

Revista del
Ministerio de

Junio 2016 Nº 662 3€

Fomento



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

RAFAEL MONEO,
PREMIO NACIONAL
DE ARQUITECTURA 2015

EL PUENTE SOBRE
LA BAHÍA DE CÁDIZ, PREMIO
ACUEDUCTO DE SEGOVIA

VARIAS CIUDADES ESPAÑOLAS
PROMUEVEN LA IMPLANTACIÓN
DEL AUTOBÚS ELÉCTRICO

LA VUELTA AL MUNDO
POR LOS POLOS
DE UN AVIADOR ESPAÑOL



Centro de publicaciones

Librería de publicaciones oficiales



www.fomento.gob.es



Director de la Revista: Antonio Recuero.

Jefe de Redacción: Mariano Serrano.

Maquetación: Aurelio García.

Secretaría de redacción: Ana Herráiz.

Archivo fotográfico: Vera Nosti.

Portada: Michael Moran.

Elaboración página web:

www.fomento.gob.es/publicaciones.

Concepción Tejedor.

Suscripciones: 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos).

Colaboran en este número: Jaime Arruz, Marián Campra, Pepa Martín, Javier R. Ventosa, y Julia Sola Landero.

Comité de redacción: Presidencia:

Mario Garcés Sanagustín

(Subsecretario de Fomento).

Vicepresidencia: Eugenio López Álvarez

(Secretario General Técnico).

Vocales: Luis Izquierdo Labella (Director de Comunicación), Pilar Garrido Sánchez

(Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda), Eloísa Contín Trillo-Figueroa

(Jefa del Gabinete del Subsecretario),

Mónica Marín Díaz (Directora del Gabinete

Técnico de la Secretaría General de

Infraestructuras), M^o José Rallo del Olmo

(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría

General de Transportes), Pedro Guillén

Marina (Director 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

ARQUITECTURA

02

ESPACIOS CON ALMA

RAFAEL MONEO, PREMIO NACIONAL DE ARQUITECTURA 2015



INGENIERÍA

10

CALIDAD RECONOCIDA

PREMIO ACUEDUCTO DE SEGOVIA PARA EL PUENTE SOBRE LA BAHÍA DE CÁDIZ

TRANSPORTES

18

RECARGA INTELIGENTE

VARIOS PROYECTOS EUROPEOS PROMUEVEN LA IMPLANTACIÓN DEL AUTOBÚS ELÉCTRICO EN LAS CIUDADES



FERROCARRIL

24

SEGUNDA VIDA DEL TREN

LA ASSOCIACIÓ PER A LA RECONSTRUCCIÓ DE MATERIAL FERROVIARI CUMPLE 20 AÑOS

30. EFÍMERO PERO PROVIDENCIAL
125 ANIVERSARIO DE LA LÍNEA MADRID-ALMOROX

36. LA MAESTRÍA DE UN REFERENTE ACTUAL
75 ANIVERSARIO DE LAS CUBIERTAS DEL HIPÓDROMO DE LA ZARZUELA

44. UNA OBRA COLOSAL
HACIA LA RECUPERACIÓN DEL ACUEDUCTO ROMANO DE CÁDIZ

50. GESTA POR UNA BUENA CAUSA
LA VUELTA AL MUNDO POR LOS POLOS DE UN AVIADOR ESPAÑOL PERMITIRÁ MEDIR LA HUELLA DE CARBONO EN ZONAS REMOTAS

RAFAEL MONEO, PREMIO NACIONAL DE ARQUITECTURA 2015

Espacios con alma

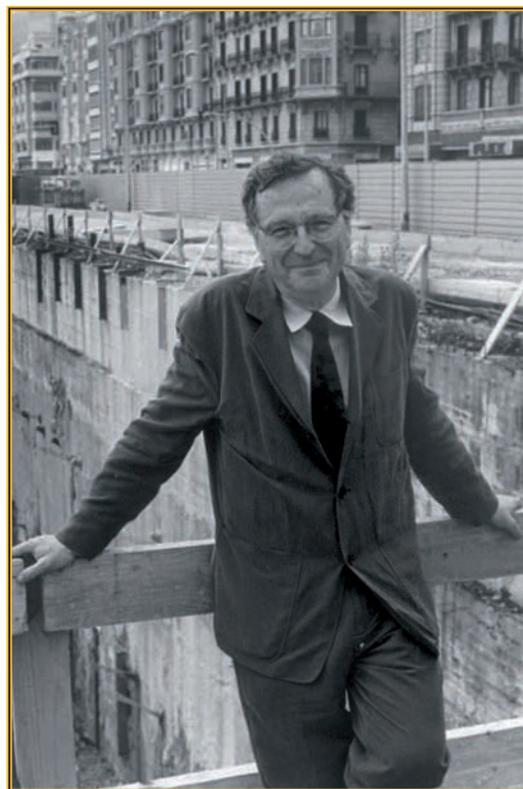


PEPA MARTÍN MORA. FOTOS: ESTUDIO MONEO

La calidad de su obra, su contribución al pensamiento arquitectónico y su labor docente en las más prestigiosas universidades del mundo, han sido razones de peso para conceder de nuevo a Rafael Moneo el Premio Nacional de Arquitectura.



► Vista aérea de la ampliación del Museo del Prado.



El Ministerio de Fomento reconoce la trayectoria de Rafael Moneo galardonándole con el Premio Nacional de Arquitectura 2015. Se rinde así testimonio de admiración a su trabajo y al conjunto de su obra, con la que ha contribuido de forma extraordinaria al enriquecimiento de los aspectos sociales, tecnológicos y sostenibles de la arquitectura y el urbanismo español tanto dentro como fuera de nuestro país.

Así lo ha entendido el jurado compuesto, bajo la presidencia honorífica de la ministra en funciones de Fomento, Ana Pastor, por prestigiosos profesionales del mundo de la arquitectura, como el anterior galardonado, el arquitecto y artista plástico Juan Navarro Baldeweg, o el premiado en 2010, Lluís Clotet, además de Simón Marchán Fiz, en representación de la Real Academia de Bellas Artes, Jordi Bonet y Armengol, de la Conferencia de Rectores de las Universidades de España, Ángela García de Paredes Falla, del Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, y Rafael de La Hoz Castanys, de la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo.

“Este nuevo reconocimiento es un regalo con el que no contaba”, asegura Rafael Moneo, de paso por Madrid para atender sus múltiples compromisos profesionales. Y quizá no contaba con la sorpresa del premio porque, tal y como él explica, “no me cuesta decir, porque lo creo muy de veras, que me siento sobradamente reconocido por lo que ha sido mi trabajo”.

El Museo de Arte Romano de Mérida

Rafael Moneo asegura que el proyecto del que se siente más orgulloso es el Museo Nacional de Arte Romano de Mérida, un edificio construido por el arquitecto navarro entre los años 1980 y 1986, que no sólo atrajo el reconocimiento internacional de su obra, sino que marcó el inicio de un periodo de esplendor de la arquitectura española.

Se trata de un edificio que respeta al máximo el yacimiento arqueológico que se descubrió cuando se emprendió la excavación previa a la construcción, perteneciente a una zona suburbana de la ciudad, y que se ubica junto al conjunto arqueológico formado por el teatro y el anfiteatro.

La idea de Moneo era que el museo tuviera el carácter y la presencia de un edificio romano, por lo que todos los materiales de su arquitectura —construido en hormigón aunque sus muros están revestidos de ladrillo, aparejado conforme lo hacían los romanos— están ligados a la cultura y al contenido expuesto, más de 36.000 piezas. El complejo consta de dos volúmenes conectados por un puente, con un interior a base de arcos —utilizados por la civilización romana para conmemorar sus logros y hazañas— y diafragmas que se abren a una suave luz cenital.

En el primer espacio se sitúan los servicios y el área administrativa, mientras que el segundo, mucho más monumental, está destinado a la exposición permanente, repartida a lo largo de tres alturas. Las ruinas del yacimiento arqueológico se encuentran en la cripta, perfectamente integradas con la arquitectura del edificio y, gracias a un corredor, el Museo se comunica con la zona del teatro y el anfiteatro.

El Museo Nacional de Arte Romano es una Institución con una trayectoria de más de 175 años, que se remonta a una pequeña colección de carácter local. Debido a la importancia del yacimiento emeritense fue creciendo hasta alcanzar la categoría de nacional y lograr alojarse en este edificio de nueva planta donde se exhiben sus colecciones del periodo romano, motivo central de la exposición permanente.

Se da la circunstancia de que en 1961, junto al arquitecto Fernando Higueras, Moneo también recibió el galardón, pero entonces se reconocía una obra arquitectónica concreta, y no una trayectoria, y en este caso fue por el anteproyecto de lo que era el Centro de Restauraciones Artísticas, actualmente Instituto del Patrimonio Cultural de España, que desde 2001 cuenta con la declaración de Bien de Interés Cultural con la categoría de monumento.

Un total de dieciséis candidaturas han concurrido a esta edición, a propuesta de hasta 24 organizaciones o instituciones vinculadas a la arquitectura, el urbanismo o las bellas artes, como es el caso de la revista de arquitectura *AV/Arquitectura Viva*, responsable de la pre-



Michael Moran

sentación de Rafael Moneo, de quien se ha valorado la calidad de su obra, reconocida dentro y fuera de nuestras fronteras, su contribución al pensamiento arquitectónico y su magisterio en las más prestigiosas universidades de todo el mundo.

Trayectoria

José Rafael Moneo Vallés, nombre completo del arquitecto nacido en la localidad navarra de Tudela, en 1937, estudió en la Escuela de Arquitectura de Madrid, en la que se tituló en 1961. Siendo estudiante trabajó en el estudio de otro histórico de la arquitectura, Francisco Javier Sáenz de Oiza, en Madrid.

► Interior del Museo Nacional de Arte Romano de Mérida.

En 1963 obtiene una beca en la Academia de España para continuar con su formación en Roma, una ciudad decisiva en su evolución profesional, y en la que permanece hasta 1965 para volver a España como profesor adjunto en la Escuela de Arquitectura de Madrid.

En 1970 consigue la cátedra de Elementos de Composición de la Escuela de Arquitectura de Barcelona, cátedra de la que también se encarga en la Escuela de Madrid entre los años 1980 y 1985. En ese año, y hasta 1990, es nombrado Chairman en la Graduate School of Design de la Universidad de Harvard, de la que actualmente es titular de la Sert Professorship. También ha desarrollado su actividad docente en las escuelas de Arquitectura de Lausana, en Suiza, y en Princeton, EEUU.

Sin duda alguna, una larga y fructífera labor docente con cuya dedicación considera ha hecho su mayor aportación al mundo de la Arquitectura, aunque también lo ha enriquecido con su trayectoria como conferenciante y crítico y teórico de la arquitectura moderna, publicando sus escritos en un buen número de revistas profesionales y presentando sus trabajos a través de exposiciones y conferencias impartidas por todo el mundo, además de ser cofundador de la revista *Arquitecturas Bis*.

También ha escrito varios libros, entre ellos "Inquietud teórica y estrategia proyectual en la obra de ocho arquitectos contemporáneos", de 2005, que ha sido traducido a siete idiomas, y "Apuntes sobre 21 obras", publicados de forma simultánea en 2010 en castellano, por la editorial Gustavo Gili, y en inglés, "Remarks on 21 works", por Monacelli.

Moneo reconoce que la ampliación del Museo del Prado ha sido uno de los proyectos más exigentes de toda su carrera

Una larga trayectoria que le ha permitido desarrollar su labor por medio mundo, aspecto éste del que se siente muy satisfecho: "me alegra el haber tenido ocasión de construir en ciudades que han tenido que ver con mi vida, como Madrid, Barcelona, o San Sebastián, en España, además de otras como Nueva York, Estocolmo, Los Angeles, o Boston, en el extranjero".

► Sala de Exposiciones de la Fundación Miró (Palma de Mallorca).

Michael Moran





Probablemente, uno de los proyectos que le ha otorgado mayor popularidad haya sido su intervención en la transformación del eje Prado-Recoletos, donde ha dejado tres de sus obras más representativas: la ampliación del Museo del Prado, el proyecto que “sin duda, y por muy diversas razones” le planteó más dificultades en su desarrollo, la rehabilitación del Palacio de Villahermosa para convertirlo en el Museo Thyssen-Bornemisza, y su intervención en el Banco de España, “aunque si tuviera que elegir alguna obra tendría que mencionar el Museo de Arte Romano de Mérida” como el proyecto del que se siente más orgulloso.

Cabe destacar también el Centro de Congresos Kursaal de San Sebastián; el edificio LISE (Laboratorio para Ciencias e Ingenierías) en la Universidad de Harvard, de 2007 también; el Museo del Teatro Romano en Cartagena, de 2008; la Biblioteca para la Universidad de Deusto, de 2009; los laboratorios para Novartis en Basilea, en Suiza, de 2009; el Centro Cívico de La Romareda, en Zaragoza, de 2010; el Laboratorio de Ciencias para la Universidad de Columbia, en Nueva York, de 2010; la Parroquia Riberas de Loiola, en San Sebastián, de 2011; el Centro de Congresos de Toledo, de 2012; el Centro de Neurología y Psicología de la Universidad de Princeton, New Jersey, 2014, y el Museo Universidad de Navarra, en Pamplona, entre 2008 y (2014).

Galardones y distinciones

No es la primera vez que Rafael Moneo recibe un premio de tanta categoría, uno de los máximos galardones que el sector concede a nivel nacional, dotado con 60.000 euros. Al doblete del Premio Nacional de Arquitectura conseguido este año y en 1966, se suma una larga lista de distinciones que Moneo tiene en su haber, como es el Premio Pritzker de Arquitectura de 1996, que concede la Academia Americana de las Artes y las Letras, y que por primera vez recibió un español. Considerado el Nobel de la arquitectura y dotado con un premio de 100.000 dólares, destaca porque sin duda “dentro de la profesión probablemente sea el Pritzker el premio más codiciado”. También en 1996 fue distinguido con la Medalla de Oro de la Unión Internacional de Arquitectos, un mérito que elevó su obra a la categoría de las más significativas de la arquitectura del momento.

Matiza, no obstante, que aunque todos los galardones los ha recibido con mucho gusto, probablemente uno de los que le causaron mayor satisfacción fue el Premio Príncipe de Asturias de las Artes en 2012, cuyo jurado reconoció en su fallo la dimensión universal de este arquitecto español. También se valoró especialmente la singular huella que deja en cada una de sus

► Ampliación del Ayuntamiento de Murcia.

Premiados

Aunque el Premio Nacional de Arquitectura se constituyó en el año 1932, desde 2001 se concede al conjunto del trabajo de un arquitecto, un criterio distinto con el que surgió, que era el de premiar una obra concreta. Desde entonces, estos han sido los premiados:

2001	<i>José Antonio Corrales</i>
2002	<i>Miguel Fisac</i>
2003	<i>Antonio Fernández Alba</i>
2004	<i>Matilde Ucelay Maortúa</i>
2005	<i>Santiago Calatrava</i>
2006	<i>Oriol Bohigas</i>
2007	<i>No concedido</i>
2008	<i>No concedido</i>
2009	<i>Carlos Ferrater</i>
2010	<i>Lluís Clotet</i>
2011	<i>No concedido</i>
2012	<i>No concedido</i>
2013	<i>No concedido</i>
2014	<i>Juan Navarro Baldeweg</i>
2015	<i>Rafael Moneo</i>

► Centro de Congresos
y Auditorio Kursaal.
(San Sebastián).

creaciones, “en las que procura conjugar estética con funcionalidad”, además de “su producción serena y pulcra que contribuye a enriquecer los espacios urbanos”, cualidades por las que se le ha calificado como “maestro reconocido en el ámbito académico y profesional”. A este reconocimiento tan especial para él suma también la Medalla de Oro del Royal Institute of British Architects, en 2003.

Y entre sus muchos galardones es preciso referir también el Premio Príncipe de Viana del Gobierno de Navarra, el Premio Schock de Artes Visuales de la Real Academia de Bellas Artes de Suecia y el Premio Arnold W. Brunner de la American Academy of Arts and Letters, todos ellos conseguidos en 1993, además de la Laurea ad Honorem del Instituto Universitario de Arquitectura de Venecia de 1994.

Pero al margen de esos premios a su trayectoria, sus edificios también han recibido numerosas distinciones, como es el caso del Museo Nacional de Arte Romano de Mérida, que fue galardonado con el Premio Manuel de la Dehesa al Edificio Público Emblemático Español de la Década 1983-93.

También ha sido condecorado como Doctor Honoris Causa por la Universidad Católica de Lovaina, en Bél-





gica, en 1993; en 1997 por el Royal Institute of Technology de Estocolmo, y en 2002 por l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

En 1992 recibió la Medalla de Oro al Mérito de las Bellas Artes en nuestro país, y en 2006 la de la Arquitectura Española, concedida por el Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, galardón que también le concedieron en 1996 la Academia de Arquitectura de Francia y la Unión Internacional de Arquitectos, en 2001 el Círculo de Bellas Artes de Madrid, y en 2003 el Royal Institute of British Architects de Londres, ya mencionado.

Otros premios a destacar en su extenso haber son en 1998 el Premio Internazionale di Architettura Antonio Feltrinelli de la Accademia Nazionale dei Lincei en Roma; el Premio Rey Jaime I de Urbanismo, Paisaje y Sostenibilidad 2010; el del Royal Institute of Architects of Ireland, o el de la Thomas Jefferson Medal in Architecture en 2012.

También en 1995 el edificio Lilla Diagonal, que realizó en colaboración con Manuel de Solá Morales, recibió el Premio Manuel de la Dehesa en el marco de la III Bienal de Arquitectura Española, y en 1998, con el Museo de Arquitectura de Estocolmo, la Asociación Nacional de Arquitectos Suecos le concedió el Kasper-Salin Prize. Y ya otra vez en nuestro país, en 2001, con el Centro de Congresos y Auditorio Kursaal de San Sebastián, ganó el Premio Mies Van Der Rohe de la Unión Europea de Arquitectos y el premio Manuel de la Dehesa, nuevamente de la VI Bienal de Arquitectura Española.

Una dilatada carrera profesional y docente, en suma, que ha hecho que Rafael Moneo haya sido nombrado académico numerario de la Real Academia de Bellas Artes de Madrid desde 1997, así como miembro de la Academia Americana de las Artes y las Ciencias, de la Accademia di San Luca de Roma, de la Swedich Royal Academy of Fine Arts, y de Jakiunde, la Academia de las Ciencias de las Artes y de las Letras impulsada por la Sociedad de Estudios Vascos. Además, es miembro honorífico del Instituto Americano de Arquitectos y del Real Instituto de Arquitectos Británicos. ■



Revista del Ministerio de

Fomento

Julio-Agosto 2015 • Nº 652 • 6 €



Ingeniería española en el exterior



MONOGRÁFICO
Julio-Agosto 2015

PVP: 3 €



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

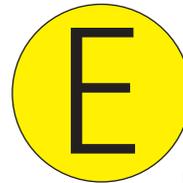
PREMIO ACUEDUCTO DE SEGOVIA PARA EL PUENTE SOBRE LA BAHÍA DE CÁDIZ

**Calidad
reconocida**



JAVIER R. VENTOSA. FOTOS: UTE PUENTE DE CÁDIZ

En sus escasos siete meses de vida operativa, el puente de la Constitución de 1812, que enlaza Cádiz y Puerto Real sobre la bahía gaditana, ha recibido diversos galardones que lo reconocen como una obra pública de talla mundial. La ingeniería española lo homenajea ahora con el premio Acueducto de Segovia, en reconocimiento a la trascendencia que tanto promotores y proyectistas como constructores le han dado al factor ambiental a la hora de diseñar, ejecutar y explotar esta gran infraestructura enclavada en una zona protegida.



El premio Acueducto de Segovia, convocado bianualmente por la Fundación Caminos y el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, es uno de los galardones más prestigiosos que se conceden en el campo de la ingeniería civil en España. A diferencia de otros premios similares, no solo homenajea a la obra pública nacional bien planificada y ejecutada, sino que amplía su reconocimiento a la importancia que las consideraciones ambientales tienen sobre el proyecto, la construcción y la explotación de esa obra. De ahí el “apellido” de Obra Pública y Medio Ambiente que acompaña al premio desde su origen.

En su séptima edición, el jurado ha concedido el premio al puente de la Constitución de 1812 sobre la bahía de Cádiz, “por su trascendencia mundial y los retos técnicos superados, así como por su contribución social y su adaptación a un enclave único, como es el Parque Natural de la Bahía de Cádiz”. Para llegar a esta decisión, alcanzada tras arduas deliberaciones, el jurado ha estudiado las diversas propuestas recibidas, analizando factores tales como el encaje del proyecto con el medio ambiente, su carácter social y cultural, la calidad ambiental y científica de las medidas correctoras proyectadas y sus valores estético y paisajístico, así como la perfección alcanzada en su ejecución y acabado.

Como rasgo característico del certamen, el premio ha recaído conjuntamente en los distintos actores que han hecho realidad el denominado segundo puente, término acuñado por los gaditanos para diferenciarlo del puente existente. Por ello, recibieron galardones el Ministerio de Fomento y la Dirección General de Carreteras (Demarcación de Carreteras del Estado en Andalucía Occidental) como promotores de la obra; las empresas de ingeniería Ginprosa y Carlos Fernández Casado co-



mo proyectistas, y la UTE Puente de Cádiz (Dragados-Drace Infraestructuras) como constructores. Javier Manterola, presidente de la segunda ingeniería mencionada, agradeció el premio en nombre de todos y destacó la dificultad que ha entrañado realizar un puente de esas características en un entorno tan singular como el de la bahía de Cádiz.

Estudio de soluciones tipológicas

Construir una infraestructura de las magnitudes del puente gaditano (3.092 metros de longitud, el más largo de carreteras de España, y 69 metros de gálibo vertical libre, el segundo más alto del mundo), pieza central del tercer acceso a Cádiz, ha sido un formidable reto técnico que la ingeniería española ha solventado con nota y que, a tenor de su utilidad social (más de

El puente de la Constitución de 1812, en cifras

Longitud total	3.092 m
Viaducto acceso desde Cádiz	580 m
Tramo desmontable	150 m
Tramo atirantado	1.180 m
Viaducto acceso Puerto Real	1.182 m
Pendiente máxima	5%
Radio mínimo en planta	350 m
Pilas	37
Pilotes pilas 2-11 y 14-37	309
Pilotes pilas 12 y 13 (torres)	104
Acero (tableros, ferralla, pretensado)	63.808 kg
Hormigón estructural	116.322 m ³
Tablestacas metálicas	24.467 m ²
Pilotes de hormigón	19.166 m
Mezclas bituminosas en firmes	108.093.000 kg



► *El puente se inserta con elegancia y ligereza en la bahía de Cádiz.*

23.000 usuarios diarios en abril, cerca de los 25.000 previstos como intensidad media máxima), está plenamente justificada. Más delicada ha sido su inserción en una bahía de marcada personalidad, consustancial al pasado y el presente de la ciudad de Cádiz, que forma parte de un espacio natural de gran valor ecológico y protegido como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) y Zona Especial de Protección de Aves (ZEPA). El desafío ha sido lograr que la interposición de la obra pública no dañara al entorno. Más aún, hacer del puente y de la bahía un conjunto ambiental, visual y estético que mejorara lo existente.

El estudio de soluciones tipológicas para el puente —en la fase inicial del proyecto se desestimó, por costosa, la idea de un túnel sumergido— se ha abordado, por tanto, desde la premisa básica de adaptarlo al paisaje y respetar el entorno natural. Este estudio también ha debido ajustarse a las características de ese en-

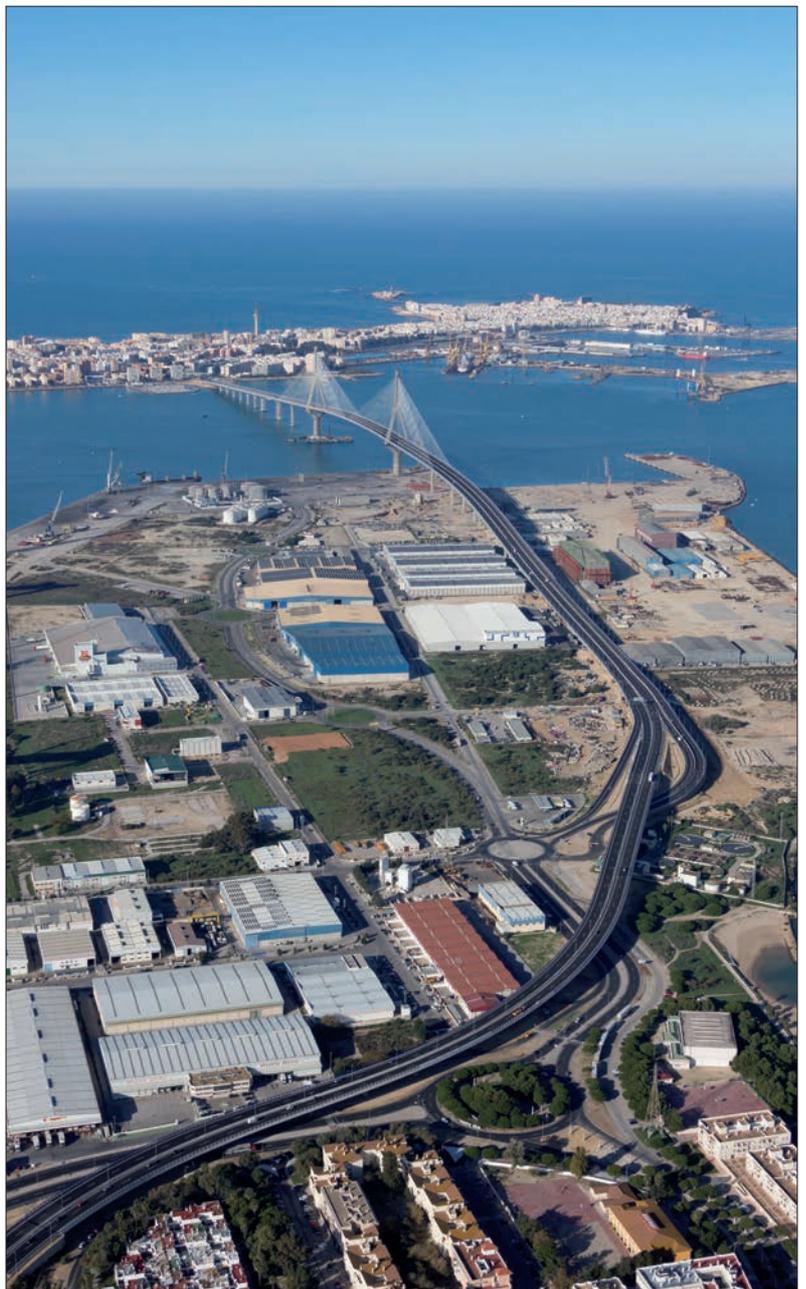
torno, incluida la existencia del canal de navegación de la bahía, de unos 400 metros de anchura, junto al muelle de la Cabezuela (Puerto Real), gálibo que las autoridades portuarias extendieron hasta 540 metros para no ocupar la orilla de ese muelle. También los astilleros de Navantia, al reclamar un gálibo vertical libre de 100 metros para sus buques, condicionaron el estudio de soluciones para los distintos tramos del puente, proyectándose primero un tramo móvil de 185 metros de luz, luego sustituido por un tablero desmontable para dar paso a artefactos de altura excepcional.

Como tipologías se barajaron la del puente atirantado continuo de varios vanos, habitual para cruzar bahías de unos 1.500 metros como la de Cádiz, pero no justificada con las profundidades variables que presenta (desde 14 metros en el canal de navegación hasta 2 metros), además de ser más cara, por lo que fue descartada. También se desestimó la tipología de arco con tablero infe-

rior. La solución definitiva, por tanto, estaba abocada al proyecto de un tramo único de más de 540 metros de luz sobre el canal de navegación (longitud que permitiría la maniobrabilidad de los buques a la entrada del puerto), con un gálibo vertical libre de cerca de 70 metros (para evitar interrupciones de tráfico rodado como en el puente José León de Carranza, que se tiene que abrir y cerrar para dar paso a los barcos), más un tramo desmontable y dos viaductos de acceso, uno en el lado Puerto Real y otro en el lado Cádiz. En total, una sucesión de cuatro puentes independientes. Para el tramo principal se optó por la solución atirantada, recomendada por la tecnología actual. En este caso, los 540 metros cuelgan de dos torres de 180 metros de altura por medio de 176 tirantes, quedando a ambos lados tramos de compensación de 320 metros, en los que se ha jugado con la transición de luces para lograr un puente de gran visibilidad en un entorno urbano.

El puente justifica su utilidad social en los más de 23.000 usuarios que lo utilizan a diario, cerca del límite máximo previsto

La elección del material de los tableros sobre el mar (mixto hormigón-acero, salvo el tramo desmontable, de acero) ha respondido a razones de ejecución y de coste, pero también al propósito de conseguir un dintel ligero, aerodinámico y esbelto, con bordes muy perfilados, que se mantiene constante de un extremo al otro (3 metros de canto) y que cuando necesita saltar se atiranta con cables. También en el diseño de las dos torres de atirantamiento, de forma romboidal, se ha buscado la esbeltez, obtenida por un dimensionamiento estricto utilizando el plegado de la superficie para afinarlo y reducir su presencia.



► Vista del nuevo acceso a Cádiz, con el puente sobre la bahía en su parte final.

PREMIOS ACUEDUCTO DE SEGOVIA. Cuadro histórico

Año	Premio	Mención de honor
1998	Autovía A-23. Tramo Sagunto-Soneja	—
2000	Autopista AP-7. Tramo Málaga-Estepona	Encauzamiento del río Matachel
2007	Autopista Radial 4 – M-50	Viaducto de Arroyo del Valle
2009	Viaducto de Montabliz	Puente del Dragón / Presa de la Breña II
2011	Corredor AVE Noroeste. Subtramos Silleda-Vedra-Boqueixón/ Regeneración aguas residuales urbanas Región de Murcia	Adecuación ambiental del río Serpis/ Autopista M3. Clonee-Kell (Eire)
2013	Autovía A-4. Tramo Venta de Cárdenas-Santa Elena	Variante Sur de Bilbao
2015	Puente de la Constitución de 1812	Viaducto sobre el río Ulla

Fuente: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

* El Ministerio de Fomento ha sido galardonado como promotor en los siete premios concedidos.



► El puente, perfectamente acoplado al paisaje, es casi una línea que anima la perspectiva, según el constructor.

El proyecto final, según las empresas que lo han diseñado y construido, es un puente grande pero a la vez pequeño, fino, sutil y elegante, que mejora en todos los sentidos el entorno, no como esas obras que se imponen al paisaje y lo esconden y aplastan tras su presencia. Su percepción depende de la distancia del observador: “En una vista lejana —afirman—, el acoplamiento puente-paisaje es perfecto, el puente es casi una línea que anima la perspectiva; desde cerca, es una formidable construcción, potente, que da sentido y dirección al que lo atraviesa, y que constituye la puerta de entrada más hermosa a Cádiz”.

▲ DIA y medidas correctoras

El jurado del premio Acueducto de Segovia también ha valorado las técnicas constructivas empleadas para minimizar el impacto de los tramos sobre el agua (cimentación cuidadosa de pilas para no perturbar el fondo marino, sistemas de avance en voladizo para el tramo principal y de empuje para el tramo de acceso desde Cádiz). Mayor importancia le ha concedido a las condiciones previstas en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) para optimizar ambientalmente el proyecto, que incluye no solo el puente, sino toda la traza del tercer acceso a Cádiz (5 kilómetros de longitud). En concreto, la DIA establecía una decena de condiciones, estructuradas en diferentes ámbitos (básicamente, suelo, cali-

dad del aire y confort sonoro, geología y geomorfología, hidrología, fauna, arqueología y paisaje), destinadas a minimizar los efectos causados por la construcción y explotación de la infraestructura. Estas condiciones, de obligado cumplimiento por las constructoras, son comunes a la mayor parte de los proyectos de obras públicas, pero en el caso del puente sobre la bahía de Cádiz han sido particularmente exigentes y exhaustivas.

Entre estas condiciones figuran la adecuación ambiental del proyecto (el trazado proyectado se ha diseñado buscando evitar la ocupación de los terrenos del parque natural, quedando toda la traza fuera de él), el mantenimiento de la permeabilidad territorial (se han reemplazado todos los servicios interceptados y previsto desvíos durante las obras) y la protección del sistema hidrológico y del litoral (se dispusieron dos zonas para instalaciones auxiliares de las obras, en zonas portuarias fuera de la bahía, para evitar procesos de contaminación de las aguas). También la prevención de la contaminación acústica, la protección del patrimonio histórico-arqueológico o la localización de canteras, zonas de préstamo y vertederos (la DIA zonificó el área de actuación en zonas excluidas y admisibles, inventariando nueve canteras próximas a la obra para extraer los materiales de construcción y prohibiendo la apertura de préstamos y vertederos cercanos). Para la protección de la fauna y la vegetación y la conservación de los suelos se proyectó un cerramiento de protección en los lugares cercanos a los límites del parque natural.



► Construcción del tramo atirantado mediante avance en voladizo, un sistema respetuoso con las aguas de la bahía.

Un capítulo muy relevante previsto en la DIA, y que el jurado ha tenido muy presente, es el de la calidad de las medidas preventivas y correctoras implantadas durante las fases de obra y explotación. En este ámbito, destacan especialmente las medidas adoptadas para proteger el sistema hidrológico y evitar procesos de contaminación de las aguas, entre ellas la construcción junto al enlace de Río San Pedro de dos balsas para la recogida de vertidos tóxicos accidentales durante la explotación de la autovía, la creación de barreras (balas de paja) de retención de sedimentos para proteger las marismas y el establecimiento de un sistema de puntos limpios para depositar los residuos hasta su retirada. Por su parte, para la prevención de la contaminación acústica se han adoptado diversas medidas durante la obra y se han instalado 1.520 metros de pantallas antiruido en seis puntos del trazado. Durante la obra también se han adoptado medidas para prevenir la contaminación atmosférica.

La cercanía de los espacios protegidos de la bahía (LIC y ZEPA) ha sido desde el origen una de las preocupaciones ambientales del proyecto, aunque finalmente no ha sido necesario implantar medidas preventivas o correctoras dado que la obra no los afecta directamente. Respecto a la fauna de la bahía, en este caso ha sido la técnica constructiva empleada para levantar las pilas, sin dragados en el mar, la que ha actuado como principal medida protectora, minimizado o eliminado la afección tanto a las especies bentónicas (situadas en los fondos marítimos), como a las aves ictiófagas (se alimentan de peces), así como a la lamprea, única especie marina de interés en la zona identificada por los estudios.

Finalmente, se ha desarrollado un importante paquete de medidas de defensa contra la erosión y de recuperación ambiental e integración paisajística, destina-

Finalista merecido

La mención de honor del premio Acueducto de Segovia ha recaído en el viaducto sobre el río Ulla, infraestructura del Eje Atlántico situada cerca de la desembocadura de la ría de Arousa, en un bello entorno natural con importantes exigencias medioambientales. El diseño y ejecución de la solución elegida —una celosía mixta de 1.620 metros de longitud, con un vano principal de 240 metros (récord mundial en su tipología)— ha respetado cuatro criterios básicos: cuidado de la integración medioambiental en su entorno, reducción del número de pilas en el cauce del río, elección de procesos constructivos lo más independientes del cauce y sus riberas, y búsqueda de la máxima transparencia y el mínimo impacto visual en el entorno paisajístico.



El jurado ha destacado el diseño estructural del viaducto, “que encaja en la espectacularidad de la ría, cuidando en las fases de diseño y ejecución, con gran dedicación y esfuerzo, el control ambiental de todos los parámetros de la ría y de la seguridad en su navegación”. También ha subrayado el empleo de innovadoras tecnologías en el diseño y en el terreno medioambiental, con un seguimiento permanente, “que han garantizado la protección de una zona de alto valor ecológico”.

La mención de honor fue recogida por el promotor (Dirección General de Ferrocarriles del Ministerio de Fomento), el proyectista (Ideam), la asistencia técnica (Tyspa) y la constructora (UTE Río Ulla, formada por Dragados y Tecs). Francisco Millares, presidente de Ideam, intervino en nombre de todos para agradecer la distinción a esta obra, de la que valoró su emplazamiento, “un entorno privilegiado y de una gran responsabilidad, sobre todo medioambiental”.



► Izado de una de las dovelas del tramo atirantado.

das a implantar en las zonas afectadas una cubierta vegetal con un doble objetivo: por un lado, evitar la erosión de las superficies desprovistas de cubierta vegetal por causa de las obras y, por otro, reducir el impacto paisajístico originado mediante su integración ecológica y paisajística en el entorno. Para ello se han realizado hidrosiembras y tratamientos de revegetación, con la plantación de diferentes especies autóctonas (pino, palmito, arbusto, mirto, lentisco, romero, suaeda vera, rosál, retama, rocaya y artiplex). El importe global de las medidas ambientales ha ascendido a 1,9 M€.

Plan de Vigilancia Ambiental

En la decisión del jurado para conceder el premio al puente sobre la bahía de Cádiz también ha pesado el esfuerzo de seguimiento y control, por parte del promotor y el constructor, tanto de los impactos previstos como de la eficacia de las medidas protectoras y correctoras implementadas por la DIA. Esta labor recae en el Programa de Vigilancia Ambiental, realizado por la De-

marcación de Carreteras del Estado de Andalucía Occidental, que dispone de un director ambiental de la obra (apoyado por un responsable técnico de medio ambiente del contratista) encargado de adoptar las medidas previstas, así como de emitir todos los informes técnicos periódicos sobre el grado de cumplimiento de la DIA.

La labor de seguimiento y control, basada en indicadores que cuantifican la realización de las medidas adoptadas y sus resultados, se plasma en una serie de comprobaciones e informes que se remiten a los ministerios de Fomento y Medio Ambiente. Los informes hasta ahora enviados, correspondientes a cuatro fases temporales del proyecto (antes de la obra, antes del acta de replanteo, durante las obras y antes de la recepción de obras), permiten seguir la evolución de las medidas y los impactos, dando una idea precisa del grado de cumplimiento de la DIA y constatando la ausencia de impactos no previstos en el estudio de impacto ambiental. Aunque el puente ya está en servicio desde el pasado mes de septiembre, este trabajo de seguimiento y control continuará desarrollándose durante los próximos 30 meses de explotación de la infraestructura. ■

VARIOS PROYECTOS EUROPEOS BUSCAN LA IMPLANTACIÓN DEL AUTOBÚS
ELÉCTRICO EN LAS CIUDADES

Recarga inteligente



JAIME ARRUZ

Desde hace ya unos años, la UE impulsa varios proyectos que buscan hacer realidad la movilidad eléctrica en las ciudades. Varios ayuntamientos y empresas españolas participan en algunos de esos proyectos, como Málaga, Barcelona o San Sebastián, ciudades en las que el autobús eléctrico protagoniza varias experiencias pioneras.



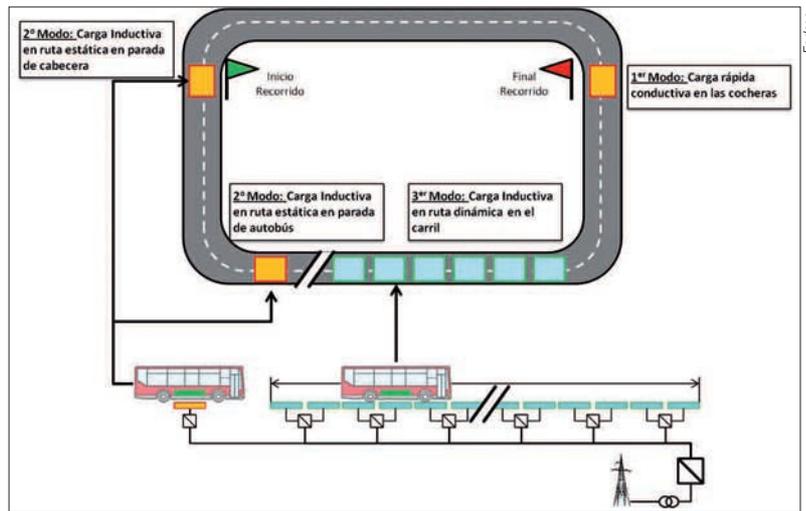
► Autobús eléctrico en el paseo Marítimo de San Sebastián.



▶ Junto a estas líneas, prototipo de autobús eléctrico del Proyecto Victoria ensayado en Málaga, cuyas baterías se pueden recargar de forma convencional o por inducción durante la marcha o en las paradas (esquema inferior).

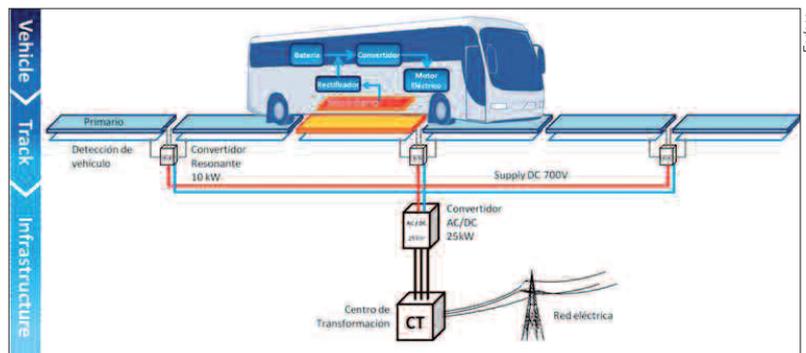
E

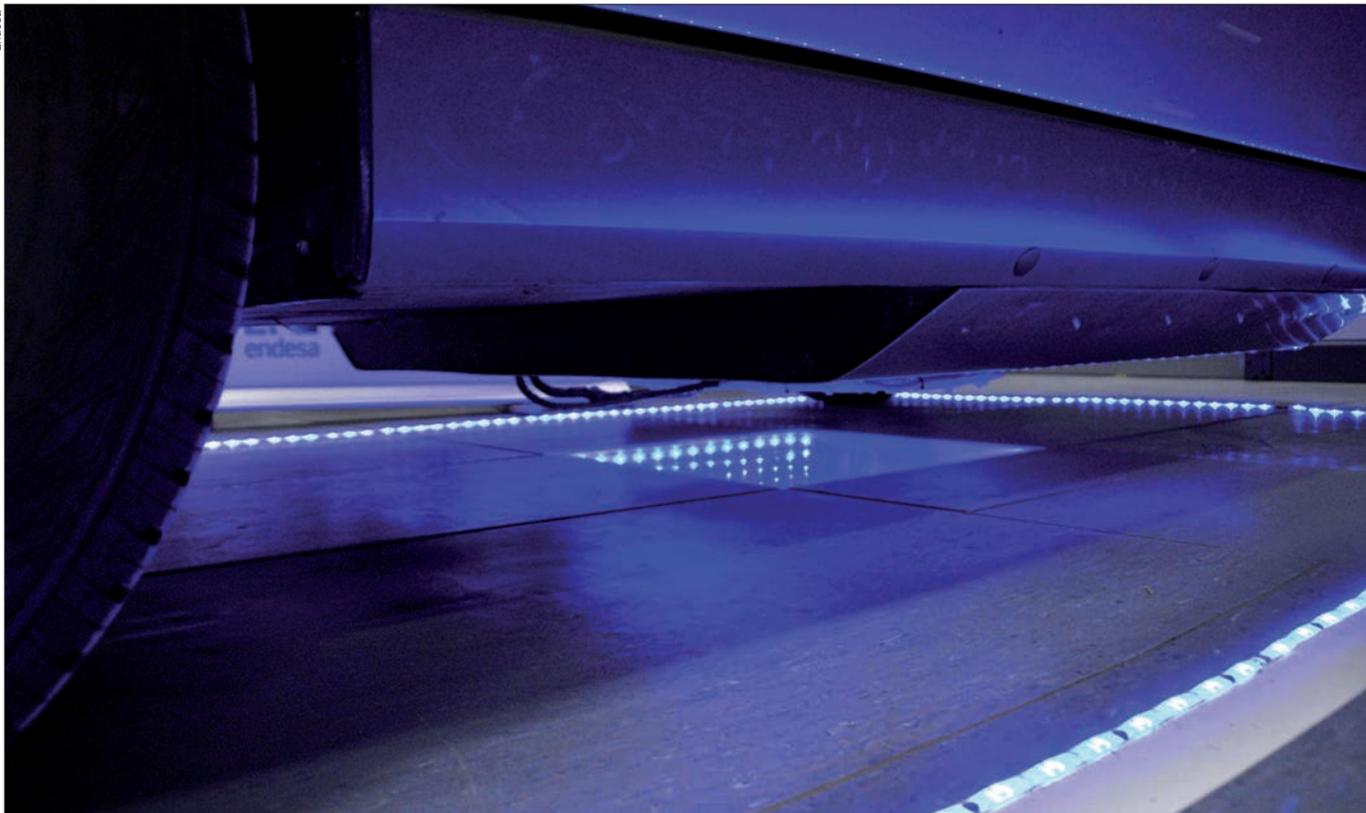
l Proyecto Victoria, que arrancó en septiembre de 2013, ha supuesto la puesta en marcha del primer carril de transporte público de carga eléctrica por inducción dinámica en España, mediante una tecnología que permite que el vehículo eléctrico vaya recargando su batería en movimiento, sin necesidad de ningún cable. A este proceso de carga de la batería se suman otras dos opciones implantadas de igual forma en la capital de la Costa del Sol, la recarga estática convencional en los períodos en los que el vehículo eléctrico no circula y está en las cocheras y la inducción estática, aprovechando las paradas en tránsito.



Inversión

Esta iniciativa pionera se ha puesto en marcha en la línea 16 del servicio municipal de autobuses de Málaga, gracias a una inversión superior a los 3,7 millones de euros. El Proyecto Victoria ha sido impulsado por cinco socios, las compañías Endesa, Isotrol, Mansel Electricidad y Montajes, Construcciones, Asfaltos y Control (CONACON) y la Empresa Malagueña de Transportes (EMT Málaga), con la colaboración de dos pymes (MC2 y Omeca) y tres organismos de investigación: la Fundación CIRCE (Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos), la Universidad de Málaga y la





► Estación de carga inductiva estática del autobús eléctrico de Málaga.

Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía. El consorcio ha contado con un consejo asesor formado por expertos internacionales.

Este proyecto ha contado con financiación por parte del Fondo Tecnológico FEDER Innterconecta Andalucía 2013, que cuenta con fondos FEDER (Fondo Europeo de Desarrollo Regional) de la Unión Europea (UE) y ayudas del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) y la Junta de Andalucía.

Para hacer realidad el Proyecto Victoria, se ha modificado un autobús urbano eléctrico de la Empresa Malagueña de Transportes dotándolo de sistema de carga triple: en las cocheras, de forma convencional como otros vehículos eléctricos a través de un punto de recarga, en una estación de carga inductiva estática (recargas parciales) y en un carril de carga inductiva dinámica (recarga parcial). Para poder llevar a cabo estos dos últimos tipos de carga se ha dispuesto de diferentes infraestructuras soterradas bajo el asfalto –la conexión no precisa de contacto físico directo– a lo largo del recorrido de la línea urbana de autobuses, que atraviesa Málaga en paralelo a la costa. Esta línea transita además por la zona del proyecto Smartcity Málaga, que tiene como objetivo integrar tecnologías inteligentes de transporte en la capital de la Costa del Sol.

Electromovilidad y ciudades inteligentes

En 2012 la Comisión Europea propició la creación de la Asociación Europea para la Innovación sobre Ciudades y Comunidades Inteligentes con el propósito de reunir recursos para apoyar actividades innovadoras en las áreas de energías, transporte y tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en las zonas urbanas. Debido al carácter transversal del proyecto, son numerosos los programas e instrumentos de financiación europeos susceptibles de ser utilizados en el apoyo a un amplio abanico de iniciativas relacionadas tanto con el transporte como la calidad ambiental y la utilización de energías limpias, de manera especial las actividades de I+D+i incluidas en el Programa Horizonte 2020, dotado con un fondo de 80.000 M€ para el periodo 2014-2020. Dentro de esas iniciativas destinadas a promover el desarrollo de ciudades y comunidades inteligentes, la ciudad de San Sebastián ha sido escogida como ciudad "Faro", junto a las de Bristol y Florencia, para poner en marcha el proyecto REPLICATE, que contempla la adopción, entre otras, de diversas medidas de eficiencia energética, movilidad sostenible y uso de tecnologías de la información y la comunicación a implantar en los barrios de Martutene y Txomin. En concreto, la empresa de transporte urbano DonostiaBus empezó a incorporar desde 2014 autobuses híbridos y eléctricos en la línea 26, de modo que los barrios en la ribera del Urumea queden libres de ruido y emisiones contaminantes.

Ventajas

El autobús eléctrico del Proyecto Victoria ha sido completamente autónomo a la hora de poder recorrer los 10 kilómetros de la línea donde ha prestado servicio gracias al sistema de carga por inducción, que ha logrado un doble objetivo. Por un lado, reducir el volumen y peso de las baterías que alimentan de energía el motor eléctrico que hace que el vehículo se desplace, disminuyendo su coste de modo notable; y por otro, lograr una mayor autonomía que los autobuses eléctricos que



► Autobús eléctrico del Proyecto ZeEus en Barcelona. Debajo autobús de recarga por inducción en la ciudad de Milton Keynes (Reino Unido).

La recarga por inducción permite, entre otras ventajas, reducir el peso de las baterías

Proyecto ZeEus

Otro de los grandes proyectos europeos encaminados a implantar la movilidad eléctrica en el transporte urbano de superficie tiene también como protagonista la ciudad de Barcelona, una de las ocho ciudades europeas participantes en el proyecto ZeEus (Zero Emission Urban Bus System), un proyecto integrado en el 7º Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la UE. En concreto, desde agosto de 2014, dos autobuses eléctricos empezaron a cubrir el recorrido de la línea 20 de los Transportes Metropolitanos de Barcelona (TMB), aunque la experiencia, a la que se han sumado otros dos autobuses más, se ha extendido también con posterioridad a otras líneas a fin de evaluar mejor los resultados en función de distintos recorridos.

Los autobuses, 100% eléctricos, han sido fabricados por la empresa vasca Irizar y equipan motores Siemens. El modelo de Irizar seleccionado para el proyecto ZeEus en Barcelona es el i2e, un autobús de última generación y tamaño estándar, con 12 m de longitud y capacidad para 76 pasajeros. Su huella de carbono es muy reducida, de apenas 8,4 gr de CO2 por km recorrido y pasajero, lo que comparado con otro autobús convencional supone evitar la emisión de unas 800 toneladas de CO2 a lo largo de toda su vida útil. Endesa participa también en proyecto ZeEus en Barcelona, concretamente en el diseño y monitorización de los sistemas inteligentes de carga rápida instalados en las cocheras de la TMB.

únicamente son cargados en cocheras al finalizar la jornada de servicio, incrementando así la rentabilidad y la eficiencia. De esta forma ha sido posible duplicar la autonomía sin modificar los tiempos de operación.

Por cada recorrido de la línea 16 realizado por el prototipo de autobús eléctrico con capacidad para recargarse por inducción, el tiempo de carga variaba de 5 a 10 minutos, logrando así entre un 30 y un 50 por ciento de energía para la batería. Con ello se consigue que la reserva de energía para alimentar el motor eléctrico no sea nunca inferior a un 40 por ciento, de forma que siempre hay carga disponible para que el autobús se desplace y se prolonga la vida útil de la batería, que po-





► Trolebús eléctrico en pruebas en la ciudad de Ginebra.

dría alcanzar así unos 15 años. El prototipo cedido por la EMT Málaga tiene una longitud de seis metros y cuenta con un motor eléctrico al que suministra energía una batería de ion-litio de 60 kWh de capacidad.

▬ Otros sistemas

El novedoso sistema de triple recarga no sólo ha sido pionero a nivel mundial sino que ha supuesto el primer proyecto llevado a cabo con carga por inducción en un entorno real en España. En Europa, hay ciudades que también están experimentando con novedosos sistemas de recarga para autobuses eléctricos, como sucede en Ginebra (Suiza).

El Proyecto TOSA (Trolleybus Optimisation System Alimentation) supone la puesta en circulación de trolebuses eléctricos sin catenaria, cuyas baterías se recargan gracias a un elemento móvil, una especie de brazo de conexión que se engancha al punto de carga ubicado en las paradas y permite la carga durante unos 15 segundos —tiempo medio de subida y bajada de viajeros—.

Las recargas parciales permiten que el trolebús no precise de una batería de gran tamaño, lo que rebaja su peso y su coste. El Proyecto TOSA, que emplea vehículos articulados de 24 metros de longitud, se ampliará previsiblemente a finales de año cuando la línea 23 del transporte urbano en superficie de Ginebra cuente con 12 trolebuses eléctricos con sistema de recarga en 13 de las 50 estaciones del recorrido, conectando así sin emisiones el centro de la ciudad con el recinto ferial (Palexpo) y el aeropuerto.

Como han demostrado estas iniciativas desarrolladas en Málaga y Ginebra, la carga por inducción o la recarga mediante un sistema de brazos móviles conectados a las paradas son soluciones técnica y económicamente viables, por lo que podrían ser el primer gran paso para su extensión a otras ciudades españolas y europeas, contribuyendo así a la reducción de la contaminación generada por el transporte público, que según algunos estudios llega a suponer hasta un 30% del total de emisiones del tráfico rodado en las grandes urbes. ■

LA ASOCIACIÓ PER A LA RECONSTRUCCIÓ DE MATERIAL FERROVIARI (ARMF) CUMPLE 20 AÑOS

Segunda vida del tren



Abel Foto



► Sobre estas líneas, el Tren dels Llacs sobre el puente del Barranc del Bosch y, a la izqda., a la salida de Balaquer.

JULIA SOLA LANDERO. FOTOS: ARMF

En una de las naves de la estación del Pla de Vilanoveta (Lleida) se encuentra el único taller especializado que existe en España dedicado a recuperar trenes históricos. En su interior, antiguas locomotoras y coches de viajeros inservibles y fuera de uso, son rescatados del olvido y restaurados cuidadosamente para que puedan volver a rodar reconvertidos en auténticas joyas ferroviarias. De esa tarea se encarga la Associació per a la Reconstrucció de Material Ferroviari (ARMF), una entidad sin ánimo de lucro creada en 1996 y que este año cumple su vigésimo aniversario.

El germen de la Associació surgió en 1995, cuando tres amigos del ferrocarril tuvieron la idea de dar un uso turístico a la línea Lleida-La Pobla de Segur, un tendido en buenas condiciones pero con tráfico escaso y sin electrificar, a pesar de que se utilizaba para servicios regionales. Dicho y hecho. De la idea pasaron a la acción y presentaron su propuesta a la Diputación de Lleida, que enseguida la vio como una oportunidad para reactivar turísticamente la zona y decidió apoyarla con su patrocinio.

Para poner en marcha aquel primer proyecto de tren turístico, también colaboró la Fundación de los Ferrocarriles Españoles (FEE), que cedió a la ARMF, en 1996,

la locomotora Garratt tipo Mikado, y cuatro de los coches de su propiedad que se encontraban en almacén. Tres de ellos, de fabricación francesa, con 56 plazas repartidas en siete compartimentos cada uno, y que comenzaron su andadura como coches de 1ª clase y terminaron su vida activa en 2ª clase. El cuarto coche es de fabricación española, el BB-5045, un 2ª clase con 64 plazas repartidas en ocho compartimentos. Estas piezas estuvieron a punto de viajar a Cuba, pero al no cuajar la venta, se quedaron almacenadas en espera de otro destino.

Aquel mismo año de 1996 se constituyó formalmente la Associació y se perfiló su decidida vocación por rescatar del olvido el material ferroviario que va quedando arribado por el paso del tiempo.



Primeros tiempos

Los pioneros de la ARMF se pusieron manos a la obra para mantener en pie el tren turístico —el Tren dels Llacs— empezando casi de la nada. Tenían que restaurar el material cedido y que volviera a funcionar como en sus mejores tiempos. Y para ello, no disponían ni de un taller ni de una nave donde guarecerse. Su campo de operaciones en los primeros meses fue una de las vías muertas de la estación de Lleida, cedida por la estación para estacionar y reparar la locomotora y los cuatro coches.

La situación cambió pronto y la ARMF y la Diputación de Lleida gestionaron en 1996 ante Renfe la cesión de una nave fuera de uso en Pla de Vilanoveta, donde la Asocia-

ción dispone actualmente de unos 6.500 metros cuadrados, con cuatro vías —dos de ellas electrificadas— para recuperar todo tipo de material ferroviario, pero sobre todo locomotoras a vapor, un tipo de tracción que desde que Renfe apagó su última locomotora en 1975, agranda su sombra y suscita un creciente interés por su antigüedad y rareza. Actualmente, media docena de técnicos trabajan en la rehabilitación de material cedido por Renfe o la FEE, y también realizan reparaciones para terceros por encargo. Sus trabajos de recuperación de material ferroviario en desuso no dejan de crecer. A los precursores de esta Asociación se han ido sumando medios técnicos y humanos, y a día de hoy, además de reparar, también actúan como consultora en proyectos de rehabilitación ferroviaria.

► La emblemática “Garrafeta” remolcando el Tren dels Llacs.



► En la imagen superior la locomotora SFG7 ya restaurada y debajo, en su entrada a los talleres de la ARMF.

▲ Tren dels Llacs

Gracias a aquella primera iniciativa, el tren histórico dels Llacs viaja todos los fines de semana de primavera y otoño entre Lleida y Poble de Segur, atravesando 41 túneles y 31 viaductos a través de los lagos del Pirineo en la sierra del Montsec y La Noguera. Proyecto en el que han colaborado diversos ayuntamientos de la zona, la FEE y Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya. Durante las primeras temporadas, los cuatro coches de viajeros de época eran transportados por “La Garrafeta”, emblemática locomotora a vapor construida por Renfe

en 1960 según el diseño original inglés de 1930 del modelo Beyer–Garratt, concebida con potencia suficiente para salvar trazados sinuosos y rampas pronunciadas, y que alcanza los 60 kilómetros por hora.

En cada viaje del Tren dels Llacs se realizaba el ritual de cambio de tracción en Balaguer para continuar hasta Poble de Segur. Allí, la impresionante locomotora se cambiaba por otras tipo diesel de la antigua serie 10800 de Renfe construida en 1968 por Babcock & Wilcox, las conocidas como ye-yés. Actualmente la ARMF realiza el mantenimiento del material histórico del convoy –seis vagones, un furgón y tres locomotoras diesel– y de “La Garrafeta”, que está siendo restaurada en sus talleres. Hasta el momento de decidir si puede volver a las vías, a veces se organizan encendidos de la caldera para mantener vivo su mecanismo y contemplar el enorme artillugio en ebullición.

▲ Trenes de cine

La segunda vida de los trenes históricos también puede venir de la mano del cine o la publicidad. En ese campo –los trenes siempre se han llevado bien con el séptimo arte–, el protagonismo de las viejas locomotoras y coches de viajeros brillan con luz propia. El embrujo de Shanghai, Pájaros de papel o La Mari, son algunas de las películas que han inmortalizado alguno de estos nostálgicos trenes para el recuerdo. También han servido para la realización de anuncios publicitarios u otro tipo de grabaciones en distintos escenarios: Barcelona, Can-



► La mítica "Garrafeta" durante uno de sus recorridos con el Tren dels Llacs

franc, Binéfar, Gerb, La Pobla de Segur o en los mismos talleres de la ARMF.

Los trenes históricos a cargo de la ARMF también pueden ser alquilados a modo de tren chárter, para un mínimo de 168 plazas y un máximo de 288, para realizar viajes puntuales a medida, mayoritariamente dentro de las comarcas de Lleida, a menudo para celebrar aniversarios o conmemoraciones, o de la mano de asociaciones, agencias de viajes, empresas o colegios profesionales. Dentro de las posibilidades de ajustar los gustos o necesidades del cliente, está la de combinar diferentes opciones, como la de acoplar un coche bar de la serie AAr-6236 construido en 1951 para Renfe para ofrecer un servicio de restauración básico en líneas de medio recorrido —cuenta con una espaciosa barra y 32 plazas sentadas con mesa—, propiedad del Museo Nacional del Ferrocarril y custodiado por la ARMF. También se puede solicitar el servicio de los furgones de la serie PD que estaban destinados por Correos al transporte de sacas de correspondencia y que solían ir acoplados a un furgón estafeta. Retirados a mediados de los años 90, cuando finalizó el transporte del correo por ferrocarril, el PD-177 fue cedido por la Dirección de Correos a la Diputación de Lleida. Junto con otro vehículo conservado por Correos, son los últimos ejemplares de la serie que se conservan. Actualmente la ARMF lo utiliza como furgón de servicios en los trenes especiales.

También se puede elegir entre tracción vapor, diesel o eléctrica. En todos los casos, la Oficina Técnica de la Asociación estudia las peticiones para adaptarlas a las posibilidades. Actualmente, el material que la ARMF tiene en custodia y con el que se realizan las circulaciones regulares, las especiales y las filmaciones, está compuesto por la locomotora 282F-0421 "Garrafeta", las locomotoras diesel 10817 y 10820 "Ye-yés"; y los coches

de viajeros de las series 5000 y 6000; el mencionado coche bar y el furgón PD-177.

Locomotora Mataró

Entre las piezas recuperadas, está la locomotora más emblemática de la historia ferroviaria española —a Mataró, réplica de la primera que circuló en la península entre Barcelona y Mataró— es una pieza única construi-

Paseo en el Tren dels Llacs

La línea ferroviaria Lleida-La Pobla de Segur, origen de la idea de crear un tren turístico y que más tarde dio lugar a la Asociación para la Reconstrucción y Puesta en Servicio de Material Ferroviario Histórico, se inauguró el 3 de febrero de 1924, aunque en un primer momento solo se construyó el tramo Lleida-Balaguer. Pasada la Guerra Civil, que supuso un parón en las obras, Renfe continuó los trabajos para llegar en 1949 a Cellerers, en 1950 a Tremp y en 1951 a La Pobla de Segur como destino final, pues se había abandonado la idea que se barajó tiempo atrás de llegar hasta Sort para completar la línea hasta Saint Giron, en Francia.

Desde Lleida hasta Balaguer, la vía transcurre por la margen derecha del río Segre y a través de 41 túneles y 31 viaductos, cruza las sierras de Sant Llorenç de Montgai y Camarassa, hasta encontrarse con la cuenca del río Noguera Pallaresa que le acompañará en el recorrido, en medio de embalses y formaciones montañosas como el Montsec.

En 2005 la línea fue traspasada por Renfe a Ferrocarrils de la Generalitat, quien en abril de 2006, comenzó las obras de restauración del trazado y en el verano de 2007 restableció el servicio de la línea.

El tren turístico del Llacs realiza viajes con cinco coches, con capacidad para 280 pasajeros por tren. El servicio se presta todos los sábados de los meses de abril, mayo, junio, septiembre y octubre, y dos sábados al mes en julio y agosto.

El tren sale de Lleida a las 10.30 h, hace parada en Balaguer a las 10.55 h y llega a La Pobla de Segur a las 12.30 h. La vuelta se realiza a las 17.30 h, con parada en Balaguer a las 18.45 h y llegada a Lleida a las 19.30 h.

▶ Junto a estas líneas, locomotora diesel Alco ya restaurada y, debajo, la Estado 1003 eléctrica.



da por la Maquinista Terrestre y Marítima en los talleres de San Andrés de Barcelona con motivo de los actos del Centenario en 1948. Réplica de la primera locomotora que circuló de Barcelona a Mataró, fue recuperada y puesta en servicio gracias al sistema de micro-mecanizado puesto en marcha en 2013, en el que participaron entidades como Renfe y cientos de ciudadanos a título individual. La locomotora —estrella indiscutible del Museo del ferrocarril de Cataluña, en Vilanova y La Geltrú— volvió a circular tras la rehabilitación realizada en los talleres de la ARMF, recuperación que mereció el premio Bonaplata en su categoría de Rehabilitación Bienes Inmuebles y Muebles. Desde entonces, todos los primeros domingos de mes se vuelve a encender su caldera, un rito que aún suscita no poca fascinación.

La ARMF trabaja, como ha quedado dicho, sin ánimo de lucro y sus fondos se destinan únicamente a la adquisición o transporte de materiales necesarios para las restauraciones que emprenden. Desde su fundación, la ARMF ha restaurado, o tiene en restauración, 16 locomotoras a vapor, la mayoría construidas en el siglo XIX y algunas otras en los primeros años del siglo XX, como la locomotora de vapor NORTE 2723 (Verraco) de 1891, la locomotora de vapor MZA 602 (Cuco) de 1890, la locomotora de vapor SHMB 1 (Marta) de 1884, además de la mencionada La Garrafeta, entre otras. Ha restaurado también otras siete locomotoras diesel de entre 1955 y 1980, y dos eléctricas: la FGC 304 (Pachanga), construida por Ganz Works, en Budapest para Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya en 1926, y la Estado 1003 (Mil), construida por Construcciones y Auxiliar de C Ferrocarriles, S.A. en Beasain (ES) en 1927 para Jefatura de Explotación de Ferrocarriles por el Estado, asimismo ha restaurado otros siete coches de viajeros y furgones de los años 20 a los 70. ■



125 ANIVERSARIO DE LA LÍNEA MADRID-ALMOROX

► En página opuesta,
automotor MAN
estacionado en el interior
de la desaparecida
estación de Goya.

Efímero pero providencial

JULIA SOLA LANDERO. FOTOS: FFE

El ferrocarril Madrid-Almorox, más conocido como el tren de la Playa, del Guadarrama o del Tiétar, tuvo una vida breve y agitada, alumbró grandes ilusiones y dejó por el camino numerosos proyectos de expansión que no llegaron a buen puerto. Su máximo apogeo coincidió con los años de posguerra, en los que jugó un papel providencial en un Madrid desabastecido. De su turbulenta existencia queda hoy un tramo convertido en la Vía Verde del Guadarrama, que abarca 14 kilómetros entre Móstoles y Navalcarnero.



► Una imagen del exterior de la estación de Goya en la década de los 50.

Este año se cumplen 125 años de la inauguración del primer tramo de aquel ferrocarril, correspondientes a 31 kilómetros entre Madrid y Navalcarnero. La idea de crear la línea Madrid-Almorox surgió en Bruselas donde, con capital belga, se fundó la compañía Ferrocarril de Madrid a Villa del Prado (MNV). El objetivo era conectar la capital y las fértiles comarcas agrícolas próximas a los ríos Guadarrama y Alberche, al sur y oeste de la región, y que quedaban fuera de las rutas comerciales que cubrían los ferrocarriles del Norte y de Madrid-Zaragoza-Alicante (MZA).

Desde el inicio de su andadura, la línea pasó por numeroso altibajos y polémicas que finalmente ocasionaron su declive: Guerra Civil, disputas entre directivos e inversores, dudosa gestión y administración de la empresa, derrumbes de estructuras, desafortunada ubicación de la estación término en Madrid, o sus carísimas tarifas, que azuzaron la competencia del transporte por carretera.

Pese a este cúmulo de problemas, que lo abocó a una existencia lánguida y de orden menor, el ferrocarril Madrid-Almorox vivió momentos de apogeo y jugó un papel providencial en los años 40, cuando abasteció de productos básicos a la capital durante la postguerra española. Fue después de su reapertura tras la contienda,

con sus estructuras dañadas y las estaciones en ruina, cuando la línea vivió un periodo de máxima actividad. En aquellos años de extrema penuria el tren vino a paliar el desabastecimiento de una ciudad cuyas comunicaciones, con carreteras dañadas y sin apenas vehículos ni combustible, eran prácticamente inexistentes. Los convoyes acarrearón al Madrid de la postguerra frutas y verduras de las huertas en las vegas ribereñas, aceites, jabones, legumbres y harinas de Navalcarnero, vinos, almendras y hortalizas de Métrida, materiales de construcción de Cadalso de los Vidrios, y madera y piñones de la sierra de Gredos. En sentido contrario, fueron muchos los madrileños que viajaban hacia las vegas en busca de provisiones. Tanto, que el tráfico de viajeros aumentó durante aquellos años en cerca de un 40%. Tal fue el auge durante aquella década de escasez, que se llegó a despachar más de un millón de billetes al año, con tan solo una circulación de ida y vuelta.

▲ **Vocación de futuro**

La línea nació con vocación de crecer. En solo diez años cumplió su primer objetivo: tras la inauguración del primer tramo Madrid-Navalcarnero —el 31 de agosto de 1891—, el tren llegó a la localidad toledana de Almorox en 1901. A partir de ahí la compañía proyectaba cons-

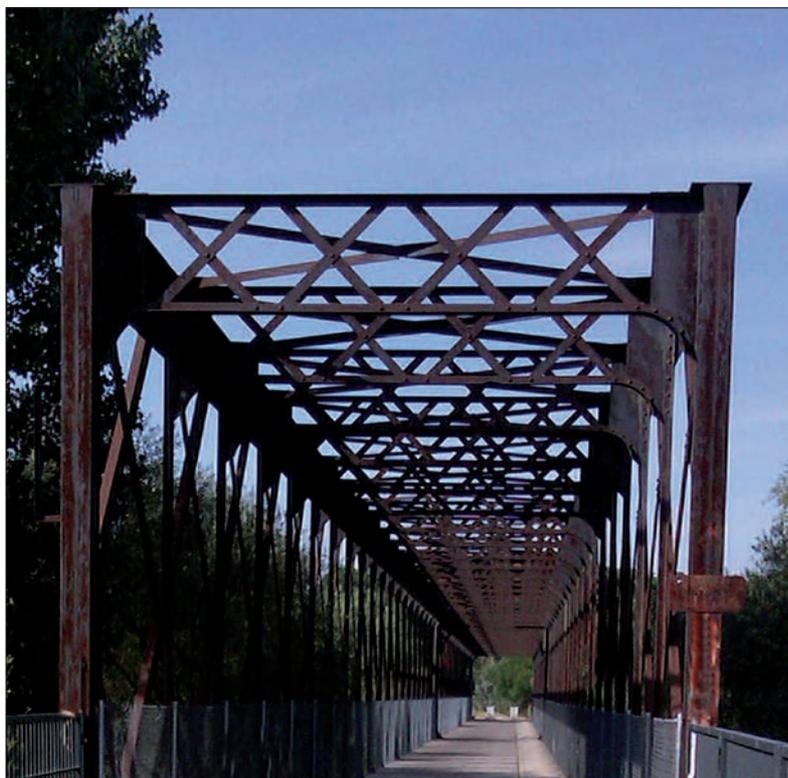
► Estación de Campamento y, debajo, puente de Hierro sobre el Guadarrama.



truir ramales hacia el valle del Tiétar, Plasencia o la provincia de Salamanca, y conectar con la red de ancho nacional mediante la construcción de un tramo hasta Talavera de la Reina, en donde enlazaría con la línea de Madrid, Cáceres y Portugal (MCP), pero esta conexión no fue posible: esta última compañía se adelantó y consiguió la concesión en 1908. Y a pesar de que tal concesión nunca se ejecutó, cerró el paso a la línea de MNV para expansionarse. Y el desafortunado ferrocarril de la playa, que nació en un arrabal de Madrid incomunicado e inhóspito, se quedó con un final de línea situado en una localidad con menos de 3.000 habitantes y una economía basada en el sector primario.

Tampoco fructificaron dos concesiones que no se llegaron a ejecutar: los tramos entre Rincón y Sotillo de la Adrada, concedido en 1894, y entre La Puebla de Montalbán y Navalcarnero, concedido en 1907. Con respecto a los proyectados ramales hacia Plasencia, Salamanca y el valle del Tiétar, tampoco llegaron a ver la luz, salvo este último y de forma parcial. El ramal hasta San Martín de Valdeiglesias partía de la localidad madrileña de Villamanta, a orillas del río Alberche, por Aldea del Fresno hasta el valle del Tiétar, en Ávila. Los trabajos de este ramal se iniciaron en los años veinte y ya se encontraban muy avanzados, con la explanación prácticamente ejecutada, el túnel de la Venta del Cojo perforado en parte y los edificios de las estaciones levantados. Para celebrar la buena marcha de las obras, en 1934 se transportó por carretera un tren hasta San Martín de Valdeiglesias y se inauguró oficialmente un tramo de 7,5 km hasta Pelayos de la Presa. Pero la Gue-

rra Civil truncó las obras, que ya nunca se retomaron. Y aquel tren inaugural fue el único que circuló por la línea, hoy convertida en parte en la Vía Verde del Alberche, cuyos 14 kilómetros discurren entre San Martín de Valdeiglesias y la presa de Picadas.



► Estación de Goya con uno de los últimos automotores diesel Ferrostaht que circularon en los 60.



.\ Gestión discutida

No fueron aquellos, ni mucho menos, los únicos avatares que sufrió la línea. Antes de inaugurarse, la compañía y la Inspección General de Artillería e Ingenieros firmaron un convenio —el 2 de abril de 1891— para explotar la línea. Se trataba de que los militares realizaran prácticas reales en el medio ferroviario. A cambio, la compañía ahorra gastos de explotación. El acuerdo establecía en la estación de Goya el taller de reparaciones y un depósito para seis locomotoras que hacían cuatro viajes por sentido. Sin embargo aquel beneficioso acuerdo

duró bien poco, porque el ejército, ante la desastrosa gestión económica de la compañía, rescindió el contrato, lo que supuso que, al llevar a cabo los servicios que prestaba, aumentarían los costes de explotación.

Aquel contratamiento dio paso a una etapa en la que se agudizaron las tensiones internas de la empresa, provocadas en buena medida, por el gasto inasumible de la elevadísima nómina de los directivos: en total 21 altos cargos entre Bruselas y Madrid, para una explotación de 74 kilómetros. Ese y otros despropósitos llevaron al cese del primer director, que fue sustituido por el capitán de ingenieros Manuel Ruiz Monleó en 1894. La nueva dirección consiguió que entre 1895 y 1902 mejoraran los resultados, aunque las infraestructuras se deterioraron a ojos vistas, hasta el punto de que en febrero de 1902 se derrumbaron dos puentes entre Villa del Prado y Almorox, y hubo que suspender el tráfico hasta mediados de diciembre de ese año.

Material móvil

Según el último inventario de material realizado en 1963, el ferrocarril Madrid-Almorox contaba con 41 locomotoras, aunque solo 10 de ellas estaban en servicio, y 195 vagones, de los cuales 97 estaban operativos. En los primeros años de funcionamiento, durante la época del vapor, se utilizaron locomotoras del tipo 031T traídas en 1934, procedentes del ferrocarril de Fuengirola. En 1953 se adquirieron locomotoras construidas por la Maquinista Terrestre y Marítima de Barcelona para el ferrocarril Vasco-Navarro. Estas fueron las últimas locomotoras de vapor que prestaron servicio en la línea.

Fue a partir de 1957 cuando comenzaron a sustituirse las locomotoras de vapor por la tracción diesel. Aquella etapa comenzó con dos automotores MAN procedentes del clausurado ferrocarril Ceuta-Tetuán, que terminarían sus días, cuando se cerró la línea, en el depósito de Balmaseda (Vizcaya), donde se convirtieron en furgones remolcados. En los años 60 también circularon dos locomotoras de transmisión hidráulica Batignolles, una Creusot diesel-eléctrica y cuatro automotores diesel Ferrostaht, construidos en Alemania (uno de los cuales procedía de la línea Olot-Girona), dos automotores modelo Billard (Francia) y un automotor Zaragoza, fabricado por Carde y Escoriaza, procedente de la línea del Tajuña.

.\ Estación Goya

A la evidente carencia de infraestructuras se le sumaba la pésima ubicación de la estación término: la línea tenía su cabecera en un arrabal situado a orillas del Manzanares, (hoy calle Saavedra Fajardo) en las proximidades de la Quinta del Sordo —de ahí que se la llamara Estación Goya—. Proyectada por el ingeniero Fernando María de Castro, la estación cumplía con las necesidades básicas: contaba con una zona de viajeros con casi 500 m² de superficie, cochera de carruajes, dos



muelles, talleres de servicio, talleres de tracción, una cochera anular y seis fosos para limpieza de las locomotoras. Sin embargo, estaba apartada del centro de la ciudad y sin conexión con otras líneas y mercados de abastos, por lo que su enclave, convertido en un barrial cuando llovía, pronto se manifestó como lugar inadecuado.

Alejada del centro de Madrid, la vieja estación de Goya se mantuvo como cabecera de la línea hasta su cierre en 1970

La situación trató de paliarse mediante un proyecto de enlace de la estación con la red de vía ancha y con otras vías de acceso a los mercados centrales de la capital. Se pensó en construir una estación en la plaza de España para mejorar el acceso de los viajeros al centro de la capital, construyendo un viaducto sobre el Manzanares y prolongando la línea hasta la plaza de España por el paseo de los Melancólicos y la Cuesta de San Vicente. Pero éste, como otros tantos proyectos de mejora, nunca llegó a realizarse y aquella fue sin duda una de las claves del imparable declive de la línea.

Vía Verde del Guadarrama

La Vía Verde del Guadarrama es una de las cuatro que hay en la Comunidad de Madrid, junto con la del Alberche, la del Tajuña y la del Tren de los 40 Días, que suman 90 kilómetros en total.

La ruta transcurre casi íntegramente por tierra sin acondicionar. Comienza en el parque natural El Soto, en Móstoles, pasa por el parque regional del Curso Medio del Río Guadarrama, atraviesa bosques de coníferas, dehesas de encinas, campos de cultivo, viñedos y riberas fluviales, y llega hasta la plaza de Segovia de Navacarnero.

Transcurre por distintas vías asfaltadas, pistas de tierra y caminos de balasto usado para asentar y sujetar las traviesas de los tendidos ferroviarios, vestigio indudable de su origen ferroviario. Vestigios también de la antigua vía férrea, son la estación de Guadarrama y el puente de Hierro de Móstoles, levantado para salvar el cauce del Guadarrama.

Ficha técnica

Localización: entre Móstoles y el puente sobre el río Guadarrama. Madrid.

Longitud: 4,5 km. Es posible continuar 12 km más hasta Navacarnero por el antiguo trazado ferroviario (sin acondicionar y sin señalización).

Usuarios: senderistas, ciclistas y personas con movilidad reducida.

Tipo de firme: asfalto

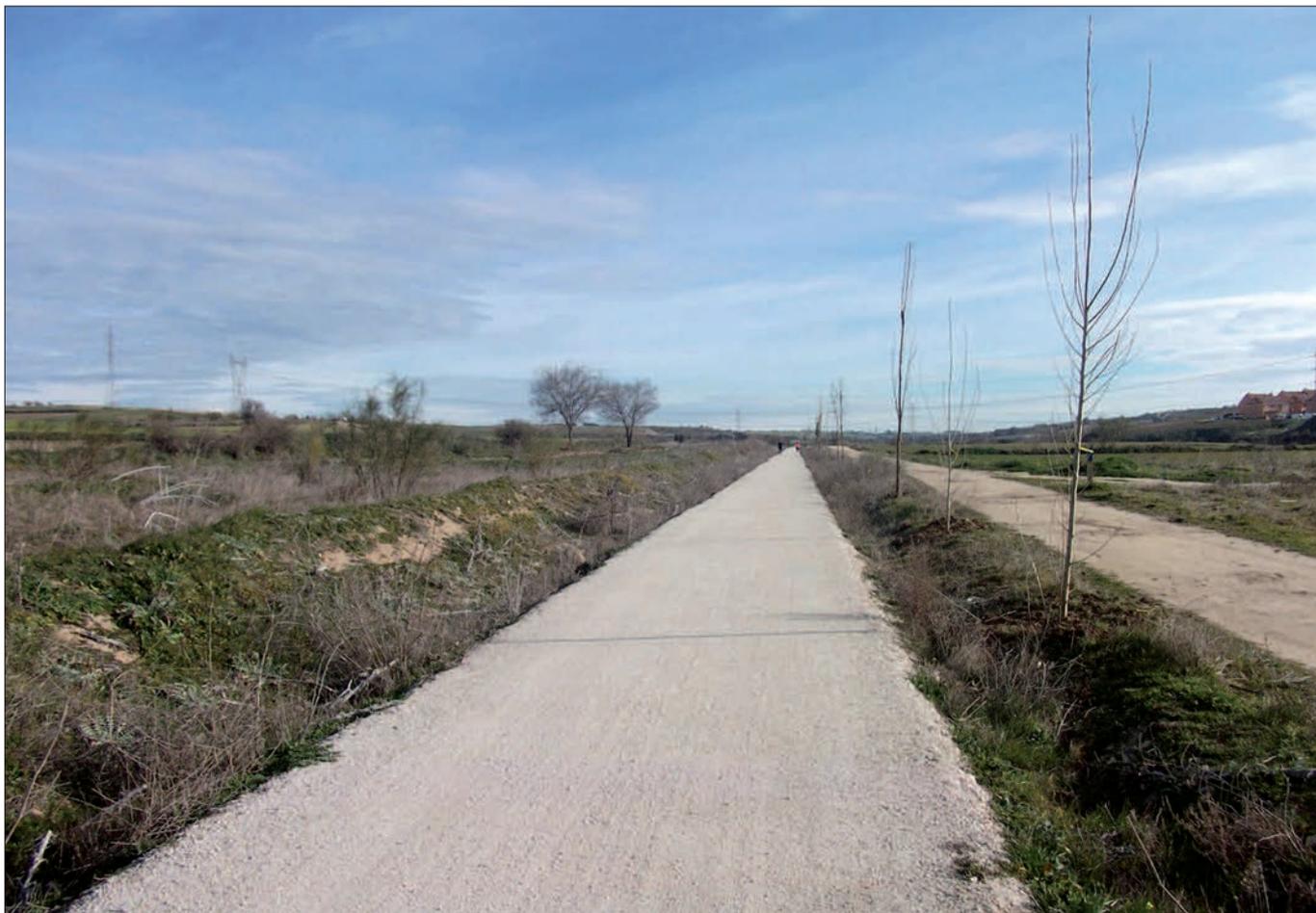
Medio Natural: tierras de cultivo, riberas fluviales, parque regional del Curso Medio del Guadarrama.

Patrimonio cultural: iglesia de la Asunción (S.XV, en Móstoles).

Infraestructura: vía Verde. Dos puentes. Antigua estación del río Guadarrama.

Cómo llegar: en Móstoles: Cercanías Renfe, Línea C-5 y Autobuses Empresa Blas y Cía.

Conexiones: Madrid: 18 kilómetros hasta Móstoles.



► *Vía Verde del Guadarrama a su paso por el municipio madrileño de Móstoles.*

Paralelamente, las disputas internas y los problemas económicos de la compañía belga agravados por la I Guerra Mundial, no amainaron y después de años de conflictos, el Banco Urquijo compró la línea en 1921 con idea de mejorar sus instalaciones y prolongarla a Plasencia. Y este sería el último y breve periodo de titularidad privada, porque cuando el Directorio Militar decidió acometer el proyecto de prolongación de la línea hasta San Martín de Valdeiglesias y Arenas de San Pedro para alcanzar la línea de Madrid-Cáceres-Portugal, el gobierno de Primo de Rivera decretó su adquisición y rescató las concesiones en 1930. Ese año la línea pasó a manos de la Jefatura de Explotación de Ferrocarriles del Estado hasta la creación de FEVE en 1965.

.\ Cierre

Pero como ha sucedido con multitud de vías férreas, cerca ya de la década de los años 60, la línea entró en un declive sin marcha atrás por el auge de tráfico que absorbía la carretera de Extremadura y la subida de las tarifas. Tampoco ayudó mucho la deficiencia de las infraestructuras, a pesar de que desde años atrás se ha-

bía intentado reflotar la línea; primero con la renovación del material rodante y después, ya durante los años 60, con la construcción de la estación de Empalme para facilitar el transbordo con el Suburbano y actual línea 10 del Metro de Madrid.

Durante varios años jugó un papel secundario transportando mercancías –sobre todo productos para la construcción– y viajeros con destino especialmente a las instalaciones militares de Campamento y Cuatro Vientos. Y los fines de semana llevaba, entre pinos, olivos y encinas, a los madrileños que iban a bañarse en las riberas del Alberche, Tiétar o Guadarrama.

En 1965, la situación se vuelve insostenible: el transporte por carretera se impone y el tráfico de mercancías es mínimo, por lo que se clausura el tramo más deficitario, entre Navalcarnero a Almorox y se enajenan los terrenos ocupados por la Estación de Goya. El tramo Madrid-Navalcarnero –32 Km– estuvo operativo hasta el 1 de julio de 1970. El cierre se vinculó con el comienzo de las obras de desdoblamiento y electrificación de las vías entre Madrid y Móstoles –2 Km–. Trabajos que terminaron en 1976 y que llevaron a la creación de actual línea C-5 de cercanías, que aprovechó el trazado de la línea partir de Cuatrovientos. ■

75 ANIVERSARIO DE LAS CUBIERTAS DEL HIPÓDROMO DE LA ZARZUELA

La maestría de un referente actual

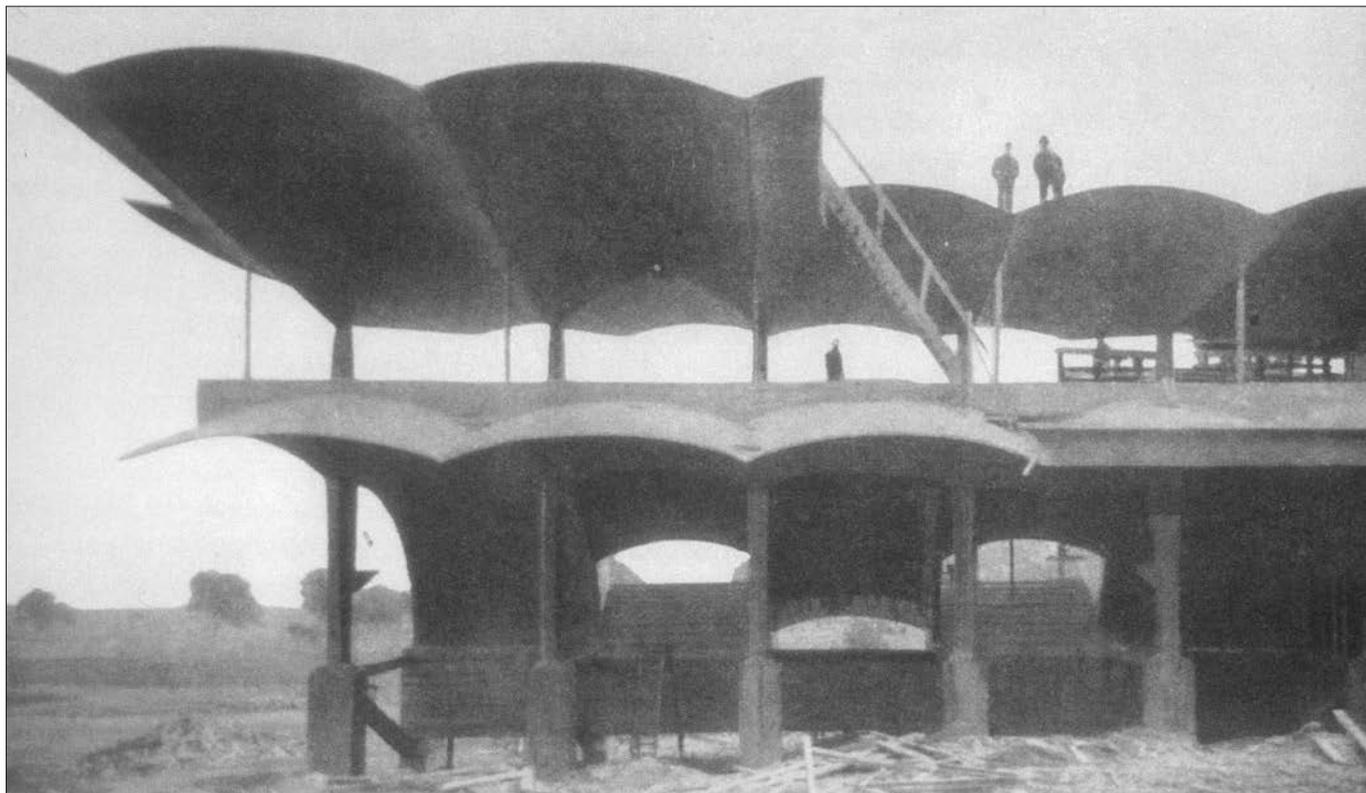


MARIANO SERRANO PASCUAL

Construido entre 1935 y 1941, la obra de Arniches, Domínguez y Torroja, con su cuerpo inferior de sencillos arcos de aire campero y el voladizo de hormigón que cubre las tribunas, es una combinación perfecta entre la tradición y la modernidad, entre las soluciones estructurales y las estéticas. Rehabilitado recientemente y declarado Bien de Interés Cultural en 2009, setenta y cinco años después de su inauguración el hipódromo de La Zarzuela sigue siendo un referente para la ingeniería y la arquitectura actuales.



► Las gradas del hipódromo con su característico voladizo, una de las obras maestras no solo de Torroja sino de la ingeniería contemporánea.



Fondo Eduardo Torroja. CEHOPU

N

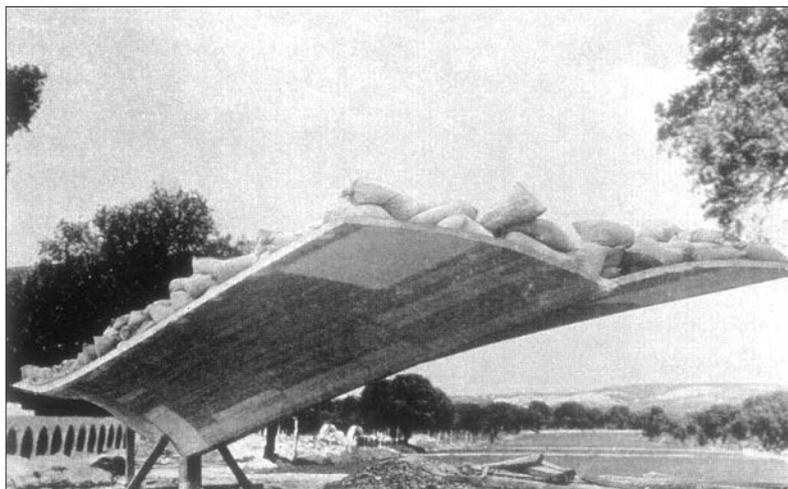
o hay que ir muy lejos para encontrar el motivo de esta obra maestra de la arquitectura deportiva madrileña: el derribo en 1933 del único gran hipódromo existente por entonces en la ciudad, ubicado precisamente en el lugar en el que hoy se levantan los Nuevos Ministerios. Hasta entonces y durante más de medio siglo, el antiguo recinto de carreras hípcas fue la guinda de uno de los más distinguidos paseos de la sociedad de la época de la Restauración, el paseo de la Fuente Castellana, más tarde solo la Castellana, que culminaba con esta instalación, inaugurada en 1878 para celebrar el enlace entre Alfonso XII y María de las Mercedes de Orleans. El desfile de coches, carrozas y jinetes por la amplia avenida, entre los palacetes recién construidos de aristócratas, políticos y nueva burguesía, hasta llegar a los llamados Altos del Hipódromo para acudir a los programas de carreras —al menos dos temporadas al año, primavera y otoño— o a otros eventos, más sociales que deportivos, se con-

virtió en rito y escaparate para la alta sociedad madrileña finisecular.

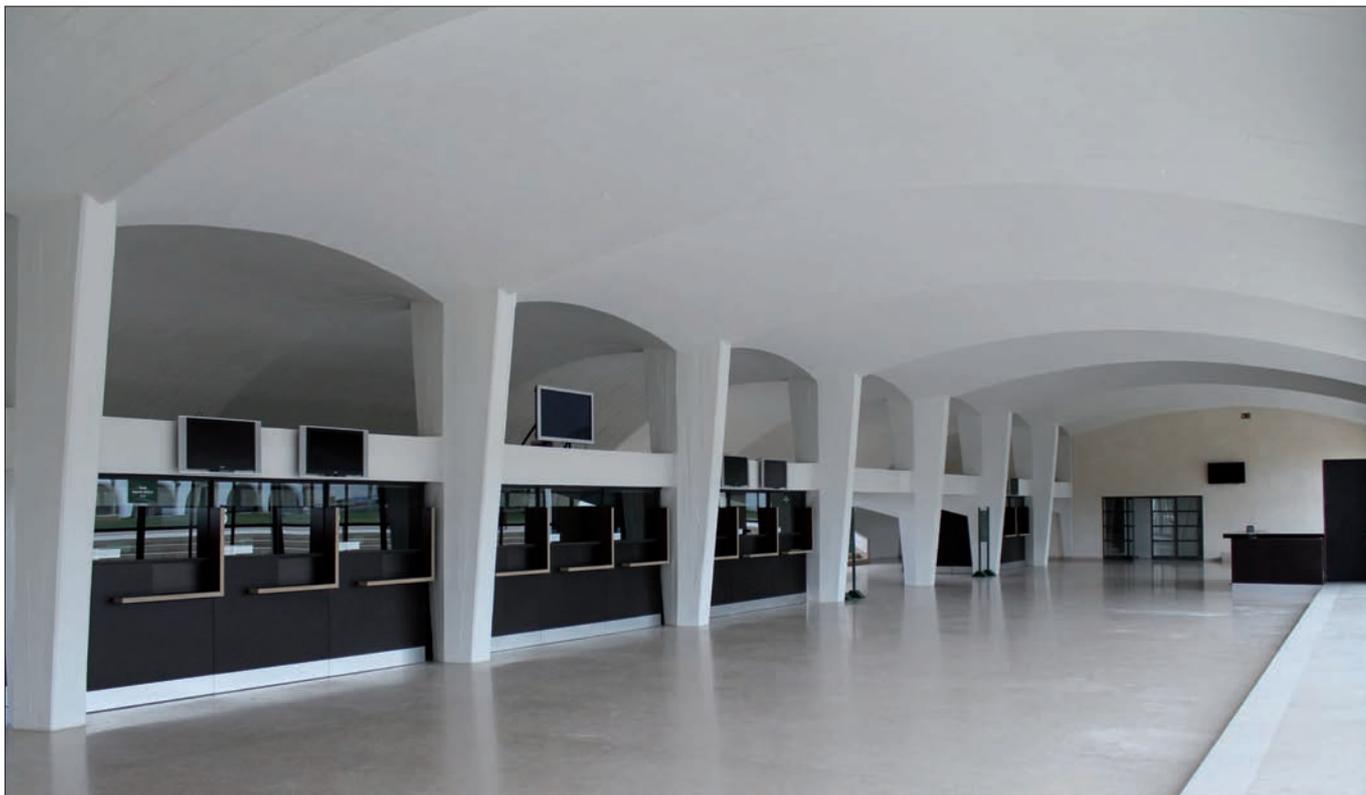
Pero Madrid cambiaba a pasos agigantados, necesitaba crecer, y no para solaz de la *jet* sino para los negocios, la administración y las finanzas. Se hacía necesario ampliar aquella salida por el norte en la que el viejo hipódromo hacía de tapón insalvable. En sus últimos años, con una sociedad sometida a una profunda transformación, el hipódromo de la Castellana había empezado a languidecer. Los programas de carreras fueron decayendo en prestigio y vistosidad e incluso se empleó el recinto para otras actividades, como espec-

► Montaje de la cubierta y pruebas de carga durante la construcción del hipódromo.

Al concurso convocado para la construcción del hipódromo se presentaron los arquitectos e ingenieros más prestigiosos de la época.



Fondo Eduardo Torroja. CEHOPU



► Galería del cuerpo inferior bajo las gradas, donde se ubican las taquillas de apuestas, y la arquería del lado que da a la pista.

táculos de acrobacias aéreas, kermeses veraniegas o partidos de fútbol, que recién empezaba por entonces su ya imparable ascenso hacia el título de deporte rey. Aunque existían proyectos de derribo anteriores, recibió la puntilla en 1933, siendo ministro de Obras Públicas Indalecio Prieto, al ponerse en marcha el plan de Zuazo de ampliación de la Castellana y creación de nuevas infraestructuras, como la estación de Chamartín y sus enlaces. A comienzos de ese año el viejo hipódromo se derriba, y unos meses después se inaugura la nueva Castellana, al tiempo que comienza la construcción de los Nuevos Ministerios.



El concurso para el nuevo hipódromo

No obstante, Madrid no se resignó a prescindir de un hipódromo. Para la construcción del nuevo el Ministerio de Obras Públicas destina unos terrenos situados en el monte del Pardo, al noroeste de la ciudad, muy próximos al río Manzanares, y en 1934 el Gabinete Técnico de Accesos y Extrarradio de Madrid convoca un concurso al que acudirán tan solo nueve proyectos, circunstancia, por cierto, de la que se sorprendía y lamentaba el jurado, considerándolo un fracaso de participación.

El 18 de septiembre de 1934 se falla el concurso, recae el primer premio en el proyecto presentado por los arquitectos Carlos Arniches y Martín Domínguez y el ingeniero Eduardo Torroja. A las puertas se quedaron el proyecto presentado por Figueroa, Zabala, Prats y Sánchez Sacristán, que recibió el segundo premio, y el de Gutiérrez Soto y Fernández Conde, que fue destacado con el tercer premio. De los nueve proyectos presentados, dos iban firmados solo por arquitectos, mientras que los equipos del resto, entre ellos los tres finalistas, estaban formados por arquitectos e ingenieros.

El jurado (entre cuyos miembros figuraba un representante de la Sociedad de Cría Caballar, organismo que había impuesto unos estrictos condicionamientos en las bases del concurso) tuvo en cuenta por encima de todo los aspectos prácticos y funcionales, como la situación de las cuadras, su enlace con las pistas y la fácil circu-



lación de los caballos a la hora de salir a estas; la accesibilidad y visibilidad del *padlock*; el fácil acceso del público a las taquillas y tribunas y que estas últimas estuvieran cubiertas en su mayor parte; la posibilidad de ampliación; que la arquitectura de los edificios guardara consonancia funcional y estética con el deporte hípico, o que las vías de acceso al recinto estuvieran proyectadas de forma que se evitara la congestión del tráfico en la cercana carretera de La Coruña. Por añadidura, los proyectos debían enfrentarse (además de a un presupuesto muy bajo: tres millones de pesetas) a otras circunstancias: un terreno irregular, ondulado y con acusadas diferencias de nivel entre unas partes y otras, y la

obligación de conservar, según se establecía expresamente en las bases, la mayor cantidad posible del arbolado existente. En suma, se debía primar —y así se valoró en el acta del jurado, publicada íntegramente en la revista *Arquitectura* de junio de 1935— una construcción que tuviera como fin principal el espectáculo de las carreras de caballos y no, como era habitual en muchos hipódromos de la época y desde luego en el de la Castellana, la exhibición social de personajes de moda.

Que el jurado valorara por encima de todo —también por encima de los valores arquitectónicos— la estricta adaptación de los proyectos al programa de necesidades hípcas preestablecido, lo demuestra que el más ca-



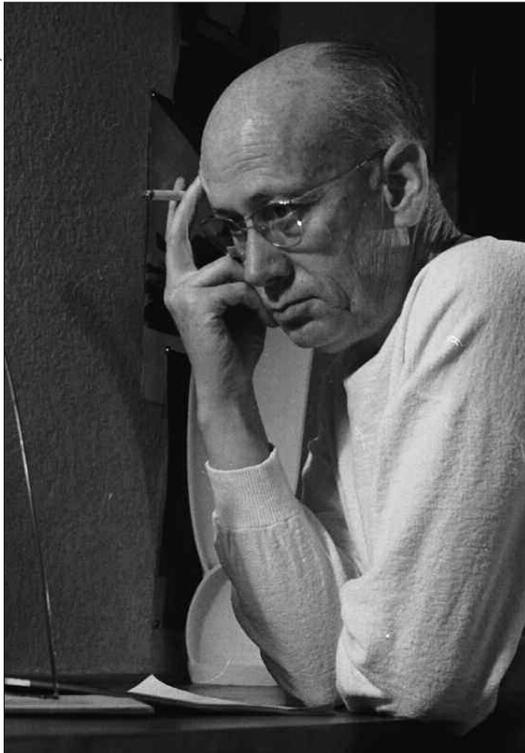
► *El sencillo cuerpo inferior del edificio y las gradas culminadas por el voladizo constituyen una armónica transición de lo tradicional a la vanguardia.*

racterístico elemento del proyecto ganador, las tribunas coronadas por los famosos voladizos, no solo no merecieron en el acta del premio ni una mención a esos valores arquitectónicos y constructivos, sino que, al contrario, fueron criticadas “por su forma de raja de sandía, que no permite pensar en añadidos sucesivos”.

Entre tradición y vanguardia

Torroja ya había colaborado en alguna ocasión con los arquitectos Domínguez y Arniches. En cuanto a estos, miembros ambos de la llamada Generación del 25, ya

venían trabajando juntos desde hacía años cuando en 1935 comenzaron la construcción del nuevo recinto de carreras. Fue esta su última colaboración. El hipódromo, aunque prácticamente terminado en 1936 al comienzo de la guerra civil, no pudo ser inaugurado hasta 1941, una vez acabada la contienda y hechas las reparaciones de los daños provocados por la guerra, de las que ya se encargó en solitario Eduardo Torroja, pues los arquitectos sufrían por entonces cada uno su particular exilio. El de Domínguez, el exilio exterior, primero en Cuba, donde desarrollará una notable obra, y luego en Estados Unidos, donde trabajará en Chicago y Nueva York e impartirá clases en la universidad de Cornell.



► Eduardo Torroja Miret.

Mientras, Carlos Arniches, que había decidido no marcharse de España, sufrirá la depuración profesional y un ostracismo que le mantendrá bastante tiempo apartado de los grandes proyectos, aunque su influencia seguiría dejándose notar en las generaciones futuras.

Hasta su separación, Arniches y Domínguez habían trabajado en algunas de las obras más representativas de la nueva arquitectura española de finales de los años veinte y comienzos de los treinta. Entre otras, la Granja El Hénar, el bar del hotel Palace, el café Zahara (junto a Secundino Zuazo) y, sobre todo, el Auditorio de la Residencia de Estudiantes y los dos edificios (el pabellón de Bachillerato y el pabellón de la Escuela Primaria) para el Instituto Escuela de la Institución Libre de Enseñanza.

Los críticos han destacado como una característica esencial de su obra el equilibrio —que va más allá de un simple eclecticismo— entre un lenguaje de vanguardia, racionalista y funcional, y otro compuesto por elementos tradicionales, lo que ha llevado a relacionar su trabajo arquitectónico con el poético de la generación coetánea, la del 27, donde se ha visto la misma característica. Un equilibrio que se manifiesta en varios aspectos, como la integración de lo culto y lo popular, lo universal y lo español o la tradición histórica y la renovación. En el hipódromo de la Zarzuela, con la impagable aportación de Torroja —con la cual a los anteriores equilibrios debe sumarse el existente entre soluciones técnicas y estéticas, estructurales y arquitectónicas— esa integración se hace, sencillamente, perfecta.

Cuando no todo era fútbol

En la actualidad, cuando el fútbol acapara todas las noticias y los estadios se encuentran entre los "museos" y edificios más visitados de nuestras ciudades (el Bernabéu es el cuarto más visitado de Madrid, casi un millón de visitas al año, tras el Reina Sofía, el Prado y el Thyssen), es difícil imaginar un tiempo en el que hubiera vida más allá del balompié. Pero lo hubo. Y uno de esos otros deportes que se encontraban entre los más populares fue la pelota vasca, que dejó en varios sitios de España, pero especialmente en Madrid, algunos de los edificios más singulares e interesantes de la arquitectura deportiva.

Dicen que fue la reina María Cristina, que había puesto de moda los veraneos en San Sebastián entre la aristocracia de finales del XIX, la que, a cambio, se empeñó en traer a la corte este deporte. Desde entonces y hasta los años treinta del siglo XX se construyeron en Madrid una decena de frontones en los que intervinieron algunos de los más afamados arquitectos e ingenieros del momento. Hoy en día, en pie (o casi, pues sigue muy deteriorado a pesar de los proyectos de recuperarlo, que no acaban de ponerse en marcha) solo queda uno, el Beti Jai, construido en 1893 por Joaquín de Ruicoba. El otro gran referente fue el frontón Recoletos, que junto al hipódromo de La Zarzuela constituye la otra obra maestra de la edificación deportiva debida a Torroja. Construido en 1935 en colaboración con Secundino Zuazo, destacaba sobre todo su cubierta formada por láminas de hormigón de 8 cm de espesor, componiendo dos cuerpos cilíndricos en bóveda de cañón de diferente tamaño que cubrían la cancha (la bóveda más grande) y el graderío (la más pequeña), cubriendo en total un gran rectángulo de 55 m x 32,5 m, sin pilares de ningún tipo, lógicamente, para permitir el juego. Los únicos apoyos eran el muro lateral de la cancha y la estructura del graderío. La iluminación se lograba por medio de dos grandes lucernarios, uno en cada bóveda, formados por bandas de celosías de hormigón armado en triángulos equiláteros. El frontón sufrió graves daños durante la Guerra Civil, y a pesar de las propuestas del propio Torroja para recuperarlo, acabó hundiéndose y el edificio fue demolido definitivamente en 1973.



Bibliografía

Bohigas, O.: *Arquitectura española de la Segunda República*. Barcelona, 1970.

"Concurso de proyectos para un hipódromo en Madrid. Acta de juicio del concurso", *Arquitectura*, junio 1935.

"El concurso de proyectos del nuevo hipódromo de Madrid", *Ingeniería y Construcción*, n. 145, 1935.

"El nuevo hipódromo de Madrid", *Hormigón y Acero*, n. 7, noviembre 1934.

Guía de Arquitectura de Madrid, *Fundación COAM* (www.coam.es).

San Antonio Gómez, C.: *El Madrid del 27*. Arquitectura y vanguardia: 1918-1936. Madrid, 1998.

Urrutia, Á.: *Arquitectura española siglo XX*. Madrid, 2003.

La belleza sencilla

La obra de Torroja, Arniches y Domínguez no solo responde al exigente programa de necesidades del concurso, sino que lo hace en armonía total de todos sus elementos entre sí y del conjunto de estos con el entorno donde se ubica, la finca del Pardo. Y, sobre todo, es capaz de diluir en una pasmosa sencillez aparente la complejidad técnica que subyace a su realización.

El elemento fundamental de la obra es el cuerpo principal, donde se ubican las tribunas, taquillas y otros servicios del hipódromo. En él se puede distinguir, por un lado, el vo-

lumen inferior sobre el que apoyan las tribunas y, por otro, la cubierta de estas. Respecto del cuerpo inferior, está formado por sencillos arcos de medio punto encalados, con un ligero aire andaluz, campero y popular, revelando esa conjunción armónica entre tradición y vanguardia.

En cuanto a la cubierta, es sin duda una de las grandes obras maestras no solo de Torroja sino de la ingeniería contemporánea. Se trata de un voladizo compuesto por una secuencia hiperboloide de láminas de hormigón de 12,8 metros de longitud y 5 centímetros de espesor en sus extremos, que apoyan sobre pilares con vanos de 5 metros situados a espaldas de las gradas, contrapesado a su vez por otra visera posterior de menor longitud. Lo más sorprendente es que, contemplando esta cubierta, la complejidad técnica que supone levantar una estructura de hormigón como esta pasa a un segundo término, y solo queda el goce estético ante la aparente sencillez de lo que semeja una sucesión de ligeras alas volando sobre la grada.

Setenta y cinco años después de su finalización —rehabilitado recientemente todo el conjunto por el equipo de Junquera Arquitectos, con financiación en parte a cargo del programa del 1,5% Cultural del Ministerio de Fomento— la cubierta de Torroja de la tribuna del hipódromo de La Zarzuela sigue siendo modelo y referencia inexcusable para ingenieros y arquitectos actuales. ■

► Tras años de abandono, la rehabilitación realizada por el estudio de Jerónimo Junqueras devolvió todo su esplendor al hipódromo de La Zarzuela.





HACIA LA RECUPERACIÓN DEL ACUEDUCTO ROMANO DE CÁDIZ

Una obra colosal

MARIÁN CAMPRA GARCÍA DE VIGUERA. FOTOS: PROYECTO ACUA DUCTA

Con sus más de ochenta kilómetros de longitud, el acueducto romano de Cádiz, o de Tempul, ha sido durante mucho tiempo una de las grandes obras de ingeniería de la Hispania romana, tan colosal como al mismo tiempo desconocida. Ahora, un grupo multidisciplinar de investigadores de la Universidad de Cádiz, a través del proyecto Acua Ducta, han comenzado a desvelar buena parte de sus secretos y restituir su importancia como una de las grandes construcciones legadas por el imperio romano.



► A la izqda, manantial de Tempul en la sierra gaditana de las Cabras. Sobre estas líneas, tuberías del acueducto en la plaza de Asdrúbal (Cádiz).



La antigua Gádir fenicia, luego Gades romana, tiene unos orígenes tan antiguos como míticos, que remontan su fundación hacia el año 1100 a. de C., a cargo de colonos tirios que navegaron hacia las llamadas columnas de Herakles o de Hércules en busca de metales, apenas 80 años después de la guerra de Troya.

Como las costas de Huelva más al norte, la bahía de Cádiz fue un territorio cuya fama en riquezas —metales, productos agrícolas y ganaderos— se extendió pronto como un reclamo entre las antiguas civilizaciones asentadas a orillas del Mediterráneo. Así, ya antes de Roma, fenicios, egipcios, griegos y cartagineses, recalaron en su abrigada costa tras expediciones más o menos regulares que con el tiempo cristalizarían en diversos asentamientos y núcleos coloniales.

.\ Pasado fenicio

Es bien conocida la abundancia de restos arqueológicos en el subsuelo de Cádiz, y las afecciones y retrasos que su hallazgo plantea para cualquier obra que se desee acometer en su casco urbano. Los testimonios

arqueológicos más antiguos, como algún lienzo de muralla fenicio hallado bajo los cimientos del teatro de títeres de la Tía Norica, datan del siglo VII a. de C. Los historiadores creen que por esos años el asentamiento debía acoger ya a un número importante de pobladores, aunque su abastecimiento de agua potable dependería aún de pozos, cisternas y fuentes. Así, se cree que sobre la actual Sancti Petri debía estar emplazado el templo de Herakles, para los griegos, o Melkart para los fenicios, uno de los centros de culto más famosos de la antigüedad, cuya celebridad, como la de su fuente, se dice que atrajeron la devoción de Aníbal antes de emprender su campaña hacia Roma. Las guerras púnicas, en cualquier caso, supusieron el fin de la hegemonía cartaginesa en el sur peninsular y el comienzo de Gades como floreciente colonia romana.

La ciudad y su seguro puerto, que ofrecía una ideal escala hacia el norte de África y el Atlántico occidental, comenzaron a cobrar una creciente importancia estratégica y comercial y, junto al crecimiento de su población, se planteó sin duda la necesidad de asegurar un abastecimiento hídrico en calidad y cantidad, acorde no sólo a un número de habitantes cada vez mayor sino también más sofisticados, cultos y ricos. De esta necesidad, pues es posible que los pozos, insuficientes, resultaran tam-



bién cada vez más salinos al excavar a mayor profundidad, nace la idea de crear un acueducto que llevara el agua desde zonas de sierra, donde los caudales eran más puros y regulares. De acuerdo con las investigaciones, el proyecto debió acometerse hacia finales del siglo I a. de C., seguramente bajo la influencia de la dinastía de los Balbo, una de las sagas hispanorromanas más acaudaladas y con mayor poder en la ciudad.

Los ingenieros o planificadores eligieron para su propósito el manantial de Tempul, en la serranía de Las Cabras, a unos 400 m de altura sobre el nivel del mar, entre las localidades de Algar y San José del Valle, a una distancia de unos 60 kilómetros de Cádiz en línea recta. La decisión revela el grado de madurez que había alcanzado ya la ingeniería hidráulica en esa época, pues la empresa de construir un acueducto se antoja aún hoy de una gran complejidad, no sólo por la gran distancia a salvar sino por la complicada orografía entre el punto inicial de la toma de aguas y su depósito final en Cádiz, que requiere sortear numerosas cotas a distinto nivel.

Entre los más largos

La necesidad de mantener una gradiente de inclinación constante desde los manantiales para asegurar flujos y velocidades de caudal regulares, sumado a los per-

files alomados de la campiña gaditana, han hecho que el acueducto de Tempul sea no sólo el más largo de la Hispania romana sino también, probablemente, uno de los más largos de todo el imperio, quizá sólo superado por unos pocos más, como el acueducto de Zaghouan, en Túnez, cuya longitud total ronda los 130 km. Aunque en línea recta, desde Tempul hasta Cádiz, apenas hay 60 km de distancia, las irregularidades orográficas de la campiña, las constantes ondulaciones de su relieve y la inestabilidad propia de las tierras ricas en yesos, con imprevistas zonas de colmatación en vaguadas y bruscos cambios de los depósitos sedimentarios por los arrastres provocados por avenidas, obligaron a los ingenieros romanos a escoger un sinuoso trazado, muy a menudo zigzagueante, a fin de que el acueducto discurre por aquellas zonas más favorables, hasta alcanzar la longitud total de unos 80 km.

Los ingenieros romanos debieron utilizar además todas las técnicas a su alcance, tanto constructivas como de fontanería, para que el transporte del agua —unas veces por gravedad y otras a presión— se hiciera siempre con la mayor eficacia: desde túneles o minas —buena parte del acueducto discurre por tramos subterráneos—, a sifones invertidos, depósitos y castillos o torres de agua, puentes, etc. Toda una sofisticada infraestructura hidráulica que, tras sortear las últimas estribaciones de la

► Restos de la torre del sifón invertido del valle de los Arquillos.



► Restos de la galería a su paso por el cortijo de Fuente Ymbro.

serranía gaditana discurría a través de las localidades de Arcos, San José del Valle, Algar, Paterna, para alcanzar ya zona de marismas y costa y proseguir por Puerto Real, Chiclana, San Fernando y, finalmente, Cádiz.

.\ Método constructivo

La mayor parte del primer tramo del acueducto, de unos 30 km, discurre bajo tierra, en galería excavada a unos 2 m de profundidad. Sobre el lecho de excavación se construyó la galería destinada propiamente a alojar la conducción de agua, levantada en “opus caementicium”, el cemento romano consistente en una mezcla de zahorra, cal y arena con alto componente en sílices para dotarlo de la mayor impermeabilidad. Aunque variable en cuanto a dimensiones, los distintos investigadores que lo han estudiado señalan que la galería, le-

Una joya del patrimonio gaditano

El profesor de Historia Antigua de la Universidad de Cádiz, Lázaro Lagóstena, es el director del proyecto Aqua Ducta, desarrollado por un equipo multidisciplinar formado por historiadores, arqueólogos, geógrafos, arquitectos, ingenieros, espeleólogos y expertos en imagen y sonido. Este proyecto plantea potenciar el valor patrimonial, cultural y económico del acueducto de Tempul.

Uno de sus principales objetivos es desarrollar una serie de acciones destinadas a difundir y potenciar el valor de esta importante obra de ingeniería. Entre las actuaciones orientadas a divulgar su conocimiento figura la creación de la ruta del acueducto romano de Gades, incluyendo la creación de un centro expositivo y pedagógico que difunda los valores del sistema hidráulico de Sierra Aznar en Arcos. Este innovador y ambicioso proyecto pretende también que el acueducto romano de Cádiz pueda ser declarado Bien de Interés Cultural (BIC), y es que el acueducto de Tempul, 20 siglos después, sigue siendo una obra capaz de sorprender por su monumentalidad y sus técnicas constructivas.

vantada seguramente mediante cajones y cimbra, tenía en líneas generales una luz cercana al metro y medio de alto y entre unos 40 y 56 cm de ancho, con el techo abovedado y paredes de grosor en torno al medio metro. La solera tenía también un grosor de unos 56 cm.

En algunas zonas próximas al manantial se han hallado túneles excavados a unos 25 m de profundidad y la inclinación media de la pendiente de las galerías se sitúa alrededor de los 40 cm/km, aunque hay también algunos puntos donde se alcanzan valores próximos a los 2 m/km y otros donde se reduce considerablemente y apenas si alcanza los 10 cm/km. Según las investigaciones de las historiadoras Jenny Pérez Marrero e Isabel Bestué Cardiel, grandes estudiosas del acueducto, tras aplicar diversas fórmulas de cálculo desarrolladas para hallar la capacidad hidráulica en otros acueductos romanos, el caudal medio transportado en el de Cádiz estaría en torno a los 12.500 m³/día.

Pero sin duda, una de las grandes singularidades del acueducto son las distintas infraestructuras dispuestas a lo largo de su recorrido para salvar los perfiles orográficos más accidentados. Así, sólo en el primer tramo de unos 30 km, se han podido identificar hasta tres sifones situados en la garganta de Bogas, San José del Valle y en los Arquillos.

Este último, quizá el mejor estudiado, fue construido para salvar la depresión del arroyo de Paterna, debía contar con una gran torre de carga a juzgar por los restos arqueológicos encontrados en el cortijo de La Rendona, y se prolongaba alrededor de casi otros 2 km hasta alcanzar la siguiente torre de distribución. Aunque los vestigios de este sifón son escasos y no se mantienen



en buen estado de conservación, permiten deducir no obstante que se trataba de una obra de gran envergadura, ejecutada a conciencia y, sobre todo, especialmente reveladora del buen conocimiento hidráulico que poseían sus constructores. Los sifones eran las piezas más delicadas en toda canalización diseñada para el transporte de agua a larga distancia, pues debían ofrecer soluciones técnicas y un acabado altamente idóneo frente a una serie de amplias dificultades como las que implican la conducción del agua a gran presión entre dos puntos no muy alejados pero a distinta cota. El sifón invertido del valle de los Arquillos tenía su torre de captación a una cota de unos 85 m sobre nivel del mar, y de las distintas perforaciones en los restos que aún quedan en pie se deduce que de ella se hacía caer el agua por gravedad y canalizada mediante al menos dos o tres tuberías, construidas con atadores de piedra machiembrados y sellados con una argamasa muy impermeable. Desde la torre el agua se precipitaría en rampa en un ángulo de más de 50° hasta alcanzar el lecho del arroyo un poco por encima del nivel de las aguas, a unos 20 o 25 m sobre el nivel del mar, donde estaría el *venter* o puente que llevaría las tuberías en horizontal hasta la otra orilla para remontar la ladera opuesta y alcanzar la siguiente torre de distribución, a unos 79 m sobre nivel de mar. Por la envergadura de la fábrica de estos restos se cree que las torres tenían amplios registros o piscinas de decantación para filtrar arenas y limos y mantener el agua en las mejores condiciones de pureza.

.\ Cuidados y vigilancia

Todo el acueducto, requería un escrupuloso mantenimiento, como era habitual en este tipo de construcciones, y contaría probablemente con una amplia plantilla encargada de su conservación y vigilancia a lo largo de todo su recorrido. En los treinta primeros kilómetros se han identificado más de treinta pozos o bocas de registro, expresamente construidos para facilitar su limpieza e intercalados cada 800 o 900 m. Asimismo y aunque en su mayor parte el acueducto discurría bajo tierra, en los tramos en que lo hacía en superficie, para reforzar el aislamiento y proteger el agua de la evaporación y de los calores rigurosos del verano, la galería de ce-

► Restos de arquería en el valle de Los Arquillos.

Algunos restos del acueducto de Tempul

Existen numerosos vestigios del acueducto que se conservan y aún se pueden admirar a su paso por la campiña gaditana. Aunque la mayor parte de la infraestructura es subterránea, en la superficie permanecen aún algunos restos, en particular en la zona del valle de los Arquillos, donde quedan restos de pilares, torres y arcadas del gran sifón levantado para que la conducción atravesara la vaguada del arroyo de Paterna. También se pueden admirar otros restos en:

- ✓ *Tramo de tubería extraída en el año 1982 de la playa de Cortadura de Cádiz; hoy se puede observar en la plaza de Asdrúbal de la capital gaditana.*
- ✓ *En el límite del término municipal de Chiclana de la Frontera con el de Puerto Real se puede admirar el único pilar de piedra ostionera; procede de una roca sedimentaria muy porosa formada por restos de conchas marinas.*
- ✓ *A unos 3 kilómetros al noroeste de Paterna de Rivera, en el término municipal de Jerez de la Frontera, se observan a lo largo de unos 2 kilómetros diversos restos de galerías.*



► Restos de los sifones de Los Arquillos y de Puerto Real.

mento se debió recubrir también de sillares de piedra y mampostería de ladrillo.

Del sumo cuidado puesto en su ejecución dan también idea los restos hallados en las proximidades del manantial, cuyas aguas se debieron represar primero en un gran azud para derivarse después a una serie de cisternas y desde ellas hasta la gran galería distribuidora. Allí y debido sin duda a la mayor pluviometría de la zona, se ha descubierto que la galería contaba en su exterior con una cubierta plana de "*opus signinum*", un material muy semejante a los suelos de mosaicos o teselas, altamente impermeable, con el que se buscaba el mayor aislamiento y protección frente a las filtraciones y daños potenciales causados por las escorrentías.

Se han identificado más de 30 pozos o bocas de registro, expresamente construidas para facilitar la limpieza del acueducto en sus primeros 30 km

Aunque a partir del valle de Los Arquillos el seguimiento e identificación del itinerario del acueducto se torna especialmente difícil, la conducción llegaba hasta los Llanos de Guerra, ya en el término de Puerto Real, en galería subterránea. Por último, y para transportar el agua desde Puerto Real hasta Cádiz, se hizo necesaria la construcción de un último gran sifón invertido, emplazado en la actual Torre de los Arquillos, en cuyas inmediaciones se levantarían también varios depósitos terminales. El trazado seguido hasta Cádiz está aún por determinar con



exactitud pero se cree que posiblemente discurría bordeando la bahía por San Fernando y alcanzaba la isla de León por el puente de Zuazo antes de llegar finalmente hasta la actual Puerta de Tierras, a través de la playa de Cortadura, donde se han encontrado numerosos restos de tuberías bien conservados.

La importancia de Tempul y sus manantiales fue de nuevo puesta de relieve a finales del XIX, ante la necesidad de buscar nuevos abastecimientos para Jerez de la Frontera y su población, que había experimentado un gran crecimiento con el auge exportador de sus bodegas. El ingeniero Ángel Mayo fue el encargado de buscar la fuente con mejores caudales, con la regularidad y pureza necesarias para afrontar las nuevas demandas. Mayo barajó tres posibles opciones: el río Majaceite, el Guadalete y el manantial de Tempul, escogiendo finalmente este último, en 1860. Tres años más tarde, se conseguiría la concesión de las aguas públicas del manantial y, en 1866, se comenzó la construcción del nuevo acueducto de Tempul, que llevaría el agua hasta el un gran depósito emplazado cerca de lo que más adelante sería el Zoobotánico de la ciudad.

El 16 de julio de 1869 se inauguró aquel nuevo acueducto de Jerez, hasta entonces abastecida a través de 8 fuentes de las cuales sólo dos de ellas, la de San Telmo y la de Alcubillas, contaban con la calidad necesaria. ■

Bibliografía

Jenny Pérez Marrero, Isabel Bestué Cardiel: Nuevas aportaciones al estudio hidráulico del acueducto romano de Tempul, en Actas del Congreso Internacional Aquam Perducendam Curavit, Cádiz 2010.

Aviación

JAVIER R. VENTOSA. FOTOS: SKY POLARIS Y AG AENA

Se autodenominan *earthrounders*, pilotos aventureros que al mando de un pequeño avión han dado la vuelta al mundo. Es un selecto club formado por una treintena de socios, con reuniones bianuales y web propia. Uno de ellos es el español Miguel Ángel “Michel” Gordillo, que al mando de un avión de fabricación propia ha completado la primera parte del proyecto Sky Polaris, aventura científico-aeronáutica con la que dará la vuelta al mundo pasando por los dos polos mientras monitoriza la contaminación atmosférica en zonas remotas del planeta.



Michel Gordillo aterrizó el pasado 25 de abril en el aeródromo de Cuatro Vientos (Madrid) a bordo de su pequeño Van's RV-8, con el que ha completado, en algo más de dos meses,

un viaje de cerca de 31.000 kilómetros que le ha llevado en sucesivas etapas a saltar desde Europa hasta África, cruzar el océano Atlántico, sobrevolar el continente americano de sur a norte hasta alcanzar el Polo Norte —el gran desafío del recorrido—, para regresar después vía Escandinavia y Alemania hasta el punto de origen. A su llegada, “cansado pero muy satisfecho” con la experiencia, fue recibido por la ministra de Fomento en funciones, Ana Pastor, así como por sus familiares y amigos.

Con el trayecto Madrid-Madrid vía Polo Norte, realizado mayoritariamente en el Hemisferio Norte, Gordillo ha cumplido la primera parte de un proyecto más amplio con el que también tiene previsto emprender, en la segunda mitad del año, un viaje similar al Hemisferio Sur, sobrevolando en esta ocasión la Antártida. De momento, ya es el primer español en cruzar sobre el Polo Norte con un avión monomotor de menos de 1.500 kilos de peso. Si supera el reto antártico, se convertirá en el primero en la historia de la aviación en dar la vuelta al mundo sobrevolando los dos polos con un avión de la mencionada categoría, algo ya intentado por otros pero nunca conseguido. También será la primera vez que un avión español toca el continente antártico.

Junto al hito aeronáutico, “a la altura de las gestas de los aviadores españoles de los años 20 y 30 del pasado siglo”, en palabras de la ministra, la aventura de Gordillo tiene una finalidad científica aún más relevante. Su prototipo de avión, preparado para recorrer largas distancias y batir récords, también ha sido configurado co-

► El RV-8 en vuelo junto a la Pirámide del Sol, en Teotihuacán, cerca de Ciudad de México, fotografiado desde otro avión.



mo plataforma de investigación para medir durante el vuelo las concentraciones atmosféricas de partículas de carbono negro, una de los principales agentes del calentamiento global, en zonas remotas del planeta. Estas mediciones aportarán datos inéditos a un estudio a escala mundial que desarrollan centros de investigación españoles.

La financiación de la primera fase del proyecto Sky Polaris, nombre de esta iniciativa científico-aeronáutica, ha corrido a cargo del propio Gordillo y de patrocini-

LA VUELTA AL MUNDO POR LOS POLOS DE UN AVIADOR ESPAÑOL PERMITE MEDIR LA HUELLA DE CARBONO EN ZONAS REMOTAS

Gesta por una buena causa



nadores como Acciona y el Real Aeroclub de España, entre otros, así como de un sistema de *crowdfunding* creado para recibir donaciones de empresas y particulares sensibilizados con la sostenibilidad del planeta. Este esquema recaudatorio permanece habilitado en la página web del proyecto (www.skypolaris.org) de cara a la segunda parte del mismo. Instituciones como el Ejército del Aire o la Sociedad Geográfica Española, así como aeroclubes y otras empresas también han prestado su apoyo al proyecto.

El piloto

Michel Gordillo, de 60 años, con un historial de más de 14.000 horas de vuelo, es el impulsor y gran protagonista de esta aventura. Desde niño soñó con volar, una aspiración que guió sus pasos, ya como joven, a las escuelas de aeromodelismo y al Ejército del Aire, donde ingresó en 1979. En su carrera militar alternó durante años misiones de vuelo como la patrulla marítima y el traslado de personalidades, pero ante la llegada de un as-



censo en el escalafón que le dejaría sin volar, decidió abandonar la institución castrense para convertirse en piloto comercial de la compañía Iberia, donde desarrollaría su carrera civil hasta su jubilación en 2006.

La pasión por volar, no obstante, le ha empujado a realizar, fuera de su profesión, una serie de vuelos de larga duración, con buenas dosis de aventura, que son los que le han catapultado al club de los *earthrouters*. En 1998 dio su primera vuelta al mundo con un avión ligero, el Kitfox IV, de fabricación propia, con el que recorrió más de 29.000 kilómetros en 53 días, volando hacia el este a través de Europa y Asia (incluido un arresto en Vietnam) hasta alcanzar Estados Unidos. Tres años después dio su segunda vuelta al globo a los mandos del monomotor MCR-01, en un nuevo viaje hacia el este, de más de 38.000 kilómetros y completado en 44 días, con el que conmemoró el 75º aniversario de los grandes vuelos de la aviación española, en especial el Madrid-Manila de Rein Loring en 1933. Ambos vuelos, que le sirvieron para conocer mundo y reforzar su experiencia aeronáutica, son el antecedente de la misión Sky Polaris.

El avión

Para el proyecto Sky Polaris, Gordillo pilota el RV 8, prototipo de avión monoplaza de apenas 7 metros de longitud desde la hélice a la cola, con un peso de 527 kilos en vacío y velocidad punta de 250 km/h, que ha sido especialmente modificado para recorrer largas distancias, con una autonomía máxima de 26 horas y alcance de 6.250 kilómetros. El aparato, fiable, estable y capaz de aterrizar en pistas cortas, ha sido equipado con tanques extra de fuel y preparado para actuar en temperaturas extremas, desde -50 hasta +50 grados centígrados. También para ser ambientalmente eficaz.

Como singularidad, el avión lo construyó el propio Gordillo en el garaje de su casa de Campo Real (Madrid), con apoyo de sus hijas, a partir de un *kit* adquirido en EE UU que incluía las piezas del avión y las instrucciones de montaje. Posteriormente le incorporó el motor (una mejora del Lycoming IO-360, de cuatro cilindros y 180 caballos de vapor), una hélice bipala y la aviónica, así como un equipo de comunicaciones con sistemas vía satélite y de seguimiento de la ruta en tiempo real.

► Las coordenadas del sistema GPS informan de la inminente llegada al Polo Norte.



► Michel Gordillo explica a la ministra de Fomento en funciones el equipamiento del RV 8 poco después de aterrizar en Cuatro Vientos.

El conjunto se pintó en blanco y fue decorado con un dibujo de un ciervo estepario en la cola.

La fase de construcción se prolongó durante diez años, hasta 2014, cuando el prototipo, ya ensamblado y equipado, hizo su bautismo aéreo. Desde entonces, piloto y avión desarrollaron un intenso programa de vuelos con objeto de probar las capacidades del aparato y reforzar sus puntos débiles de cara a la misión Sky Polaris. En este tiempo, el avión fue equipado con cámaras de vídeo/fotografía y aparatos científicos. También se habilitó el escaso espacio disponible para almacenar el material de supervivencia, desde saco de dormir y paracaídas hasta tienda de campaña o balsa con baliza de localización GPS... todo para sobrevivir durante siete días hasta la llegada del rescate.

▲ El programa científico

El vuelo al Polo Norte de Gordillo y su RV 8, así como el previsto al Polo Sur, es una parte muy relevante de un estudio científico que el Instituto Interuniversitario de



Gordillo, que ya ha dado la vuelta al mundo en avión en 1998 y 2001, aspira a completar la tercera a finales de este año



El RV 8 es un prototipo ligero modificado para ampliar su autonomía hasta 26 horas.

Investigación del Sistema Tierra en Andalucía (IISTA) y la Universidad de Granada desarrollan sobre la presencia de hollín o carbono negro en la atmósfera, partículas en suspensión producidas por combustión (desde industrias a automóviles o estufas de leña) que se desplazan a grandes distancias y que, según los expertos, son la tercera contribución positiva del incremento de radiación causante del calentamiento global. Estas partículas se estudian desde estaciones terrenas Lidar (a nivel suelo) y desde satélites (a grandes alturas), pero apenas existen datos a baja altura. Ahí es donde el RV 8 realiza su gran aportación al proyecto Sky Polaris.

En su vuelo, el avión ha viajado con un aethalómetro a bordo, aparato que, mediante una toma de aire situada en el ala, capta muestras del aerosol atmosférico, identificando las partículas de hollín o carbono negro y discriminando si se originaron en la quema de combustibles o de biomasa. El aethalómetro analiza estas partículas y calcula su concentración en la zona de captación, a unos 5.000 pies (1,5 kilómetros). Tras cada vuelo, los análisis, descargados en memoria y georeferenciados, se envían a los centros de investigación para su estudio. Debido a la falta de datos, el análisis de estas partículas en las zonas sobrevoladas por el RV 8 (océanos, desiertos, selvas, casquete polar) es clave para mejorar el conocimiento de este agente atmosférico y establecer así un modelo más preciso del calentamiento

La Antártida en el horizonte

Aunque Gordillo ya descansa en Madrid, su atención está enfocada hacia la segunda parte del desafío Sky Polaris: el vuelo a la Antártida. Para este viaje al Hemisferio Sur, el piloto ya ha planificado una ruta que comprende el sobrevuelo de África y el salto sobre el océano Índico hasta alcanzar Australia y luego Tasmania. Desde allí volará a la Antártida para llegar al ansiado Polo Sur. Dada la inmensidad del territorio antártico, Gordillo estudia cruzarlo haciendo escala en alguna base científica. Posteriormente se dirigirá a Argentina, subirá por Brasil y regresará a España. En este vuelo continuará con las mediciones de las concentraciones de carbono negro del programa científico.

La partida hacia las antípodas está prevista para el mes de octubre, dado que noviembre y diciembre, sobre todo este último, son los meses con mejores condiciones climatológicas para cruzar la Antártida. Una vez en la zona, deberá realizar el vuelo aprovechando alguna de las dos o tres ventanas meteorológicas que se abren cada mes –Gordillo lleva estudiando la climatología local desde hace dos años–, para evitar fenómenos como los vientos no calculados o el temible hielo, causas del fracaso de expediciones anteriores. Para este viaje, el piloto introducirá cambios en el RV 8, entre ellos depósitos suplementarios de combustible y un refuerzo del sistema calefactor.

Más allá de los preparativos técnicos, la segunda parte de la misión Sky Polaris aún debe solventar algunos aspectos. Uno de ellos, de tipo administrativo, es la autorización del Comité Polar Español para que el RV-8 sobrevuele la zona antártica, un trámite imprescindible que, tras algunos retrasos, está en vías de solución. El segundo es el de la financiación de la misión, de importe más elevado que la primera parte. Para ello, Gordillo confía en que el impacto mediático alcanzado por el vuelo al Polo Norte ayude a lograr un mayor respaldo económico de las empresas patrocinadoras, así como más fondos procedentes del crowdfunding, al tiempo que ha recibido con satisfacción el compromiso del Ministerio de Fomento para apoyar esta segunda fase.



► El aethalómetro embarcado se ha encargado de analizar las concentraciones de carbono negro a una altura media de 1,5 kilómetros.

global. Tanto el IISTA como la Universidad de Granada, que ya analizan los datos de la primera parte de la misión, esperan ampliar sus conocimientos sobre estas partículas con el previsto vuelo a la Antártida.

El viaje

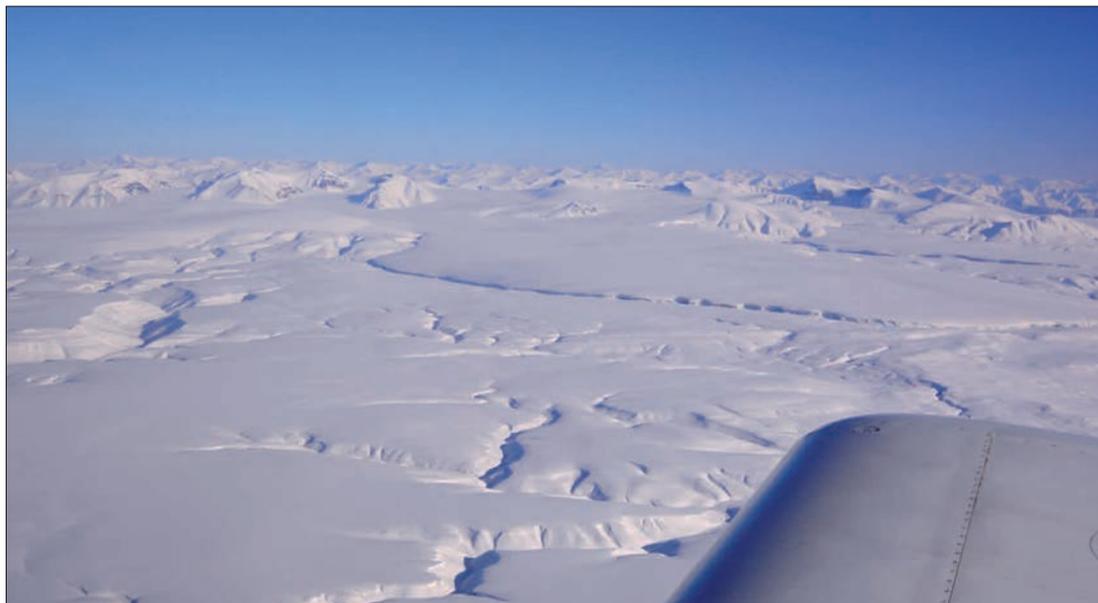
El viaje al Polo Norte ha sido largamente madurado y preparado por Gordillo mientras ponía su avión a punto. Para la definición de la ruta ha analizado numerosos factores, especialmente el meteorológico, decisivo para fijar abril como la mejor fecha para sobrevolar el Polo Norte ya que a finales de este mes el Ártico empieza a fundirse y se producen nieblas que dificultan la visibilidad. Otros factores estudiados han sido el cálculo preciso de las distancias de cada etapa, para no quedarse corto de combustible, y la selección de los aeropuertos principales o alternativos donde aterrizar. Al tener que cruzar varios países, también ha debido gestionar las autorizaciones de sobrevuelo y aterrizaje, además de comunicar sus planes de vuelo, muchas veces reajustados.

Con el análisis de todos estos factores planificó la ruta para la primera parte de la misión. Un viaje que, partiendo de España, le llevaría a Senegal y desde allí, en un salto sobre el Atlántico, hasta Brasil, para continuar luego por Colombia, Centroamérica y México. Las si-

guientes etapas, EE UU y Canadá, prologarían la llegada al Ártico y el cruce del Polo Norte, para recalar luego en Noruega y emprender el regreso a España. Un recorrido por tres continentes, con escalas en 11 países, a un ritmo de dos días de descanso por cada día de vuelo. En total, una aventura de algo más de dos meses.

El vuelo Cuatro-Vientos-Jerez, realizado el 19 de febrero, marcó el inicio del viaje. Al día siguiente partió hacia Dakar (Senegal) en la etapa más larga, 3.200 kilómetros realizados en 11 horas. Para ello siguió una ruta sobre el mar que evitó Marruecos -se anunciaban allí condiciones de engelamiento (un fenómeno peligroso para los aviones)-, pasó junto a las Canarias y sobrevoló la desértica Mauritania. El día 24 inició la travesía del océano Atlántico entre Dakar y Natal (Brasil), un viaje de 3.010 kilómetros sobre el agua siguiendo una ruta transitada por mercantes que incluye el paso del Ecuador. En un vuelo tan largo, el piloto debe concentrarse en la navegación, las comunicaciones y también el aethalómetro, sin quitar ojo de las predicciones meteorológicas para rodear las tormentas. “No te da tiempo para aburrirte, no”, comenta Gordillo. Pese a todo, también hay momentos para relajarse, ya sea avistando ballenas o viendo los dibujos que hace el viento sobre el mar. Después de 13 horas, el RV 8 aterrizó en Natal (Brasil).

Ya en el continente americano, Gordillo recorrió durante dos semanas Brasil, con escalas en Belem, Santa-



► Paisaje nevado del Círculo Polar Ártico visto desde el RV 8. Debajo, mapa mundial con las dos fases de la misión Sky Polaris: en rojo la etapa del Hemisferio Norte, ya completada, y en verde la del Hemisferio Sur.

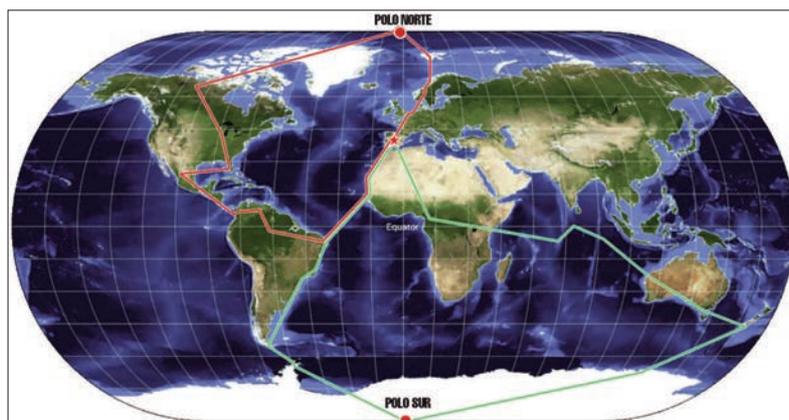
rem, Manaus y Boavista, alternando días de trabajo (y de análisis de hollín) y de descanso (que servían para revisar el aparato). Sobrevoló la selva amazónica y la desembocadura del Amazonas, con las tormentas como único inconveniente. En este país comprobó la imbatibilidad del avión para trasladarse por la selva: el vuelo Manaus-Boavista, de 613 kilómetros, lo realizó en 2 horas 40 minutos, cuando en coche el mismo viaje habría supuesto 2.133 kilómetros y 33 horas. Desde el norte de Brasil, el RV 8 continuó por Venezuela hasta Colombia salvando los Andes, a más de 19.000 pies, un vuelo al límite de las prestaciones del avión. En Medellín analizó las primeras concentraciones de hollín sobre esta ciudad, en un vuelo de gran complejidad.

El 18 de marzo emprendió el viaje hacia Centroamérica, sobrevolando casi todos los países del istmo, hasta alcanzar Guatemala, donde voló entre volcanes humeantes. Desde allí se dirigió a México, con etapas en Tapachula, Huatulco, Toluca y Reynosa. Problemas con el visado impidieron su aterrizaje en Florida (Estados Unidos), por lo que para continuar hacia el norte tuvo que pernoctar en Freeport (Bahamas). Luego, a través de territorio estadounidense, dio el salto a Canadá, adonde llegó el 10 de abril tras un vuelo de 1.770 kilómetros y 9.30 horas.

Dos nuevos saltos seguidos de más de 2.000 kilómetros situaron a Gordillo y su RV 8 en la isla de Resolute, en territorio insular canadiense, ya en zona ártica. Desde este remoto enclave, dotado de una pista helada, emprendió el 14 de abril la etapa culminante, el cruce del Polo Norte. Tardó 12 horas —con el viento de cara, lo que hizo el viaje más lento— en sobrevolar una de las zonas más inhóspitas del planeta, en la que solo se percibe “soledad, espacios abiertos hostiles y salvajes, pura belleza y riesgo”, recuerda el piloto, convertido en el primer español en sobrevolar el Polo Norte a las 0,50 ho-

ras de ese día. También en el protagonista de mediciones pioneras de hollín en la zona. Además del frío extremo (-29 grados en cabina), el mayor susto fue la caída del sistema de navegación (la señal GPS se pierde en el polo), que Gordillo resolvió orientándose por el sol.

El trayecto polar finalizó, tras algo más de 3.000 kilómetros, en el archipiélago Svalbard (Noruega), donde Gordillo aterrizó. Al día siguiente, 16 de abril, dio un nuevo salto sobre el mar hasta Aalesund, ya en territorio continental noruego, cambiando el paisaje blanco helado por el verde y el azul de los fiordos. Las últimas etapas le llevaron a Würzburg y Friedrichshafen (Alemania), desde donde regresó a Cuatro Vientos. En el aeródromo decano español concluyó una aventura de más de 31.000 kilómetros, realizada sin contratiempos a los mandos de un avión “que ha respondido al cien por cien”, y en la que ha sabido combinar su pasión por volar con una inestimable aportación a la investigación científica. Una aventura que espera reeditar a partir de octubre con la segunda parte de la misión Sky Polaris, con destino a la Antártida. ■



Especial



30

Vías Verdes por España

RECOPIACIÓN 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 €

2016

Mapa Oficial de Carreteras ESPAÑA

Incluye:

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

2016 Mapa Oficial de Carreteras ESPAÑA

DVD INTERACTIVO
(Windows 7 o superior)
Versión 21.0

Español / Inglés
Actualizable vía Web

ISBN: 978-84-498-0998-9
N.I.P.O.: 161.15.053-9
D.L.: M-26.965-2015

Copyright: Prohibida la reproducción total y parcial, incluso el volcado del contenido a cualquier soporte incluyendo sistemas de recuperación de información, ni servir de base para una aplicación distinta o funciones añadidas, sin expresa autorización escrita del propietario del Copyright.

También en el DVD:

- 1100 Espacios Naturales Protegidos
- 152 Rutas Turísticas
- 116 Vías Verdes

Edición 51
P.V.P.: 22,74€

Centro virtual de publicaciones

Librería virtual y descarga de publicaciones oficiales

www.fomento.gov.es



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

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

Título de la obra: **Revista del Ministerio de Fomento, nº 662, junio 2016.**

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

Año de edición: 2016

Características Edición:

1ª edición electrónica: junio 2016

Formato: PDF

Tamaño: 13,23 MB

Edita:

© Ministerio de Fomento
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

NIPO: 161-15-006-6

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

P.V.P. (IVA Incluido): 1,50€

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

