

Revista del  
Ministerio de

Octubre 2017 Nº 676 3€

# Fomento



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 AUJE DE UN LEGADO





## *Historia de los caminos y carreteras en España*



**MONOGRÁFICO**

Julio-Agosto 2017

**PVP: 6 €**



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](mailto:cpublic@fomento.es)

**Director de la Revista:** Antonio Recuero.

**Maquetación:** Aurelio García.

**Secretaría 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 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.



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE FOMENTO

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.

**E**legantes, 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).



► Vista del futuro puente Nuevo Champlain, en Montreal (Canadá). Debajo, montaje de los cabeceros del tablero sobre el agua.

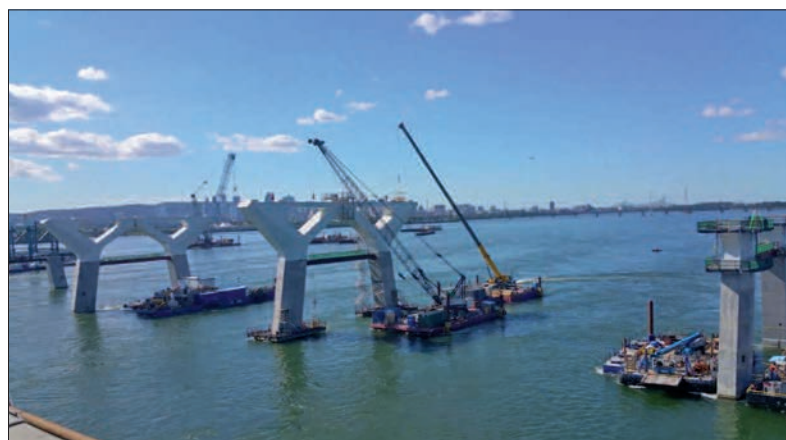
## PUENTE NUEVO CHAMPLAIN

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





► 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 las 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



► 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 nove-

dad, 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 Ba-*

*rra 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 Araucanía, a cargo de un consorcio liderado por Assignia, con diseño de Apía 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 arceles, 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.

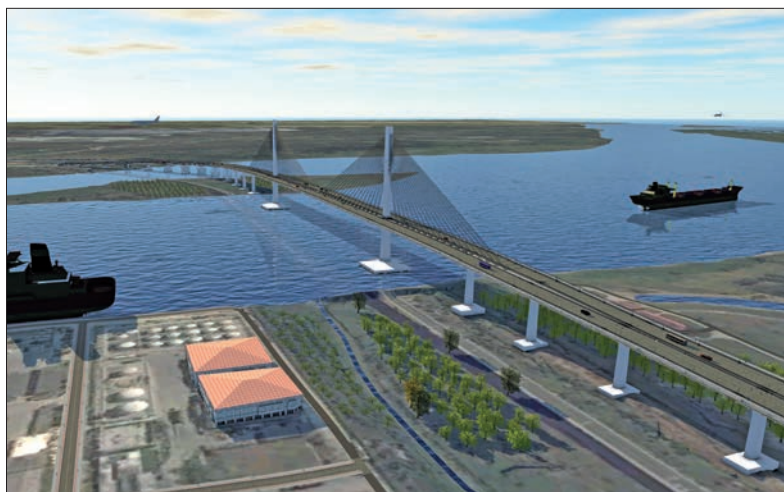
El nuevo puente, que como en los casos previos se ejecutará al lado del existente, será una estructura de 3.900 metros de longitud con un tramo central atirantado y sen-

dos 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 arceles (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, releva 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 las 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 hispano-colombiano 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 puente 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.

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 Mersey-link, 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 extradrosada (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.



Dragados



► 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. ■





*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.

**E**

l 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 las 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 es-

corado. 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 Pisuegra 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

### El palacio de la Magdalena se convirtió en improvisado centro de coordinación y seguimiento del ejercicio POLEX 24-17

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.

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.

**E**l 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 gloriets 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-



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 desmorte 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

► Vista general de la autovía A-2 y el enlace con la A-14.

### Unidades de obra

Excavación en desmorte	1.800.711 m <sup>3</sup>
Terraplén	1.446.378 m <sup>3</sup>
Acero B500S	2.001 t
Acero S355 JG23	411 t
Hormigones	28.871 m <sup>3</sup>
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 isotáticos resueltos con una viga artesana 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 convenciona-

les 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.

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.



► Barrera ejecutada in situ.

Universitat Politècnica de Catalunya



► 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<sup>2</sup>, así como la aplicación de hidromanta en una superficie de 115.778 m<sup>2</sup>, 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<sup>2</sup> 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. ■

A wide-angle photograph of the Chicago skyline, featuring prominent skyscrapers like the Willis Tower, reflected in the calm waters of Lake Michigan. The sky is a clear, pale blue, and the water shows subtle ripples and reflections of the buildings.

*LOS PROYECTOS DE DESARROLLO DE LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD  
EN ESTADOS UNIDOS (VI): CHICAGO CONNECTION*

# Desde el Mississippi a Los Grandes Lagos



*LUIS FORT LÓPEZ-TELLO Y CARMEN FORT SANTA-MARÍA*

El Anteproyecto “Misilino 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).

**L**a 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”.

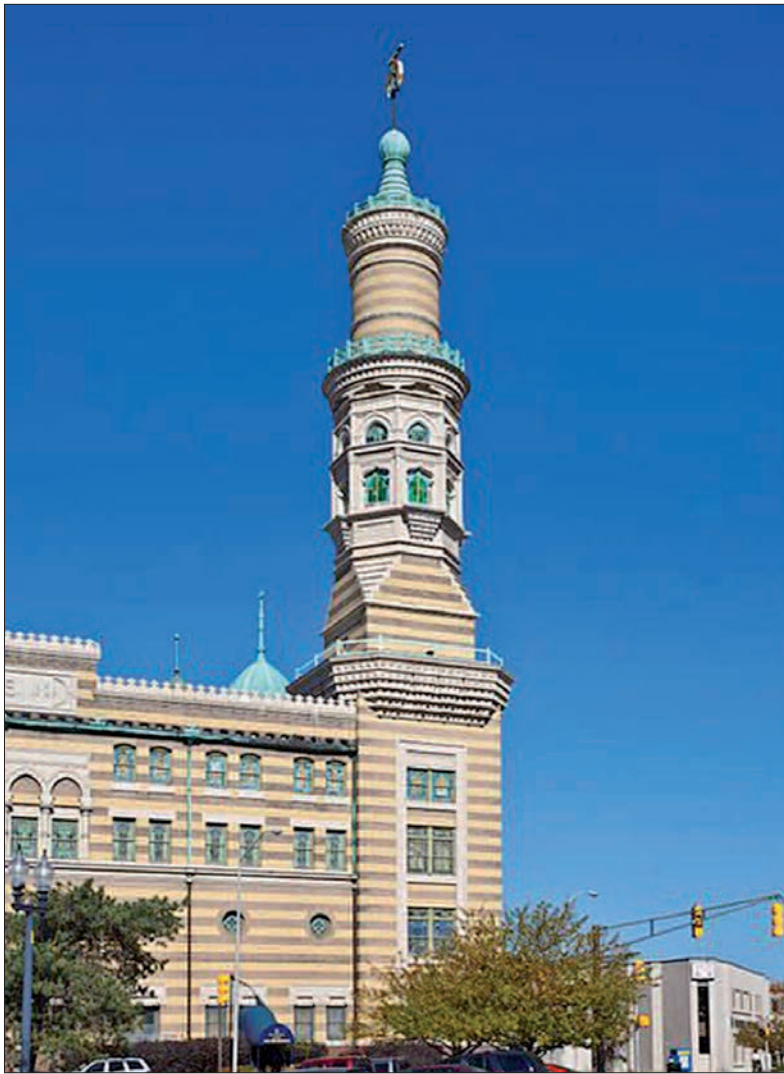
Los franceses Louis Joliet y el padre Jacques Marquette fueron comisionados por el gobierno francés en 1673 para explorar el territorio, estableciendo este último una misión india en la zona.

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  
circuitó automovilístico de  
Indianápolis.



► Torreón del Murat Shrine Center de Indianápolis. Debajo, en rojo, trazado propuesto para el proyecto Chicago Connection (plano 1).

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 “Misilino 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 “illinoiano”.

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-



**Tabla Resumen: USHSRS-Chicago Connexion (Unidad Estructural VI-1: Ingleses Nordeste)**

		"Lincoln Home Line"		"Shikaakwa/Marquette Line"		MISILINOH Project	
Unidades	Secciones	HSL SAINT LOUIS-SPRINGFIELD-CHICAGO/GARY MISSOURI- ILLINOIS Connexion		HSL CHICAGO/GAR-INDIANAPOLIS-CINCINNATI/HAMILTON INDIANA-OHIO Connexion		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/SinE)	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	
Mm²	Movimientos de Tierras (Total)	57,15		39,59		96,74	
Mm²	Excavación	20,02		17,18		37,20	
Mm²	Relleno	35,33		21,51		56,84	
Mm²	Túneles	1,8		0,90		2,70	
Mm²	Tras compensaciones	-15,31		-4,33		-19,64	
Mm²	Déficit (-)	-24,19		-13,44		-37,63	
Mm²	Exceso a Verdadero (+)	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, Dirección 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	Relleve - 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 "Misilino 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<sup>3</sup> de movimiento de tierras más 3 Mm<sup>3</sup> 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 "Misilino 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 PAET de 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 moderada 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-



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 im-

ponente 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.

## 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-

► Vista aérea del muro de Adriano, que se extiende a lo largo de 73 millas, en la región de Northumbria, al norte de Inglaterra.



► 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 veintinueve 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 sinnúmero 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-



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.

► *Dos vistas del foro romano de Tarragona.*

## 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 yegadas, pero además, Hispania era el mayor complejo minero del Imperio con sus yacimientos de plomo, hierro, cobre, plata y oro lo-



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 calza-

da 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 Peña 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 Peña 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,



► Presa de Cornalvo (Badajoz).

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<sup>2</sup> que disponía, entre otras dependencias, de gimnasio, biblioteca, sauna, y varias piscinas de agua





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<sup>2</sup> y los 4000m<sup>2</sup>, 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 Sevilla.
- ✓ *Hispania, el legado de Roma.* Ministerio de Educación y Cultura.

# Centro de publicaciones

Librería de publicaciones oficiales



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







*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... Mo-



delos 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 ex-

clusivas 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-





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 ferro-

viario, 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). ■

► Carlos Pascual Quirós junto a una de las vitrinas en la que se exhibe una parte de su colección.

### 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](http://www.museodelferrocarril.org)



Especial



# 30

Vías Verdes por España

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](mailto:cpublic@fomento.es)

# 2017

## Mapa Oficial de Carreteras<sup>®</sup> 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](http://www.fomento.gob.es)



Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Fomento:  
[www.fomento.gob.es](http://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.

