

Revista del
Ministerio de

Abril 2016 Nº 660 3€



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

Fomento

LA T4 DEL AEROPUERTO
MADRID-BARAJAS CUMPLE
UNA DÉCADA EN SERVICIO

III EDICIÓN DEL INFORME
DEL OBSERVATORIO
DEL TRANSPORTE
Y LA LOGÍSTICA EN ESPAÑA

PAVIMENTOS
QUE AYUDAN A REDUCIR
LA CONTAMINACIÓN URBANA

VIEJOS CAMINOS
REALES AL MONASTERIO
DE SAN LORENZO
DE EL ESCORIAL



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: AG Aena.

Elaboración página web:

www.fomento.gob.es/publicaciones.

Concepción Tejedor.

Suscripciones: 91 597 72 61 (Esmeralda

Rojo Mateos).

Colaboran en este número: Pepa

Martín, Javier R. Ventosa, Julia Sola

Landero y Luis Solera.

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^a 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

AEROPUERTOS

02

UNA DÉCADA EN EVOLUCIÓN.

LA TERMINAL T4 DE BARAJAS CUMPLE 10 AÑOS AMPLIANDO Y MEJORANDO SUS SERVICIOS.



TRANSPORTES

10

BUENOS SÍNTOMAS.

LA III EDICIÓN DEL INFORME DEL OBSERVATORIO DEL TRANSPORTE Y LA LOGÍSTICA SEÑALA LA RECUPERACIÓN DE LA MOVILIDAD EN 2014.

I+D+i

16

PAVIMENTOS SOSTENIBLES.

ENSAYOS CON MATERIALES FOTOCATALÍTICOS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN URBANA.



FERROCARRIL

24

EL PROGRESO LLEGÓ EN TREN.

125 AÑOS DEL FERROCARRIL DEL CADAGUA.

31. LA UTOPIA A PIE DE CALLE.

ARTURO SORIA Y EL NACIMIENTO DE UNA IDEA PIONERA EN EL URBANISMO MODERNO.

38. UN LEONARDO DEL SIGLO XX Y MÁS ALLÁ.

2016, AÑO DE TORRES QUEVEDO.

46. HUELLAS DEL PASADO.

LOS VIEJOS CAMINOS REALES AL MONASTERIO DE SAN LORENZO DE EL ESCORIAL.





*LA TERMINAL T4 DEL AEROPUERTO ADOLFO SUÁREZ MADRID-BARAJAS
CUMPLE 10 AÑOS AMPLIANDO Y MEJORANDO SUS SERVICIOS*

Una década en evolución



JAVIER R. VENTOSA. FOTOS: AG AENA

Transcurrida una década desde su puesta en servicio, la terminal T4 y su edificio satélite se han consolidado como una pieza clave en la operativa del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas y hoy procesan más de la mitad de sus vuelos y pasajeros. Este icono de la arquitectura, calificado y premiado varias veces entre las mejores terminales del mundo, contribuye decisivamente al despegue del aeropuerto madrileño y a su posicionamiento entre los grandes de Europa, mientras crece con nuevos servicios orientados al pasajero.



5

de febrero de 2006. El despegue de un avión de Iberia para cubrir el puente aéreo Madrid-Barcelona marca el inicio de las operaciones en el Nuevo Área Terminal (NAT) del aeropuerto de Madrid-Barajas. Culminaba así la mayor expansión aeroportuaria de la historia de España, un proyecto lanzado por Aena en los años 90 para afrontar el crecimiento del tráfico aéreo y hacer de Barajas un *hub* (centro de interconexión de vuelos) con capacidad para doblar el número de pasajeros hasta 70 millones al año. El denominado Plan Barajas se materializó en dos fases consecutivas: la ampliación de las terminales y la puesta en servicio de la pista más larga de Europa y una nueva torre de control, completadas en 1998; y la ampliación del campo de vuelo con dos pistas más y la construcción de dos nuevas terminales.

La segunda fase supuso prácticamente la construcción de un nuevo aeropuerto, con más del doble de superficie que el existente entonces, unos 4 kilómetros al norte del mismo. Su principal seña de identidad es un área terminal formada por dos edificios independientes, la terminal T4 (para vuelos nacionales y países Schengen) y su satélite T4S (para vuelos internacionales no

Schengen), con más de 750.000 m² de superficie divididos en varios niveles, proyectados por los estudios de arquitectura de Richard Rogers y Antonio Lamela y contruidos en ocho años (1998-2005) con una inversión conjunta en toda la NAT de 6.700 M€. Estos edificios funcionales de factura vanguardista, de ondulantes cubiertas e interconectados bajo una de las nuevas pistas por un túnel de 2,5 km para el transporte automatizado de pasajeros y equipajes, son desde el primer día el icono del nuevo Barajas (en especial la T4).

Diez años después, ambas terminales son parte esencial de la operativa del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas y acogen más de la mitad de sus vuelos (195.000 en 2015, el 53,3% del total) y pasajeros (25 millones, el 53,5%). Sus cifras de tráfico son un reflejo de los altibajos del aeropuerto madrileño en la última década. En 2007, al año de la ampliación, el aeropuerto registró su récord histórico con más de 52,1 millones de pasajeros, pero seis años después esa cifra había caído a 39,7 millones debido a la crisis. Desde enero de 2014, con la mejoría económica y la recuperación de Iberia, la tendencia se ha revertido y al término de 2015, tras 23 meses de alzas continuas, se registraron 46,8 millones de pasajeros, casi un 12% más que el año previo, con récord de los internacionales (33,7 millones).

► Vista de la terminal satélite T4S, con sus cubiertas en forma de olas, junto a la torre de control del aeropuerto.



► La luz interior de la terminal es asegurada por amplios lucernarios situados en un techo ondulante de bambú.

Estas cifras confirman una nueva dinámica de crecimiento, pero también reflejan que el aeropuerto ampliado aún no alcanzado su capacidad operativa máxima, lo que es toda una ventaja competitiva frente a otros *hubs* europeos con los que compete.

Cerca de la mitad de las 75 compañías que operan en el aeropuerto lo hacen desde esta terminal. Desde aquí parten o llegan los vuelos de Iberia —en 2006 trasladó sus operaciones y personal a la T4, según la nueva distribución de espacios por terminales decidida por Aena— y de las otras compañías que forman el *holding* IAG (British Airways y Vueling), más una docena de socios de la alianza Oneworld y otra quincena de aerolíneas que se trasladaron en 2014. La antigua compañía española de bandera ha hecho de la T4 la base para su estrategia de *hub*, organizando sus operaciones en franjas horarias para ofrecer a sus clientes el mayor número posible de conexiones de larga y media-corta distancia —propias y de sus socios— en el plazo más corto posible. Esta estrategia está siendo básica en el crecimiento del tráfico aéreo en el aeropuerto, generando un importante flujo adicional de pasajeros en conexión (más del 30% de los pasajeros utiliza Barajas como lugar de tránsito, no como origen o destino) y un rápido crecimiento del tráfico internacional, en especial hacia/des-

de Latinoamérica; de hecho, Barajas es hoy el aeropuerto europeo con mayor número de conexiones con esa región. Las otras tres terminales sirven como base para el *hub* de otras dos alianzas (Skyteam y Star Alliance) y para el resto de compañías.

▲ Ciudad aeroportuaria

En sus diez años de vida, la T4 y su satélite han sido testigos de incontables despegues y aterrizajes basados en sus instalaciones (535 diarios, de los algo más de 1.000 en todo el aeropuerto en 2015), con momentos de mayor o menor afluencia de pasajeros, de más o menos prisas, pero también han sufrido jornadas negras como el atentado terrorista de diciembre de 2006, que mató a dos operarios y destruyó un módulo completo del parking. A diario, más de 60.000 pasajeros circulan por esta amplia y luminosa terminal, con techos de bambú y grandes lucernarios, diseñada en tres edificios sucesivos (facturador, procesador y dique, este de más de 1 km de longitud) para cumplir con todas las etapas del viajero (facturar, pasar el filtro de seguridad y embarcar). También les proporciona los servicios y espacios de ocio para hacer que nada les falte en su corta estancia: des-



► Parking de la T4, dividido en seis módulos y con capacidad para 9.000 vehículos. Debajo, el sistema de tratamiento de equipajes (SATE) tiene 120 kilómetros de cintas transportadoras.

de oficinas bancarias, buzones, restaurantes y tiendas de ropa/complementos hasta zonas infantiles, lugares de oración (capilla, mezquita y oratorio aconfesional), zona de negocios y servicio médico 24 horas, además de una gasolinera en el exterior.

Se trata de “una verdadera ciudad”, en palabras de Antonio Lamela, que genera un notable impacto económico en términos de PIB y de empleo en Madrid. Su incesante actividad es gobernada las 24 horas del día desde el Centro de Gestión Aeroportuaria (CGA), situado en el corazón de la T4. Este *gran hermano*, dirigido por unos 60 técnicos de Aena con apoyo de más de 4.500 cámaras, monitoriza y gestiona en tiempo real todos los procesos y operaciones del aeropuerto (seguridad, operaciones, servicio al pasajero y mantenimiento, a cargo de más de 120 empresas). Del CGA dependen, entre otros servicios, la seguridad de todas las instalaciones y su correcto funcionamiento; los servicios de limpieza; la atención médica; la operación del túnel que une la T4 y la T4S, por donde circula el *people mover*, que llevó a cerca de 10 millones de personas en 2015; o el Sistema Automatizado de Tratamiento de Equipaje (SATE), que el pasado año transportó más de 10 millones de equipajes de salida en sus 120 kilómetros de cintas. El suministro eléctrico y térmico de todo el conjunto lo asegura una moderna planta de cogeneración junto a la T4 que logra importantes ahorros económicos y de emisiones de CO₂.

La conexión entre esta ciudad aeroportuaria y Madrid estuvo inicialmente limitada a la carretera, para lo cual



Las terminales del aeropuerto, en cifras

	T4, T4S	T1, T2, T3
Operaciones aéreas*	195.000	171.000
Pasajeros*	25.000.000	21.700.000
Maletas procesadas*	10.032.518	6.278.144
Superficie terminales (m ²)	760.000	300.000
Plazas aparcamiento	10.006	9.892
Mostradores facturación	154	234
Puertas de embarque	143	84

*Datos de 2015.

► Pasajeros subiendo al people mover, tren automático subterráneo que enlaza las terminales T4 y T4S. Debajo, estación de metro Aeropuerto T4, en servicio desde mayo de 2007.

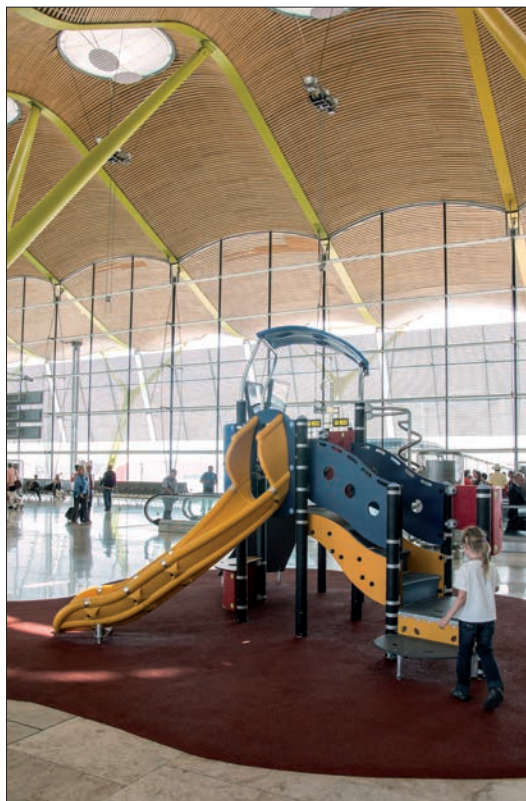


se construyeron autovías de acceso y un parking de 9.000 plazas adosado a la T4. Con el tiempo y el apoyo de varias administraciones llegó el transporte público masivo, y hoy las posibilidades para acceder a la T4 son similares a las de otros grandes aeropuertos. Así, la línea 8 del metro de Madrid alcanzó en mayo de 2007 la nueva estación Aeropuerto T4 y ha llegado a transportar más de tres millones de viajeros al año. En 2011, la extensión de la línea C-1 de Cercanías enlazó por primera vez la T-4 con la estación de Chamartín en apenas 11 minutos, con más de dos millones de viajeros transportados en 2014, y hace unos meses se activa-

ron lanzaderas directas desde la estación de Atocha. Otras iniciativas, como el autobús Exprés Aeropuerto 24h entre Atocha y la T4 en 40 minutos, también tienen gran demanda. En cuanto al vehículo privado, la capacidad del parking ha crecido con dos nuevos aparcamientos de bajo coste y larga distancia (1.238 plazas), superando así al conjunto de plazas de las otras tres terminales.

■ Servicios al pasajero

De puertas adentro, la T4 y su satélite han evolucionado en estos diez años con nuevas instalaciones y servicios destinados a mejorar y hacer más agradable la experiencia del pasajero, particularmente el de tránsito, dada su importancia numérica. En este campo destaca, por ejemplo, la modernización y ampliación en curso de las cinco salas VIP de Aena (tres en la T4 y dos en la T4S, que coexisten con otras tres de Iberia), con lo que se pretende optimizar la imagen y la calidad de los servicios ofrecidos según el tipo de pasajero, así como diversificar los servicios en función de la demanda. Mención especial merece la creación en 2014 de una sala de llegadas que incluye un novedoso servicio de 22 habitaciones (*air rooms*) las 24 horas del día, dirigido a pasajeros procedentes de vuelos trasatlánticos o con vuelos de conexión, que permite la pernocta, estancias de seis horas o un servicio de duchas.



Las novedades para ofrecer unos servicios de mayor calidad al pasajero se han extendido a diversos ámbitos del aeropuerto. El Plan Barajas 100, promovido por el Ministerio de Fomento en colaboración con Aena, implementa desde 2014 en todo el recinto aeroportuario una serie de medidas encaminadas a optimizar aspectos como el paso por los filtros de seguridad (para hacer este trámite más cómodo y rápido), la mejora de la señalización y la asistencia a personas con movilidad reducida, así como nuevos servicios para facilitar el tránsito de viajeros con niños. En la T4, por ejemplo, existen hoy 11 zonas multijuegos (siete en la T4 y cuatro en la T4S), además de una guardería que abre todos los días del año, de 8 a 20 horas. Este plan contemplaba originalmente la creación en esta terminal de una clínica polivalente.

Iberia, principal usuario de la T4, también ha desplegado en el último cuatrienio su propio plan (Ágora) destinado a elevar el grado de eficiencia de la terminal, con más de 200 medidas para incrementar la puntualidad, aumentar la eficacia en las operaciones (reduciendo en 10 minutos el tiempo mínimo de conexión y de escala) y mejorar el servicio al pasajero. El objetivo último es consolidar la competitividad de este *hub* en su pugna con otros aeropuertos europeos. Buena parte de estas medidas, ya en vigor, se apoyan en la innovación y en soluciones móviles para conseguir que el tránsito por la terminal sea más ágil para el pasajero y más

Reconocimiento mundial

En su corta historia, la terminal T4 ha recibido más de una veintena de premios nacionales e internacionales tanto por su diseño arquitectónico como por la operatividad de sus instalaciones. Entre los primeros, concedidos sobre todo en sus primeros años de vida, destacan los galardones RIBA Stirling 2006 y RIBA European Awards 2006 (ambos del Royal Institute of British Architects); el IStructurE Award for Commercial or Retail Structures 2006, de la Institution of Structural Engineers; el Premio de Urbanismo, Arquitectura y Obra Pública 2006, del Ayuntamiento de Madrid; el Mejor Proyecto de Ingeniería 2005, del Instituto de la Ingeniería de España; o el International Architecture Award 2007, del museo The Chicago Athenaeum. En 2011, la T4 recibió el reconocimiento como Aeropuerto con Mejor Diseño Arquitectónico del Mundo, de la revista National Geographic Traveler.

Con el paso de los años también fueron llegando premios para el aeropuerto ampliado por la posición internacional alcanzada o por la calidad de sus instalaciones y servicios. Cabe mencionar en este apartado los premios a Mejor Aeropuerto de Europa 2008, de ACI Europa; Aeropuerto Global 2011, del Institute of Transport Management británico; Pilot Friendly, del sindicato Sepja; Gold Fast Travel Award 2012, de la IATA; y Aeropuerto Internacional del Año 2014, en la categoría de aeropuertos con más de 25 millones de pasajeros, de la consultora aeronáutica australiana CAPA. En 2013, la T4 fue designada como tercera mejor terminal aeroportuaria del mundo en los World Airport Awards.



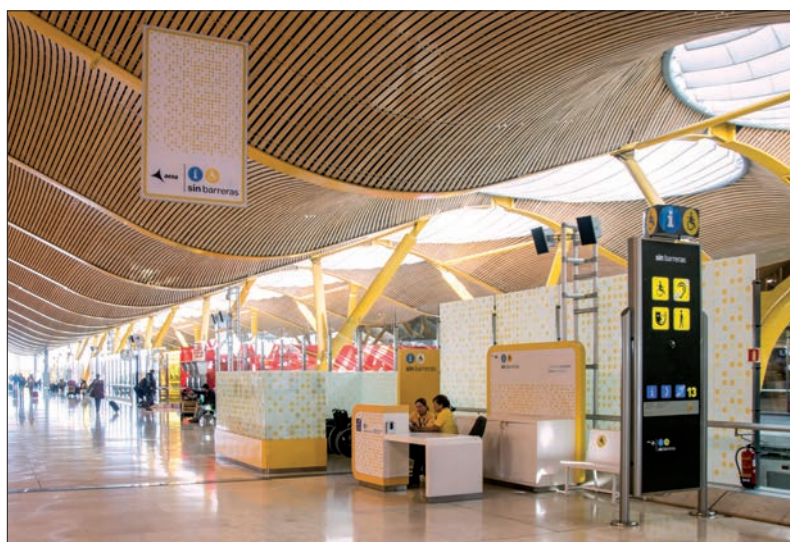
eficiente para la compañía aérea. Entre ellas se encuentran la automatización y simplificación de la facturación (ya es posible facturar el equipaje sin ayuda de empleados de los mostradores de la compañía), los asistentes virtuales de información o las aplicaciones móviles para atención al cliente, así como otras tan necesarias en un *hub* como el traslado avión-avión para clientes en riesgo de pérdida de conexión.

► La modernización de las salas VIP es una actuación destinada a mejorar la experiencia del pasajero en ambas terminales. Arriba, zona multijuegos de la T4.

Renovación comercial

Otro campo en el que la T4 y su satélite han evolucionado en los últimos años de forma muy visible es la oferta comercial, uno de los puntos fuertes de todo aeropuerto y cada vez más relevante en las cuentas de resultados de los gestores aeroportuarios. Aena y los con-

► Tanto la T4 como la T4S han actualizado su imagen comercial tras la renovación conceptual y de espacios acometida entre 2013 y 2014. Debajo, filtro de seguridad para pasajeros con niños y servicio de atención a pasajeros con movilidad reducida.



cesionarios (tiendas libres de impuestos, de moda y de restauración) han invertido más de 50 M€ en un ambicioso proyecto de renovación de la imagen comercial de ambas terminales, llevado a cabo en el bienio 2013-2014, que está destinado tanto a mejorar el servicio al pasajero en su tránsito aeroportuario como a incrementar los ingresos por este concepto, y que además ha supuesto más empleo en el aeropuerto.

El proyecto se ha materializado en una ampliación del espacio destinado a este fin (de 19.000 a 25.500 metros cuadrados), lo que ha requerido el concurso de los estudios de arquitectura que diseñaron la T4 para acometer estas modificaciones. Sobre este renovado espacio se ha desplegado una oferta comercial más actual, desarrollada en torno a plazas de descanso (con pantallas gigantes, *wifi* gratuito ilimitado...) y con tiendas *duty free* pasantes (integradas en el recorrido del pasajero hasta su puerta de embarque), un concepto de establecimiento muy extendido en aeropuertos internacionales como los de Londres-Heathrow, Milán, Vancouver o Cancún.

Tras la remodelación, actualmente existen 93 locales comerciales abiertos al público (61 en la T4 y 32 en la T4S), además de otros en obras, estudio o licitación, que abarcan desde enseñas de moda de alta gama y grandes tiendas multimarca hasta restaurantes de lujo y de *fast-food*, con singularidades como un servicio de *wellness* que incluye tratamientos terapéuticos adaptados a la necesidad y tiempo del pasajero o degustaciones a cargo del único cortador profesional de jamón existente en los aeropuertos del mundo. Una amplia y moderna oferta comercial diseñada para satisfacer a una muy variada tipología de pasajeros en esta terminal que, como el aeropuerto, está remontando el vuelo. ■

Transportes

PEPA MARTÍN MORA

El último informe del Observatorio del Transporte y la Logística en España (OTLE) del Ministerio de Fomento pone de manifiesto la recuperación de la movilidad en nuestro país, un dato que está en sintonía con el crecimiento del Producto Interior Bruto.

El pasado mes de febrero fue presentada de manera oficial la tercera edición del informe del Observatorio del Transporte y la Logística (OTLE), cuya elaboración se cerró en 2015 con datos correspondientes a 2014 y que señalan ya una recuperación importante del transporte de mercancías y de viajeros en España, tanto a nivel interior como exterior, una tendencia positiva que muy probablemente continuará en estos dos últimos años según se desprende de los indicadores avanzados.

La movilidad ha experimentado un crecimiento en sintonía con el del Producto Interior Bruto, según la última revisión de la Contabilidad Nacional de diciembre de 2015, que confirma un incremento del PIB en 2014 del 1,4 por ciento.

Así, durante 2014, el transporte de mercancías llegó a crecer globalmente un 5 por ciento en toneladas. En términos absolutos y conforme a los datos de la Encuesta Permanente del Transporte de Mercancías por Carretera (EPTMC), como viene siendo habitual, el mayor peso ha correspondido al transporte de mercancías por carretera, que ha manejado 1.184 millones de toneladas y efectuado 195.764 millones de toneladas-km en los distintos tipos de tráficos (intramunicipal, intrarregional, interregional e internacional) en ese año.

El resto de modos, con un peso menor en nuestro sistema de transporte, alcanza hasta los 27 millones de toneladas en el caso del modo ferroviario; otros 457 millones de toneladas en el del marítimo y, finalmente, las 624.793 toneladas en el del aéreo, con una presencia aún muy alejada respecto del resto de modos de transporte.

Precisamente es en el segmento de mercancías donde el informe revela una mayor intensidad en la recuperación, que ha corregido una caída que había sido mayor al verse especialmente afectado durante la crisis por la reducción de la actividad de la construcción.

En cuanto al transporte internacional, que se mantiene también al alza en todos los ejercicios desde 2009, alcanza durante 2014 un total de 491 millones de toneladas, siendo especialmente significativo el incremento en el tráfico aéreo, donde creció hasta un 7 por ciento. Por su parte, el transporte marítimo también creció un 6 por ciento, mientras que la carretera y el ferrocarril lo hicieron al 4 por ciento.

LA III EDICIÓN DEL INFORME DEL OBSERVATORIO DEL TRANSPORTE Y LA LOGÍSTICA SEÑALA LA RECUPERACIÓN DE LA MOVILIDAD EN 2014

Buenos síntomas



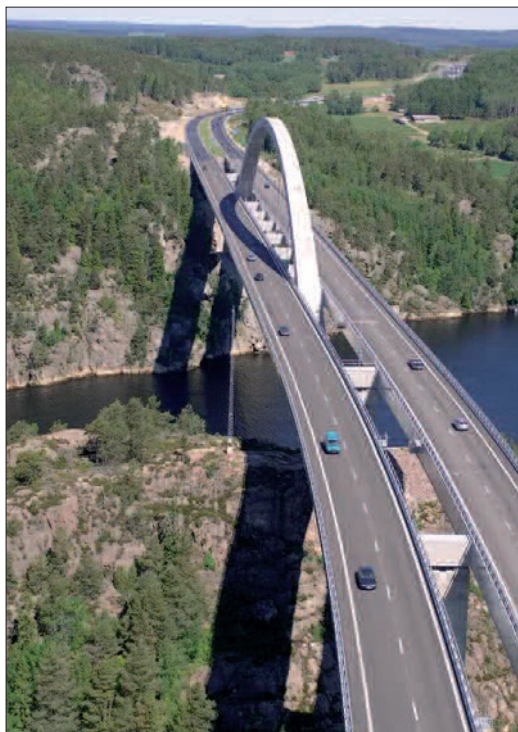


En cuanto al transporte de viajeros, en lo que se refiere al interior, con la excepción de la carretera, destaca el crecimiento del 5 por ciento logrado por el ferrocarril, y del 2 por ciento del aéreo. Por su parte, en cuanto a movimientos internacionales, hubo también incrementos positivos del 2 por ciento en el transporte marítimo y hasta del 6 por ciento en el aéreo.

El Informe del OTLE para 2014 indica que esos crecimientos en el transporte y la movilidad estuvieron acompañados asimismo de una notable mejora en la calidad, pues en el año el Valor Añadido Bruto (VAB) del sector Transporte y Almacenamiento se incrementó en un 4 por ciento en términos constantes, debido sobre todo a la buena evolución del subsector de almacenamiento y las actividades a él vinculadas.

Carreteras

El tráfico de vehículos por nuestras carreteras creció de media un 1 por ciento en 2014, un dato que confirma que se revierte la tendencia bajista de años anteriores. Y es importante también destacar que el Informe para 2014 del OTLE pone de manifiesto que el incremento alcanzó a casi todas las categorías de vehículos, con un significativo 1,9 por ciento en el caso de los vehículos pesados, entre los cuales destaca el crecimiento del 6,1 por ciento de los camiones con remolque, mientras que en el caso de los vehículos ligeros el incremento se quedó en un 0,8 por ciento. La única excepción a esa mejoría tuvo lugar en el segmento de autobuses, si bien el informe del OTLE señala que ese descenso posiblemente guarda estrecha relación con el cambio metodológico llevado a cabo por la Dirección General de Carreteras en la estimación del tráfico de autobuses a partir de los datos de aforo de las carreteras.



► El tráfico de vehículos por carretera creció en torno al 1% en 2014.

En cuanto a los datos de la Dirección General de Carreteras relativos a la demanda de transporte en viajeros-kilómetro y en toneladas-kilómetro, atendiendo a los índices de ocupación de los diferentes tipos de vehículos y teniendo en cuenta las distancias recorridas, el Informe revela que muestran, en líneas generales, un buen resultado. Destaca especialmente el caso del transporte de mercancías, con un incremento del 2,7 por ciento. Hubo, sin embargo, una reducción del 3 por ciento en la demanda de viajeros, aunque debida posiblemente al cambio metodológico antes apuntado en el tráfico



► En 2014, más de 29 millones de viajeros usaron los servicios ferroviarios de larga distancia.



de autobuses, porque en realidad los viajeros-kilómetro realizados por los vehículos ligeros crecieron en 2014 en torno al uno por ciento en el caso de los turismos y el 6,6 por ciento para las motocicletas.

Por lo que respecta a los datos de la Encuesta Permanente del Transporte de Mercancías por Carretera (EPTMC), el crecimiento de la demanda de transporte de mercancías fue del 5 por ciento medida en millones de toneladas, y del 2 por ciento en toneladas-kilómetro. En este segmento el aumento más destacado tuvo lugar en los transportes de menores distancias donde, teniendo en cuenta las toneladas del intramunicipal, se creció hasta un 15 por ciento; le siguieron el intrarregional, con un 5,6 por ciento, y el internacional, con un 2,8 por ciento.

Es preciso destacar que para elaborar las estadísticas relativas al transporte por carretera se tienen en cuenta los datos que periódicamente proporciona la Dirección General de Carreteras a partir de la información de las estaciones de aforo ubicadas en las carreteras, así como los de la Encuesta Permanente del Transporte de Mercancías por Carretera realizada por el Ministerio de Fomento, centrándose en el primer caso en el tráfico para todo tipo de vehículos en la red viaria española y, en el segundo, en las operaciones de transporte por carretera efectuadas por vehículos y empresas españolas.

Ambos indicadores pusieron de relieve la tendencia al alza del tráfico de vehículos de mercancías, con un crecimiento del transporte por carretera efectuado por transportistas españoles del 5 por ciento medido en toneladas, y del 2 por ciento medido en toneladas-kilómetro.



Ferrocarriil

En cuanto al transporte ferroviario destaca muy singularmente el sector de mercancías, con un incremento neto de las toneladas transportadas del 13 por ciento, así como de las toneladas-kilómetro, que experimentaron un aumento del 10 por ciento. La oferta de trenes por kilómetro creció asimismo otro 4 por ciento, debido fundamentalmente a una mejora en los parámetros de explotación.

El Informe revela que este crecimiento en 2014 fue más importante por lo que concierne al transporte nacional. También cabe destacar el hecho de que la presencia de operadores privados se consolida hasta alcanzar un porcentaje de participación en el mercado del 20 por ciento en términos de toneladas, y de un 26 por ciento en toneladas-kilómetro.

Hubo asimismo crecimiento, aunque no tan significativo, en el número de viajeros en tren, donde el registro fue de 620 millones de pasajeros (un 0,1 más que en 2013), de los que 29,6 millones lo fueron de largo recorrido, representando el 16 por ciento sobre el total. Medido en viajeros-kilómetro, el transporte ferroviario arrojó un aumento del 5,3 por ciento, superando al crecimiento en términos de viajeros transportados dado el mayor crecimiento del modo en larga distancia.

Por lo general, las magnitudes de oferta en trenes-kilómetro o plazas-kilómetro crecen menos que las de demanda medida en viajeros o viajeros-kilómetro, apuntando a una mejora en las ocupaciones, especialmente en larga distancia, donde crecen un 9 por ciento (casi el doble) los viajeros-kilómetro, en comparación con las plazas-kilómetro ofertadas, que lo hacen en un 5 por ciento. Aumentan también los viajes en cercanías hasta un 3,7 por ciento, pese a una ligera reducción del 2,5 por ciento de las plazas-kilómetro y del 0,5 por ciento de los trenes-kilómetro.

\ **Otros modos**

Respecto al crecimiento de la demanda de transporte aéreo, el informe 2014 del OTLE pone de manifiesto su vinculación con el mejor aprovechamiento de las operaciones, que en ese año aumentaron un 3,4 por ciento, en consonancia con el incremento del número de via-



jeros, que lo hizo en un 5 por ciento, especialmente en los vuelos con los países de la UE-Schengen (aumento del 7 por ciento), seguido de otras relaciones internacionales, un 4,5 por ciento, y los viajeros domésticos, un 2,1 por ciento. Por su parte, en mercancías se alcanzó la cifra de 624.793 toneladas transportadas, que supuso un 7 por ciento de crecimiento medio tanto en destinos nacionales como internacionales.

▶ Los viajeros en barco y avión crecieron en 2014 en torno al 3% y 5% respectivamente.



Un instrumento indispensable para el sector

En su tercer año de vida, el Observatorio del Transporte y la Logística en España se consolida como un instrumento indispensable para el sector. Bajo la premisa de elaborar anualmente una base de datos con información especializada, armonizando e integrando los datos referidos a todos los modos de transporte para un mejor análisis y comparación entre ellos, viene haciendo realidad en estos tres últimos años el objetivo inicial para el que se diseñó el Informe: proporcionar una herramienta fiable que ayude a mejorar la eficiencia en el conjunto del sistema y el aprovechamiento de la red, evitando duplicidades y poniendo al servicio de todos los agentes implicados una radiografía precisa del sector.

El Observatorio, abierto a la participación de las empresas del sector y de los diferentes entes y administraciones públicas desarrolla toda una serie de actividades orientadas a divulgar cuanta información pueda contribuir a potenciar la logística y el transporte en el conjunto del país.

La base de datos, que es propia y aspira a ser la más completa de cuantas hay en nuestro país, se alimenta en un 60% con datos del Ministerio de Fomento, sus centros directivos y empresas, así como de otras fuentes externas de solvencia contrastada. Buena parte de toda esa actividad queda plasmada en el informe anual, un instrumento que busca examinar la situación del transporte y la logística, su contexto general y los retos y tendencias del sector.

En esa línea de mejora y como novedad, en este último informe se han incorporado algunos nuevos contenidos y se ha facilitado también la accesibilidad y manejo de la web donde se publican los resultados de forma continua a lo largo de todo el año.

Más información en: observatoriodeltransporte.fomento.gob.es

► El transporte aéreo de mercancías aumentó un 7% en 2014.



El transporte marítimo no podía quedar tampoco al margen de esta mejora, y 2014 también fue un buen año para el sector, en el que las toneladas transportadas a través del Sistema Portuario Estatal y los puertos de las comunidades autónomas ascendieron a 457 millones de toneladas, un 5 por ciento más respecto al ejercicio anterior.

Con un incremento del 6 por ciento, ese crecimiento fue especialmente significativo en el caso del transporte marítimo exterior frente al cabotaje, un dato que confirma la tendencia de los últimos años y la especialización del modo en el transporte exterior.

Respecto al número de viajeros transportados, fueron más de 21 millones, incluyendo a los cruceristas, lo que representa en 2014 un incremento respecto al ejercicio anterior del 3 por ciento, conforme a la metodología aplicada por el OTLE a partir de los datos de Puertos del Estado.

Transportes urbanos

El informe para 2014 del OTLE también incluye los datos del Observatorio de la Movilidad Metropolitana, aunque se refieren al ejercicio de 2013, en el que aún hubo reducciones significativas tanto en la oferta en vehículos-kilómetro y plazas-kilómetro, como en la demanda medida en viajes-línea y viajeros-kilómetro.

Sin embargo, al margen de esta fuente, el Informe ha procesado los datos procedentes del Instituto Nacional de Estadística relativos a 2014, que permiten confirmar la tendencia a la recuperación observada para el transporte urbano, que arroja tasas de crecimiento positivas

en las principales ciudades españolas tanto para el autobús, de un 0,4 por ciento, como para el metro, de un 0,9 por ciento.

Por otro lado, la evolución de la multimodalidad ha experimentado un aumento de la cuota de las cadenas de transporte multimodal respecto a las unimodales, que ha pasado del 17,1 por ciento en 2013 al 18 por ciento en 2014, mientras que la cuota de transporte intermodal prácticamente se mantiene, ya que tan sólo ha disminuido una décima en este mismo período.

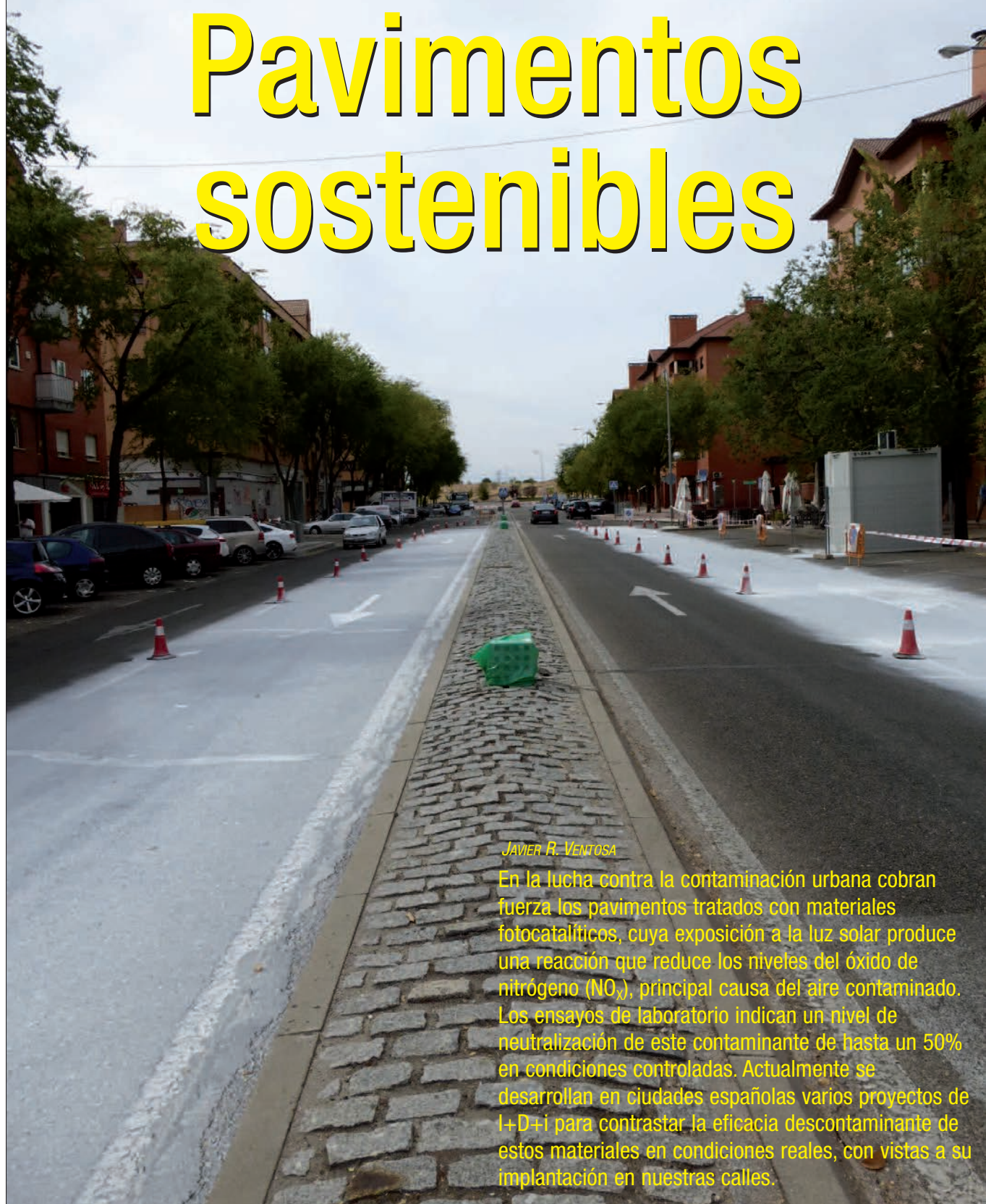
Logística

El Observatorio contiene en su informe para 2014 toda una serie de datos de interés en materia de logística, entendida como la suma del transporte de mercancías más las actividades anexas que no impliquen directamente desplazamiento, cuyo valor representa el 2,9 por ciento del PIB, un porcentaje que se mantiene estable desde 2008.

Concretamente, las actividades directamente vinculadas con el transporte representan el 1,1 por ciento del PIB, mientras que las de almacenamiento y actividades anexas significan otro 1,5 por ciento del PIB. Y por lo que respecta a la participación del sector de la logística en el empleo, su peso se sitúa en torno al 3,5 por ciento de la población activa ocupada, en tanto que el de las actividades directamente relacionadas con el transporte se cifra en el 1,8 por ciento, y las de almacenamiento y actividades anexas en el 1,2 por ciento, conforme al análisis de los datos correspondientes a 2013. ■

ENSAYOS CON MATERIALES FOTOCATALÍTICOS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN URBANA

Pavimentos sostenibles

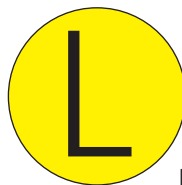


JAVIER R. VENTOSA

En la lucha contra la contaminación urbana cobran fuerza los pavimentos tratados con materiales fotocatalíticos, cuya exposición a la luz solar produce una reacción que reduce los niveles del óxido de nitrógeno (NO_x), principal causa del aire contaminado. Los ensayos de laboratorio indican un nivel de neutralización de este contaminante de hasta un 50% en condiciones controladas. Actualmente se desarrollan en ciudades españolas varios proyectos de I+D+i para contrastar la eficacia descontaminante de estos materiales en condiciones reales, con vistas a su implantación en nuestras calles.



► Página opuesta y arriba, aplicación de producto fotocatalítico sobre asfalto de una calle de Alcobendas, en el marco del proyecto LIFE MINOX-STREET.



La contaminación urbana es uno de los principales problemas de las grandes ciudades españolas. Los gases contaminantes, procedentes del tráfico, las emisiones de CO₂ de la industria y las partículas en suspensión, convergen especialmente en las

ciudades, donde la arquitectura vertical genera un efecto pantalla que, ayudado por la falta de lluvias y vientos, impide su dispersión. La elevada concentración de estos gases, particularmente del NO_x, es muy perjudicial para la salud humana, por lo que las ciudades afectadas tratan de reducir los elevados niveles de contaminación con medidas cada vez más drásticas.

La investigación juega un papel destacado en la lucha contra estas emisiones. Mientras la industria automovilística fabrica coches cada vez más ecológicos, el sector de la pavimentación desarrolla productos descontaminantes para calzadas y aceras basados en la fotocatalisis, una reacción química provocada por la acción del sol sobre un catalizador (dióxido de titanio, o TiO₂) que reduce las concentraciones de óxido de nitrógeno (NO_x). Se trata de una tecnología con alto potencial descontaminante, que ofrece grandes posibilidades en un país con tanto sol como España. Como rasgo característico destaca su versatilidad, ya que se

puede aplicar sobre diferentes superficies urbanas: pavimentos sobre los cuales se extiende una lechada con TiO₂, rodaduras pulverizadas sobre capas existentes, calzadas peatonales, paramentos de hormigón y revestimiento de edificios.

Aunque la técnica fotocatalítica es incipiente en España, los grandes ayuntamientos están muy interesados en su potencial descontaminante

Su implantación todavía es limitada en España, con actuaciones puntuales a pequeña escala en las dos urbes más contaminadas (Madrid y Barcelona) y experiencias más limitadas en otras ciudades. Pese a su relativa novedad, esta tecnología verde atrae cada vez más la atención de los grandes ayuntamientos, encargados de implementar las políticas medioambientales urbanas, así como de colegios y estudios de arquitectura. A ello contribuye la labor difusora de la Asociación Ibérica de la Fotocatalisis (AIF), que agrupa a los fabricantes del sector.

Reflejo de este interés son los ensayos que actualmente se desarrollan en varias ciudades españolas con objeto de despejar incógnitas sobre el comportamiento de los materiales fotocatalíticos en condiciones reales (rendimiento real en la eliminación de NO_x , costes de mantenimiento, condiciones óptimas de uso, posible generación de subproductos con efectos adversos, etc.). Con ello se pretende averiguar si esta tecnología es viable para su aplicación a gran escala en vías urbanas. Estos ensayos forman parte de proyectos de I+D+i subvencionados por programas de lucha contra la contaminación urbana de la UE. Entre ellos destacan los realizados en el marco del programa LIFE (instrumento financiero de la UE dedicado al medio ambiente). Se trata de iniciativas que aplican distintas metodologías pero tienen objetivos similares, razón por la cual sus responsables mantienen contactos para identificar sinergias.

De los proyectos en marcha, LIFE MINOX-STREET es el que se arrancó antes, ya que pertenece a la convocatoria LIFE 2012. El proyecto, con vigencia hasta 2017 y presupuesto de 1,9 M€, lo desarrolla un consorcio de empresas y entidades públicas integrado por Ineco como coordinador y por el Centro de Estudios y Experimentación de la Obra Pública (Cedex), el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat) y el Ayuntamiento de Alcobendas (Madrid) como socios. Su objetivo es doble: por un lado, evaluar experimentalmente, primero en ensayos de laboratorio y después en ambiente real, la capacidad



EL SAN



► Arriba, prueba de desgaste sobre una sección tratada con un producto fotocatalítico en la pista de ensayos del Cedex, del proyecto LIFE MINOX-STREET. Izqda., regado de emulsión fotocatalítica en una calle de Madrid.



y eficacia reales de los materiales fotocatalíticos comerciales para reducir las concentraciones ambientales de óxido de nitrógeno; y por otro, desarrollar un modelo matemático predictivo que permita conocer la capacidad de dichos materiales para reducir la concentración de NO_x en diferentes entornos urbanos, antes de su implementación, posibilitando así la mejora de las estrategias de calidad del aire.

Hasta ahora, Ciemat y Cedex han realizado diversos ensayos en laboratorio y en pista de ensayos para caracterizar las propiedades mecánicas, de durabilidad y fotocatalíticas de tres tipos de materiales: mezclas bituminosas, hormigones y pinturas. Actualmente Ciemat desarrolla la fase de implementación, consistente en la aplicación de los materiales seleccionados como óptimos en tres escenarios urbanos de Alcobendas (mezclas bituminosas en calzada, hormigón en aceras y pintura sobre fachadas), así como la monitorización de su comportamiento ambiental y el seguimiento de su propia evolución, habiendo concluido ya la fase de calzada.

Empresas privadas, entidades públicas y centros de investigación colaboran para demostrar la viabilidad de la técnica fotocatalítica

El objetivo de estos ensayos en condiciones reales es analizar y valorar el verdadero impacto ambiental que cabe esperar del uso de dichos materiales, así como parametrizar su acción para poder desarrollar y luego validar el modelo predictivo. También servirán para realizar un estudio del impacto socioeconómico de este tipo de actuaciones. Como producto final, se elaborará una guía para el uso de materiales fotocatalíticos orientada a administraciones competentes en la gestión de la calidad del aire urbano.

Otro proyecto, LIFE EQUINOX, de la convocatoria de 2012, es probablemente el más ambicioso ya que propone una demostración a gran escala y en condiciones reales de la eficacia de un producto fotocatalítico concreto sobre un área de más de 80.000 m^2 de la ciudad de Madrid. Este proyecto, con un presupuesto de 1,7 M€ (la mitad lo aporta el programa LIFE), es coordinado por la Fundación Cartif y tiene como socios a las empresas Elsan y Repsol y al Ayuntamiento de Madrid. Su punto de partida es una investigación previa (proyecto Fénix), en



La fotosíntesis de las superficies urbanas

La fotocatalísis, conocida desde los años 50 en Japón, es un proceso químico consistente en la aceleración de una reacción fotoquímica mediante la combinación de un catalizador y las radiaciones ultravioleta. Como la fotosíntesis de las plantas, que transforma el dióxido de carbono en oxígeno, la fotocatalísis puede transformar los óxidos de nitrógeno, principal causa de la contaminación urbana, en un producto inocuo para la salud humana. La reacción se produce cuando la luz solar incide sobre un catalizador (dióxido de titanio, o TiO_2), aplicado sobre un pavimento urbano, lo que produce la oxidación de los óxidos de nitrógeno (NO y NO_2) y de azufre (SO_2) y su conversión en sales inorgánicas comunes (nitratos, sulfatos y carbonatos), que quedan depositados como sólidos en el pavimento. Cuando llueve o se baldean las calles son lavados fácilmente y llegan hasta las estaciones depuradoras de aguas residuales, donde son eliminados. Estos materiales también tienen propiedades limpiadoras.



FUNDACIÓN CARTIF

la que se ha elaborado la formulación de dióxido de titanio a aplicar en el ensayo, que en laboratorio ha arrojado resultados alentadores de eliminación de NO_x ("entre un 20 y un 30%") y de durabilidad.

El área seleccionada para la demostración es un cuadrilátero formado por calles y plazas situado en el distrito de Chamberí, que hace las veces de micro-ciudad. Esta zona ha sido sensorizada con una red de 200 puntos de control de contaminación y estaciones de vigilancia atmosférica para recabar información sobre la calidad del aire. Para su comparación, también se han sensorizado zonas espejo cercanas, con características similares pero en las que no se aplicará el tratamiento. La demostración se llevará a cabo el próximo abril, mediante el esprayado del tratamiento fotocatalítico sobre el pavimento, y posteriormente, hasta 2017, se analizará su impacto sobre la concentración media de NO_x en la zona, que se espera equiparar a los ensayos de laboratorio. El programa incluye una evaluación ambiental del tratamiento, así como análisis de sus ciclos de vida y de coste, con vistas a su eventual comercialización.

También a la convocatoria LIFE 2013 pertenece LIFE PHOTOSCALING, proyecto desarrollado por tres organismos públicos (Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, del CSIC, como coordinador, y ETS de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid y Ayuntamiento de Madrid como socios), con un presupuesto de 1,7 M€ y periodo de vigencia hasta 2019. Este proyecto sostiene que la escala de ensayos en laboratorio con la tecnología fotocatalítica ya está consolidada y propone dar un salto a la escala real para de-

► Sensores de la red de toma de datos y medidor auxiliar de NO_x en la zona de actuación de Chamberí (Madrid), del proyecto LIFE EQUINOX.

► Aplicación de emulsión fotocatalítica del proyecto Feder en Villaverde (Madrid). Debajo, bancos de pruebas para el ensayo con materiales fotocatalíticos del proyecto LIFE PHOTOSCALING.



ALVAC

mostrar su validez en términos de eficiencia, durabilidad y efectos no deseados, como forma de despejar las dudas que esta tecnología aún ofrece para su implantación general. Para ello establece una metodología a escala de planta piloto con dos objetivos: por un lado, desarrollar instrumentos para el escalado de los procesos del laboratorio a la aplicación real y, por otro, crear una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación integral de cada solución fotocatalítica, que ayude a implantar esta tecnología a gran escala.

Próximamente arrancará la fase de ensayos, para lo cual ya se han construido, en instalaciones del CSIC, dos

plataformas de demostración a escala de planta piloto, que incluyen bancos de pruebas con losas y probetas, donde se testarán diferentes materiales fotocatalíticos en condiciones reales simuladas. Estos materiales se han seleccionado a partir de una convocatoria pública del Ayuntamiento de Madrid entre fabricantes de productos fotocatalíticos, a la cual optaron 19 empresas con 26 productos (emulsiones, lechada de cemento, material en masa y otros), de los que se seleccionaron ocho. Los resultados permitirán desarrollar instrumentos de evaluación (indicadores de validación, protocolo de ensayos, base de datos y modelo ambiental) y una herramienta de soporte a la toma de decisiones, que servirá como criterio de conformidad de cada producto a escala real. La etapa final prevé implementar en una calle de Madrid el material considerado óptimo por la herramienta, lo que permitirá validarla en condiciones reales.

► Más ensayos comunitarios

Fuera de la convocatoria LIFE, el Ayuntamiento de Madrid, a través de su Departamento de Apoyo Técnico e Innovación, participa en otro proyecto, cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (Feder) de la UE, consistente en la aplicación de productos fotocatalíticos en un entorno urbano. Los ensayos, iniciados a finales de 2014 en varias calles del distrito de Villaverde, han incluido la aplicación de productos fotocatalíticos (emulsión acuosa, baldosas y adoquines para aceras y calzadas, y pintura para un túnel, actuaciones ejecutadas por la empresa Alvac), así como campañas de mo-



INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA

Fabricación de ecoasfalto

Además de la fotocatalísis, también se ensayan otras técnicas para fabricar pavimentos urbanos sostenibles. Es el caso de LIFE SURE, proyecto LIFE que realizan Sacyr, Cedex y Ayuntamiento de Madrid hasta 2017. Su objetivo es el desarrollo de una nueva tecnología, el reciclado templado con emulsión a tasa total (RTE), que permite reutilizar todo el material procedente del fresado de carreteras para fabricar una nueva mezcla a una temperatura inferior a 100%, apta para asfaltar vías urbanas, y menos contaminante que las mezclas tradicionales. Ofrece ventajas económicas (material reutilizado al 100%, no requiere áridos ni ligantes, mayor vida útil), sociales (prestaciones similares, mejores condiciones de trabajo, rápida apertura al tráfico) y medioambientales (menos emisiones de CO₂ al reducirse la temperatura de fabricación, ahorro energético, reducción de residuos) respecto a las mezclas en caliente.

Como parte del programa, Sacyr desarrolló en 2014 una planta portátil de fabricación de mezclas bituminosas templadas procedentes del reciclado y en el verano de 2015, una vez fabricadas las mezclas RTE, se extendieron en dos tramos de pruebas (pista de ensayos del Cedex y calle Méndez Álvaro, de Madrid) para auscultar su comportamiento. Según los primeros resultados, el nuevo ecoasfalto tiene prestaciones similares a las mezclas en caliente. Actualmente se continúa con la auscultación de los tramos de ensayo y se analizan los ciclos de vida y de costes del ecoasfalto, que en poco tiempo podría dar el salto de la I+D al mercado.

El Ayuntamiento madrileño es socio de otra iniciativa de la convocatoria LIFE 2015, el proyecto ColdRAP100, que investigará sobre la rehabilitación en frío de firmes bituminosos empleando el 100% del material asfáltico recuperado.



BREINCO

► Fachada del edificio Leitat en el distrito 22@ de Barcelona, construida a base de materiales fotocatalíticos. Izquierda, adoquines fotocatalíticos instalados en 2014 en la avenida Diagonal, cuyo diseño evoca las hojas de plátano de esta vía barcelonesa.

nitorización y medición a cargo del Instituto Eduardo Torroja, la Fundación Cartif y las empresas Eptisa y Servicios de Ingeniería. Actualmente se ultiman las fases de evaluación de la eficiencia y durabilidad de los materiales, así como su incidencia real sobre el aire ambiente. Como objetivo final, está previsto definir las prescripciones técnicas de los materiales ensayados para incorporarlas, en su caso, a los pliegos de prescripciones técnicas generales del Ayuntamiento de Madrid, que son de aplicación a todas las obras municipales.

Todos estos proyectos aún están en fase de desarrollo, por lo que aún no existen resultados definitivos sobre la eficacia real de la fotocatalísis en entornos urbanos. No obstante, otras iniciativas comunitarias ya concluidas, como el proyecto Light2CAT, subvencionado por el 7º Programa Marco de la UE y realizado en varias ciudades europeas, entre ellas Valencia, reflejan un alto rendimiento de los materiales fotocatalíticos en condiciones reales. El proyecto piloto de Valencia, liderado por la fundación municipal InnDEA entre 2014 y 2015, ha consistido en la pavimentación de aceras de una céntrica calle mediante baldosas fabricadas con cementos fotocatalíticos y la posterior medición del aire ambiente antes y después de las obras. Los resultados, ya publicados, reflejan el éxito del programa piloto: se han alcanzado importantes reducciones de los niveles de monóxido de nitrógeno (72%), dióxido de nitrógeno (28,4%) y otros óxidos de nitrógeno (56,6%) en el aire





► Plaza de Can Rosés, en Barcelona, con pavimento fotocatalítico. Su acción ha reducido más la contaminación en esta zona.

de la zona de ensayos. Aun cuando haya sido un ensayo a pequeña escala, son resultados que mueven al optimismo.

.\ Otras experiencias

En paralelo a estos ensayos comunitarios, en varias ciudades se han puesto en marcha experiencias a pequeña escala con esta tecnología. Una de las más singulares es el proyecto de isla fotocatalítica, que prevé la creación de un entorno urbano de edificios en el que todos los materiales de su superficie (calzadas, aceras, fachadas y cubiertas) están tratados con productos fotocatalíticos que contribuyen al unísono a neutralizar el NO_x . Esta iniciativa, promovida por la AIF y aún en desarrollo, se realiza a nivel práctico en La Rosilla, en el Ensanche de Vallecas (Madrid), y se ha estudiado a nivel teórico en una manzana del Eixample barcelonés.

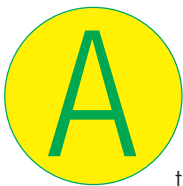
Precisamente los ayuntamientos de Madrid y Barcelona, ciudades con zonas que superan los niveles permitidos de NO_x , son los más activos de España en el estudio y aplicación a pequeña escala de materiales fotocatalíticos, cuyo empleo ya recomiendan en sus respectivos planes de calidad del aire. En Madrid, el Ayuntamiento ha realizado desde 2008 media docena de ensayos sobre calzadas de calles aprovechando la operación asfalto y actualmente se ultima el primer test a gran es-

cala en Villaverde. También existen iniciativas privadas de uso de estos materiales en fachadas de hoteles y en lonas para revestimientos de edificios en rehabilitación.

El Ayuntamiento de Barcelona ha promovido varias pruebas piloto en instalaciones municipales y en octubre de 2014 dio un gran paso para consolidar esta tecnología al anunciar la adopción de productos fotocatalíticos en todos los pliegos de licitación de pavimentos de la ciudad. La primera aplicación a escala real se produjo en 2010 con la pavimentación de la plaza de Can Rosés mediante losetas tratadas con TiO_2 . Otras actuaciones incluyen la aplicación de pavimentos y tratamientos fotocatalíticos en varias calles (avenidas Diagonal y Gran Vía de las Corts, vías adyacentes al mercado de Sants), en el muro de Fabra y Puig o en la fachada del edificio Leitat, ya ejecutados, así como en la reforma del puente de Sarajevo, en ejecución, y en otras calles y túneles de la ciudad.

En el resto de España existen otras experiencias con materiales fotocatalíticos, básicamente el revestimiento de fachadas de edificios en la Comunidad Valenciana (Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Jaime I de Castellón), País Vasco (sede del Grupo Bilbu e iglesia Iesu en San Sebastián, del arquitecto Rafael Moneo), Málaga (edificios de las calles Larios y Barroso, edificio Sindicatos e iglesia de San José Obrero), Sevilla (edificio de Seguros Santa Lucía) y A Coruña (cubierta del establecimiento Ikea), entre otros. ■

Ferrocarril



quella línea de vía estrecha, que existió como tal entre 1888 y 1893 hasta su integración en la línea Santander-Bilbao, nació al calor de una época en la que Bizkaia vivió su particular “fiebre del ferrocarril”, avivada por la acuciante necesidad de crear una red de transporte de viajeros que respondiera a la pujanza de un escenario económico en donde florecían las compañías mineras, navieras, siderúrgicas, hidroeléctricas, bancos y aseguradoras. La de Bilbao-Orduña, inaugurada en marzo de 1863, fue la primera de una serie de líneas que llegarían a hacer del País Vasco el territorio con la malla ferroviaria de vía estrecha más densa de Europa, con prolongaciones por la vertiente oriental hasta San Sebastián y la frontera francesa, y por la occidental hasta León, Cantabria y Asturias.

En Bizkaia se habían promovido durante años iniciativas pioneras para construir ferrocarriles. Pero ninguna tan temprana como la que planteó en 1832 a la Diputación de Bizkaia –solo dos años después de la inauguración del primer ferrocarril para pasajeros del mundo entre Liverpool y Mánchester– el tenaz promotor Pedro Novia Salcedo, alcalde de Bilbao en 1817 y diputado por Bizkaia: la creación de la línea férrea –llamada después del Cadagua por discurrir su trazado por el valle de este río afluente del Nervión– que uniera Bilbao y Balmaseda, capital de la comarca de las Encartaciones y puerta de acceso a Euskadi de las mercancías castellanas en su camino hacia el puerto de Bilbao. Por otra parte, en el fondo de aquella idea estaba la pretensión de conectar Bizkaia, más adelante, con Burgos y Madrid por el sur y con Irún por el norte.

Aunque la propuesta es de 1832, hubo que esperar décadas a que nuevos mecanismos de financiación permitieran afrontar grandes inversiones

Pero aquellas primeras décadas del XIX fueron fechas poco afortunadas para emprender grandes proyectos. El estallido de la primera guerra carlista (1833-1840), retrasó la iniciativa hasta 1845, año en el que fue retomado por el Ayuntamiento de Bilbao, la Diputación y la Junta de Comercio. Ese año obtuvieron la correspondiente concesión y constituyeron una compañía explotadora para toda la línea Madrid-Irún. Pero tras este primer impulso, fue la falta de financiación debida a la inestable situación económica internacional la que puso freno al proyecto. Tan largo fue el frenazo que la concesión, con un plazo de diez años, prescribió, y hubo que



TEXTO: JULIA SOLA LANDERO

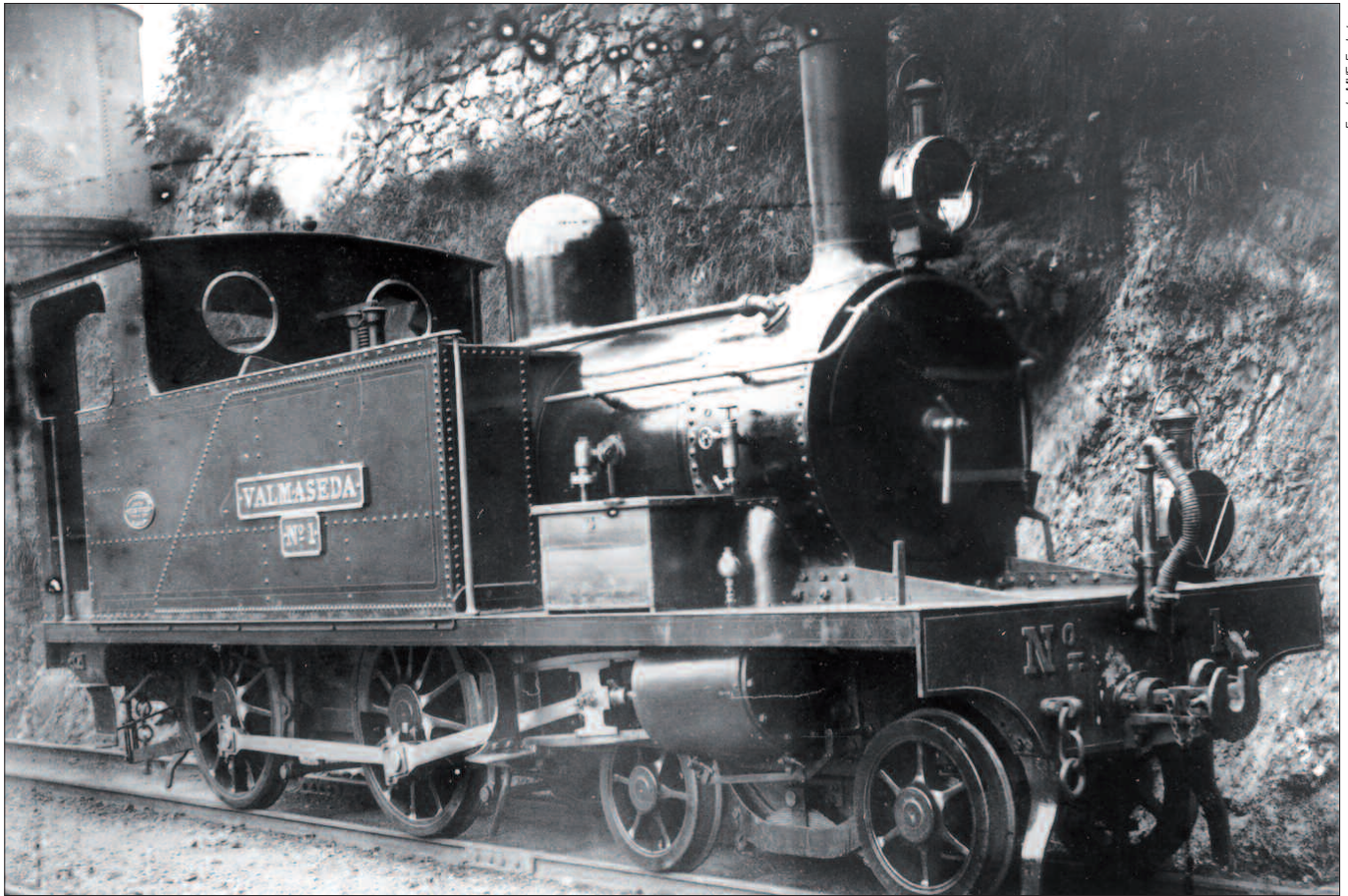
En diciembre se cumplieron 125 años desde que comenzó a funcionar una de las líneas más longevas de España: el ferrocarril del Cadagua, que con 27 kilómetros de longitud unió el barrio bilbaíno de Zorroza con Valmaseda y que sería el embrión de la futura unión ferroviaria entre Cantabria y Bizkaia.

125 AÑOS DEL FERROCARRIL DEL CADAGUA

El progreso llegó en tren



► Cargadero de la
Sociedad Franco-Belga
en la ría del Nervión.



esperar a las leyes que regularon la banca y los ferrocarriles, promulgadas durante el Bienio Liberal de 1855-1856, que facilitaban mecanismos de financiación para afrontar las ingentes inversiones que se necesitaban para poner en marcha un ferrocarril. Las nuevas normativas favorecieron la entrada de capital extranjero y el desarrollo de solventes empresas ferroviarias que, en apenas una década, hicieron posible construir más de 5.000 kilómetros de vías férreas en España.

Del proyecto se encargó el ingeniero bilbaíno Valentín Gorbeña, quien también se encargó de las edificaciones y la planificación del servicio. Poco más de dos años después las obras estaban terminadas gracias a una orografía poco exigente: la mayor pendiente de la línea no llega al uno por ciento y discurre a la vera del río Cadagua, que atraviesa cuatro veces; solo requirió la construcción de cuatro puentes metálicos para salvar sus aguas en Castrejana, Aranguren, Güeñes y La Herrera, y dos pequeños túneles en Castrejana y Bolumburu.

► Arriba, locomotora "Valmaseda n.º 1" del ferrocarril del Cadagua. Debajo, locomotora tipo "Mikado" de la línea Santander-Bilbao.

Viento a favor

Al calor de aquellos vientos favorables, el proyecto del Ferrocarril del Cadagua volvió a desempolvarse y fue presentado en el Congreso de los diputados en mayo de 1888 por los empresarios Víctor Chávarri —principal protagonista de la revolución industrial de Bizkaia—, Manuel Allendesalazar —ministro de Hacienda con la reina María Cristina—, Enrique Aresti y Ramón Bergé. Aquel sí fue su año, porque la línea se declaró enseguida de utilidad pública y una Real Orden otorgó a Ramón Bergé su concesión durante 99 años. El concesionario transfirió poco después sus derechos a la Compañía del Ferrocarril del Cadagua, que habría de gestionar la línea, con cabecera en el barrio bilbaíno de Zorroza.



► Estación de Santander en 1900, en una postal de época.



El 5 de diciembre de 1890 quedó inaugurada la línea, para viajeros y mercancías, con paradas en Sodupe y Zalla. La pretensión inicial era transportar unos cien mil viajeros anuales. Sin embargo, se desbordaron las previsiones y en solo cinco años el número de viajeros transportados se multiplicó por dos.

Al paso del ferrocarril del Cadagua floreció la economía de la comarca de Las Encartaciones, que por aquellas fechas estaba en una situación aún lastrada por las consecuencias de las guerras carlistas. Al calor del tráfico ferroviario surgieron nuevas industrias, como la célebre fábrica Boínas La Encartada, ejemplo de producción pionera que, además de boínas, produjo mantas, paños, bufandas, calcetines o madejas, hoy reconvertida en fundación y museo ejemplar de la industria textil vasca.

Balmaseda cogió el tren del progreso, pasó del mundo rural al industrial y se convirtió muy pronto en un punto estratégico dentro del trayecto que terminó por cubrir 284 kilómetros al completarse toda la línea. Sirvió también de enlace entre dos empresas, el ferrocarril del Cadagua y el de La Robla. Allí se instalaron los talleres principales de este último para el mantenimiento de sus trenes y locomotoras, lo que generó un importante centro industrial con notable actividad.

Dos años después de su puesta en marcha se abrió el último tramo del ferrocarril hullero de La Robla entre Balmaseda y Espinosa de los Monteros, cuyos trenes cargados del carbón de las cuencas mineras del norte de León y Palencia proseguían su ruta por las vías del Cadagua hasta los principales centros industriales bilbaínos. Un estado de cosas que se mantuvo hasta que

en 1902 el de La Robla construyó un ramal propio hasta la ría de Barakaldo. Ambos ferrocarriles, el del Cadagua y el de La Robla, funcionaron de forma independiente durante más de ochenta años. Los trenes que llegaban a Balmaseda procedentes de la localidad leonesa continuaban por la línea del Cadagua (más tarde Santander-Bilbao), hasta la estación bilbaína de La Concordia si se trataba de pasajeros, o a los muelles de Zorroza si llevaban mercancías.

Expansion

Tal y como planteó desde un principio su promotor, Víctor Chávarri, el ferrocarril del Cadagua estaba concebido como primer paso de un proyecto de mayor calado, como era la conexión ferroviaria entre Bilbao y Santander. Desde 1890 funcionaba, por la parte vizcaína, la línea de Bilbao a Portugalete, y en la parte cántabra ya había 16 kilómetros del ferrocarril de Santander a Solares. Por tanto, faltaban por definir los 35 kilómetros que separaban Castro Urdiales y Santoña, y la idea generalizada era que la conexión se realizaría por la costa.

Sin embargo, la anhelada conexión se realizó por el interior. Tres años después de la inauguración de la línea del Cadagua, su presidente, Víctor Chávarri, obtuvo la concesión del ferrocarril de Zalla (una de las estaciones de la línea del Cadagua) a Solares. Un año más tarde la nueva compañía se fusionó con la del Cadagua y la de Solares, y pasaron a gestionarse por una única compañía, creada el 1 de julio de 1893: la Compañía del Ferrocarril de Santander a Bilbao.



► Locomotora de la línea Santander-Bilbao.

La construcción de aquella línea de enlace entre los ferrocarriles del Cadagua y de Solares avanzó tan rápidamente que el 6 de junio de 1896 ya se podía hacer el trayecto Bilbao-Santander. Sin embargo, la circulación se veía entorpecida por la necesidad de realizar dos transbordos porque, tanto entre Santander y Solares como entre Zorroza y Bilbao, la vía tenía el ancho ibérico, habitual en la mayoría de los ferrocarriles españoles. Sin embargo, el tramo central, desde Orejo —situado en las inmediaciones de Solares y en el que se estableció el enlace— hasta Zorroza era de vía estrecha. Para colmo de contrariedades, el tramo entre Zorroza y Bilbao pertenecía a la Compañía del Ferrocarril de Bilbao a Portugalete, ajena al grupo del Santander-Bilbao.

En 1893 se unieron varias compañías, pudiendo realizarse tres años después el trayecto completo entre Bilbao y Santander sin transbordos

Para solventar este problema, la nueva compañía de los Ferrocarriles de Santander a Bilbao acometió el estrechamiento de la vía entre Santander y Solares, en una rapidísima operación realizada en la noche del 19 al 20 de junio de 1896. Solucionada así la disparidad de anchos de vía, circularon trenes directos entre Santander y Bilbao, salvo en un pequeño tramo de cuatro kilómetros hasta la estación de Zorroza.

Muy pronto empezaron a verse mejoras técnicas importantes, como la introducción de la locomotora de vapor *Victor Chávarri*, construida en Alemania en 1913, que fue la primera máquina de vapor de la popular Mikado que circuló en España. También tuvieron lugar las primeras tentativas para introducir la tracción eléctrica, que se instaló en la línea de cercanías Bilbao-Plentzia en 1928. Pero un nuevo infortunio —esta vez la Guerra Civil— vino a paralizar el proyecto de electrificación



► Viejo cargadero de minerales de The Orconera Iron Ore Co.Ltd.

de toda la vía. Tras un periodo en el que el ferrocarril del Cadagua y el resto de las líneas estuvieron gestionadas por el organismo Ferrocarriles de Euzkadi (constituido por el gobierno vasco para operar todas las líneas del País Vasco durante la guerra), la Compañía de los Ferrocarriles de Santander a Bilbao volvió a sus antiguas concesiones.



Las condiciones económicas de la posguerra eran muy precarias y la compañía trató de sortear las dificultades intentando infundir un plus de modernidad en la línea, para lo que introdujo automotores diésel-eléctricos adquiridos en el mercado de segunda mano, con los que se puso en marcha en 1953 un servicio de cercanías entre Bilbao y Balmeda. Pero poco duró tan precaria

supervivencia, pues a pesar de sus esfuerzos los beneficios no alcanzaban para cubrir los gastos y la compañía tuvo que abandonar la gestión de las líneas, que pasaron en 1962 a Explotación de Ferrocarriles del Estado, entidad que tres años más tarde se convertiría en la empresa pública Feve, que inauguró una nueva etapa de modernización de la línea. ■

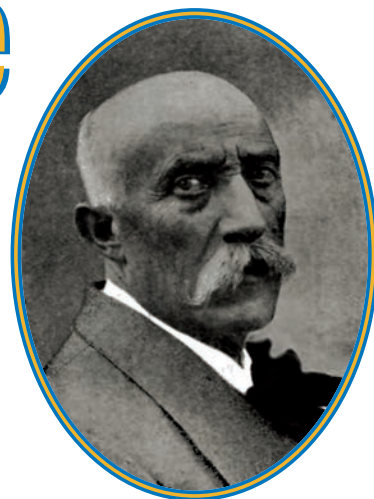


ARTURO SORIA Y EL NACIMIENTO DE UNA IDEA PIONERA EN EL URBANISMO MODERNO

La utopía a pie de calle

MARIANO SERRANO PASCUAL

Geómetra, inventor y frustrado estudiante de ingeniería; político, masón, seguidor de las teorías teosóficas pero también del darwinismo; utopista social y, no en menor medida, empresario con los pies en la tierra. Arturo Soria y Mata (1844-1920) se dedicó desde los años ochenta del siglo XIX y hasta su muerte a la misión por la que su nombre quedaría inscrito en la historia del urbanismo: la creación de la Ciudad Lineal de Madrid, una ciudad ideal que, al menos en parte, dejó la utopía para descender a las calles.





► En la página anterior y en esta, dos imágenes de la calle principal (hoy Arturo Soria) a principios del siglo XX y en la actualidad. Debajo, perfil transversal de la calle principal según la teoría de las ciudades lineales de Soria.



De Soria dijo Ortega y Gasset: “Creo que si España hubiera estado en forma en los años en que le tocó vivir, habría podido ser al siglo XX lo que los descubridores al XVI. Pocos en sus días previeron como él lo que iba a ser la modernidad y menos aún fueron los que buscaron con fruto soluciones a los problemas que la realidad del crecimiento de la técnica y la humanidad iban a plantear al otro nuevo mundo que se avecinaba”. Se ha dicho que las ideas de Arturo Soria tienen algo de literatura de anticipación. La crítica a la ciudad contemporánea y la ciudad del futuro, que son parte de la utopía social, recorren las obras de este tipo escritas en sus años de formación, como *Los quinientos millones de la Begún*, de Verne, o *El año 3000*, del médico e higienista italiano Paolo Mantegazza, en la que parece que Soria se inspiró para su famoso lema: “Para cada familia una casa, en cada casa una huerta y un jardín”.

Pero no hace falta ir a buscar en la ficción los antecedentes de la crítica a la ciudad contemporánea de la que parte Arturo Soria, ni las soluciones más o menos utópicas a la cuestión social, surgida desde la industrialización y que tenía como uno de los principales caballos de batalla el problema del alojamiento obrero. La diferencia es que Soria, conocedor de teorías y experiencias anteriores —Fourier, Godin, Owen, los falansterios, el georgismo, el cooperativismo inglés— supo dar un giro realista, utilizando medios empresariales y de negocio, a un problema que parecía haberse estancado en el mundo de las ideas. Sus teorías, que solo se llevaron a la práctica en una pequeña parte, fueron no obstante el antecedente de otras propuestas de más éxito, como la Ciudad Jardín de Howard (1898) o la Ciudad Industrial de Tony Garnier (1917).

El nacimiento de una idea

Soria —al menos hasta que, hacia 1886, se dedicara por entero a sacar adelante su gran sueño de la ciudad lineal— fue un hombre polifacético. Intentó ingresar sin éxito en la Escuela de Ingenieros de Caminos, ganó una plaza en el Cuerpo de Telégrafos y posteriormente en el Catastro. Viajó por Europa como correo de los conspiradores de la revolución que acabaría en el derrocamiento de Isabel II y comenzó una carrera política que le llevaría a los gobiernos civiles de varias provincias peninsulares y de Puerto Rico. De vuelta en Madrid, en 1872, presenta al Ayuntamiento un proyecto de tranvía para transportar mercancías y personas entre las estaciones del Norte y Mediodía y los principales mer-



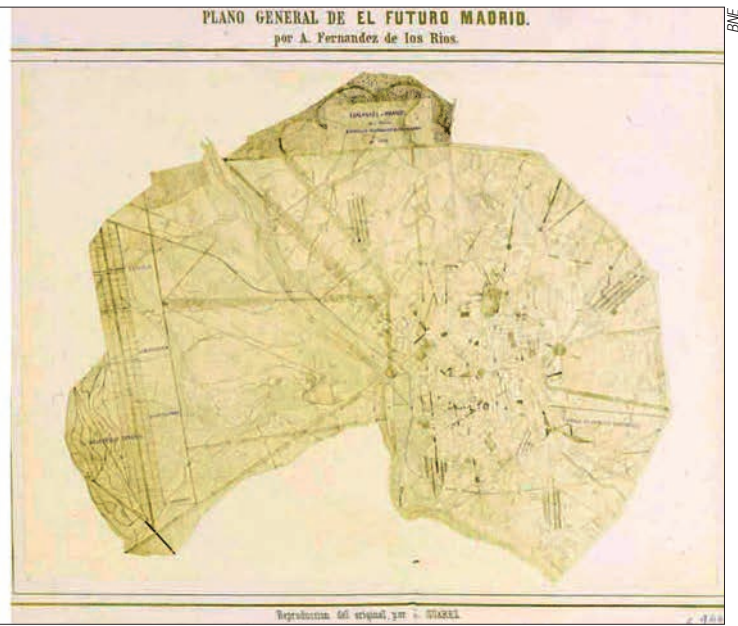


cados. El tranvía de Estaciones y Mercados, al frente de cuya compañía estará hasta 1887, será la primera relación de Soria con el transporte y las comunicaciones urbanas, una vinculación que estaría en el mismo germen de la Ciudad Lineal. En 1877 había propuesto, esta vez sin éxito, la instalación de la que hubiera sido la primera red telefónica urbana del mundo. Por esas fechas, es autor también de varios inventos, como el “teodolito-impresor automático” o el “avisador de crecidas de los ríos”. En 1882 comienza a colaborar en el diario *El Progreso* con una sección titulada “Cosas de Madrid” dedicada a los acontecimientos de la vida ciudadana. Allí empezarán a ganar cada vez mayor peso las cuestiones relativas al transporte, el urbanismo y el alojamiento, sobre todo el destinado a la clase obrera. Y es allí también donde nació la idea de la ciudad lineal.

Arturo Soria recogió y perfeccionó algunas de las principales ideas urbanísticas planteadas por Ángel Fernández de los Ríos

Desde hacía unos años, las condiciones de vida en Madrid —una ciudad antihigiénica, sin medios de locomoción adecuados, en la que se hacinaba en pequeñas e insalubres habitaciones la ingente cantidad de trabajadores que había llegado desde el campo a la llamada de la industrialización— era un tema candente, vivamente discutido en un clima regeneracionista por filósofos, pedagogos, arquitectos, médicos, higienistas y políticos. Al problema de las ciudades y la vivienda se le habían intentado dar varias soluciones más acá de la mera teoría. Algunas eran partidarias de la reforma interior de la ciudad, derribando casas, ampliando calles y construyendo nuevas viviendas, algunas específicamente para obreros; otras abogaban por la ampliación, solución que daría lugar al Ensanche, iniciado en 1868 por Carlos María de Castro, en el que en un principio estaban previstos barrios para obreros, los cuales, salvo contadas excepciones, no llegaron a construirse. La especulación sobre el terreno cayó sobre el Ensanche como lo había hecho antes sobre el interior de la ciudad. En la época en que empezó a escribir Soria sus artículos sobre Madrid, las calles del Ensanche apenas estaban aún urbanizadas y eran más estrechas de lo previsto, no existían apenas medios de transporte que conectaran con el centro, la edifica-

► Imagen de la vía férrea publicada en la revista Ciudad Lineal en 1914.



► Plano general del Anteproyecto del Ensanche de Castro (izqda.) y plano del "Futuro Madrid", de Fernández de los Ríos. Debajo, antigua casa de la familia Soria y que hoy acoge una de las residencias infantiles de la Comunidad de Madrid.

bilidad era mucho mayor de la proyectada y los barrios obreros brillaban por su ausencia. Tanto en el Ensanche como en el centro la instalación de los primeros ascensores había hecho atractivos los pisos más altos, último reducto de las clases menos favorecidas, que acabaron saliendo de la ciudad para levantar, al margen de cualquier planificación, arrabales en el extrarradio con casas sin las mínimas condiciones de habitabilidad.

Una de las soluciones propuestas fue la ordenación parcial de ese extrarradio construyendo colonias de casas baratas. Pero —además de otras consideraciones derivadas de la conveniencia (desde el punto de vista del poder) de concentrar a las clases trabajadoras en determinados puntos— el traslado hasta los centros industriales puso de manifiesto más que nunca las carencias de los medios de locomoción y hasta qué punto se trataba de un aspecto esencial en la configuración de cualquier urbe.

Antes que Soria, Ángel Fernández de los Ríos (del que el propio Soria se consideraba continuador) había sido crítico con el Ensanche, pues no cumplía los objetivos niveladores. Proponía por su parte una ampliación de la ciudad, sí, pero no en damero ni delimitada por un foso que impedía la conexión de los inevitables arrabales con el centro, sino en forma radial y polifocal, en torno a ejes que partirían del interior; y, sobre todo, creía necesario un ferrocarril de circunvalación como único medio de integrar el centro con esos ejes.

Una ciudad como la planeada por Soria tendría, según él, una función niveladora de las clases sociales, permitiendo un modelo conservador de reparto de la tierra



Los planes de Fernández de los Ríos no se llevaron a cabo, el extrarradio siguió creciendo desordenadamente, y mientras que en el Ensanche se estableció la burguesía, los obreros siguieron viéndose desplazados a los suburbios marginales. Pero sus ideas fueron recogidas, ampliadas y perfeccionadas por Arturo Soria, cristalizando en su ciudad lineal, que, a grandes pinceladas, se basaba en unos sencillos principios: formas regulares, terreno barato, vida higiénica y medios rápidos de comunicación. Para Soria todos los fracasos se debían a que “no se había ofrecido al consumidor un todo orgánico sino pedazos de él sin la trabazón necesaria para que la vida exista”. La urbanización debía pre-

ceder a las construcciones, el trazado de la ciudad al plano de la casa. “La raíz está en la forma de las ciudades. Ahí es preciso dar los golpes”, dijo. La ciudad como trazado previo, capaz de ofrecerse como un todo orgánico: esa es, quizás, la gran aportación de Soria al urbanismo moderno.

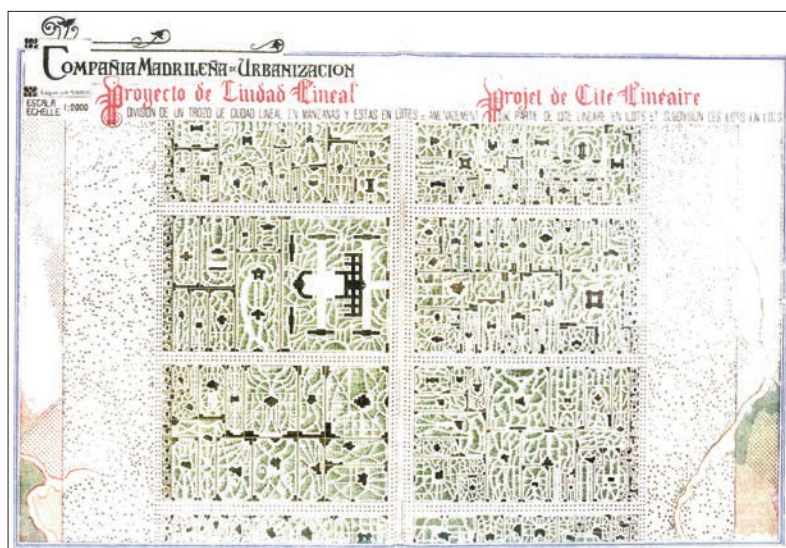
Desde las páginas de *El Progreso*, entre 1882 y 1883, Soria va a definir los caracteres básicos de su ciudad, una solución higiénica a la habitabilidad y al crecimiento desordenado de los insalubres arrabales, acercando la ciudad al campo, o, mejor, convirtiendo este en aquella. La solución serían las ciudades radiales lineales que partirían desde el mismo centro urbano en varias direcciones, formando una trama que dependía de los nuevos medios de transporte. Una sola calle de varias decenas de metros de anchura, de longitud ilimitada, uniendo ciudades como Cádiz y San Petersburgo o Bruselas y Pekín; un eje en el que se ubicarían los transportes, los servicios y las infraestructuras, con vías férreas y una sola zanja central para el gas, electricidad, vapor, un tubo neumático para la correspondencia, teléfono, telégrafo... A uno y otro lado de la calle manzanas regulares con casas provistas de todas las comodidades y rodeadas de jardín y huerto, así como servicios públicos y de ocio, hospitales, cuarteles, talleres, industrias y comercios.

Una ciudad así sería además, en opinión de Soria, niveladora, al alcance de todas las clases sociales. Los precios no dependerían ni de la situación en altura ni de la proximidad a un único centro que encarecería las zonas próximas a este, sino solo del tipo de construcción y el tamaño de los lotes de tierra, en todo caso de precio mucho menor que en el centro urbano. En uno de sus artículos más conocidos, “La cuestión social y la ciudad lineal”, del 5 de marzo de 1883, dice: “Es menester que cada familia tenga su hogar completamente separado de los demás; un pedazo de terreno, por pequeño que sea, exclusivamente suyo, su parte de sol y de aire. Vivan juntos el palacio del poderoso adornado de magníficos jardines y la cabaña del pobre provista de modesta corraliza y ensalzada con útiles plantas y perfumadas flores; pero no vivan superpuestos. Ni sótano ni buhardilla, ni aglomeración de miserias que en las modernas construcciones se juntan y procrean nuevas miserias. Mientras esto no suceda no habrá paz en el mundo”.

Los principios fundamentales

En 1914, cuando una parte de la Ciudad Lineal era ya una realidad, Arturo Soria resumió en forma de decálogo y bajo el título “Arquitectura racional de las ciudades” los principios fundamentales en los que se había basado y en los que se condensaba su teoría urbanística:

Primero. *Del problema de la locomoción se derivan todos los demás de la urbanización.* La primera cuestión



que había que solucionar era el transporte, la conexión rápida entre todos los puntos de esa larga línea urbanizada. Por eso, el primer paso fue la propuesta de un ferrocarril-tranvía de circunvalación que recorriera toda la ciudad y que conectara en varios puntos con otros tranvías que llevaran al centro de Madrid.

Segundo. *El plano de la ciudad debe preceder a su construcción.* Así como la formación del plano de una casa precede a su construcción, el trazado sobre el terreno del plano de una ciudad debe preceder a su construcción.

Tercero. *Para las formas geométricas de calles y manzanas deben ser preferidas las regulares por ser más bellas, más cómodas y más baratas que las irregulares.* Junto a los medios de locomoción, la forma de la ciudad es otro punto fundamental de su teoría de la ciudad: “una calle principal, eje o columna vertebral del organismo urbano, de la mayor anchura posible”. Y las

► Primer proyecto de Soria del ferrocarril-tranvía de circunvalación (arriba). Plano presentado por la C.M.U. en la exposición de Lyon de 1913.

► Imágenes del exterior de una casa obrera y del salón de un hotel burgués publicadas en la revista Ciudad Lineal hacia 1920.



Revista Ciudad Lineal / ZNE

manzanas en las que se dividiría la ciudad (“las vértebras de este organismo vertebrado”) estarían formadas por líneas perpendiculares a la calle principal. Una ciudad vertebrada frente a las ciudades invertebradas de su época.

Cuarto. *La división de la superficie.* En las parcelas destinadas a vivienda, el espacio de esta no debía ocupar más de la quinta parte del terreno; y un máximo de cuatro quintas partes en las destinadas a cultivo. Proporciones aplicables a “edificios públicos o privados, ricos

o pobres”, y que no debían sobrepasarse nunca “bajo ningún pretexto de bondad aparente o de necesidad urgente”.

Quinto. *Independencia y separación de las casas entre sí.* Principio expresado en su famoso lema (o “fórmula”, según sus palabras): “Para cada familia una casa; en cada casa una huerta y un jardín”.

Sexto. *La doble alineación.* Se establecía una distancia mínima de 5 metros entre la alineación de la tapia que determina la calle y la alineación de la casa. Un espacio que debía reservarse a jardín y a “objetos artísticos”.

Séptimo. *La triangulación.* Las ciudades del pasado, convertidas ahora en ciudades-punto, estarían unidas entre sí por medio de las ciudades lineales, “formando así con el tiempo en cada país una vasta red de triangulaciones”.

Octavo. *Los puntos difíciles.* En los puntos de posible congestión y acceso difícil, la anchura de las ciudades lineales se reduciría a lo estrictamente preciso para el paso del ferrocarril y sus servicios esenciales.

Noveno. *La vuelta a la naturaleza.* La ciudad lineal potenciará el éxodo de las ciudades hacia los campos abandonados. Es decir, se invertirá “el movimiento peligroso y anárquico de los campos a las ciudades, causa y origen de la actual agitación de los espíritus, precursora de grandes catástrofes”.

Décimo. *La justicia en la repartición de la tierra.* Soria concebía la ciudad lineal como un instrumento de nivelación social, “el modo más práctico, sencillo y conciliador de expropiar a los actuales terratenientes en be-





► El hotel Rubín y el primer tranvía de la Ciudad Lineal, todavía tirado por mulas.

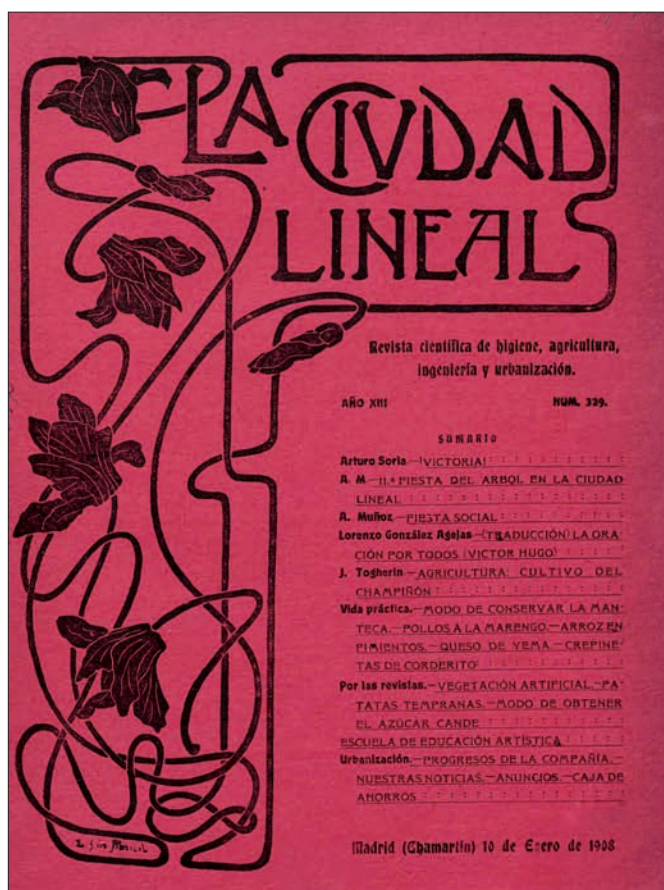
neficio de ellos mismos y de todos”. Según su teoría, la posibilidad de que el obrero pudiera acceder a una casa y un terreno en propiedad acabaría con las reivindicaciones violentas del proletariado. Más cercano a un capitalismo paternalista y burgués que al socialismo, Soria afirmaba que “la teoría de la ciudad lineal es la realización con sentido conservador y con procedimientos conservadores de la idea de apariencias revolucionarias de la justa repartición de la tierra”.

De la idea a la realidad

Los hechos fueron mucho más modestos que lo planeado por Arturo Soria. Los cincuenta kilómetros de circunvalación previstos para la Ciudad Lineal de Madrid se quedaron en algo menos de cinco. Los poderes públicos nunca mostraron su apoyo y se desentendieron de la empresa. Muchos tildaron el proyecto de sueño; otros lo vieron carente de atractivo económico. No fue considerado de interés público y, por tanto, no hubo expropiaciones, por lo que Soria tuvo que acometer la empresa creando su propia sociedad, la Compañía Madrileña de Urbanización (C.M.U.), que se encargó de todo —también en eso fue Soria un pionero, pudiéndose considerar a la Ciudad Lineal de Madrid la primera ciudad privada que se conoce—, desde la compra de terrenos y la urbanización, hasta la construcción y venta de las casas, pasando por los indispensables tranvías. También



de la promoción, y de conferir al proyecto una dimensión social sin parangón por entonces, creando unos vínculos muy especiales entre aquellos nuevos ciudadanos, algo que se llevó a cabo por medio de una publicación propia, *La Ciudad Lineal* (1894 y 1931), que además pretendía ir más allá de un simple órgano social de información, tal y como refleja su subtítulo: *Revista científica de higiene, agricultura, ingeniería y urbanización*.



► Dos portadas de La Ciudad Lineal, correspondientes a los años 1908 (izqda) y 1928.

Fuera de España, las ideas de Soria, aunque tampoco conocieron grandes realizaciones prácticas y pronto tuvieron que competir con las de la ciudad jardín, sí encontraron una excelente acogida. Las dio a conocer uno de los más fervientes seguidores de Soria, el diplomático Hilarión González del Castillo, auténtico embajador del nuevo modelo de ciudad. Desde comienzos del siglo XX, la C.M.U. asistirá a exposiciones y congresos, en los que, en una época de vivas discusiones sobre la ciudad del futuro, sus planteamientos urbanos tendrían una gran aceptación. En 1908, en el I Congreso Panamericano de Chile, el arquitecto Carlos Carvajal se hizo valedor del modelo de ciudad lineal, que intentó plasmar en Santiago. En

LA CIUDAD LINEAL

REVISTA DE URBANIZACIÓN

Año XXXII.—Núm. 803.

10 de agosto de 1928.



Hotel que posea en la Ciudad Lineal la artista de fama mundial Joaquín Mir.

La Ciudad Lineal es la fórmula de la arquitectura racional de las ciudades.

REDACCIÓN Y ADMINISTRACIÓN LAGASCA, 6 MADRID.

Bibliografía

► Aparte de los artículos en los que plasmó sus teorías urbanísticas, publicados en el diario El Progreso y en la revista Ciudad Lineal, Soria fue autor de varios libros de pensamiento: Origen poliédrico de las especies (1894), El progreso indefinido (1898), Génesis (1913) y Filosofía barata (publicado póstumamente en 1926).

► Sobre Arturo Soria y la Ciudad Lineal la bibliografía es amplísima. Entre las monografías pueden citarse: Arturo Soria y la Ciudad Lineal (G. Collins y C. Flores, 1968); Antecedentes de un urbanismo actual: La Ciudad Lineal (F. de Terán, 1968); Historia de la Ciudad Lineal (A. Díez de Baldeón, 1986); La Ciudad Lineal de Arturo Soria (M.A. Maure Rubio, 1991); Arturo Soria y el urbanismo europeo de su tiempo (V.V.A.A., 1996), y La Ciudad Lineal de Madrid (J.R. Alonso Pereira, 1998).

Europa, tras el congreso de Gante de 1913, otros urbanistas, como los franceses Benoit-Levy y Rey-Rochat de Théollier, desarrollaron las ideas de Soria. Hubo proyectos —y algunas realidades— de ciudad lineal en Bélgica, en Marruecos y en las ciudades rusas de Stalingrado y Magnitogorsk. Arquitectos como Hilberseimer y Le Corbusier tuvieron el modelo de ciudad lineal entre su bagaje teórico. A la Asociación Internacional de Ciudades Jardines Lineales, creada en los años 20 y vinculada a la Sociedad de Naciones, se adherirán empresas, entidades y figuras de la arquitectura y del urbanismo.

En 1930, diez años después de la muerte de Soria, con ocasión de la Asamblea General de la asociación celebrada en Ruan, el delegado de la C.M.U., Custodio Redal, se congratulaba de la proyección internacional del modelo al tiempo que elevaba sus quejas por la falta de interés en el país en que había nacido: “Es halagador —decía— que una teoría de urbanización española haya traspasado las fronteras e interese a tantas ilustres personalidades (...) Pero es a la vez doloroso que en el país que ha sido cuna de la idea no presten los poderes públicos su calor y su apoyo para la primera ciudad lineal existente”. Tal vez, como dijo Ortega, la España de su tiempo no estaba aún en forma para comprender el mundo que se avecinaba y lo que, según Soria, podría haber sido la ciudad del futuro. ■

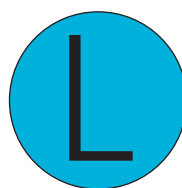
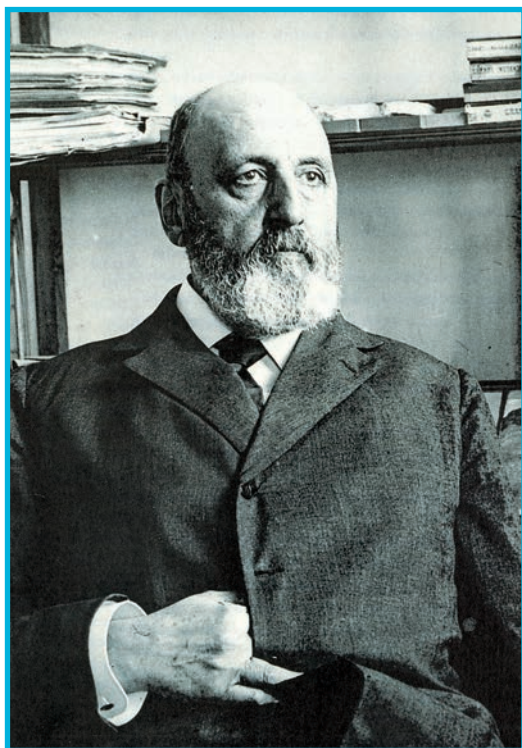
2016, AÑO DE TORRES QUEVEDO

Un Leonardo del siglo XX y más allá



► Transbordador sobre el Niágara, inaugurado en agosto de 1916.

Un 8 de agosto de 1916 entraba oficialmente en servicio, en Niágara (Canadá), el bautizado como Spanish Aerocar, el primer teleférico con pasajeros del continente americano. Su diseño y construcción eran obra de Leonardo Torres Quevedo (1852-1936), cuyo excepcional genio visionario anticipó muchos de los aparatos actuales, como el telekino, precursor del mando a distancia, o el aritmómetro electromecánico, primer antecedente indiscutible de los modernos ordenadores. Coincidiendo con el centenario del transbordador y de los 80 años de su fallecimiento, varias asociaciones científicas, universidades e instituciones han decidido declarar 2016 el año de Torres Quevedo, como homenaje a quien fuera calificado como “el más prodigioso inventor de su tiempo”.



Leonardo Torres Quevedo nació en 1852 en la aldea montañesa de Santa Cruz de Iguña, en el más alto de los valles cántabros surcado por el Besaya. Su padre, Luis Torres Vildósola y Urquijo, ingeniero de caminos, trabajaba por entonces en la construcción del ferrocarril de Santander a Alar del Rey, que debía enlazar el puerto santanderino con el canal de Castilla a la búsqueda de un rápido transporte del cereal y las harinas castellanas. Su infancia transcurrió a caballo entre la aldea natal y Bilbao, donde cursó los estudios de bachillerato en el Instituto de Enseñanza Media, hasta que en 1868 se traslada a París para impregnarse de la lengua y cultura francesas durante dos años.



► A la izqda., demostración del telekino en el abra de Bilbao ante Alfonso XIII. Debajo transbordador del monte Ulla de San Sebastián.

Una gran fortuna

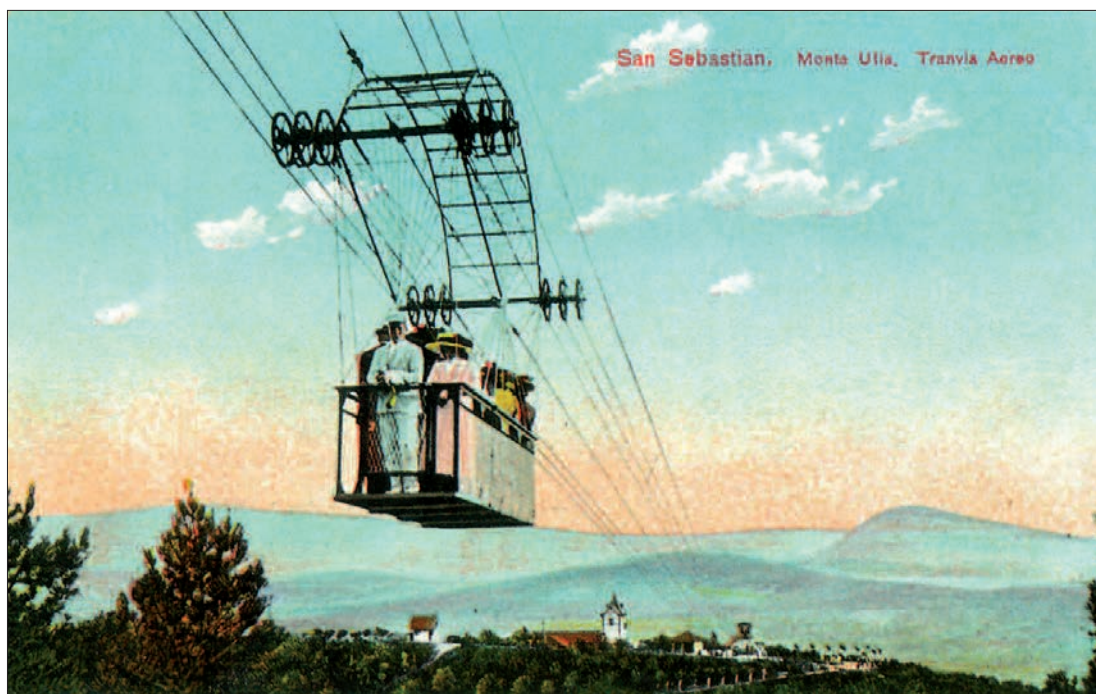
De regreso a España, al ser destinado su padre a la construcción de la línea férrea Madrid-Cádiz y establecidos sus padres provisionalmente en Andalucía, Leonardo opta por instalarse en Bilbao, en casa de las señoritas Barrenechea, parientes por la rama paterna con las que ya había compartido largas temporadas durante su infancia y que lo nombrarán heredero universal de una cuantiosa fortuna. Esta circunstancia será determinante en su carrera como inventor, pues le permitirá dedicarse entera y despreocupadamente “a pensar en sus cosas”, como gustaba de llamar a sus ingenios y elucubraciones. Así, aunque en 1876 concluye los estudios de Ingeniería de Caminos en la Escuela de Madrid y comienza a trabajar en el ferrocarril, a los pocos meses renuncia a ingresar en el cuerpo y emprende un largo periplo por varias ciudades europeas que aprovecha para entrar en contacto con centros de investigación y universidades y conocer de primera mano los avances en los más diversos campos de la ciencia.

Esos viajes de estudio se alternarán con largas temporadas de retiro en la casa solariega de Santa Cruz de Iguña, de la que empieza a hacer su primer gran taller y laboratorio. Casado en 1885 con Luz Polanco Na-

varro, en los valles de Portolín e Iguña comenzará a dar forma a su primera gran patente: el transbordador o funicular aéreo suspendido de cables. Tras varios ensayos, utilizando en algunos casos parejas de bueyes como tracción, hacia 1888 se anima a tender un transbordador entre el pico Pando y Los Picones, con casi dos kilómetros de luz y accionado por un motor mecánico, si bien la barquilla se utilizó solo para el traslado de bultos y mercancías.



► Transbordador del monte Ulía y visita del Príncipe de Asturias al laboratorio de Automática.



En 1890, habiendo establecido ya residencia en Madrid, frecuenta las tertulias y cenáculos literarios y científicos de la capital y decide emprender viaje a Suiza para ofrecer su patente del transbordador, convencido de que obtendrá una buena acogida en los ambientes científicos e industriales del país. Su invención cosechó sin embargo una rotunda desaprobación, e incluso en algunos diarios y revistas la ridiculizaron sin piedad.

Lejos de desanimarse, Leonardo emprende nuevos viajes por toda Europa y amplía sus contactos y formación en academias y universidades. Desde el cinematógrafo al automóvil, ingenios voladores y aerostáticos como los dirigibles o de navegación submarina (España no era ajena y, en 1888, Isaac Peral ya había puesto a prueba para la Marina su primer modelo de submarino con propulsión eléctrica), el continente vive en una eclosión continua de descubrimientos y Torres Quevedo quiere estar atento e impregnarse de todos ellos.

.\ Máquinas de calcular

Sin abandonar el desarrollo y mejora del transbordador, en la década de los 90 Torres Quevedo se consagra a sus denominadas “máquinas algébricas”, en realidad las primeras máquinas de calcular analógicas. En 1893 presenta en Madrid, en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, su Memoria sobre las máquinas algébricas. Informada favorablemente, esta Memoria se convierte en la principal fuente de inspiración de otra serie de trabajos que cristalizarán finalmente en el gran informe “Máquinas á calcular”, pre-

Un siglo sobre el remolino

El funicular sobre el Niágara, que el próximo 19 de agosto cumplirá cien años a pleno funcionamiento, se alza unos pocos kilómetros aguas abajo de las cataratas y sobre el remolino de Whirlpool, un gran cuenco granítico donde el caudal del río rugie batido en un feroz remolino, donde se dice que cualquier cuerpo caído allí puede estar girando durante varios días. El trayecto del funicular, de unos 550 metros, frente a esa imponente masa de agua depara una de las vistas naturales más espectaculares del planeta y es sin duda una de las razones de su éxito longevo. Como lo es sin duda el meticuloso trabajo llevado a cabo para construirlo.

El transbordador del Niágara es un modelo evolucionado a partir del levantado en 1907 en el monte Ulía de San Sebastián, casi treinta años después de que Torres Quevedo registrara la patente tras los satisfactorios ensayos realizados en los valles montañoses próximos a su casa natal. La originalidad de su diseño y la especial disposición de los contrapesos hacen que todo el sistema en suspensión se autoequilibre y que la cesta suspendida de los cables se deslice con suavidad sin sufrir ninguna clase de movimientos bruscos o tirones. Para la construcción en la frontera entre Canadá y Estados Unidos, Torres Quevedo fundó la The Niagara Spanish Aerocar Co. Limited, de capital español, y todos los materiales de la infraestructura, desde los cables de acero a las vigas metálicas, contrapesos, etc, fueron construidos en España, embarcados y luego montados en suelo americano, donde Gonzalo Torres Quevedo y Polanco, ingeniero de caminos como su padre, se hizo cargo de dirigir los trabajos a pie de obra.

sentado en la Academia de Ciencias de París en 1900. Al mismo tiempo, desarrolla en paralelo varios prototipos que emplean diversos mecanismos sin fin, como discos o husillos giratorios que permiten resolver logaritmos y ecuaciones complejas con una precisión de milésimas. Todo ello le vale ser proclamado, un año después, académico de número de la Real Academia de Ciencias de Madrid.

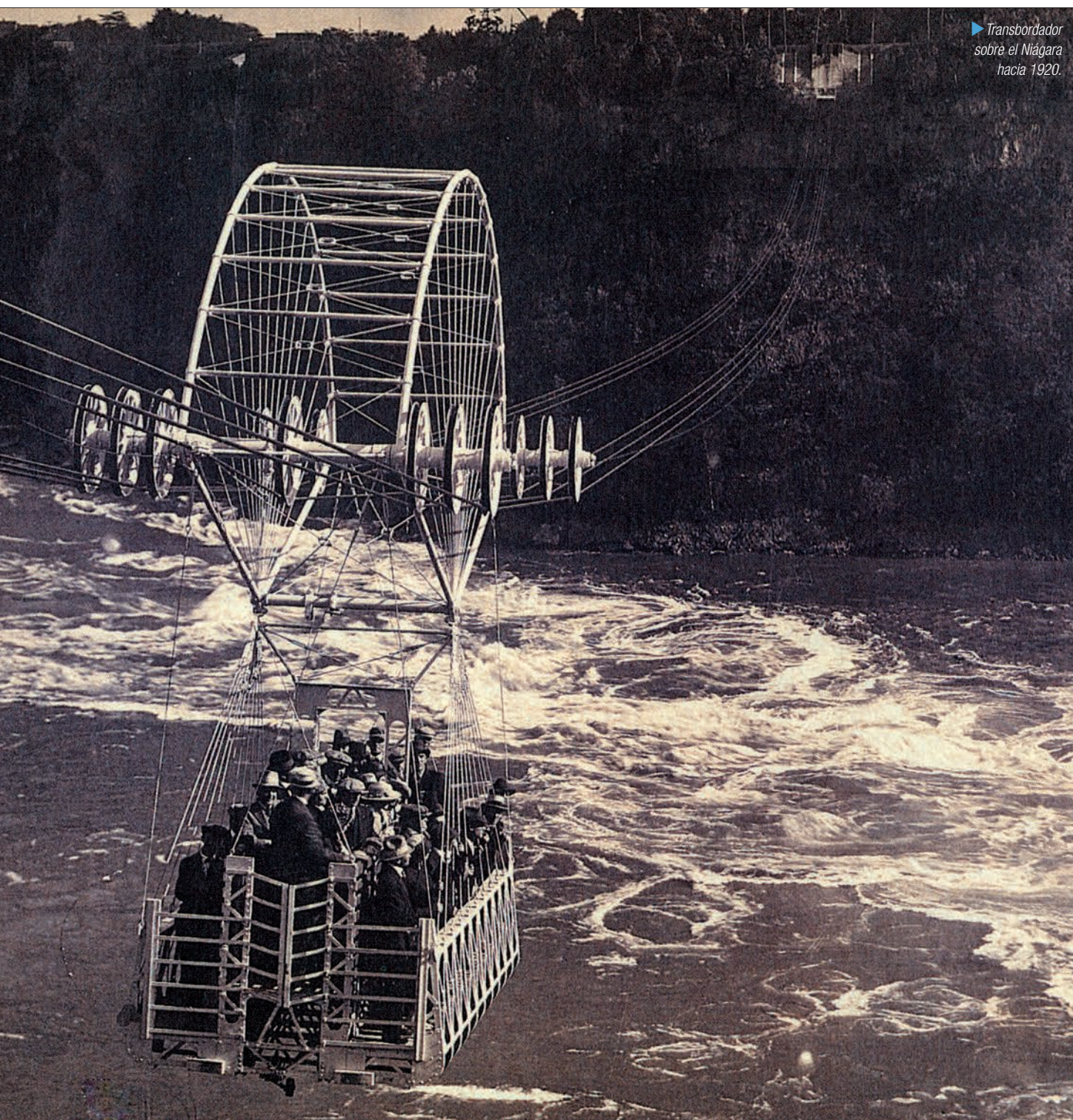
En esos años, atento a los ensayos efectuados con dirigibles rígidos por el conde Von Zeppelin en Alemania, en 1902 presenta un prototipo de dirigible que perfecciona todos los modelos diseñados hasta la fecha y soluciona definitivamente todos los problemas de estabilidad en este tipo de ingenios voladores.

Torres Quevedo atraviesa por una de las etapas más creativas de su vida y, en ese mismo año de 1902 vuelve a asombrar a la comunidad científica con la presentación de otra de sus más singulares invenciones: el telekino, el primer mando a distancia de la historia, ideado para el control remoto de algunos de sus dirigibles y que él mismo define como "un autómatas que ejecuta las órdenes que le son enviadas por la telegrafía sin hilos —ondas hertzianas—".



Sus iniciativas empiezan a obtener ya un serio respaldo institucional y los ministerios de Fomento y de Instrucción Pública le ponen al frente del Centro de Ensayos de Aeronáutica y de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, en la que es sin duda una de las etapas más brillantes de la ciencia aplicada en nuestro país —Santiago Ramón y Cajal, nacido

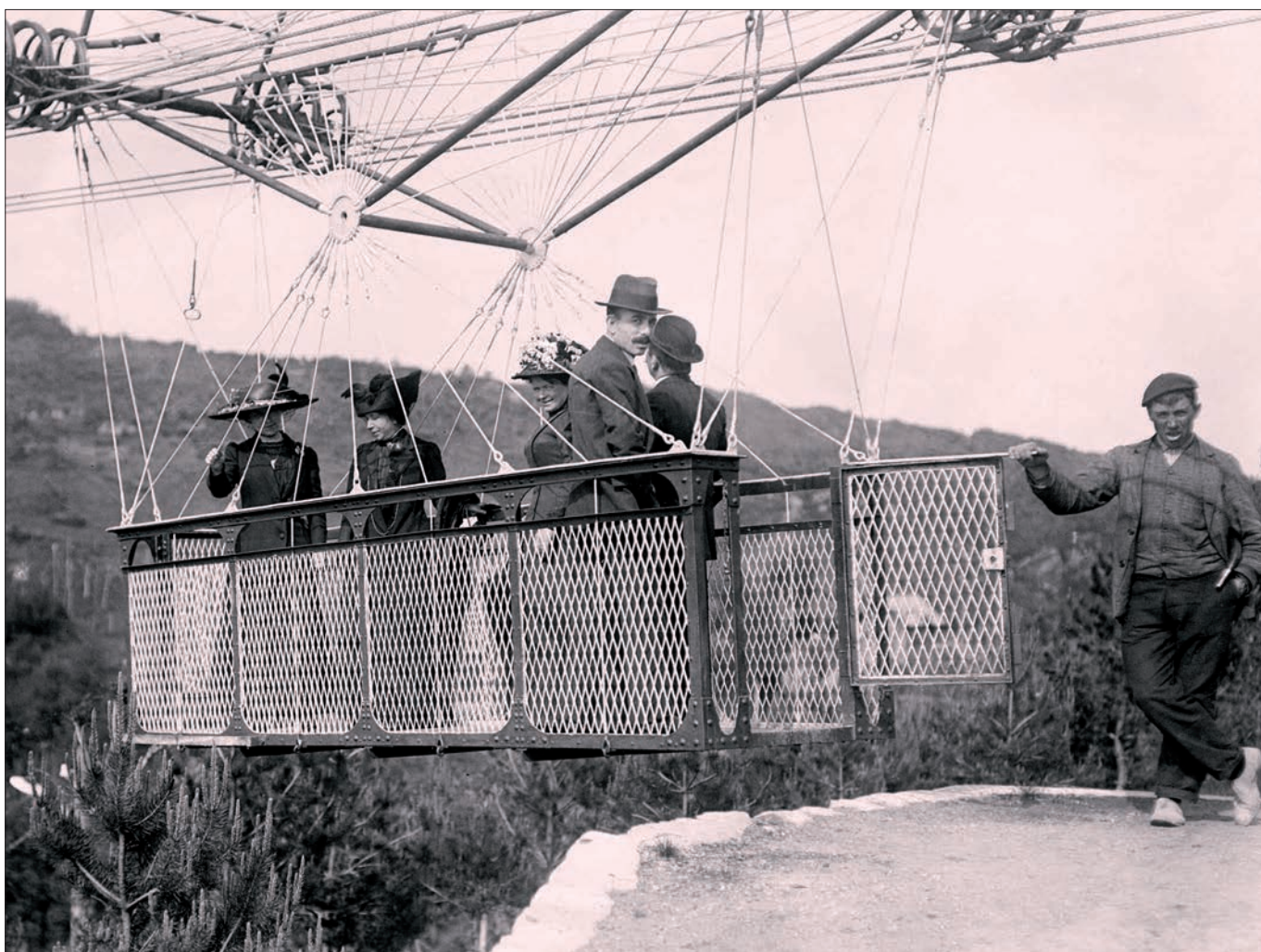
► Transbordador
sobre el Niágara
hacia 1920.



como Torres Quevedo en 1852, es también propuesto en 1901 para dirigir el recién creado Laboratorio de Investigaciones Biológicas—. Un respaldo institucional que se verá reforzado en 1907 con la creación del Laboratorio de Mecánica aplicada —denominado más tarde de Automática— a instancias también del ministerio de Fomento.

Patentes

El año de 1907 es también el año en que la primera de las patentes de Torres Quevedo se hace plena realidad: en San Sebastián, en la ladera del monte Ulía, se inaugura el primer transbordador para pasajeros del mundo. Mientras, el laboratorio de Mecánica aplicada,



► Transbordador del Ulía en una imagen de época.

bajo su supervisión, no deja de producir aparatos de gran precisión con destino a los más diversos campos: un magnetógrafo dedicado a medir las variaciones del magnetismo terrestre, un espectrógrafo de rayos X, sismógrafos, microtomos (aparatos de corte ultrafino para microscopio) para los laboratorios de Ramón y Cajal, etc.

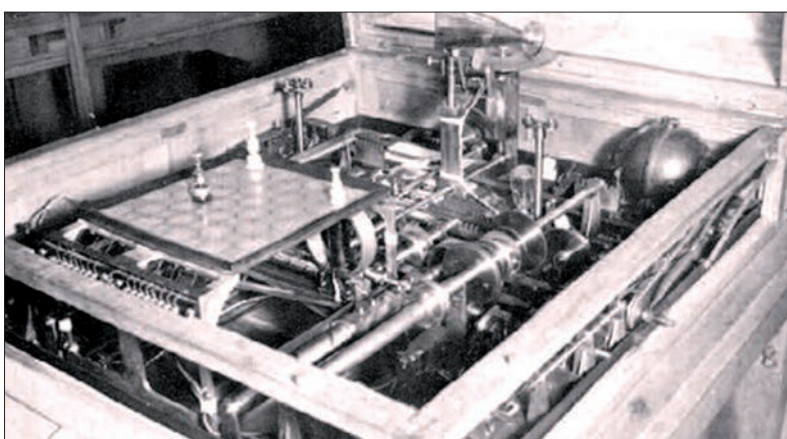
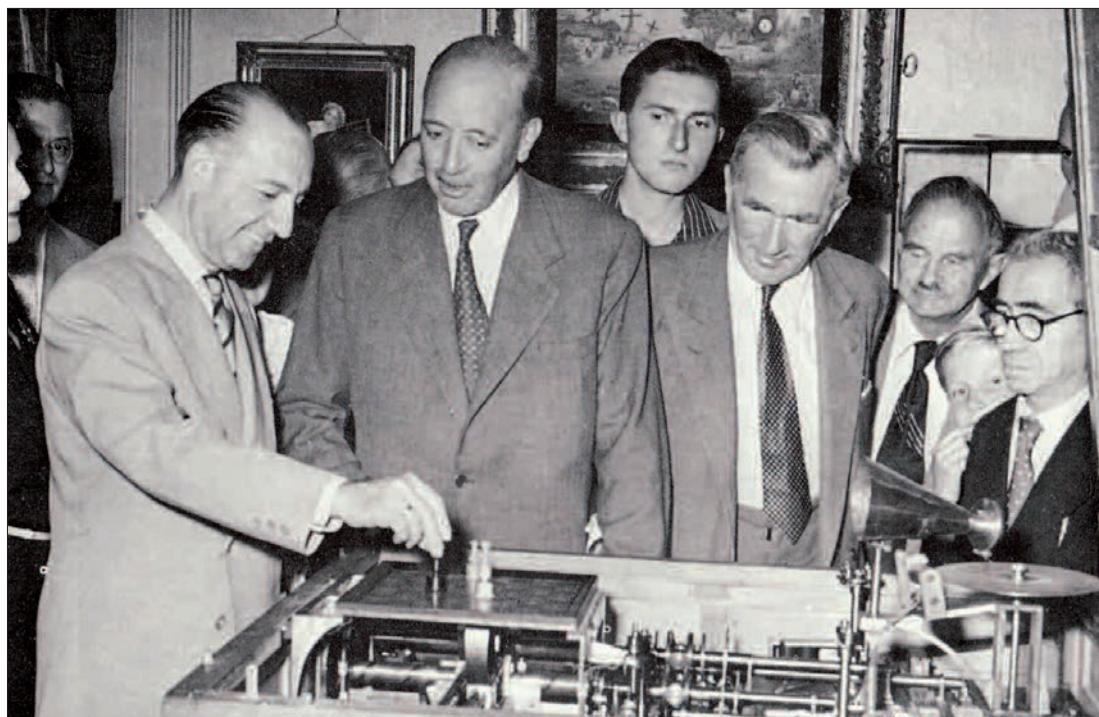
En 1910, la empresa francesa Astra compra, previa autorización del gobierno español, su patente de dirigible autorrígido, lo que le permitirá acometer nuevos y decisivos desarrollos para la aerostación, como los postes de amarre pivotantes o los hangares giratorios y auto-orientables, adaptados a la dirección de los vientos y del dirigible. Proyectará también un portadirigibles, precedente de los portaaviones, anticipando el uso combinado de fuerzas aéreas y navales y, en 1913, publica la que aún es hoy para muchos la obra mayor de la ciencia española: *Ensayos sobre Automática. Su definición. Extensión teórica de sus aplicaciones*. En ella, Torres Quevedo sitúa a la Automática como el umbral de una nueva ciencia que tendría por objeto estudiar "los procedimientos que pueden aplicarse a la construcción de autómatas dotados de una vida de relación más o me-

nos complicada". A imagen y semejanza de los humanos, los autómatas tendrían sentidos que "procesarían los estímulos externos mediante los receptores adecuados; poseerían prolongaciones o miembros mediante los que ejecutar determinados movimientos y acciones; tendrían cierta autonomía vital mediante los depósitos de energía necesarios y, ante todo, tendrían capacidad para discernir o elegir ante un abanico de opciones, lo que sería el objetivo principal de la Automática".

Autómata ajedrecista

Sempiterno hombre de acción, Torres Quevedo decide que el mejor modo de ilustrar sus teorías es crear él mismo un autómata y, en junio de 1913, presenta el primero de sus autómatas ajedrecistas. Se trata de una máquina que reproduce un tablero de ajedrez donde se desarrolla una partida con tres piezas: rey y torres blancas para el autómata y rey negro para el contrincante humano. Cualquiera de los movimientos del rey negro concluye siempre, antes o después, en mate ejecutado por las piezas

► Una demostración del autómata ajedrecista hacia 1950. Debajo, detalle del mismo.



blancas movidas por el autómata. Este autómata es visto hoy como el primer dispositivo de inteligencia artificial de la historia y, aunque sus mecanismos resulten a los ojos de hoy en exceso rudimentarios, su complejidad es sin duda extraordinaria para los medios de la época, pues la ejecución de cada movimiento debía llevarse a cabo por un sofisticado sistema de circuitos de conmutación y relés, la única posibilidad entonces.

El autómata, que sería perfeccionado por un posterior modelo, no solo hacía patentes sus teorías sobre Automática sino que se convertía en la gran experiencia pionera de la programación y computación actuales.

En 1915, solventadas diversas dificultades burocráticas y políticas, la Administración canadiense le concede autorización para acometer la construcción del transbordador sobre el Niágara, que es inaugurado un año

más tarde, el 19 de agosto de 1916 y se convierte en un éxito rotundo, conmemorándose este año su primer siglo de vida. Tras ese gran éxito seguirá una cascada de reconocimientos dentro y fuera de nuestro país: Premio de la Academia de Ciencias de París, nombramiento como Presidente de la Sociedad Española de Física y Química, Gran Cruz de Carlos III, miembro de la Real Academia de la Lengua ocupando el sillón de Pérez Galdós, comendador de la Legión de Honor francesa y doctor honoris causa por la Universidad de París, etc.

Sus sistemas de autómatas se convertirían en la gran experiencia pionera de la programación y computación actuales

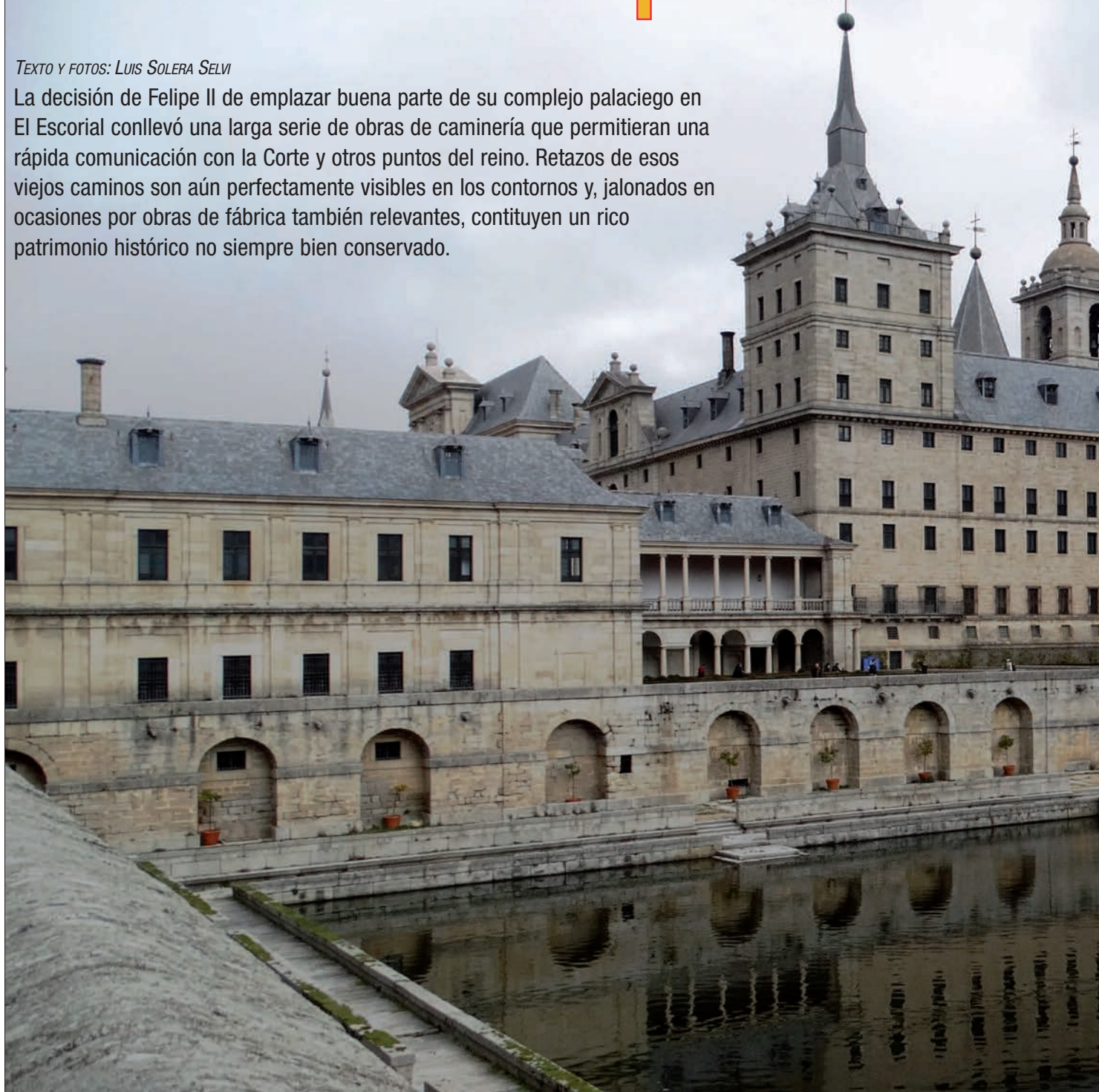
En la última etapa de su vida se interesa por la pedagogía, y fruto de ello es la última de sus 20 patentes: un proyector didáctico. En 1934 se le concede la banda de la Orden de la República y es nombrado presidente de honor de la Real Academia de Ciencias. Tras una larga enfermedad, Leonardo Torres Quevedo fallece en un Madrid ya en guerra un 18 de diciembre de 1936, en casa de su hijo Gonzalo, donde lo habían trasladado a causa de los frecuentes bombardeos que estremecían su domicilio habitual en Madrid, en la calle Válgame Dios, próximo al Cuartel General del Ejército. ■

LOS VIEJOS CAMINOS REALES AL MONASTERIO DE SAN LORENZO DE EL ESCORIAL

Huellas del pasado

TEXTO Y FOTOS: LUIS SOLERA SELVI

La decisión de Felipe II de emplazar buena parte de su complejo palaciego en El Escorial conllevó una larga serie de obras de caminería que permitieran una rápida comunicación con la Corte y otros puntos del reino. Retazos de esos viejos caminos son aún perfectamente visibles en los contornos y, jalonados en ocasiones por obras de fábrica también relevantes, constituyen un rico patrimonio histórico no siempre bien conservado.





Los orígenes de El Escorial son remotos y difíciles de precisar. Han aparecido vestigios romanos que vincularían los primeros asentamientos con una calzada que comunicaba Titulcia con Segovia, pero es a raíz de la conquista de Toledo por Alfonso VI, en 1085, cuando estos territorios castellanos sirven para consolidar la frontera con el mundo musulmán y empieza su desarrollo, bien con el impulso que toman las ferrerías de la zona, bien por las repoblaciones con gentes del norte que se dedicarán a la ganadería.

El lugar es excepcional, situado al piedemonte del Guadarrama, en la vertiente meridional del Sistema Central, goza de un clima espléndido aunque riguroso y dispone de una amplia red de pequeños ríos que forman la cuenca alta del río Guadarrama. Durante el siglo XIII estuvo administrado por el Concejo de Segovia, que llevó a cabo su organización territorial; se cita La Fresneda en el Ordenamiento de Segovia de 1302; también aparece El Escorial en el famoso Tratado de Montería del rey Alfonso XI en 1345; de nuevo, y como concejo autónomo segregado de Robledo de Chavela se le cita en 1503, don-

de se incluyen los pequeños núcleos de El Escorial, las Ferrerías de Fuente Val de Lámparas, las Ferrerías de Abajo y los caseríos de Casa del Valle, Helechar y Robledo Hueco y, por último, así se acredita después de varios siglos en el tratado de "España, dividida en provincias e intendencias", que llevó a cabo el Conde de Floridablanca en 1785, donde se le asigna al Sexmo de Casarrubios, una de las divisiones de Segovia.

Tras la victoria española en la batalla de San Quintín producida el 10 de agosto de 1557, día de San Lorenzo, Felipe II decide construir en este término de El Escorial un complejo palaciego y monasterio ocupando amplias zonas donde se encuentran otros pequeños núcleos, como son La Herrería, La Fresneda, El Campillo y Monesterio, obra que se realiza entre los años 1563 y 1584 delimitando el perímetro con una amplia y fuerte cerca o vallado de granito que se finaliza en 1599. Ya desde los inicios de la gran obra, se asigna a la población el título de villa y deja de depender de Segovia, convirtiéndose en territorio de realengo, al tiempo que se rediseña el urbanismo de la misma, pues al amparo de Sitio Real empiezan a construirse palacetes y viviendas pa-



► El monasterio de San Lorenzo de El Escorial, construido entre 1563 y 1584.



► Puente del Tercio, en el embalse de Valmayor.

ra la nobleza y el servicio en todo su entorno. Esto originó roces entre la población autóctona apoyada por la administración municipal, con su alcalde mayor a la cabeza, y el gobernador de palacio que representaba a la Corona y a la propia nobleza asentada en sus lares, por lo que en 1792 el rey Carlos IV decide la separación del complejo palaciego, esto es, el Real Sitio de San Lorenzo de El Escorial de la propia villa de El Escorial.

Lo cierto es que en la actualidad esta zona mantiene un amplio espacio monumental, pues al impresionante conjunto del palacio-monasterio debemos incluir la iglesia de San Bernabé, el monasterio del Prestado, la Granjilla de La Fresneda, la Casa-Fuerte de El Campillo, la Casita del Príncipe o la Casita del Infante, además de los inigualables paisajes y bosques del entorno.

■ Trazados carreteriles

A causa de la orografía más o menos abrupta del entorno, se proyectan caminos que caracolean entre las faldas de montañas; se aprovechan las suaves vaguadas o se hacen cursos camineros junto a los variados ríos o riberas, especialmente el río Aulencia, que a través del arroyo del Batán, en la cima del puerto de la Cruz Verde y desde donde se tiene una panorámica inigualable del conjunto monumental, lleva sus aguas ladera abajo y cruza el municipio de este a oeste para regar las dehesas bajas hasta empotrarse en la presa del actual embalse de Valmayor; también desembocan en este río otros arroyos como el Loco, el Ladrón, Guatel, Fuentevieja, del Tercio o el conocido como de Los Buzones. Otro cauce cercano que ha condicionado caminos y la necesidad de

erigir puentes es el del río Guadarrama, al que confluyen todos los anteriores. Debido a las características de un suelo pétreo constituido por los batolitos graníticos serranos, no hay cúmulos importantes de arcillas o arenas, por lo que no existen drenajes importantes y en épocas de abundantes lluvias se forman variadas lagunas como la del complejo de Castrejón, o charcas permanentes que se aprovecharon para construir estanques o pequeños embalses de abastecimiento como los de la Granjilla. Estos cauces, en momentos de lluvias copiosas o en deshielos, llevaban aguas bravas que erosionaban las vías de comunicación de la época, generalmente embarradas o impracticables durante varios meses del año para carruajes, acometiéndose su singladura las más de las veces como sendas de uña de caballo para recuas y jinetes.

Conviene resaltar que, habitualmente, la ubicación de un gran palacio real en aquella época se proyectaba teniendo muy en cuenta la facilidad de comunicación o cercanía a ciudades con un diseño urbanístico consolidado. Felipe II, en contra de toda lógica, decide instalarse al pie de la sierra de Guadarrama pensando más en una construcción monacal aislada y fuera del mundanal ruido que en una residencia real donde tendrá que recibir a gran número de funcionarios, cortesanos, militares o embajadores. Esa ubicación hizo aún más difícil la construcción de nuevos caminos o la modificación de los ya existentes. Fue una constante la inutilidad de los mismos en épocas climatológicas adversas y los continuos arreglos o mejoras de estos caminos cada vez que el rey y su corte decidían pasar alguna temporada en el Real Sitio. Resulta curioso que la nueva dinastía de

► Puente de Alcanzoria y, debajo, puente de Monesterio, ambos sobre el río Guadarrama.



los Borbones, siendo los que mejores obras nuevas o de reparación efectuaron al respecto, poco a poco fueron también los que menos empeño tenían en residir allí, prefiriendo casi siempre las estancias en el complejo de La Granja de San Ildefonso o en Aranjuez.

Trayectos documentados al Real Sitio

Independientemente de las antiguas rutas comarcales que existían en el entorno, generalmente caminos de tierra, sendas y trochas por las que transitaba o se movía la población, se aprovecharon para la buena comunicación las amplias cañadas de ganado trashumante o las coladas y cordeles de enlace, especialmente, la Cañada Real Leonesa y la Cañada Real Segoviana que cruzan estos territorios.



El Camino de Castilla la Vieja: Conocido como Camino Real de Valladolid, era la ruta principal desde la capital del Reino al monasterio y se asemeja con pequeñas variantes a las actuales N-VI y A-6, cuyo viejo itinerario pasaba por Las Rozas, seguía por Torrelodones y Collado-Villalba hasta el pueblo de Guadarrama, desde donde se enlazaba con una vía pecuaria muy antigua —Colada de Guadarrama— que llevaba hasta El Escorial (actual carretera autonómica M-600).

Este camino largo, de aproximadamente 58 kilómetros, se redujo pronto al considerar la posibilidad de crear un camino tangente con respecto al habitual trayecto. En el término de Galapagar, aunque cerca de Torrelodones, se rehabilita un viejo camino —probablemente la Cañada Real de Peregrinos— y se acomete la construcción de un puente para salvar el cauce del río Guadarrama. Juan de Herrera proyecta y ejecuta la obra de este sencillo y bello puente de un solo arco de 13 metros de luz que aún podemos admirar. Sabemos por el arquitecto e historiador Luis Cervera Vera que “Felipe II dispuso desde Lisboa, en 1582, que se construyera un puente de piedra para pasar el Guadarrama, entre el lugar de Torre de Lodones y Galapagar, conforme a la traza que efectuaría Juan de Herrera, corriendo la construcción a cargo de la fábrica de San Lorenzo”. Curiosamente, este nuevo puente sustituiría al conocido como puente romano o de Alcanzoria unos cientos de metros aguas arriba, del que aún podemos contemplar el arco exento y los estribos apoyados en roca viva. Este camino seguía por lo que actualmente es la carretera local M-519 para llegar a Galapagar y continuaría por el Cordel de Suertes Nuevas (ahora M-510) hasta Co-



► Leguario junto al monasterio de El Escorial y, al lado, hito de dirección de los caminos reales en Galapagar. Debajo, puente de Herrera sobre el río Guadarrama.

Otras rutas desde el Real Sitio a los confines de la Península

Las largas estancias de descanso del rey y su corte en el Real Sitio no impedían las comunicaciones y despachos palaciegos hacia todos los puntos peninsulares. Siguiendo el mapa de carreteras de postas de Ricardo Wall, secretario de estado de Carlos III y superintendente general de correos y postas, con cartografía del geógrafo Tomás López que ilustra el famoso libro o compendio de carreras de postas de Pedro Rodríguez Campomanes publicado en 1761, podemos describir los diferentes caminos desde el núcleo palaciego de San Lorenzo de El Escorial.

✓ **Carrera de Postas de Madrid-El Escorial:** Constaba de 3 postas, en Las Rozas, Torreldones y El Escorial, cubriendo una distancia de 8 leguas y media.

✓ **Carrera de Postas de El Escorial a Andalucía:** A través de Valdemorillo, Navalcarnero y Casarrubios, cubriendo una distancia de 11 leguas hasta el nudo de Illescas donde enlazaba con el Camino Real de Andalucía, actual N-IV o A-4.

✓ **Carrera de Postas al Principado:** Discurría por Colmenarejo, Las Rozas y Fuencarral cubriendo una distancia de 12 leguas hasta el nudo de Torrejón de Ardoz, donde conectaba con el camino real al Principado o camino de Barcelona, en un itinerario semejante al que lleva la actual N-II o A-2.

✓ **Carrera de Francia:** Se hacía a través de Guadarrama, Manzanares y Cabanillas de la Sierra, cubriendo una distancia de 9 leguas y media, enlazando en este último punto con el camino real de Francia por Irún, actual carretera nacional N-I o autovía A-1.

✓ **Carreras a Galicia:** Cubriendo la distancia de 2 leguas hasta Guadarrama donde se enlazaba con el camino de Castilla la Vieja, actual N-VI o autovía A-6.

✓ **Carrera de Portugal:** Discurría por las postas de Valdemorillo, Navalcarnero y Casarrubios, cubriendo una distancia de 8 leguas y enlazando con el camino real a Portugal, actual carretera nacional N-V o A-5 (autovía de Extremadura)

✓ **Carreras a Alicante:** Los puntos de postas desde el Real Sitio eran Torreldones, Las Rozas y Madrid, cubriendo una distancia de 8 leguas y media, iniciando la ruta hacia el este desde la capital.

llado-Villalba, para seguir por la ruta habitual del Camino Real de Valladolid hasta Guadarrama y terminar en el Real Sitio. Este pequeño atajo suponía reducir la distancia Madrid-El Escorial en 10 kilómetros, aproximadamente.

Destacar que en este tramo se utilizaba la antiquísima Carrera Toledana que ya se menciona en escritos de Fernando III hacia el año 1249 y que unía las ciudades de Segovia con Toledo. Esta carrera, a su vez, estaba semimontada sobre la Vía XXIV del Itinerario de Antonino, compendio de vías romanas significativas datadas en el siglo III d.C. Lo que ahora se conoce como carretera M-519 –ya citada– fue otro proyecto de rehabilitación de Marcos de Vierna que terminó en 1765, reformando la calzada romano-medieval y ensanchándola hasta los 8 metros con incorporación de nuevas lastras de granito y añadiendo bordillos guarda-ruedas. Aunque con el tiempo han desaparecido la mayoría de estas piezas lisas labradas de granito, aún quedan retazos que se pueden admirar; también hay restos de una vieja tajea romana y la más actual que construyó Vierna, conocida como puente del Toril. Todo ello en la denominada Ruta 2 de Galapagar-La Navata, correspondiente a la Red de Sendas del Parque Regional del Curso Medio del río Guadarrama, promovido por la CAM con la colaboración de los pueblos insertos en el entorno. Muy ilustrativo del





modo de construir calzadas es el punto donde se halla el puente del Toril, ya que en un metro de grosor se pueden contemplar las diferentes capas de firme desde el siglo XVIII hasta la actualidad.

Camino del Cerro del Paredón: Para reducir distancias y tiempos en el itinerario normal a través de Guadarrama se proyecta en 1691 un camino nuevo, conocido simplemente como Camino del Paredón, Altos de la Librería o de Pedro de Ribera, en tiempos de Carlos II, cuya obra arranca con el puente del Retamar (término actual de Las Rozas) que inicia el arquitecto Juan de Setién pero que no termina por falta de fondos y el conflicto de la Guerra de Sucesión, quedando abandonado con pilas construidas en 1709. Con la consolidación en la corona de Felipe V y bajo la tutela del Corregidor de Madrid y Superintendente General de Hacienda Francisco Antonio de Salcedo, más conocido como marqués de Vadillo, funcionario ejemplar y competente que tenía una amplia experiencia en obra civil de calles, empedrados, caminos y puentes, se procede a continuar el proyecto, que encarga al arquitecto Pedro de Ribera, flamante constructor del puente madrileño de Toledo y al que había encargado otras obras destacadas en la capital. Ribera continúa lentamente las obras del puente de Retamar, que termina en 1737, así como del propio camino, que continuaba por el lugar de Las Cuestas y el pueblo de Colmenarejo para cruzar el arroyo del Tercio por un simple vado y continuar hacia El Escorial. Esta vía era realmente dura, con fuertes pendientes, curvas imposibles y amplios taludes que se reforzaban con contrafuertes y muros de contención, pero que no impedían los corrimientos de tierra y ruinas en períodos de lluvias o al

derretirse las nieves, bloqueando repetidamente la calzada e impidiendo el tránsito de carruajes. El maestro Marcos de Vierna, en años posteriores tuvo que reforzar taludes y rehabilitar la calzada varias veces hasta que, por fin, se decide iniciar otra vía nueva que lleve al monasterio. También era un camino frágil por el elevado número de arroyucos que lo cruzan transversalmente y que producían desastres con aguas bravas. Aún hoy en día, se pueden ver reliquias del viejo camino del Paredón en la fuerte pendiente hacia la Cuesta Blanca y Colmenarejo, o restos del estribo de buena fábrica de sillería en lo que fue el puente sobre el arroyo del Cacho. Otras denominaciones de esta vía son Camino Viejo de Colmenarejo, Camino Viejo de Madrid o Cañada Real de Merinas. Este camino real estuvo en uso durante 28 años, independientemente de que, como vía de tránsito ganadero, o bien como vía pedestre o de bicicleta, siga utilizándose en la actualidad. Dentro de la red de sendas promovidas por la CAM en el Parque Regional del Curso Medio del río Guadarrama está tipificada como Ruta 9 entre el puente de Retamar y Colmenarejo-Galapagar, aunque bien es cierto que difiere en varios puntos con lo que fue el histórico camino, ahora arrasado por los años y la desidia en su mantenimiento: han desaparecido la práctica totalidad de sillares en buen uso, ya en muretes de contención como guardarruedas en sus cunetas, y la propia calzada, posiblemente austera, también ha desaparecido, pues se aprecia el trabajo de retroexcavadoras para limpiar, allanar y ensanchar el camino en tiempos muy recientes.

Camino de Marcos de Vierna: Debido a las dificultades que entrañaba la anterior vía, se decide construir otro

camino que discurra por estos escarpes montañosos, corone el puerto de Galapagar para llegar a la población homónima y, tras cruzar el valle del río Aulencia por medio del famoso pontón del Tercio, siga hasta destino, en un itinerario más largo pero más practicable y seguro. Este camino y el puente se termina en 1765 siendo responsable del proyecto el propio Marcos de Vierna, insigne maestro cantero trasmerano y en aquellos momentos Comisionado de Guerra y Director de Caminos y Puentes del Reino, nombrado por el poderoso Consejo de Castilla en tiempos de Carlos III. La ruta se inicia precisamente en el puente del Retamar y en pocos metros Vierna tiene que afrontar las tajaduras del arroyo del Cacho y del arroyo Grande, que salva con dos preciosos y robustos puentes, prácticamente inadvertidos para los visitantes del entorno salvo por el aviso de sus cuidados pretilles en la calzada, muy tapados por las modernas biondas. Todavía subsiste allí un viejo cartel informativo de la antigua carretera comarcal C-505 —actual M-505— con indicación Las Rozas, 9 kilómetros.

La confluencia del camino de Ribera con el de Vierna se produce en el vado del arroyo del Tercio, punto donde el maestro cantero cántabro eleva la calzada construyendo este bello pontón de un arco con amplio y largo tablero a base de fábrica de granito de la zona, tallada primorosamente. Al construirse la presa del embalse de Valmayor en 1976, el puente y parte de su vieja calzada quedó sumergida por las aguas de este, pudiendo verse en raras ocasiones cuando se producen fuertes estiajes o debido al vaciado parcial de la presa para acometer ciertas reformas. Junto al pontón de Vierna se encontraba la esbelta cruz del Tercio, construida en la segunda mitad del siglo XVII en piedra barroqueña y que delimitaba los términos de Navalquejigo y La Fresneda. Al construir el embalse se levantó para su posterior traslado al municipio de El Es-



corial. Desde 1985 se encuentra ubicada en la plaza de los Sexmos. Por otra parte y en la medida en que las aguas del embalse lo permiten, se puede contemplar algún trecho de la calzada real que construyó Vierna, en la que destaca sobremanera la labor de cantería, tanto en las losas que hacían de guardarruedas, sillares ciclópeos en márgenes, tajeas, muros de contención y contrafuertes tallados con esmero, así como la labor del relleno y multicapas de rodadura, ya que aunque han sido tapadas por los hormigonados, asfaltados y recrecidos de época contemporánea, la calzada está tan quebrada en sus bordes que se pueden ver los diferentes estratos que la constituyen. Lo cierto es que el conjunto, y especialmente la calzada, conforman una excelente muestra arqueológica de la técnica en construcción de caminos del barroco y principios del clasicismo y es una pena que permanezca bajo las aguas indefinidamente. No se sabe si Marcos de Vierna co-

► Puente del arroyo del Cancho, en el camino de Vierna. En la imagen inferior, ruinas de la antigua casa de oficios junto al camino de Monesterio del Campillo.





► Restos del puente sobre el arroyo del Tercio.

noció o tuvo acceso a los principales tratados para la construcción de firmes de aquella época, pero sí es cierto que se aprecian similitudes con los ejemplos que se documentan en el de Henri Gautier (1660-1737) o el de Daniel-Charles Trudaine (1703-1769).

Camino del padre Pontones: Debido al mal estado en que se encuentra el camino desde el pontón del Tercio hasta el Real Sitio, el secretario de estado marqués de Grimaldi propone una modificación del tramo o una rehabilitación del viejo camino. El fraile Jerónimo Antonio de San José Pontones, que se encontraba ejecutando otras obras en el monasterio, proyecta un nuevo camino por la zona de Las Radas, más sencillo y recto pero que es rechazado por Grimaldi, quizás por su coste más elevado. Se decide, pues, la rehabilitación del antiguo, que proyectó el padre Pontones, y se ejecutan las obras entre mayo de 1771 y mayo de 1772, según consta en legajos de la propia biblioteca escorialense donde se refleja que el camino consta de 7.180 varas y su coste total asciende a 534.000 reales de vellón que se pagan en plazos a los jefes de cuadrilla de Pontones, la mayoría canteros trasmeranos y, como el propio fraile, colaboradores habituales, detallando las facturas escrupulosamente sus nombres: José Ortiz Solares, Ignacio Bringas, Francisco de la Sierra, Fernando Ceballos, Francisco Vela, Pedro Solahesa, Francisco Cobo y Agustín Domínguez. Es preciso destacar, por demás, las virtudes y buen hacer de este fraile jerónimo (1710-1774) como arquitecto, ingeniero y tratadista que ha dejado innumerables obras en el ámbito religioso y civil, destacando muchos kilómetros de caminos reales y decenas de puentes y pontones por toda la Península. En el propio complejo palaciego de El Escorial son muy destacadas dos de sus obras: el paso subterráneo o pasadizo que comunicaba el palacio con la segunda casa de oficios, conocido como Mina (del conde) de Montalvo, revestida con bóvedas y paramentos de granito, y los pasos en

cajón elevados que apoyan en bellos arcos escarzanos y que unen en la segunda planta las dos casas de oficios, uno en la actual calle Capilla y el otro en la de Grimaldi.

Camino de Monasterio del Campillo o del Herreño: Significaba otro trazado para acortar distancias con respecto al Camino Real de Valladolid. También es conocido como Camino de las Ventas de El Escorial. Al llegar al pueblo de Collado-Villalba y sin necesidad de cruzar el puente del Herreño, se rehabilitó un sector de la vieja Cañada Real Segoviana, que desde ese punto continuaba hacia El Escorial por la Colada del Guadarrama, ya citado como actual carretera M-600. Es una zona llana, adehesada, por la que discurren varios arroyos y que se modificó sensiblemente al eliminar los variados vados, siempre encharcados en tiempos de lluvias, construyéndose diferentes puentes. En la correspondencia entre los secretarios de estado o secretarios reales y los diferentes priores del monasterio archivada en la biblioteca escorialense y pertenecientes a los reinados de Carlos II, Felipe V, Fernando VI o Carlos III, figuran muchas referencias a este camino, para que se arregle, se rehabilite o mejore de cara a la presencia de la corte, apuntando la necesidad de que se diseñen o reformen puentes para salvar los encharcamientos y arroyadas. El camino nace en la Portillera del Monasterio, junto a la actual colonia de Media Luna, perteneciente a Collado-Villalba, y muy pronto cruza el río Guadarrama por el viejo puente de cuatro vanos de arcos rebajados que construyó Juan Gómez de Mora entre 1611 y 1613, reinando Felipe III. Recientemente, en 2014, se ha levantado en parte y reconstruido con fondos del 1% cultural que destina el Ministerio de Fomento, en cofinanciación con la Comunidad Autónoma de Madrid, siendo la empresa Refoal, S.L. la encargada de la rehabilitación. Más adelante se hallan otros dos pontones semejantes, obra del propio Gómez de Mora, de buen sillar de granito y altos pretilos de lajas de granito (ortostatos) que aún conservan las marcas de sus grapas de hierro y que se encuentran en buen estado; el primero sobre el arroyo de la Jarosa o Guatel Segundo; el segundo se eleva sobre las aguas del arroyo Guatel Primero y la cola del embalse de Los Arroyos, que construyó el Canal de Isabel II en 1966. Junto al puente subsisten pequeñas represas del siglo XVII que servían para abastecer a los núcleos del monasterio.

Para llegar al monasterio de El Escorial se proyectaron caminos que caracolean entre las faldas de la sierra o siguen el curso de los arroyos



► Puente del Rosal, en el camino a San Ildefonso. Debajo, tajea en el baluarte del puente del Herreño.

Es preciso reseñar también que en el inicio de esta ruta podemos contemplar la bellísima obra pontonera conocida como puente del Herreño sobre el río Guadarrama, construida hacia 1784 en tiempos de Carlos III y que dispone de tres arcos rebajados, tajamares sencillos rematados con sombreretes, excelente sillería granítica, fuertes estribos y largos muros de acompañamiento, además de una muy buena tajea de 1,20 metros de luz revestida de sillar de granito bien conservada. El conjunto tiene huella y factura de haber sido construido por el ya consolidado cuerpo de ingenieros militares desde su creación por Felipe V. Otro monumento destacable en la ruta es la antigua Casa de Oficios, originariamente perteneciente al núcleo de Monasterio del Campillo, de estilo herreriano, actualmente en ruinas, en la que destacan sobremanera sus chimeneas cilíndricas de granito y el portón exento de entrada donde podemos admirar un bello arco de medio punto con un dovelaje primoroso y algún elemento decorativo de matiz renacentista. Este lugar fue muy utilizado como área de descanso y pernoctación por personas de la corte en su tránsito hacia el Real Sitio. También se utilizaba este ca-

mino en los tránsitos hacia el palacio de la Granja de San Ildefonso para evitar el paso por el complejo palaciego de San Lorenzo de El Escorial, como se advierte por documentos relativos a los desplazamientos de Carlos III y Carlos IV.

Camino al Palacio Real de la Granja de San Ildefonso:

Era muy común que en los periodos vacacionales o de descanso de la Corte de Felipe V y sus descendientes se hicieran desplazamientos desde San Lorenzo de El Escorial al nuevo palacio de San Ildefonso. Como decía antes, se utilizaba el camino de Monasterio del Campillo si se estaba en ruta, o bien se salía del Real Sitio, pues ambos caminos confluían en la Colada de Guadarrama, para llegar hasta el pueblo de este nombre cruzando el famoso puente del Rosario. Era un viejo paso de la Cañada Real Segoviana que se reconstruye en tiempos de Carlos III en estilo clasicista, con cinco vanos de arcos rebajados, tajamares y amplios estribos con un tablero de 7,70 m de ancho en las secciones más angostas, que permite un intenso tráfico de vehículos actualmente, sin limitación de tonelaje.

Esta ruta seguía por la actual M-614 hacia Los Molinos y Cercedilla, para cruzar la sierra de Guadarrama por el puerto de la Fuenfría, antiquísima calzada romana que se reestructuró en 1720, en el reinado de Felipe V, y que seguía siendo un paso principal de estas montañas. Se descendía hacia Valsaín para llegar al Real Sitio de La Granja de San Ildefonso. Con el tiempo se modificó esta ruta, ya que en 1778 el arquitecto real Juan de Villanueva proyecta un nuevo camino por Navacerrada que discurre por el puerto de Manzanares, posteriormente bautizado como puerto de Navacerrada, cuyas obras terminan en 1788, a comienzos del reinado de Carlos IV, siendo desde entonces el camino más habitual para acceder a La Granja de San Ildefonso cuya matrícula carreteril actual es M-601/CL-601. ■



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 €



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91

Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)

Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

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
NIPD: 161-15-053-9
DL: M-26.965-2015

 GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

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.gob.es



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

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

Título de la obra: **Revista del Ministerio de Fomento nº 660, abril 2016**

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

Año de edición: **2016**

Características Edición:

Iª edición electrónica: abril 2016

Adobe Acrobat:

Formato: PDF

Tamaño: 16 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.

