de Honor de los edificios ministeriales y de la arquería que lo circunda, Secundino Zuazo adosó a los nueve arcos de su basamento sendas columnas dóricas, conformando un singular pórtico de reminiscencias palaciegas sobre el que se sitúa una amplia terraza a la que asoman los elevados ventanales de sus salas nobles. La fachada queda rematada por una última planta, abierta a una balconada, y por una gran cornisa. En la parte posterior del edificio el Patio de Honor, inspirado en el claustro de la iglesia romana de Santa María della Pace, obra de Donato d'Angelo Bramante, es una de las obras maestras de Zuazo, combinando la disposición a modo de claustro de la planta baja con el cuerpo adintelado del primer piso, de hormigón armado recubierto con un enchapado de piedra.

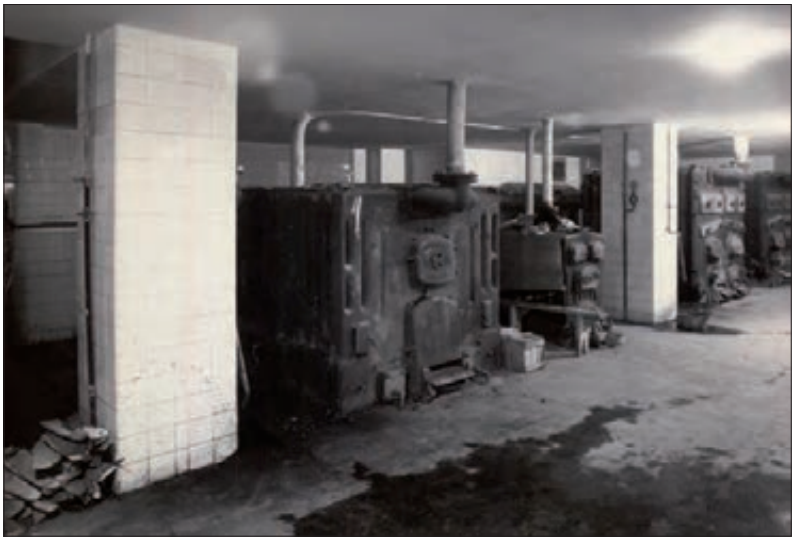


Lucenario de la escalera imperial en 1949.

En 1935, siendo ministro de Obras Públicas Manuel Marraco, comenzó a construirse la Dirección General de Seguridad, conectada perpendicularmente con el Ministerio de Gobernación. Un amplio patio precede a su entrada, que se estableció por motivos funcionales por la Plaza de Ríos Rosas, hoy San Juan de la Cruz, levantándose en el extremo oriental del edificio, y como continuación al cuerpo bajo del mismo, un ingreso monumental a la Gran Plaza, que delimita la prolongación de la Castellana con la calle de Ríos Rosas. Dada la si-









▶ *De arriba a abajo: Patio de Honor, cuarto de calderas y salón de actos.*

Bibliografía

- *Guía de la Arquitectura de España 1920-2000. Ministerio de Fomento.*
- *Guía de la Arquitectura del siglo XX. Antonio Pizza.*
- *Arquitectura del siglo XX: España. Sociedad Estatal Hannover 2000, S.A.*
- *Cincuenta años de arquitectura española. Rodolfo Ucha Donate.*
- *Zuazo, arquitecto del Madrid de la Segunda República. Biblioteca Nacional.*
- *Zuazo. Lilia Maure Rubio.*

tuación estratégica de la Dirección General de Seguridad, al inicio de la prolongación del Paseo de la Castellana, Zuazo proyectó un solemne acceso a sus dependencias configurado por un gran pórtico de líneas clásicas con tres arcos cuyos pilares, provistos de esbeltas columnas de orden dórico, soportan una amplia terraza reproduciendo la propuesta adoptada por el arquitecto para el Cuerpo de Honor. Elementos dignos de destacar en la fachada son también, por un lado, la escalinata que precede a la puerta, con la que Zuazo consiguió unificar la diferencia de nivel que existe entre la Plaza del Pueblo y la calle de Ríos Rosas, y por otro, las diminutas ventanas de las celdas de seguridad situadas bajo la cornisa que corona la obra.

En 1936, las obras de la Dirección General de Seguridad y las de los Ministerios de Obras Públicas y Gobernación estaban muy avanzadas, al igual que las de la estación ferroviaria de Nuevos Ministerios, pero el estallido de la Guerra Civil truncó su clausura, transformando la obra cumbre de Zuazo en almacén de materiales de guerra. Desde su exilio en Francia el arquitecto continuó trabajando en el proyecto del Ministerio de Agricultura, Industria y Comercio para retomar las obras del complejo ministerial una vez finalizada la contienda. Sin embargo, cuando regresó a España fue retirado de la empresa, que continuó su curso en 1940 en manos de un equipo de arquitectos, entre los que se encontraban Miguel Ángel García Lomas y José Rodríguez Cano, que además de eliminar del proyecto de Zuazo algunos elementos, como el monumental arco del triunfo previsto para la actual Plaza de San Juan de la Cruz, o el rascacielos destinado al Ministerio de Agricultura, Industria y Comercio, sustituyeron el ladrillo rosa previsto para las fachadas por placas de piedra, entre otras modificaciones. El complejo se dio finalmente por inaugurado en 1942, si bien a lo largo de las dos siguientes décadas prosiguieron algunas obras de acondicionamiento, tanto en los exteriores, como en interiores, de manera que su ala norte sólo pudo ser ocupada por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo en 1958. ▮



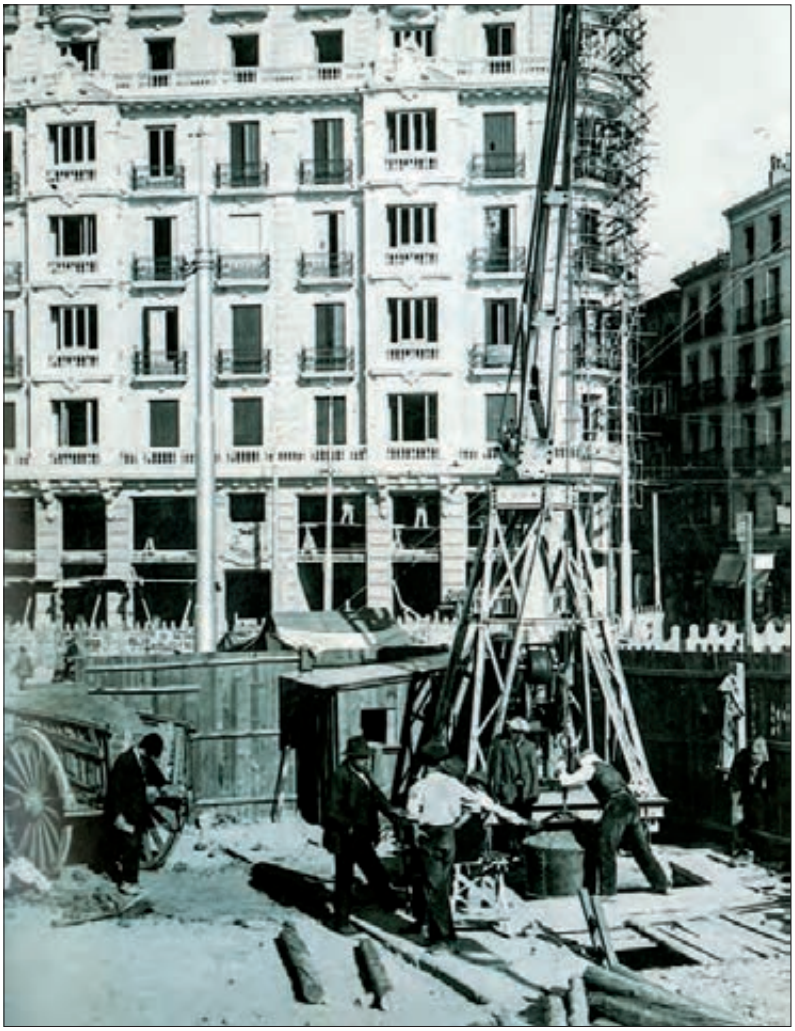
Octubre 1919. El rey Alfonso XIII durante el acto de inauguración de la estación de Cuatro Caminos.

Centenario del inicio de las obras del metro de Madrid

De utopía a realidad

Julia Sola Landero, Fotos: Archivo Metro de Madrid

El primer tramo del Metro de Madrid, inaugurado por Alfonso XIII el 17 de octubre de 1919, constaba de 3,48 kilómetros entre la Puerta del Sol y Cuatro Caminos, y se tardaba en recorrer 10 minutos, a razón de 25 kilómetros hora, una velocidad mucho mayor que el tranvía, que necesitaba 30 minutos para hacer el mismo trayecto. Las obras de aquel primer tramo se habían iniciado el 19 de septiembre de 1917, cuando una nutrida cuadrilla de obreros descargó en la Puerta del Sol desde una carreta de bueyes, los aperos necesarios para empezar a construir la estación más emblemática de Madrid. Este año se cumple el primer centenario de aquel comienzo.



Inicio de las obras en la red de la estación de Sol.

El objetivo de aquellas obras impulsadas por la recién creada Compañía Metropolitano Alfonso XIII, era enlazar Sol y Cuatro Caminos con ocho estaciones intermedias: Puerta del Sol, Red de San Luis, Hospicio, Bilbao, Chamberí, Martínez Campos, Ríos Rosas y Cuatro Caminos. Los trabajos comenzaron entre el general escepticismo de los madrileños, porque, a pesar de que en Londres y Nueva York ya funcionaba desde hacía casi medio siglo y de que empezaba a extenderse en toda Europa, en España muy pocos creían en el metro.

Sin embargo, cuando se puso en marcha aquella modalidad de transporte nunca antes vista en la ciudad, tuvo tan buena acogida y fueron tantos los madrileños que se agolparon en las estaciones para viajar en aquellos trenes subterráneos, que la Compañía tuvo que publicar anuncios en la prensa para advertir de posibles accidentes.

Pero poner en pie el proyecto no fue tarea fácil, pues en aquellos primeros años del siglo XX (el primer coche en Madrid se matriculó en 1907) era difícil imaginar el crecimiento exponencial que tendría el tráfico rodado. Sin embargo, ya desde los últimos años del XIX hubo quien pensó en crear en Madrid una red de transporte subterráneo. El ingeniero Pedro García Faria elaboró en 1892 una propuesta con mucho de utopía para construir cinco líneas que confluirían en la Puerta del Sol. Fue el año en que comenzó el cambio de la tracción animal por la tracción eléctrica. La idea era que los ríos más próximos a la capital, mediante saltos de agua, proporcionaran la energía necesaria al sistema. El proyecto no



Convoy en la estación de Cuatro Caminos.



cuajó, a pesar de que estaban previstos todos los detalles: habría una primera, segunda y tercera clase, cuyo precio hubiera oscilado entre los 20 y los 13 céntimos, además de transporte de ganado.

Aquel mismo año, Manuel Becerra, efímero ministro de Fomento años antes, presentó ante el ministerio un proyecto para la creación de una red interior de tranvías rodeada por un cinturón ferroviario, por encargo de Arturo Soria, que desde su escaño parlamentario venía denunciando con vehemencia las deficiencias de los medios de transporte urbano. Un proyecto que, aunque logró obtener concesión, tampoco llegó a realizarse.

.\ Adiós al tranvía

Sin embargo, a finales del siglo XIX ya se empezaba a ver que el tranvía, que había tenido un enorme desarrollo, estaba empezando a tocar techo y comenzaba un largo declive hasta 1972, en que circuló por última vez. Por entonces, las siete líneas existentes en Madrid tenían parada en la Puerta del Sol y se concentraban en el escaso espacio de 200 metros cuadrados, en seria competencia con multitud de carruajes. Se imponía encontrar soluciones.

En 1914, el ingeniero de caminos donostiarra Miguel Otamendi presentó en el Ministerio de Fomento su proyecto de ferrocarril metropolitano de Madrid, cuya concesión compartía con los empresarios Carlos Mendoza y Antonio González Echarte. El proyecto incluía cuatro líneas: la I, que recorría la ciudad de norte a sur; la II, que conectaba los barrios del este y el oeste con el centro urbano; la III, que discurría por la calle Serrano y enlazaba con la línea II, y la IV, Ferraz-Bulevares-Alcalá, que unía las dos cabeceras de la línea II a través de los bulevares. Esta vez sin servicios de mercancías.

Diversos aspectos de obras en superficie.





Trabajos en la construcción del túnel bajo la glorieta de Bilbao. Debajo, templete de la estación de la red de San Luis hacia 1924.

Para materializar aquel proyecto, la primera batalla que hubo que librar fue la de convencer a las autoridades de que el metro era el transporte del futuro. Una ardua tarea que sólo terminó cuando el Banco de Vizcaya puso encima de la mesa los cuatro millones de pesetas de los ocho que se necesitaban para acometer aquella primera línea norte-sur, si Madrid daba los otros cuatro. Pero aquel era un tiempo incierto, con una Europa en plena I Guerra Mundial, y no abundaban los visionarios, de modo que hizo falta que Alfonso XIII suscribiera un millón de pesetas para infundir confianza y animar a los indecisos a participar en el proyecto. Lo consiguió con relativa rapidez, de modo que el 12 de enero de 1917 se otorgó la concesión y se constituyó la Compañía Metropolitano Alfonso XIII, con un capital inicial de 19 millones de pesetas. Arrancaba así el metro de Madrid.

Dejen salir antes de entrar

El arquitecto Antonio Palacios fue el encargado de diseñar las estaciones, accesos y edificios de la Compañía. Obtuvo un éxito impresionante con la primera línea: el primer año la utilizaron 14 millones de viajeros, y dos años más tarde se inauguraría la primera ampliación hasta la estación de Atocha.

Se veía claramente el potencial del transporte subterráneo y la tarea de ampliar las líneas fue una constante. Tal fue la envergadura de los nuevos tramos y los beneficios obtenidos que la Compañía creó su propia área de obras. Los tramos Ópera-Norte fueron responsabilidad de la Sección de Proyectos y Construcciones, dirigida por los ingenieros José María Aguirre y Alejandro San Román, que más tarde fundarían su propia compañía: Agromán.

La gestión comercial también fue progresando: en 1924 se instaura el billete de ida y vuelta y se gana en agilidad. En 1926, a sólo seis años de la inauguración de la primera línea, el metro había multiplicado su longitud por cuatro, llegando hasta los 14,6 Km. Cada vagón había recorrido 70.000 kilómetros y hecho 140.000 paradas en sus estaciones. En 1929 quedó terminado el tramo Cuatro Caminos-Tetuán, que conectaba dos populosos suburbios de la capital, y para 1931, el metro había transportado a cerca de 100 millones de viajeros.



Por entonces, el parque móvil era tan numeroso, que hubo que disponer una gran superficie destinada a talleres y cocheras en Cuatro Caminos. Se impone poner orden en las estaciones, y a los viajeros se les advierte en cada puerta: “dejen salir antes de entrar”.

La actividad continuó, aunque ralentizada, incluso durante los años de la Guerra Civil, periodo en el que el metro permaneció abierto y sirvió como refugio durante los bombardeos, y también para transportar ataúdes hacia los cementerios. En aquel periodo se llegó a inaugurar el primer tramo de la línea 3 entre Sol y Embajadores. Su crecimiento imparable y sin competencia llegó hasta los años 50 del siglo XX, años en los que ya había transportado 377 millones de pasajeros frente a los 186 del tranvía.

Una línea de metro equivalía a cuatro líneas de autobús recorriendo pistas independientes cada 30 segundos. Sin embargo, el metro comenzó a compartir protagonismo con los autobuses urbanos, que también ampliaban sus líneas y estrenaban vehículos más amplios y veloces, y que comenzaron a hacer una seria competencia al tren subterráneo, sobre todo, en los barrios periféricos de la capital.

.\ Dificultades

Los altos costes de construcción de la infraestructura subterránea comenzaron a pesar sobre la compañía. Para paliar la situación, el Gobierno firmó un decreto-ley el 22 de septiembre de 1955 que establecía un régimen compartido de financiación, de forma que el Ministerio de Obras Públicas aportaría el coste de la construcción de la infraestructura de los nuevos tramos, mientras que Metropolitano aportaba la instalación y electrificación de vías, el material móvil y su explotación. Un año después se eliminan las múltiples tarifas dependiendo del destino y se unifica el billete sencillo con una tarifa única de 60 céntimos.





Un grupo de primeros conductores y operarios posan en la estación de Gran Vía. Debajo, trabajos de construcción de la estación de Cuatro Caminos.





▶ *En la imagen superior, convoy del Metro Ligero. Debajo, estación de Delicias.*

Carrera de fondo

En los años 90, el Metro de Madrid comienza una etapa de relanzamiento sin precedentes. En 1995 se planteó la necesidad de ampliar la red del Metro de Madrid y en sólo 12 años de trabajos intensivos se triplicó la longitud y se duplicó el número de estaciones. En una primera fase (1995-1999), se construyeron 56 km nuevos de metro con 38 estaciones que llegaron a barrios periféricos muy alejados del centro urbano y al aeropuerto Madrid-Barajas Adolfo Suárez. El objetivo era extender la red hasta los 76 km, lo que la situaría en la octava mayor red del mundo.

Entre las actuaciones de aquella etapa de crecimiento, la línea 12, Metrosur, fue la más emblemática. Es la línea más larga, con casi 42 kilómetros y 28 estaciones, con capacidad para atender a un millón de habitantes del cinturón metropolitano de la capital: Alcorcón, Fuenlabrada, Móstoles, Leganés y Getafe. A día de hoy, esta línea es utilizada por 155.000 viajeros cada día.

Más adelante, y ya durante los primeros años del siglo XXI, se llevó a cabo otra fase más de la ampliación acometida por metro: entre 2003 y 2007 se construyeron 59 nuevos kilómetros de líneas, de los que 27,77 km de fueron de Metro Ligero, con un total de 81 estaciones.

Actualmente, la red de metro va más allá del núcleo urbano de la capital y recorre doce municipios de la Comunidad de Madrid. A través de Metronorte, llega a los municipios de Alcobendas y San Sebastián de los Reyes; con Metroeste, hacia el Corredor del Henares, con municipios tan poblados como Coslada y San Fernando; y el nuevo Metro Ligero lleva las líneas a Pozuelo de Alarcón y Boadilla del Monte. Con la integración de estas ampliaciones, ya puede considerarse la red como un metro de alcance regional.

Actualmente, con 13 líneas y un ramal de 294 kilómetros y 301 estaciones, Madrid tiene la séptima red de metro más grande del mundo por detrás de Shanghai, Londres, Nueva York, Chicago, Pekín y Moscú. Más de 2.300 trenes circulan a diario por sus vías, utilizados por 585 millones de usuarios cada año.

En 1957 el gobierno aprobó una inversión plurianual de 11.600 millones de pesetas a desarrollar en 12 años, con el objetivo de ampliar la red de metro en 55 Km, lo que sumaría un total de 100 kilómetros de vías. La prioridad era mejorar el tráfico en el centro urbano, incluyendo un nuevo eje en la Gran Vía que articulara los movimientos interiores; se buscaba también conectar los nuevos núcleos periféricos de la capital, que crecían rápidamente al calor de la oleada inmigratoria que llegaba a Madrid desde otras provincias españolas.

Si París tenía 25 kilómetros de red de metro por cada millón de habitantes, Madrid no quería ir a la zaga y planeaba que en 1980, cuando se calculaba que la ciudad tuviera cerca de 4 millones de habitantes, el 80% de la población tendría una estación de metro a menos de 400 metros de su casa. Para ello, se estableció en 500 metros la distancia ideal entre estaciones en el centro, y en 800 metros en la periferia. Se aspiraba a tener capacidad para atender a 500.000 viajeros en horas punta y a un total 2,5 millones cada día. Mientras tanto, la saturación de la línea 1 hizo necesario aumentar la longitud de los andenes de 60 a 90 metros para permitir la circulación con convoyes de seis coches; se pusieron en funcionamiento nuevos tramos que ampliaron las líneas existentes y se construyó la nueva línea 5 que uniría el sudoeste y el noreste de la ciudad.

Malos tiempos

Pero se avecinaban malos tiempos. Durante la década de los 70, el número de viajeros disminuía sin cesar y la Compañía empezó a sufrir importantes pérdidas. Para paliar la situación, se subió progresivamente el precio de los billetes, que sólo alcanzaba a cubrir el 60% del coste, con lo que el déficit del metro crecía exponencialmente. Pero esta medida no detuvo la sangría económica; era necesario actualizar el sistema, modernizar el servicio, y llevar a cabo planes de expansión. Demasiado para una empresa en crisis, por lo que el Estado decidió intervenir. El Gobierno firmó un Real Decreto el 7 de junio de 1978, por el que se creaba un Consejo de Intervención que asumió temporalmente la gestión del metro, con el encargo de modernizar el sistema en el plazo de cinco años, lo que incluía la adquisición de nuevo material móvil y la renovación de las líneas más antiguas. También se incluía inversión en publicidad para mejorar la imagen de este medio de transporte, modificar horarios, mecanizar los vestíbulos e introducir medidas de ahorro energético.

En el primer año de puesta en servicio, en 1919, 14 millones de personas viajaron en el metro

Poco después, el 15 de noviembre de 1979, se desprivatizó la Compañía Metropolitano de Madrid, S.A. por ley, declarando su utilidad pública y adquiriendo sus acciones, vía expropiación forzosa, que pasarían a la Diputación Provincial en un 25% y al Ayuntamiento de Madrid en un 75%. Con las actuaciones llevadas a cabo por el Estado ya se había cortado la sangría de viajeros, que crecieron en más de ocho millones, y los tramos inaugurados en aquellos primeros años 80 fueron los correspondientes a las líneas 6, 8 y 9, que ya habían sido iniciados anteriormente. La longitud de la red se incrementó en un 50 por ciento en el período 1979-1983 y el metro superó los 100 km.

Por entonces, el Ministerio de Obras Públicas ya proyectaba crear un organismo que coordinara todo el sistema de transportes madrileño. Paralelamente, y para ordenar el transporte del área metropolitana, la Comisión de Planeamiento y Coordinación del Área Metropolitana de Madrid (Coplaco), organismo dependiente de la Administración del Estado, trabajaba en un Plan Especial de Transporte para Madrid. Había sonado la hora del tren de Cercanías, que enlazaría la periferia con el centro urbano de Madrid.





Ante la ingente tarea de relanzar al gigante maltrecho, el 24 de marzo de 1986 –año definitivo en su andadura– el Ayuntamiento y la Comunidad de Madrid asumieron la propiedad de la Compañía Metropolitano de Madrid, cesaron al Consejo de Intervención que venía funcionando desde 1978 y nombraron un Consejo de Administración. Posteriormente, transfirieron sus acciones al Consorcio Regional de Transportes de Madrid, que se encargaría de diseñar y gestionar el sistema de transporte. Con ello finalizó el tormentoso camino en pos de la sostenibilidad económica de Metro.

Estación de Pinar del Rey y estación en el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas.

ÍNDICE TEMÁTICO REVISTA Fomento 2017

AEROPUERTOS

El DORA marca el rumbo para mejorar la eficiencia y la calidad de la red aeroportuaria española

LA COMPETITIVIDAD COMO META

Nº 668. Pág. 2

La Red de Aena alcanza su mejor registro histórico y supera los 230 millones de pasajeros en 2016

UN AÑO PARA RECORDAR

Núm. 670. Pág. 40

ARQUITECTURA

La X Bienal Iberoamericana de Arquitectura se exhibe en la Trienal de Milán

TRASPASANDO FRONTERAS

Nº 673. Pág. 32

Julio Martínez Calzón, Premio Nacional de Ingeniería 2017

INGENIERO, Y HUMANISTA

Nº 678. Pág. 24

El complejo de Nuevos Ministerios cumple 75 años

INSPIRADO EN EL ESCORIAL

Nº 678. Pág. 30

ASTRONOMÍA

Investigadores españoles desarrollan proyectos punteros de observación astronómica a través de ALMA

TRAS LOS SECRETOS DEL COSMOS

Núm. 670. Pág. 32

AVIACIÓN

Airbus ultima su modelo A350-1000, la variante de mayor tamaño y una autonomía de 14.800 kilómetros

GRANDES EN CAPACIDAD, LIGEROS EN CONSUMO

Nº 671. Pág. 48

Presentación del Plan de Navegación Aérea 2017-2020

ENAIRE SE PREPARA PARA EL FUTURO

Nº 673. Pág. 12

Vuelta al mundo de una joven piloto para impulsar la presencia femenina en las carreras técnicas y la aviación

UN VUELO INSPIRADOR

Nº 677. Pág. 18

CARRETERAS

El tramo Villalbilla-Quintanadueñas culmina la circunvalación de Burgos BU-30

ANILLO CERRADO

Nº 669. Pág. 2

Reparación de emergencia en el histórico puente mayor de Castrogonzalo, dañado por una crecida

REHABILITACIÓN EN EL ESLA

Núm. 670. Pág. 24

Nuevas soluciones tecnológicas aplicadas a la mejora de la vialidad invernal

CONTRA LA NIEVE Y EL HIELO

Nº 671. Pág. 26

Un tramo de carretera pone fin al aislamiento de un municipio de Gran Canaria

NUEVA ERA EN LA ALDEA

Nº 672. Pág. 22

El enlace de Recajo mejora la movilidad y la seguridad vial al este de Logroño

PEQUEÑA GRAN OBRA

Nº 673. Pág. 20

La construcción del tercer tramo de la B-40, la obra de carreteras más importante de Cataluña

AVANCES EN EL VALLÉS

Nº 675. Pág. 2

La variante de la A-33 elimina el paso de 14.000 vehículos/día por La Font de la Figuera

ADIÓS TRAVESÍA ADIÓS

Nº 675. Pág. 16

En servicio el segundo tramo de la autovía de la Ribagorza (A-14) en Lleida

CONTINUIDAD EN EL SAGRIÀ

Nº 676. Pág. 16

Entra en servicio el tramo más largo de la autovía del Altiplano en Murcia

LA A-33 CRECE

Nº 678. Pág. 2

CARTOGRAFÍA

La exposición Ecúmene, La evolución de la imagen del mundo, en la Casa del Mapa del IGN

LA TIERRA DESVELADA

Nº 673. Pág. 40

EXPOSICIONES

La Exposición Dron: Evolución, en la Sala de la Arquería del Ministerio de Fomento

DRONES DE AYER Y HOY

Nº 668. Pág.36

Eduardo Torroja: Propuestas para la Bahía de Cádiz 1927-28

VISIONES ANTICIPADAS

Nº 672. Pág. 46

La exposición de maquetas históricas rememora las obras públicas más singulares

HECHO A ESCALA

Nº 675. Pág. 50

El Museo del Ferrocarril de Madrid acoge más de 600 piezas de la colección de modelismo ferroviario de Pascual Quirós

MODELOS ÚNICOS

Nº 676. Pág.42

FERROCARRIL

Adif e Ineco asesoran a India en el diseño de su red de alta velocidad

EXPORTACIÓN DE EXPERIENCIA

Nº 668. Pág.28

Restauración de la estación de ferrocarril de Toledo

ARTESANÍA DE VANGUARDIA

Nº 669. Pág. 22

Innovación de los túneles de Bolaños, en el tramo Lubián-Ourense excavados

BAJO LA MONTAÑA GALLEGA

Núm. 670. Pág. 10

El parque minero de Ríotinto conserva algunas de las máquinas de vapor más antiguas de España

A TODO VAPOR

Núm. 670. Pág. 47

Trenes de Adif evalúan el tramo Valencia-Castellón del Corredor Mediterráneo

TIEMPO DE PRUEBAS

Nº 671. Pág. 2

Adif y Adif Velocidad actualizan sus declaraciones de Red para el 2017

INVENTARIO AL DÍA

Nº 671. Pág. 20

Los Proyectos de desarrollo de líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (V)

LA ALTA VELOCIDAD LLEGA A NUEVA YORK

Nº 671. Pág. 34

25 años de la puesta en servicio de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Sevilla

EL TREN QUE REJUVENECIÓ EL FERROCARRIL

Nº 672. Pág. 10

Renfe Operadora inicia la temporada de trenes turísticos con nuevas e interesantes propuestas

VIAJAR EN TREN, TODO UN PLACER

Nº 672. Pág. 28

El consorcio español inicia las pruebas de alta velocidad en la línea La Meca-Medina

ENSAYOS EN EL DESIERTO

Nº 673. Pág. 2

La Fundación de los Ferrocarriles Españoles publica el Atlas de la Alta Velocidad en España

EL AVE EN SUS COORDENADAS

Nº 673. Pág. 26

Recorrido circular en tren por las dos vertientes pirenaicas y el corazón de La Cerdanya

VENTANILLAS CON VISTAS

Nº 675. Pág. 36

Los proyectos de desarrollo de líneas de alta Velocidad en Estados Unidos (VI): Chicago-Connection

DESDE EL MISSISSIPPI A LOS GRANDES LAGOS

Nº 676. Pág.24

Adif desarrolla un plan de mejora y modernización que alcanza a 433 estaciones de su red convencional

PUESTA AL DÍA

Nº 677. Pág. 10

Los proyectos de desarrollo de líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (VII): del Pacífico al Gran Lago Salado por la meseta de Columbia

SEATTLE CONNECTION

Nº 677. Pág. 34

El tren turístico Felipe II inicia sus viajes a El Escorial

VIAJE AL CENTRO DEL IMPERIO

Nº 677. Pág. 42

ÍNDICE TEMÁTICO REVISTA Fomento 2017

La Bienal Next Station 2017, organizada por Adif y la UIC, avanza cómo será la estación inteligente

EFICIENTE, ATRACTIVA Y DIGITAL

Nº 678. Pág. 8

FILATELIA

Un sello muy especial homenajea la larga historia del Teatro Real

EL REAL, O LA FUERZA DEL DESTINO

Núm. 670. Pág. 2

HISTORIA

70 años del primer vuelo comercial Madrid- Buenos Aires

VOLANDO A LAS AMÉRICAS

Nº 669. Pág. 28

150 aniversario del ferrocarril Ciudad Real-Badajoz

UN TREN MUY DISPUTADO

Nº 669. Pág. 34

La Sala de las Ciencias de la Tierra y el Universo del Real Observatorio de Madrid guarda una valiosa colección de instrumentos astronómicos

TESOROS DEL SABER

Nº 671. Pág. 42

Corta de la Merlina, primer desvío del Guadalquivir que desde 1795 hizo más segura su navegación

EL RÍO ATAJADO

Nº 672. Pág. 34

La Compañía Auxiliar de Ferrocarriles (CAF) cumple 100 años

UN SIGLO DE INNOVACIÓN

Nº 672. Pág. 40

El arte del grabado y el ferrocarril del siglo XIX al XXI

UN TREN DE INSPIRACIÓN

Nº 673. Pág. 46

Cuarto centenario de la plaza Mayor de Madrid

MONUMENTAL TRANSFORMACIÓN

Nº 675. Pág. 42

1900 aniversario de la proclamación de Adriano como emperador

ROMA EN SU MÁXIMO APOGEO

Nº 676. Pág.32

La estación del Norte de Valencia cumple 100 años

LA CATEDRAL DE LOS TIEMPOS MODERNOS

Nº 677. Pág. 26

Centenario del inicio de las obras del metro de Madrid

DE UTOPÍA A REALIDAD

Nº 678. Pág. 38

I+D+i

Varias líneas de Investigación buscan reducir el consumo de energía y las emisiones de CO_2 en el ferrocarril

EL RETO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Nº 669. Pág.14

Fomento pone en marcha el Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras 2017-2020

UNA HOJA DE RUTA PARA ENCARAR EL FUTURO

Nº 678. Pág. 16

INGENIERÍA

Empresas españolas construyen los principales puentes atirantados en el nuevo continente

ICONOS FUTUROS DE AMÉRICA

Nº 676. Pág. 2

Viaducto sobre el río Guarga en la autovía A-23 en Huesca

OSCENSE SINGULAR

Nº 677. Pág. 2

PRESUPUESTOS

El proyecto del presupuesto global para el Grupo Fomento asciende a 17.104 M€ en 2017

AFIANZAR LA RECUPERACIÓN

Nº 671. Pág. 10

PUERTOS

El Plan de Accesibilidad Portuaria destina 1.418 millones de euros para impulsar la conectividad

NUEVOS CAMINOS PARA LOS PUERTOS

Nº 668. Pág. 10

Nueva terminal estratégica del puerto de Huelva

VOCACIÓN MINERA

Nº 669. Pág.8

El puerto de Ceuta amplía sus instalaciones

INTEGRADO EN LA CIUDAD

Nº 675.Pág. 10

RADIOASTRONOMÍA

El Observatorio de Yebes acoge el Centro de Desarrollos Tecnológicos del IGN y realiza observaciones avanzadas

ESCUCHADO EL UNIVERSO

Nº 675. Pág. 28

SALVAMENTO MARÍTIMO

Sasemar y el Centro Jovellanos liderarán el proyecto Picasso para mejora de la seguridad marítima

FORMAR PARA PREVENIR

Nº 668. Pág.16

Salvamento Marítimo prestó auxilio a un total de 17.921 personas durante 2016

UNA MANO TENDIDA EN EL MAR

Núm. 670. Pág. 18

El ejercicio internacional Polex pone a prueba efectivos de Salvamento Marítimo en aguas de Santander

COORDINADOS CONTRA LA CONTAMINACIÓN

Nº 676. Pág.10

TERCER CENTENARIO NACIMIENTO CARLOS III

El salón del Prado, paradigma del nuevo urbanismo ilustrado

MADRID, LA BELLA Y LA CIENCIA

Nº 668. Pág.42

Camino de las Pesquerías Reales y patrimonio del alto Eresma

SOLAZ DE LA CORTE

Nº 669. Pág. 40

TRANSPORTES

El sistema de navegación europeo Galileo comienza a ofrecer sus primeros servicios

PASO DE GIGANTES

Nº 668. Pág. 22

URBANISMO

Fomento promueve la Agenda Urbana española

POR UNAS CIUDADES MÁS SOSTENIBLES

Nº 675. Pág. 22

VIVIENDA

Presentado el borrador del Plan Estatal de Vivienda 2018-2021

UNA AYUDA PARA CADA NECESIDAD

Nº 672. Pág. 2

NÚMERO EXTRAORDINARIO



Calzadas y vías romanas: una red para un imperio

A BUEN CAMINO MEJOR VIAJE

Nº 674. Pág. 4

Edad Media: la difícil conservación del legado romano

TIEMPOS DE CAMINANTES INTRÉPIDOS

Nº 674. Pág. 16

Los caminos en la España de los siglos XV, XVI y XVII

EL LARGO ADIÓS AL MEDIEVO

Nº 674. Pág. 30

Caminos y carreteras en el siglo de la Ilustración

PENSANDO EN EL TRANSPORTE

Nº 674. Pág. 42

De 1800 a 1960: hacia la Red Nacional de Carreteras

DE LA GRAVA AL ASFALTO

Nº 674. Pág. 54

1960-2017 Crecimiento y modernización de las carreteras

LA CONFIGURACIÓN DE LA RED

Nº 674. Pág. 72

Como serán las infraestructuras viarias del futuro

CARRETERAS 4.0

Nº 674. Pág. 84



RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN

Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.



PVP: 10 €

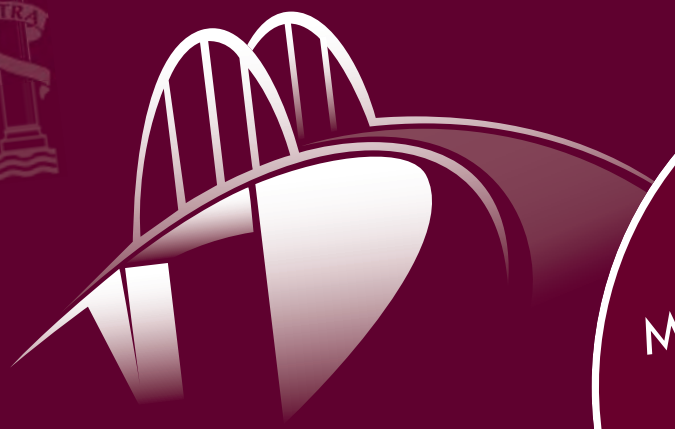
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

2017

Mapa Oficial de Carreteras©

ESPAÑA



GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

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*



También en el DVD:

1112 Espacios Naturales Protegidos
152 Rutas Turísticas
117 Vías Verdes

Edición 52
P.V.P.: 22,74€

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 678, diciembre 2017**

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

Año de edición: 2017

Características Edición:
1ª edición electrónica: enero 2018
Formato: PDF
Tamaño: 12,73 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 €

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.



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: **Anuario 2017 de la Revista del Ministerio de Fomento**

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

Año de edición: 2018

Características Edición:
1ª edición electrónica: octubre 2018
Formato: PDF
Tamaño: 77,73 MB

Edita:
© Ministerio de Fomento
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

NIPO: 161-15-044-2
I.S.B.N.: 978-84-498-1032-9
P.V.P. (IVA Incluido): 10 €

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.

