

Revista del Ministerio de

Fomento



Alta velocidad en España
1992-2011



El tren que dio nueva vida al ferrocarril

La historia nos recuerda que, hace ya casi cincuenta años, hubo una vez en Japón un tren que podía unir dos ciudades circulando a más 200 km/h. Desde nuestra experiencia actual, esa cifra quizá no se antoja ya tan fantástica como debió parecer en su día. Más aún cuando sabemos hoy de trenes que han circulado a 575 km/h. Y todavía más si pensamos que el transporte ferroviario solo ha comenzado a dar sus primeros y vacilantes pasos antes de adentrarse de pleno en el umbral de su ya inminente tercera gran revolución: los trenes de levitación magnética, que en un horizonte de quince años podrán hacer realidad velocidades comerciales superiores a 600 km/h.

Pero por mucho que el paso del tiempo tienda a relativizar siempre cualquier logro anterior, es la sucesión de éstos la que otorga pleno sentido y valor a nuestras conquistas más recientes. Y sólo bajo esa luz se puede entender cuánto debe hoy la evolución del transporte ferroviario a aquella gesta de la ingeniería japonesa. La línea Tokio-Osaka, abierta en 1964, mostró el camino de la alta velocidad. Fue el hito inicial de una nueva era que no sólo revitalizó este modo de transporte, sino que paso a paso lo ha ido elevando hasta unas cotas, no solo de rapidez y velocidad, sino también de seguridad, confort, puntualidad, eficiencia energética y, en definitiva, fiabilidad que lo hacen imbatible en cuanto a preferencia para desplazamientos en radios cercanos al millar de kilómetros.

Hoy las redes de alta velocidad suman unos 16.000 kilómetros de líneas operativas en todo el mundo, y las han podido utilizar más de 12.000 millones de viajeros. Son cifras espectaculares que se conjugan con una realidad no menos sobresaliente: un índice de siniestralidad cero y de puntualidad muy próximo al cien por cien. Con semejantes avales no puede extrañar que las líneas de alta velocidad en construcción o proyectadas para los pró-

ximos veinte años en el mundo sumen más de 80.000 nuevos kilómetros.

Hace ya más de diecinueve años que nuestro país abrió su primera línea de alta velocidad. Como en el caso de Japón, aunque casi treinta años después, la decisión de su construcción se tomó en unos momentos críticos, en los que aquí también estaba en juego el futuro del transporte ferroviario, acuciado por las obsolescencias de una red abocada al cierre de líneas y a la imposibilidad de ofertar tiempos de viaje acordes a las nuevas demandas. Fue una decisión arriesgada, no exenta de encendidas polémicas aún años después, como recuerda Gonzalo Martín Miranda, uno de los ingenieros responsables de aquel proyecto, en unas refrescantes memorias publicadas recientemente.

Hoy los hechos avalan aquella decisión: la red nacional de alta velocidad suma 2.600 kilómetros, une 17 capitales de provincia y el AVE se ha convertido en el medio de transporte preferido frente al avión para todos esos destinos. Los efectos benéficos del AVE se han extendido, además, a la práctica totalidad de los servicios ferroviarios: en unos casos gracias a los nuevos trenes y adaptadores de ancho, que han permitido mejorar los tiempos de viaje en la media y larga distancia, y en general, gracias a sus innovaciones técnicas, especialmente en sistemas de seguridad, regulación y gestión de tráfico, cuyas aplicaciones han permitido multiplicar la efectividad en cercanías y metro.

La alta velocidad ha otorgado, en definitiva, nueva y larga vida al ferrocarril cuando más parecía condenado al recuerdo. Este monográfico busca ser una aproximación a esa joven y pujante realidad. Solo resta agradecer sinceramente a cuantas personas, desde este ministerio, y especialmente desde Adif y Renfe, nos han ayudado en ello.

ANTONIO RECUERO



6 A la voz de parada y fonda. La velocidad, la seguridad y el confort en los trenes solo comenzaron a hacerse realidad avanzado el siglo XX.

26 La vuelta al mundo en alta velocidad. De los trenes bala nipones a la extensión de las redes europea y de los países emergentes.

42 Alta velocidad en el sur. De la línea Madrid-Sevilla a la configuración de la red andaluza.

60 De Madrid a Europa. La LAV Madrid-Barcelona-Frontera Francesa enlaza desde 2008 las dos grandes urbes españolas y conectará en 2012 con la red de alta velocidad gala.

76 El corredor más largo. El acceso Norte-Noroeste superará los 1.800 kilómetros, de los que más de 700 están en fase de ejecución.

94 Rumbo al Mediterráneo. La línea Madrid-Albacete/Valencia culmina la parte troncal del corredor, que progresa ahora hacia Alicante y Murcia.

110 Tres grandes en marcha. Los corredores de Extremadura, Cantábrico-Mediterráneo y Mediterráneo superarán los 2.600 kilómetros.

130 Maquinaria modelo. Una decena de trenes, protagonistas de los 19 años de historia de la alta velocidad española.

146 Los ojos y el cerebro de la red. Los Centros de Regulación y Control gestionan al instante la circulación y las incidencias en las líneas de alta velocidad.

156 Los hogares del AVE. Las terminales de la red de alta velocidad española.

Director de la Revista: Antonio Recuero

Edición: Javier R. Ventosa. **Maquetación:** J. A. Laiz. **Secretaría de redacción:** Ana Herráiz. **Fotografía:** José Caballero. **Portada:** Renfe.

Archivo fotográfico: Vera Nosti. **Elaboración página web:** www.fomento.gov.es/publicaciones. Concepción Tejedor.

Colaboran en este número: M^o del Carmen Heredia, Macarena Herrera Lorenzo, Pepa Martín, M^o del Mar Merino, Begoña Olabarrieta, Beatriz Rodríguez López, José Ignacio Rodríguez y Beatriz Terribas.

Información de publicaciones del Ministerio de Fomento: 915 976 449 / 78. **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

Comité de redacción. Presidencia: Jesús S. Miranda Hita (*Subsecretario de Fomento*). **Vicepresidencia:** Fabiola Gallego Caballero (*Secretaría General Técnica*).

Vocales: Félix Albertos Carrión (*Director de Comunicación*), Juan Ángel Mairal Lacoma (*Director del Gabinete de la Secretaría de Estado de Planificación e Infraestructuras*), Helena Royes Riera (*Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Transportes*), Myriam Aguilar Muñoz (*Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Vivienda y Actuaciones Urbanas*), Tomás Moreno Bueno (*Jefe del Gabinete Técnico del Subsecretario*), Andrés Hernández González (*Vocal asesor de la Secretaría General de Relaciones Institucionales y Coordinación*), Ramón M. Lorenzo Martínez (*Subdirector del Centro de Publicaciones*) y Antonio Recuero Almazán (*Director de la Revista*).

Impresión, publicidad y distribución: SIC n.i.m.u.p. S.L. Apartado postal 116, 28250 Madrid - Tel.: 918 591 112 / 609 693 592 Fax: 918 592 402 revista.fomento@sicrd.es.

Director: Antonio de J. Ulled. **Suscripciones:** Carmen Ulled. **Publicidad:** Juan Carlos Abad. Tel.: 617 323 281. fomento@sicrd.es Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 1577-4589.

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 con un 60% de fibra reciclada postconsumo y un 40% de fibras vírgenes FSC.



La velocidad, la seguridad y el confort en los trenes sólo comenzaron a hacerse realidad avanzado el siglo XX

A la voz
de parada
y fonda





Museo del Ferrocarril-Fundación de los Ferrocarriles Españoles

En sus comienzos, viajar en ferrocarril distaba mucho de los parámetros de velocidad, seguridad y confort que hoy conocemos. Avanzada la segunda mitad del XIX, cuando el ferrocarril comenzó a unir las principales capitales peninsulares, un viaje entre Madrid y Zaragoza o Alicante podía durar más de 16 horas. Eran los tiempos en los que el jefe de estación comunicaba a los viajeros el lugar de llegada a la voz de “parada y fonda”, y en los que el espacio disponible y su calidad en el interior de los coches eran el reflejo de la estratificación y segregación social propias de la época.

M^a DEL CARMEN HEREDIA CAMPOS



Mucho se ha escrito sobre la tardía implantación en suelo español del ferrocarril, estrenado antes en ultramar –en la entonces provincia de Cuba, en 1837– que en la Península. Pero es preciso considerar

la larga serie de factores adversos –con las inestabilidades políticas de la primera mitad de siglo y su efecto disuasorio sobre posibles emprendedores a la cabeza– que se hubieron de superar para que ese retraso, de casi dos décadas con respecto a Inglaterra y Francia, sin duda las dos grandes pioneras en Europa, no se antoje excesivamente desmesurado.

En 1848 se abrió oficialmente al tráfico de pasajeros la línea Barcelona-Mataró, promovida por Miguel Biada en sociedad con José María

Roca, y construida bajo dirección de ingenieros ingleses. A esa línea le siguió, tres años después, la que uniría la capital madrileña con el Real Sitio de Aranjuez, alentada por el marqués de Salamanca. Sólo dos años más tarde entraría también en servicio la de Gijón a Langreo, la primera en ancho europeo de 1.435 mm, creada para

transportar el carbón hasta el puerto gijonés, aunque también acogió tráficos mixtos de mercancías y pasajeros. Todas ellas y las que le seguirían fueron líneas de corto recorrido para nuestra mentalidad actual, de trayectos nunca superiores a los 40 o 50 kilómetros de distancia. Y ello fue así por muchas y poderosas razones. La primera de todas, los altísimos costes financieros, sólo afrontables las más de las veces mediante fuertes respaldos de capital y sub-



Estación de Miranda de Ebro y su característica marquesina de hierro, del año 1862. Debajo, puente de la línea Girona-Portbou sobre el Ter hacia 1915.

Patrimonio Nacional



Viajes en tren

Una familia poco antes de subir al tren en la estación de Torelló (Barcelona) en los años 20 del pasado siglo. Debajo, el moderno medio de transporte dio vida a los nuevos oficios ferroviarios.



CEHFE



El tren-correo: los ambulantes

Al igual que el correo en diligencia (10 a 15 km/h) desterró al correo de postas, el correo por ferrocarril (40 a 50 km/h) afectó al de diligencia a mediados del siglo XIX en beneficio de la celeridad en recibir las noticias. Como desde la ley de 1855 las compañías ferroviarias tenían la obligación del transporte gratis del correo ordinario, inicialmente lo realizaron en los coches de viajeros hasta 1863, año en que el correo, ya estatal, se ve protegido y se abarata y multiplica el número de envíos con la incorporación de vagones-correo. En 1900 las conducciones ambulantes recorrían diariamente 54.615 kilómetros y sus empleados, que clasificaban el correo durante el viaje, a veces de pie y en equilibrio, jugaron un papel destacado durante la Guerra Civil al no abandonar el servicio pese a las calamidades vividas. Hacia los años 80 empiezan a desaparecer los trenes-postales por la competencia del transporte por carretera, y en junio de 1993 parte de la estación de Chamartín (Madrid) el último ambulante con destino a Málaga.

venciones, lo que hizo que las iniciativas quedaran a merced de unos pocos emprendedores acaudalados o, más frecuentemente, de compañías mineras y vitivinícolas, mientras en Alemania el Estado cubría los gastos y en Francia se compartían estos entre el inversor y el Estado.

Mas poco a poco los caminos de hierro se fueron abriendo paso, tímidamente al principio y con más decisión tras la Ley General de Ferrocarriles de 1855 y sus incentivos a la construcción de nuevas líneas, que atrajeron inversores extranjeros. Esa ley ejerció un más que notable efecto dinamizador, pues apenas una década después, hacia 1866, la red ferroviaria española había multiplicado su extensión por más de diez, pasando de los poco más de 300 kilómetros a ca-



Estación de ferrocarril y puerto de Cádiz. Debajo, título de una de las nuevas compañías fereroviarias y pasajeros subiendo al tren en 1908.

Museo del Ferrocarril-FFE



Archivo Histórico Provincial de Málaga

si 5.000 kilómetros, lo que la convirtió en la tercera de mayor longitud de todas las europeas.

Esa nueva fiebre del ferrocarril hará posible también la conquista de las largas distancias mediante una planificación que busca ya sí unir los grandes núcleos de población y producción. Y con ello, el ferrocarril se torna al fin competitivo frente a los dos modos de transporte con los que rivaliza: la diligencia, para viajeros, y las galeras, para mercancías.

Sus partidarios encuentran en él no sólo una forma de desplazarse más cómoda y rápida, sino nuevas oportunidades de negocio y de inmediatez respecto a mundos antes más distantes y alejados: se agiliza la distribución de la

correspondencia y la prensa, incluso el ferrocarril pronto “tira” también del telégrafo y lo acoge a su lado. Rápidamente su pujanza es tal que no se hace raro ver a su gran rival, la diligencia, remolcada en una plataforma sin carrocería para que los viajeros del tren, una vez llegado éste a término, continúen viaje a lugares donde no alcanzan los raíles.

La Ley General de Ferrocarriles de 1855 tuvo también la virtud de hacer del ferrocarril un medio de transporte socialmente más cotidiano, concertando el Estado con las compañías el traslado de los funcionarios a sus destinos, de las tropas y su material a los puertos de embarque hacia las colonias, y a la Guardia Civil, incluidos sus caballos (lo que sin duda ayudaba a



incrementar la seguridad, siempre precaria, en el interior de los trenes) de un puesto de vigilancia a otro, y otro tanto ocurrió con el correo o remesas de dinero. Otras imposiciones de la Ley eran la obligación de instalar el telégrafo en casi todas las estaciones, muy acertada, y la de respetar unos límites máximos en las tarifas, ésta más discutida.

Y si importante fueron esos cambios con respecto al transporte de viajeros, no menos trascendentales resultaron en el caso de las mercancías —minería y ma-

nufactura pesada; o más singularmente en el de bienes más perecederos: agrícolas, pesca y ganadería—, pues a mediados del XIX la mayor parte de esos productos tenía un radio de distribución muy limitado, casi nunca superior a los 100 kilómetros y muy ceñido a los entornos portuarios, ya que transportar por barco resultaba más barato que en carreta y era a veces el único medio económicamente viable.

Locomotora del ferrocarril de Onda al Grao de Castellón en 1956. Foto: Juan Bautista Cabrera. Colección Javier Aranguren. Derecha, caricatura de un viajero y su abultado equipaje a finales del XIX.



Archivo 'Blanco y Negro'

▶▶▶ **La construcción de líneas en España se extendió a partir de la Ley General de Ferrocarriles de 1855**

Miedo al tren

Pese a toda esa larga serie de ventajas, hoy fácilmente apreciables, la otra cara de la realidad fue que el ferrocarril no suscitó una pronta y sencilla aceptación. El simple aspecto exterior de las imponentes locomotoras a inusitada velocidad, silbando y lanzando columnas de humo como dragones, fue suficiente para inspirar los temores más exacerbados. El nuevo medio nació también envuelto en miedos y prejuicios, unos reales y otros fomentados por los intereses de sus detractores con la intención de impedir el paso por sus propiedades —expropiadas a veces— o por el rechazo de los gremios de transportistas que atisbaban ya el fin de la tracción animal. Entre esos miedos, alentados por los rumores más infundados, cundían, por ejemplo, los de que el humo podía acabar con los cultivos y los pájaros; que la mies se quemaría con las chispas y ascuas de carbón que saltaban de las calderas de las máquinas; o que el estrépito de las locomotoras asustaría a las vacas de tal manera que de-

jarían de producir leche. Así lo recogió Clarín, en *¡Adiós Cordera!*: “La primera vez que la Cordera vio pasar el tren se volvió loca. Saltó la sebe de lo alto del somonte, corrió por los prados ajenos y el terror duró muchos días, renovándose más o menos violento, cada vez que la máquina asomaba por la trinchera vecina”. Bien es verdad que los animales se acostumbraron pronto, pues años después, según Blasco Ibáñez en *El intruso*, “las vacas movían el baboso hocico, sin ninguna inquietud al ver el tren, volviéndose de nuevo a rumiarse con la cabeza baja sobre el verde prado”.

No solo fue privilegio de la gente de letras o ignorante o interesada la difusión de estos miedos al tren; médicos reconocidos disertaban sobre los riesgos pulmonares para los viajeros por efecto de la inadaptación a la velocidad de los trenes, o sobre la ansiedad provocada por dicha velocidad. De modo que, antes y a lo largo del viaje, los más prevenidos, por prescripción médica o propia, tomaban pastillas "para remontar el corazón".



Edificios de viajeros de las estaciones de Almería y Vic. Imagen inferior, rescate de un tren descarrilado junto a una estación rural en Málaga hacia 1900.



CEHFE

Primeras compañías

La Ley de 1855 propiciará también que la concesión de líneas y el mercado del transporte ferroviario queden pronto concentrados en torno a las dos empresas más pujantes. Una de ellas fue la Madrid-Zaragoza-Alicante (MZA), fundada en 1856, participada con capitales procedentes, entre otros, de la banca Rothschild y el marqués de Salamanca. Esta compañía extendió su zona de influencia por Extremadura, Castilla la Nueva, Andalucía y Valencia. Su más fuerte competidora, Caminos de Hierro del Norte de España, creada en el año 1858, con fuerte presencia de capital español compartido con belgas y franceses, proyectó su campo de operaciones desde Madrid hacia Valladolid, Burgos, Bilbao e Irún. Junto a ellas, otro mosaico de pequeñas empresas españolas sobrevivía con dificultades gracias a la concesión de líneas más locales.

El fuerte crecimiento de la red durante la década de los 60 comienza a verse ralentizado tras el inicio del Sexenio Revolucionario en 1868. Los Gobiernos, tras el triunfo de “La Gloriosa” y el derrocamiento de Isabel II, buscan incentivar la inversión, especialmente con la Ley de



Archivo Municipal de Málaga



Viajes en tren



Biblioteca Nacional



La Ilustración Española y Americana - Biblioteca Nacional



Caballero

De arriba abajo, tren correo Vizcaya, interior de un tren real en 1882 e interior de un vagón de 3ª clase conservado en el Museo del Ferrocarril.

1869, que favorece la libertad de construcción y perpetuidad en las concesiones. Pero lo cierto es que la red apenas se incrementa a razón de un promedio de poco más de 200 km/ año, hasta alcanzar unos 6.000 kilómetros hacia 1877. Sin embargo, durante esas algo más de dos décadas, su expansión radial ha permitido conectar ya los primeros grandes núcleos urbanos: Madrid con Alicante (1861), Madrid y Zaragoza

Coches-cama

El primer viaje en coche-cama se realizó entre Madrid y Hendaya en 1880, y muy pronto le siguieron los viajes desde la capital a Sevilla y a Barcelona y desde Barcelona a Lisboa. Aquellos viajeros fueron sin duda unos grandes privilegiados al contar con aseos en el propio departamento de dos camas, así como por poder disfrutar de las ventajas del sistema de rodadura por boges (del inglés bogie) en la estructura de la locomotora, sistema que sustituía al de ejes, permitiendo coches más largos y estables, que hasta 1911 no se extendería al resto del ferrocarril. En los años 30 del siglo XX, los coches-cama se metalizaron sobre su caja de madera para ofrecer mayor seguridad y se construyen diez coches, ya españoles, de caja metálica con unos 26 metros de longitud mostrando su imagen de "coche azul". Restaurado, se puede contemplar un bello ejemplar en el Museo del Ferrocarril de Madrid. Las camas económicas no llegarían hasta los años 60 del siglo XX.

za (1863), y luego a finales de los 70 serían ya posibles los primeros expresos directos entre Madrid y Sevilla y entre Madrid y Barcelona.

Primeros viajes

Tanto las locomotoras de las primeras líneas de corto recorrido, como posteriormente las destinadas por esas dos grandes compañías a sus conexiones urbanas de más largo alcance, eran importadas, fabricadas en talleres de Inglaterra, Francia, Bélgica o Alemania, traídas y luego montadas pieza a pieza. El rendimiento de estos primeros ingenios era en general muy bajo, impidiendo por muchas razones alcanzar o superar los 40 km/h de velocidad media. Por regla general, su potencia no comenzó a exceder de los 1.000 CV hasta casi finales del XIX, y para avanzar un kilómetro requerían un elevado consumo, que podía oscilar entre 15 y 20 kilos de carbón y otros 100 litros de agua. Como su mecanismo se accionaba por cojinetes, precisaban asimismo de frecuentes paradas para que maquinistas y fogueiros procedieran a un minucioso engrase al menos una vez cada 100 kiló-

metros. Todo ello sumado a su propio peso (que podía rondar los 30.000 kilos) y el del convoy a remolcar (otras tres veces más), o las fuertes pendientes de los tramos montañosos que sólo podían ser remontadas, como en el caso del puerto de Pajares mediante la triple tracción, con dos locomotoras en cabeza y otra en cola, hacían que recorrer una distancia de unos 200 kilómetros entrañara invertir a veces más de 8 horas de viaje.

La limitada potencia de las locomotoras condicionó igualmente las composiciones de aquellos primeros trenes de viajeros, en líneas generales muy cortas: la locomotora, el tender para el carbón y el agua de la caldera y dos o tres coches de 6 a 7 metros de longitud decorados con vivos colores, pues conservaron muchos de los rasgos del diseño de las carrozas y diligencias coetáneas hasta casi 1920. Un bello exponente es el primer tren que partió de Atocha (1851) hacia Aranjuez, con un coche real para acoger a Isabel II más tres coches repletos de invitados. Este tren, de nuevo a imitación de la diligencia, llevaba un mayoral, sentado sobre el techo del primer coche y otro sentado sobre el último: serían los llamados guardafrenos. Y es que tan difícil y costoso resultaba poner aquellos pesados convoyes en marcha como a posteriori reducir su velocidad y detenerlos, pues sólo hasta bien avanzado 1870 comenzarían a ser realidad los sistemas de frenado por aire comprimido y vacío.

Esos primeros coches de viajeros fueron de caja de madera, sin corredor interior y con pequeños departamentos, cada uno con su portezuela al exterior, divididos mediante mamparas que alojaban dos bancos transversales enfrentados. Al departamento se accedía tras salvar un alto estribo exterior en voladizo que recorría el vagón de punta a punta por su costado. Tanto viajeros como revisores debían caminar por este estribo de departamento en departamento, cosa que a veces hacían con el tren en marcha, con el consiguiente peligro de caer en las vías.

“De cuando en cuando una pequeña oscilación hacía crujir las coyunturas de acero del monstruo; por último sonó la campana, el coche hizo un brusco movimiento de adelante a



atrás y de atrás a adelante, y aquella especie de culebra negra y monstruosa partió arrastrándose por el suelo a lo largo de los rails y arrojando silbidos estridentes que resonaban de una manera particular en el silencio de la noche” (Becquer). Así comenzaba un viaje en el que desde el principio se establecieron las diferentes clases de acomodo a imagen de las existentes en las diligencias. La carbonilla, los cruídos del tren, las paradas, los trasbordos, el compartir baúles y maletas y la presencia de animales domésticos eran para todos por igual. Donde se estableció el elemento diferenciador entre los viajeros fue en el número de estos por departamento y en la comodidad de los asientos. Para los altos cargos ferroviarios había coches especiales (coches-*break*), para la realeza los llamados coches reales, y antes de fin de si-

Réplica del primer tren español, de 1848, de la línea Barcelona-Mataró. Foto: CEHFE. Debajo, rápido Valencia-Castellón en 1960. Foto: Juan Bautista Cabrera. Colección Javier Aranguren.



Viajes en tren

Vendedores con su mercancía de cuchillos al cinto en la estación de Albacete. Debajo, estación de Ribas de Freser en los años 20 y taquilla de madera de la estación de Cartagena.



Instituto de Estudios Albacetenses-IFE



CEHFE

glo se introdujeron los coches-cama de la compañía Wagons Lits para los viajes largos y nocturnos que se realizaban en los trenes expresos.

Diferencia de clases

No fue una iniciativa española el introducir la diferencia de clases en el ferrocarril; los países que marcaban los patrones para el nuevo medio de transporte ya habían dividido los coches de viajeros en tres clases, reflejo de las existentes en la diligencia. El ferrocarril español comenzó su andadura con primera, segunda y tercera, con excepción del de Aranjuez, que contó con una cuarta clase. Inicialmente, la diferencia consistía en unos coches de primera clase con tres compartimentos con ocho asientos con ventanillas acristaladas, cortinillas y asientos mullidos; otros de segunda con cuatro compartimentos de diez asientos pasables con ventanillas acristaladas sin cortinillas, y los de tercera con un único compartimento corrido, tipo salón, con ventanillas sin cristales, sin cortinillas y con asientos de madera. Aunque según el relato de Leopoldo Alas *Clarín*, en “El parásito del tren”, se podría pensar que había una cuarta forma de viajar: la del pobre hombre que “esperaba el tren a su salida de Albacete, saltaba a un estribo, con riesgo de ser despedazado; corría por fuera todos los vagones, buscando un departamento vacío, y en las estaciones apeábase poco antes de la llegada”.



Caballero



Mapa de la red ferroviaria española en 1862. Debajo, 'Otra Margarita' (1892), de Joaquín Sorolla, que ilustra el traslado de una prisionera en tren escoltada por la Guardia Civil.

A finales del siglo XIX la asignación del espacio por persona dependía igualmente de la clase y, a igual longitud de coche, en uno de primera, la capacidad era de 24 viajeros, mientras que en uno de segunda llegaba hasta 40, y en el de tercera, de 48 a 60. Cada viajero contribuía a los gastos de tracción de su tren con distinta aportación económica aunque, en proporción, aportaba menos uno de primera que uno de tercera, pues la tarifa kilométrica se elaboraba tomando un precio unitario por kilómetro recorrido por persona y clase. Pero al estar estipulados por el Estado unos márgenes máximos en el precio del billete que no se podían sobrepasar, los coches de segunda y tercera, con más viajeros, pagaban en mayor proporción que el de primera clase.

Con el establecimiento de los primeros trenes expresos hacia el año 1865, y unos años más tarde de los trenes-correo, los coches de tercera clase comenzaron sin embargo a ser un reducto vigente solo en los trenes mixtos, que permitían viajeros de las tres clases, e incluso ganado y mercancías, y que paraban en todas las estaciones y debían ceder el paso a los anteriores.



Mitred Lane Kemper Art Museum Missouri

Desde la perspectiva actual, aquellos viajes en tren duraban eternamente. Y, sin duda, más para aquellos desafortunados de la tercera clase confinados a los trenes mixtos, pues mientras un expreso San Sebastián-Madrid podía cubrir el trayecto en 15 horas, el del mixto lo haría en unas dieciocho o más, en un vagón de asientos de madera apretado de viajeros. Claro que, para efectuar ese mismo viaje en diligencia, hubiera necesitado tres días con dos noches, viajando a un promedio de 10 km/h y habiendo pagado quizá 2,5 veces más. En cuanto a las tarifas y a modo orientativo, en 1866 ir de Córdoba a Málaga costaba 106 reales en primera, 80 en segunda y 48 en tercera, estando el jornal medio



Museo del Ferrocarril-FFE

Un grupo de emigrantes sube al tren en la estación de Francia (Barcelona). Página opuesta, recepción a un cardenal italiano llegado en ferrocarril al puerto de Barcelona en 1952. Derecha, locomotora de vapor en Churriana (Málaga).

de un trabajador especializado en torno a los 10 reales y el kilo de harina en unos 1,7 reales.

Esta distinción de coches y sus clases ha dejado para la posteridad un buen número de anécdotas, valiosas para conocer el entramado social de la época. Así *Clarín*, en su cuento *El tren*, describe la trifulca surgida en un departamento reservado de primera clase, que un duque no quiere compartir con una misteriosa mujer enlutada y un teniente de artillería que ha de embarcar hacia Cuba. Jardiel Poncela, por su parte, en *Las cinco clases de nuestros vagones ferroviarios*, ironiza sobre que "sin vagones de tercera no hubieran existido los sainetes, y sin vagones de segunda no existirían las comedias de costumbres, y sin vagones de primera no se habría escrito el *Tren expreso de Campoamor*".

La seguridad en el ferrocarril

La división en clases extendía sus efectos a la seguridad. La Real Orden de 11 de febrero de 1868 dispuso cómo debían formarse los trenes teniendo en cuenta esta clasificación. La jerarquía en la protección ferroviaria otorgaba el primer lugar al viajero, aunque según fuera su billete y la clase que ocupara. Los coches de primera clase se debían situar en el centro del tren, flanqueados en sus extremos por los de se-

Arturo Heredia Campos





gunda y a continuación los de tercera, ya que el lugar central de la composición se consideraba el más protegido en caso de accidente y era, en efecto, el menos expuesto a las bruscas sacudidas derivadas de los precarios sistemas de frenado. Al final de la formación se situaba el coche-correo, y el vagón-retrete, del que se debía hacer uso en el trayecto y no en las estaciones hasta bien avanzado el siglo XX, en la cola del tren.

Casi desde el establecimiento de las primeras líneas regulares se intentó acotar el espacio ferroviario frente a cualquier intrusión, de modo que 137 años antes de que se haya llevado a cabo para el AVE, la Ley de Policía de Ferrocarriles de 1855 establecía que los caminos de hierro debían "estar cercados en toda su extensión por ambos lados". Vano empeño, debido a que las compañías ferroviarias, de financiación privada, tenían que afrontar un alto coste para cubrir todo el recorrido, aunque sí fue haciéndose realidad en los tramos más urbanos y en los cruces a nivel con otros caminos. En el resto del trazado la seguridad de la circulación estaba en manos de los vigilantes de las vías y de los pasos a nivel, que con su farol rojo avisaban al tren si había peligro.

Un riesgo del que no estuvieron exentos el ferrocarril ni sus viajeros a lo largo de casi todo el siglo XIX fue el de sufrir todo tipo de asaltos

La diferencia de horas

Una idea del impacto que supuso el ferrocarril en la vida cotidiana se refleja claramente en el hecho de que, con anterioridad, las diferencias horarias entre países, e incluso en un mismo país, no habían significado ningún problema. Con la extensión del ferrocarril, las ciudades y sus estaciones conectadas con horas locales diferentes se encontraron con serios problemas de imprevisibilidad en duración de viajes, trasbordos y conexiones. Y esos problemas que afectaban seriamente a la puntualidad del servicio ferroviario, lo eran también para el telégrafo y el correo. Para subsanarlos se celebró la que puede ser considerada primera gran conferencia de carácter internacional, el Congreso Internacional del Meridiano, celebrado en Washington en 1884. El representante del Gobierno en el mismo, Don Juan Valera, expuso así la postura española: "El gobierno al cual represento me ha comunicado aceptar el meridiano de Greenwich como el meridiano internacional para las longitudes, pero creo que es mi obligación decir, aunque la cuestión no quepa en este debate, que España acepta esto con la esperanza de que Inglaterra y los Estados Unidos acepten por su parte el sistema métrico...". El 1 de enero de 1901 se hizo efectiva en España la adaptación horaria al meridiano de Greenwich.



Estación de Planoles en los años 20, en la línea Barcelona-Puigcerdá.

Viajes en tren



CEHFE

y represalias, en forma de actos de vandalismo y atentados, especialmente durante las guerras carlistas, pues el bando tradicionalista llegó a declararlo objetivo preferente ya que era utilizado con frecuencia para el traslado de víveres y tropas. Desde su mando se dictaron bandos instando incluso al fusilamiento de los empleados de las compañías, que también fueron objeto de extorsión. Y otro tanto ocurrió en el sur

con las cuadrillas de bandoleros y salteadores de caminos, pues el tren y el telégrafo fueron utilizados también por la Guardia Civil para comunicarse y trasladarse con rapidez a los lugares donde se cometían los asaltos. Claro que una vez dentro de los trenes, tampoco se estaba del todo exento de peligro. Prevenir los robos, e incluso crímenes, en los trenes fue una preocupación en la legislación ferroviaria del XIX, má-

Estaciones y apeaderos

Las primeras estaciones se podrían dividir entre grandes terminales o estaciones de empalme y pequeñas estaciones rurales. De tipología variada, todos los edificios de la estación se trataban de construir del lado de la población a la que tenían que atender y lo más próximo a ella. Las compañías concesionarias cuidaban las estaciones importantes y rivalizaban entre ellas con su arquitectura y decoración, en plena era del vidrio y el hierro, para dar una imagen de poder. De la primera época destaca la estación modernista de Cartagena, inaugurada en 1862, construida por MZA. Con la consolidación del ferrocarril, las estaciones se ajustaron a una normativa en cuanto a distribución y ornamentación que ya no permitiría grandes diferencias de unas regiones a otras.

Nacen importantes estaciones en las capitales y los empalmes, de influencia arquitectónica francesa, en los años finales del XIX, como las de Delicias (de MCP, 1880), Atocha (de MZA, 1892) o Almería (de la Compañía de Hierro del Sur de Es-

paña, 1893), para dar paso a comienzos del siglo XX a la construcción de otras nuevas de carácter regionalista o historicista español con bellos edificios neomudéjares, como la estación de la Plaza de Armas de Sevilla (de MZA, 1901), la de Toledo (de MZA, 1919) o la de Aranjuez (de MZA, 1927); o de estilo modernista, como la de Valencia (de MZA, 1917). Espectacular estación es la internacional de Canfranc (Huesca), de 1928 de Norte, en estilo francés palaciego. Todas ellas exteriores durante muchos años, han dado paso hoy día a su construcción subterránea, integrando en su recinto una amplia oferta lúdica. Las estaciones rurales, numerosas, eran en general pequeñas. De uno o dos pisos y con un atractivo semblante, atendían el servicio a viajeros y transporte de mercancías en el mismo recinto. Las más aventajadas ofrecían a los viajeros una marquesina bajo la que protegerse del sol y la lluvia, y un gran logro fue contar, a veces, con una caseta para el "retrete" separada del edificio principal.



Biblioteca Nacional



Renfe

xime en los primeros coches, donde los viajeros, aislados en su departamento, no se podían comunicar entre sí ni con los interventores. Particularmente reveladora en este sentido fue la normativa para las señoras, a las que se dedicaron departamentos de 1ª, exclusivos, si viajaban solas debido a que, por el citado aislamiento, podían ser molestadas por los caballeros.

La seguridad en las estaciones se concretó en vigilar e impedir la entrada de pícaros y ladrones en los patios de las estaciones, donde las aglomeraciones eran terreno abonado para robos y estafas.

La vida y la alimentación en los trenes

Ni luz eléctrica ni calefacción tuvieron los viajeros del ferrocarril del siglo XIX. Los coches se alumbraron con lámparas de aceite hasta 1909, pasando a usar entonces una suerte de mecheros de gas hasta 1923, año en que se introdujo el alumbrado eléctrico. Los bruscos frenazos y aceleraciones hicieron que el riesgo de derrame de esos combustibles en el interior de algunos vagones y el consecuente peligro de incendio estuvieran a la orden del día. Contra el frío, los viajeros debían pertrecharse bien antes de la salida, a lo cual cooperaban los largos ropajes y abrigos de los primeros tiempos, aunque en los coches de primera se repartían los ca-

loríferos, ollas con agua caliente en el interior que se reponían en las estaciones. La calefacción con tuberías por las que discurría el vapor a baja presión bajo los asientos se inició en 1927. Para que el aire acondicionado llegue a todos los trenes habrá que esperar a 1952.

Los alimentos hasta mediados del siglo XX se llevaban desde casa o se compraban en las cantinas de las estaciones en las que el tren se detenía, a la voz de “parada y fonda” del interventor. La venta en las estaciones y a bordo prosperó y las mujeres y los niños de los pueblos próximos solían llevar cestos con viandas que ofrecían recorriendo los vagones. En muchas estaciones se instalaron puestos fijos de productos autóctonos que llegaron a tener renombre y constituir un comercio próspero: bizcochos borrachos de Calatayud, yemas de Medinaceli, almendras garrapiñadas de Alcalá o polvorones de Estepa, fueron algunos de los productos cuya cantinela, al oírla entre sueños, orientaba al viajero del punto de su viaje.

La multitud recibe a un tren con tropas en la estación de Atocha en 1936 y pasajeros degustando una comida en un vagón-restaurante

El ferrocarril brilla, languidece... y renace

Entre 1875 y 1912, época de consolidación de las compañías, la red española alcanza –según Cambó, ministro de Fomento en 1918– los 14.742 kilómetros entre vías ancha y estrecha, y los españoles, que antes tomaban el tren una



Viajes en tren

Tren El Langreo, primer ferrocarril asturiano, a finales de los años 60. Foto Enrique Margot. Colección Manuel González Márquez.



vez al año, lo toman ahora cuatro veces. Crece la red por absorción por las cuatro grandes compañías –MZA, Norte, Andaluces y MCP– de las pequeñas y deficitarias, y se renueva el material fijo y móvil. Este progreso se ve frenado por la Primera Guerra Mundial y la imposibilidad de importar material ferroviario y carbón barato. Esa crisis tendrá continuidad en las guerras con Marruecos y ya en los 30 a causa de los estragos en la red, tanto en las infraestructuras como en el material móvil intervenido, ocasionados por la Guerra Civil. Todo ello dificulta el desarrollo del ferrocarril, a lo que se añade la creciente competencia del automóvil, cuya primera matrícula en España data de 1900. Aquellos *locos cacharros* de los años 20 corrían a gran velocidad y acercaban al viajero a su propia vivienda. Parecían tan imbatibles que en 1930, un ingeniero de Caminos, Sánchez Moreno, escribía sobre el ferrocarril en la *Revista de Obras Públicas*: “¿Es creíble que este formidable medio de transporte, que ha cambiado la fisonomía del mundo [...] esté llamado a desaparecer?”.

Al igual que el ferrocarril acabó con la diligencia y la galera, pareció que el automóvil en los años 40 acabaría con el tren. La solución pasaba por aumentar la velocidad y “extremar las atenciones con el cliente y aumentar la publicidad”. El ferrocarril intentó superar su postergación con mejoras en el confort de los co-

El tren y las bellas artes

*El ferrocarril atrajo desde sus inicios al gremio de los literatos. Blasco Ibáñez, Pérez Galdós o Clarín dedicaron numerosas páginas al tren, al que Azorín convertiría en protagonista destacado de su ensayo *Castilla* y de sus viajes, de los que saldría la serie de artículos recogida en *Andalucía trágica*, cuyo comprometido retrato de los problemas del campo andaluz le costó el puesto en *El Imparcial*. También Unamuno gustaría de los viajes en tren aunque en su poema “En el tren”, lo considera “cárcel rodante, que presos nos lleva”, y Antonio Machado, que en “Otro viaje”, observa los campos de Jaén tras la ventanilla mientras “pasa la devanadera del campo de primavera/ la luz en el techo brilla de mi vagón de tercera”. En otro orden, el de la música popular, el ferrocarril fue fuente de inspiración de sugerentes composiciones como en las cantiniñas de Antonio Mairena, no carentes de crítica, “Desde Cai hasta el Aguil, si te subes en el tren, ten cuidado con el estribo, que no te vayas tú a caé”. Y otro tanto sucedió en la zarzuela, am-*

ches metálicos (1931-40) que podían ser equipados con sistemas eléctricos de iluminación y calefacción. Pero esas mejoras entrañan cuantiosos gastos de inversión, sobre todo en la adquisición de nuevo material móvil, incluidas locomotoras más potentes. En 1941, el Estado funda Renfe interviniendo las concesiones de las compañías privadas que operaban con anterioridad a la guerra y que no podían subvenir ya a los gastos de explotación y de mantenimiento de un tendido de unos 12.791 kilómetros de vía ancha que había sufrido innumerables daños en todas sus infraestructuras. La deuda del Estado con esas compañías se saldó en 1943 canjeando sus acciones por deuda amortizable al 3,5% exenta de impuestos. En esos años se adquieren también potentes locomotoras de vapor para trenes de viajeros y mercancías (modelos Santa Fe, Confederación, Mikado, 240, etc.). En 1949 se lanza el Plan General de Reconstrucción y Reformas Urgentes, con una inversión de 5.000 millones de pesetas para la mejora de la red, el material móvil y la renovación o creación de nuevas estaciones.

Caballero



bientada con frecuencia en el mundo ferroviario. Compositor de gran popularidad y que dedicó muchas de sus obras al ferrocarril fue Ruperto Chapí, que en su *Vía libre* (1893) muestra a un alcalde inaugurando una estación de ferrocarril con estos argumentos: "... hoy tengo la satisfacción de comunicaros que ya sois personas, que ya podéis comunicaros con los pueblos civilizados. Señores: el ferrocarril es la velocidad en persona, y la velocidad es una cosa muy ligera. Sólo una cosa corre más que el tren: un telegrama...".

El naciente medio de transporte atrajo asimismo a pintores y fotógrafos. El ferrocarril se empezó a inmortalizar en placas de cristal tomadas con cámaras de cortinilla legando valiosas colecciones a la posteridad. Entre esos primeros fotógrafos destacan el valenciano Pascual Pérez, que inmortalizó la locomotora y los maquinistas de la expedición Barcelona-Mataró, primera línea por territorio peninsular, y le siguen, entre otros, el inglés Charles Clifford, el francés Jean Laurent, fotógrafo de Isabel II, o el español José Spreáfico, que retrató la construcción del trazado Málaga-Córdo-

ba, en 1867. Ya en los años 40 y 50 del siglo XX, será Carlos Pérez de Rozas quien ofrezca un interesante reportaje social de los viajes de los "Productores hacia Alemania" saliendo de Atocha (1941), o de otros emigrantes esperando la salida en la estación de Francia hacia puestos de trabajo allende las fronteras (1950).

Entre los pintores destacó Darío de Regoyos (1857-1913), autor de una amplia obra impresionista en la que destacan títulos como *El tren de las 16 horas* (1900) y *El paso del tren* (1902).

Por último, los dibujantes de humor supieron captar el lado más cómico del nuevo modo de transporte y los cambios que impulsó desde una gran variedad de temas y registros: el bandolerismo, el calor o el frío del viaje, las colas o los revisores, y también, el más recurrente: la segregación de clases en los coches y la picaresca para viajar gratis o de la manera más cómoda. Rojas, Comba, "Cy-rano" y otros muchos ilustraron con sus caricaturas en la prensa situaciones y personajes que aún hoy proyectan todas las luces y sombras de su época.

El jefe de estación es una figura ferroviaria que ha perdurado hasta nuestros días. En la imagen, jefe de estación en Gibraleón (Huelva), en 1992.



Talgo

Talgo I, presentado en 1942, que nunca entró en servicio comercial. Debajo, Talgo III, en Atocha, tren operativo desde mediados de los años 60 del pasado siglo.

Renfe



En ese lento resurgir de los años 40, el ingeniero Alejandro Goicoechea, apoyado económicamente por la familia Oriol, crea el tren Talgo (Tren articulado ligero Goicoechea-Oriol), que no cifra su éxito en la mejora de la potencia de la locomotora, sino en el diseño de la articulación de las ruedas de los vagones, que hace que el convoy alcance altas velocidades sin descarrilar en las curvas. Máquina y coches unidos de forma imperceptible ofrecen una línea sorprendente para los tiempos y una belleza de diseño rompedora que inspirará los modelos del futuro. Tras superar diversas pruebas a más de 135 km/h, y después de las numerosas y extrañas vicisitudes acontecidas a ese primer prototipo, que sufrió un incendio en cocheras, sus ingenieros comienzan a trabajar en un nuevo

modelo, el llamado Talgo II, cuyo viaje inaugural de Madrid a Valladolid tiene lugar en marzo de 1950, y el primer viaje comercial se realizó unos meses después de Madrid a Hendaya con promedios superiores a 100 km/h. Un modelo de esa serie se conserva hoy en el Museo del Ferrocarril de Madrid.

Sólo dos años después, en 1952, entran en servicio los automotores TAF (Tren Automotor Fiat) de motores diésel, en un plan para asegurar los recorridos de larga distancia de Madrid a la periferia, con los que se logra el techo de 120 km/h, lo que supone un gran confort para el viajero que cuenta por primera vez con aire acondicionado, con tres coches tipo salón de clase única para 174 viajeros y un remolque para la cocina más un pequeño bar. El siguiente gran hito en la conquista del confort y la velocidad lo protagonizarán los TER (Tren Español Rápido), que entran en servicio en 1965 y se mantendrán hasta 1995. Mientras tanto, Talgo prosigue en la mejora de sus modelos y en 1964 presenta el Talgo III y a continuación el Talgo RD (rodadura desplazable) de ancho variable que enlazará los irreconciliables anchos de vía de España

y Europa en su viaje Madrid-París en 1968, lo que resulta un gran logro para la comodidad del viajero que ya no deberá sufrir las demoras y molestias del trasbordo o el cambio de ejes en la frontera.

Mientras tanto, al viajero del "rápido" o del "Expres" de los años 50-60 no se le ofrecían más comodidades que a sus predecesores. Ya existían pasillos y compartimentos para todos en vía ancha, pero el número de personas que entraban en cada uno de ellos no había variado. Imagen real fue la del viajero de tercera tumbado en la cornisa de la red para las maletas, evitando de ese modo el viajar sentado entre las diez personas apiñadas que podían ocupar un departamento de tercera clase. ◀



En el mundo

Seminario Alta Velocidad Asia-Europa. ETS de Ingenieros de Caminos



De los trenes bala nipones a la extensión de las redes europea y de los países emergentes

La vuelta al mundo en alta velocidad



En 1964, Japón inauguró la primera línea de ferrocarril de alta velocidad del mundo entre las ciudades de Tokio y Osaka. Diecisiete años después lo hizo Francia poniendo en marcha su primer prototipo de TGV (Train à Grande Vitesse). Desde entonces, este sistema de transporte, capaz de aliviar la congestión del tráfico aéreo y por carretera y considerado el más seguro y eficaz para pasajeros y mercancías, se ha convertido en uno de los puntos clave de la política de transporte de los países desarrollados y especialmente de las economías emergentes de China o Corea del Sur.

BEATRIZ TERRIBAS



Japón fue el país pionero en el trazado de líneas de alta velocidad. Sus ingenieros comenzaron a trabajar en el diseño de la red Shinkansen (red troncal de alta velocidad) en 1940, perfilando un primer trazado que preveía unir inicialmente las ciudades de Tokio y Shimonoseki para extenderse después hasta Pekín y Singapur y finalmente contactar con el ferrocarril Transiberiano. De tan magnífico proyecto solo perviven y siguen en activo algunos de los túneles que se perforaron durante la Segunda Guerra Mundial, conflicto que obligó a los japoneses a abandonar aquel proyecto ferroviario hasta 1959, cuando la revitalización de su economía provoca la expansión de las ciudades del país situadas a lo largo de los 550 kilómetros que separan Tokio de Osaka, disparando la necesidad de un transporte interurbano más rápido.

Super Expreso de la serie 700 Rail Star, que alcanza los 285 km/h. Debajo, tren TGV francés, pionero de la alta velocidad europea.

Tan solo cinco años después se inauguró, coincidiendo con la celebración de sus Juegos Olímpicos, el primer trayecto de alta velocidad entre ambas ciudades, denominado Tokaido Shinkansen, reduciéndose las 6 horas que empleaban



Seminario-ETSIC



Alta velocidad en el mundo



Seminario-ETSIC

Los trenes Shinkansen han registrado una notable evolución tecnológica desde su creación. Arriba, varios modelos de este tipo de tren. Debajo, Shinkansen de la serie E5, que desde marzo pasado realiza el trayecto Tokio-Shin Aomori a 320 km/h.

en el recorrido los Ferrocarriles Nacionales del Japón a 3 horas y 10 minutos gracias a los nuevos Super Expreso, denominados “trenes bala” por el frontal de sus locomotoras en forma de bala y diseñados para circular a 220 km/h. El abrumador éxito de la línea, que transportó en los tres años siguientes a su apertura a 100 millones de pasajeros, impulsó su prolongación hacia el suroeste con un nuevo trazado entre Osaka y Okayama, la Sanyo Shinkansen, que en 1975 se prolongó hasta Hakata. En total, 553 kilómetros de recorrido de los que 57 discurren por túneles y 94 por viaductos.

La extraordinaria influencia de estas líneas en el desarrollo económico de las regiones por donde circulaban y la necesidad de reducir el

exceso de población de las grandes ciudades impulsaron al Parlamento japonés a aprobar en 1970 la construcción de nuevas líneas: la Tohoku Shinkansen desde Tokio a Morioka, en la zona noreste; la Joetsu Shinkansen, desde Tokio a Niigata, ambas en funcionamiento desde 1982; la Hokuriku Shinkansen, que conecta Tokio y Nagano desde 1997; y la Kyushu Shinkansen, desde Hakata a Kagoshima, operativa en su totalidad a principios de este año. Estas líneas se han ido ampliando y completando con otras a pesar de sus altos costes de construcción, que incluso obligaron al Gobierno a privatizar los Ferrocarriles Nacionales del Japón en 1987. En la actualidad, la red Shinkansen, que es la más densa del mundo y ha transportado en sus 2.300 trenes a 6.000 millones de pasajeros, mide 2.388 kilómetros. Hasta el maremoto que asoló la costa noreste del país el

pasado marzo estaban en proyecto otros 500 kilómetros de nuevo trazado y en construcción sendos tramos de las líneas Hokuriku, Kyushin y Hokkaido, destacando en esta última su prolongación de 150 kilómetros desde la estación de Shin-Amori hasta Shin Hakodate a través del túnel de Seikan, el más largo del mundo (53,85 kilómetros). Inaugurado en 1988, se perforó durante 25 años a 240 metros bajo el nivel del mar para comunicar las islas de Honshu y Hokkaido.

Tecnología punta

Cada año los trenes de alta velocidad japoneses efectúan 362.000 recorridos, siendo la línea más frecuentada la Tokaido en su tramo Tokio-Osaka, el área

Seminario-ETSIC





東北・山形・秋田・上越・長野新幹線 Tohoku・Yamagata・Akita・Joetsu・Nagano Shinkansen					
列車名 Train	番車 Train No.	時刻 Time	行先 Destination	番車 Train No.	列車 Remarks
Max TOKI TANIGAWA	311	8:52	BALA YUZAWA NIIGATA	22	16 Cars
HAYATE KOMACHI	9	8:56	HACHINOHE AKITA	21	16 Cars
Max YAMABIKI TSUBASA	107	9:00	SENDAI YAMAGATA	20	15 Cars
ASAMA	565	9:04	NAGANO	23	8 Cars
Max TOKI	313	9:12	NIIGATA	21	8 Cars
湯沢スキー場情報 (6時現在) 天候=晴れ、気温6.9℃、積雪13					

Seminario-ETSIC

más poblada de Japón, donde viven más de la mitad de sus 126 millones de habitantes. Diariamente realiza una media de 360 viajes con una frecuencia de salida de la estación de Tokio y entrada en la misma de 5 minutos. Hasta el momento, las líneas japonesas de alta velocidad han batido todos los récords de fiabilidad, son las más rigurosas en cuanto a su comportamiento medioambiental y puntualidad, y también las más seguras. Desde su inauguración en 1964 no se ha producido ninguna víctima mortal en sus viajes, ni siquiera durante el tsunami del 11 de marzo.

Mientras que tres ferrocarriles convencionales sufrieron el efecto del maremoto, aún sin víctimas mortales, ninguno de los Super Expreso descarriló, gracias al sistema de detección de terremotos de la red Shinkansen que de inmediato detiene los trenes. Esta es sólo una muestra del alto grado de eficiencia de la alta velocidad japonesa, que fue pionera en incorporar los mayores avances tecnológicos en vehículos, dispositivos de control y señalización. Entre otros sistemas instaló el ATC (Control Automático de Trenes), que mediante la transmisión de señales codificadas a los trenes a través de circuitos de vía permite conocer en todo momento la ubicación de cada convoy, evitando una posible colisión. Sus ferrocarriles fueron los primeros en distribuir la tracción en sus coches para reducir el peso por eje en lugar de concentrarla en la locomotora o en los vagones extremos. Además se les dotó de

potentes sistemas de aire acondicionado y disponen de un sistema de presurización especial, similar al de los aviones, que evita que el pasaje sufra la onda de presión que se produce cuando los convoyes se cruzan en el interior de los túneles.

De los primeros “trenes bala” de la serie 0, que circulaban a 220 km/h y que ahora se utilizan como trenes de mantenimiento de vía e instalaciones, se ha pasado a los Super Expreso de las series 700, 300 y 100 de la empresa Japan Rail Center, que en la Tokaido Shinkansen circulan a 270 km/h, y a los de las series 700, 500 y 300 de la Japan Rail Oeste, que circulan a 285 km/h en la Sanyo. Las nuevas generaciones de motores más potentes, catenarias más

Arriba, Shinkansen con su aspecto de nariz de bala de la línea Tokaido, en los años 60, y panel informativo de líneas de alta velocidad en Tokio. Debajo, Shinkansen de la serie 800 de la línea Kyushu, que alcanza los 260 km/h.

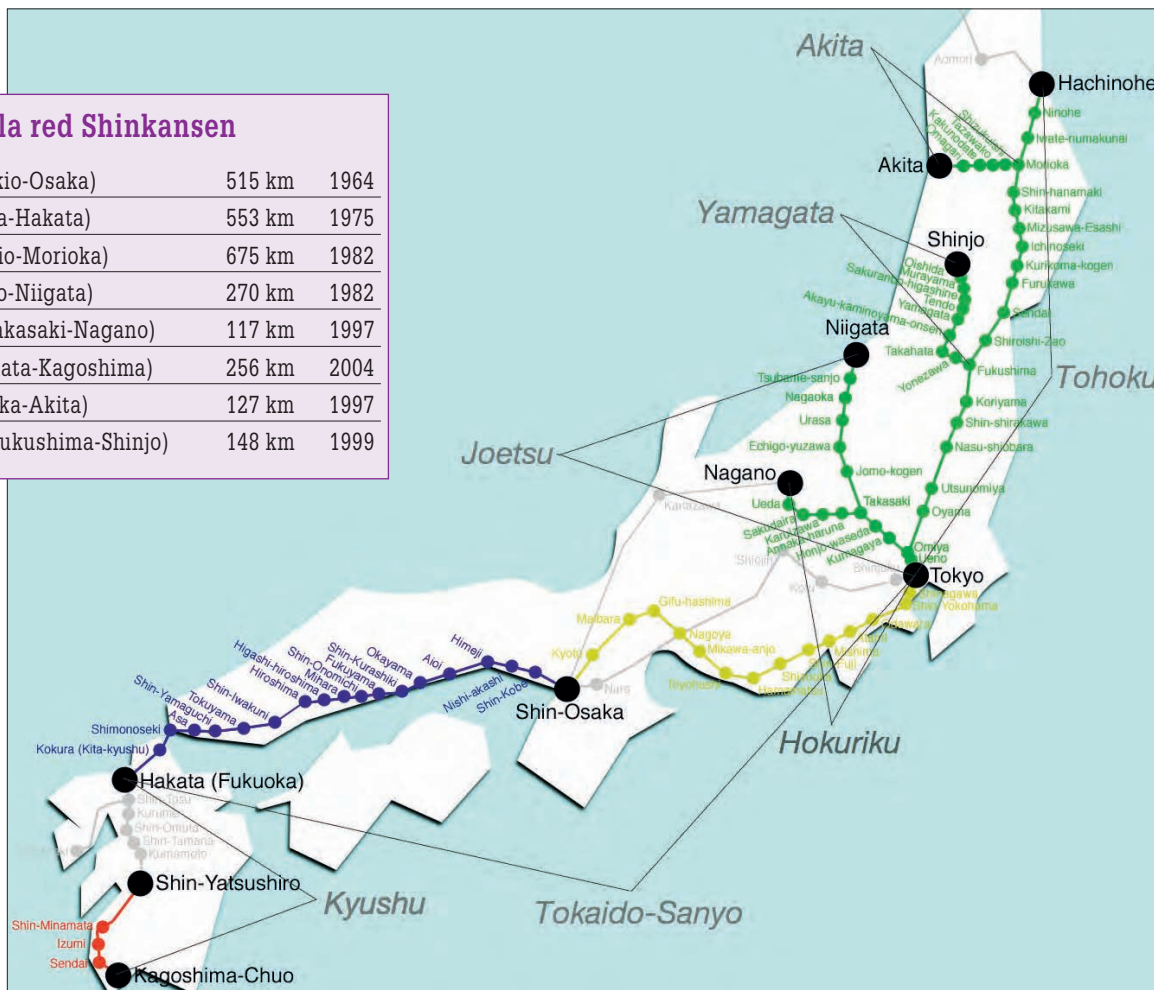


Seminario-ETSIC



Mapa de la red Shinkansen

Tokaido (Tokio-Osaka)	515 km	1964
Sanyo (Osaka-Hakata)	553 km	1975
Tokoku (Tokio-Morioka)	675 km	1982
Joetsu (Tokio-Niigata)	270 km	1982
Hokuriku (Takasaki-Nagano)	117 km	1997
Kyushu (Hakata-Kagoshima)	256 km	2004
Akita (Morioka-Akita)	127 km	1997
Yamagata (Fukushima-Shinjo)	148 km	1999



simples y pantógrafos más ligeros permiten alcanzar estas velocidades, también posibles al reducirse el peso de los trenes de uno y dos pisos utilizando para su construcción materiales ligeros como el aluminio para el cuerpo de los coches y el plástico para el interior.

Aunque la mayoría de los modelos actuales mantiene la misma longitud de los pioneros, 400 metros, su anchura y altura son menores, así como su peso, que se ha reducido considerablemente, pasando de las 967 toneladas de los primeros “trenes bala” a las 700 toneladas de las modernas series N700, que, desarrolladas conjuntamente por Japan Rail Central y Japan Rail West, alcanzan una velocidad de 300 km/h en llano y 270 km/h en curvas cerradas, sin disminuir el confort de los viajeros, gracias a su avanzado sistema de basculación que desde un mando automático de control provoca con gran precisión la inclinación de los coches en un 1% como máximo. El frontal de estos trenes, al ser más aerodinámico que el de otras series, también facilita su mayor rapidez, el menor consumo de energía al minimizar la resistencia del aire al avance del tren y la reducción del ruido.

Por su parte, la compañía Japan Rail East, que controla la zona noreste del país, lanzó en 2005 y 2006 dos prototipos más veloces, el Fastech 360S y el Fastech 360Z, capacitados para circular a 320 km/h y a 300 km/h, respectivamente, en 2013. En estos modelos, dotados de sistemas de captación de corriente para altas velocidades, sistemas de suspensión especiales que absorben las vibraciones laterales y verticales de los vagones producidas sobre todo en las curvas tomadas a gran velocidad, y equipos de rodadura y pantógrafos diseñados específicamente para minimizar el ruido, la compañía ha desarrollado importantes mecanismos de seguridad. Considerando que Japón es uno de los países más afectados por las grandes nevadas, los Fastech tienen un sistema de fundición de nieve provisto de aspersores y calentadores que impide que los trenes dejen de funcionar durante el invierno. También incorporan un novedoso sistema de frenado aerodinámico consistente en unos dispositivos en forma de media luna que en caso de emergencia se despliegan desde el techo de los vehículos y al aumentar la resistencia al aire del tren acortan la distancia de frenado, evitando su descarrilamiento.



Tan solo seis días antes del maremoto, Japan Rail Este, una de las más afectadas por esta catástrofe, presentó el modelo más avanzado de su producción, el tren Hayabusa, que reúne los mayores avances de la tecnología japonesa en alta velocidad especialmente concebidos durante 10 años de investigación para aumentar la rapidez de los trenes y hacerlos más silenciosos y confortables. Este modelo, que incorpora las prestaciones básicas de los Fastech y se caracteriza por su peculiar carcasa revestida de paneles antirruido y por su llamativo frontal de 15 metros de longitud diseñado para reducir el embate de los fuertes vientos del norte de Japón, tan solo necesita 6 segundos para alcanzar los 300 km/h y está concebido para circular a 320 km/h en 2012. Bautizado como *Halcón Peregrino*, conectará, al recuperarse la circulación de la red Shinkansen en la costa del Pacífico, las ciudades de Tokio y Aomori, empleando 3 horas y 10 minutos en recorrer los 714 kilómetros que los separan. Estos trenes de alta velocidad quedarán obsoletos si Japón llega a sustituirlos en 2025, tal y como tiene previsto la compañía Central Japan Railway, por los trenes de levitación magnética que desarrolla desde 1970. Los Chuo

Shinkansen, al estar propulsados por energía electromagnética, no tocan la vía, son los más silenciosos y pueden circular a 550 km/h.

El TGV, orgullo francés

El éxito de la alta velocidad nipona fue decisivo para que la Société Nationale des Chemins de Fer de Francia (SNCF) decidiera en 1966 crear un departamento de investigación para estudiar la posibilidad de implantar este sistema ferroviario en su territorio. Fruto de esta labor vio la luz la primera línea de alta velocidad francesa, la LN1 (Nueva Línea 1) París-Lyón, de 410 kilómetros, que entró en servicio en 1981 y en 1983. En 1972 la SNCF había desarrollado el primer prototipo de TGV (*Train à Grande Vitesse*), un tren articulado de 5 coches con un par de turbinas de gas en cada vehículo, extremo que proporcionaba, mediante un generador, corriente continua a sus dos motores de tracción, desatando una potencia de 3700 KW. La crisis energética de 1973 obligó a la compañía a sustituir las turbinas de gas por la electrificación de alta tensión en un nuevo modelo de

La flota de SNCF se compone de 400 unidades de trenes TGV de ocho modelos distintos. En la foto, un TGV sale de la boca del túnel transpirenaico de Pertús.



Seminario-ETSC

do París y Tours con la segunda generación de TGV, el Atlantique, diseñado para circular a 300 km/h.

Actualmente Francia tiene cinco líneas más de alta velocidad con un trazado total de 1.872 kilómetros. De ellas, la LN6, que comunica París y Estrasburgo desde 2007, es considerado el mayor proyecto de ingeniería por sus 338 estructuras: puentes, viaductos, túneles, pasos de fauna, etc., construidas a lo largo de sus 300 kilómetros. A este trazado se añadirán las líneas en construcción que comunicarán en 2012 Nîmes y Montpellier y Dijon y Mulhouse, y otros 2.616 kilómetros planificados hasta 2025.

La SNCF mantiene una flota de 400 TGV compuesta por 8 modelos de trenes. Con una potencia que oscila entre 6450 y 9280 KW, los prototipos más veloces son los TGV Duplex (de dos pisos) y los TGV POS, destinados a unir Francia con el sur de Alemania, que alcanzan los 320 km/h, con pre-

visión de llegar a 360 km/h en 2016. Precisamente un TGV Duplex batió el récord mundial de velocidad sobre raíles en 2007 al volar a 574 km/h durante un ensayo en la línea TGV Este (París-Estrasburgo). Una de las peculiaridades de estos trenes es su capacidad de alimentación. Tanto los TGV Sud-Est como los TGV Atlantique pueden captar energía de catenarias de 25KV y 50 Hz en corriente alterna y 1500 V en corriente continua, pero teniendo en cuenta que los TGV también conectan con Suiza, Bélgica, Alemania y Países Bajos mediante la red Thalys, y con el Reino Unido mediante la red Eurostar, los TGV Réseau que circulan por Francia y Bélgica disponen de motores bitensión y tritensión, mientras que los TGV-TMST del servicio Eurostar que une la Europa continental con Londres a través del túnel del canal de la Mancha utilizan el sistema de electrificación propio del Reino Unido, obteniendo la energía desde un tercer carril en vez de desde la catenaria, como ocurre en el resto de la UE. Por su parte, los Thalys PBKA (París-Bruselas-Colonia-Amsterdam) están preparados para soportar las tensiones diferentes de Francia, Bélgica, Alemania y Países Bajos. El último diseño de la SNCF y Alstom es el AGV (*Automotrice à Grande Vitesse*), un prototipo ideado para circular a 360 km/h. La principal diferencia entre

TGV, el Zebulón, con motores alimentados con la electricidad del tendido eléctrico suministrada por centrales nucleares. Para incorporar al tren la tracción eléctrica hubo que modificar su diseño, lo que permitió también poner el motor en la carrocería, reduciéndose así el peso de los coches motores en 3 toneladas. Tras las modificaciones requeridas para su puesta a punto y el periodo de pruebas de ambos prototipos, las compañías galas Alstom y Francorail construyeron 85 unidades de TGV, que, diseñados para una velocidad punta de

260 km/h, iniciaron su carrera comercial en 1981 conectando en 2 horas París y Lyon.

La popularidad que alcanzó la línea por la competitividad de sus tarifas, su rapidez y la capacidad para descongestionar uno de los corredores más saturados de Francia impulsó en 1976 la ampliación de la red de alta velocidad gala con el trazado de la LN2, la línea del Atlántico, que empezó a operar en 1989 comunican-

►►► **Los TGV franceses circulan a una velocidad comercial de 320 km/h, que se elevará a 360 km/h en 2016**



el TGV y el AGV es que este último tiene tracción distribuida, encontrándose los motores debajo de cada remolque en lugar de situarse en los coches motor de los extremos.

Los TGV pueden circular tanto por las líneas convencionales a un máximo de 200 km/h como por las de alta velocidad. Éstas, como las de Japón o Alemania, se asientan sobre una capa de balasto compuesta de granulado de granito o caliza dispuesto bajo las traviesas de hormigón que reparten sobre la plataforma de la vía la gran carga que los trenes transmiten a las traviesas, impidiendo que éstas se hundan. Este granulado también facilita el drenaje de las aguas superficiales y reduce el impacto acústico de los trenes por su alto poder de absorción, ofreciendo además gran seguridad en la marcha de los vehículos, incluso a velocidades de ensayo de 500 km/h. Por otro lado, las líneas de alta velocidad permiten incorporar en los TGV un sistema de seguridad que transmite al cuadro de mandos del maquinista información sobre la velocidad del tren, velocidad máxima permitida teniendo en cuenta la proximidad de otros trenes, indicaciones de parada y arranque, etc., pudiendo incluso detener el tren automáticamente en caso de producirse un error humano.

Alemania

Diez años después de inaugurarse la red TGV francesa comienzan a rodar en Alemania los trenes Intercity Express (ICE) por las dos primeras líneas de alta velocidad del país puestas en servicio en 1991: Hannover-Wüzburg, de 327 kilómetros, y Mannheim-Stuttgart, de 107 kilómetros. Los ICE, concebidos, desarrollados y fabricados a partir de 1985 por Siemens para la empresa Ferrocarriles Federales Alemanes (Deutsche Bundesbahn), acortaron los tiempos de viaje en el primero de los casos 40 minutos y en el segundo 1 hora y 22 minutos al circular a una velocidad de 250 km/h. Desde entonces Alemania ha abierto ocho líneas más de alta velocidad, que suman un total de 1.285 kilómetros, y están planificadas otras cuatro. Mientras tanto se construye un nuevo trazado entre Nüremberg y Leipzig que, al enlazar con las líneas Berlín-Leipzig y Nüremberg-Múnich, permitirá a la tercera generación de ICE comunicar Berlín y Múnich en cuatro horas, haciendo realidad uno de los proyectos ferroviarios más deseados, demorado en múltiples ocasiones por falta de financiación.

Un total de 259 ICE transitan por las líneas de alta velocidad germanas, que discurren en

Página opuesta, un modelo del TGV. Sobre estas líneas, la Deutsche Bundesbahn dispone de cinco versiones del Intercity Express. En la imagen, un ICE 2 en la Estación Central de Berlín.



Líneas de alta velocidad en Europa



gran parte por túneles. Desde 1991 se han fabricado cinco versiones diferentes de trenes que han elevado su velocidad comercial hasta los 330 km/h, destacando entre sus peculiaridades la presurización de los coches de viajeros y de las cabinas de conducción. Todos los modelos ICE han ido mejorando sus prestaciones, especialmente el ICE 1, protagonista en 1998 del accidente más grave de la historia de la alta velocidad. Se produjo en la localidad de Eschede al descarrilar el tren por la rotura de una de sus ruedas y chocar contra el pilar de un puente, causando un centenar de víctimas mortales. Las ruedas de estos trenes, hasta entonces de acero y elastómero, se sustituyeron por otras de acero, acoplándose balones neumáticos en las suspensiones secundarias para mantener la misma estabilidad hasta entonces conseguida con el elastómero. Hoy el modelo más avanzado es el ICE 3M, equipado con un sistema de seis pantógrafos que reconoce diferentes catenarias y variaciones de corriente eléctrica, lo que le permite circular tanto por Alemania como por Austria, Bélgica, Países Bajos, Suiza, Francia y Dinamarca. Otra característica son los frenos electromagnéticos, que se conectan automáticamente en las vías alemanas a partir de 150

km/h para acortar la distancia de frenado, mientras que en Francia el sistema se pone en marcha a partir de los 220 km/h.

El corazón de la UE

Desde 2009, Bruselas está comunicada con las ciudades alemanas de Colonia y Frankfurt a través de las líneas 2 y 3, mientras que la 4 enlaza con Amberes y la 1 con París desde 1997. Estas conexiones han convertido a Bélgica en el eje vertebrador del PBKAL (París-Bruselas-Colonia-Amsterdam-Londres), primer proyecto transfronterizo de red de alta velocidad en Europa. Este programa, aprobado en el Consejo Europeo de Essen de 1994 junto a otras trece actuaciones, es una de las obras más importantes de las Redes Transeuropeas de Transporte que comunicarán en un futuro todos los países de la UE para alcanzar la cohesión económica y social de sus 27 miembros.

A través del Eurotúnel, Londres está conectada con el resto de las redes de alta velocidad europeas, y concretamente en menos de 2 horas y treinta minutos con París. Precisamente la única línea de alta velocidad con que cuenta el



Reino Unido es la High Speed 1 (HS1), de 109 kilómetros y operativa en su totalidad desde 2007 para unir el túnel bajo el canal de la Mancha y la estación londinense de St. Pancras, remodelada ese mismo año para acoger los trenes de alta velocidad Eurostar, que conectan Londres con París y Bruselas, y los Southeastern que se dirigen a Dover.

Hasta la construcción de este trazado, los intereses ferroviarios británicos se habían centrado en la ampliación y mejora de las líneas convencionales, ya que el proyecto emprendido en los años setenta por British Rail de un Tren de Viajeros Avanzado que debía alcanzar los 240 km/h no cristalizó. Sin embargo, tras varios estudios realizados por varias consultorías de ingeniería para impulsar la alta velocidad en el Reino Unido, el ministro de Transportes británico, lord Adonis, anunció en marzo de 2010 la aprobación de una segunda línea de alta velocidad (HS2), de 540 kilómetros de longitud, que enlazará Londres y Edimburgo. Con una inversión de 30.000 millones de libras, las obras de esta línea comenzarán en 2017, con la previsión de abrir el primer tramo entre Londres y Birmingham en 2026.

Las líneas italianas de alta velocidad, inter-

conectadas con las tradicionales y destinadas al tráfico mixto de pasajeros y mercancías, también se integrarán en la Red Europea de Transportes. El trazado Milán-Bolonia, inaugurado en 2008, forma parte del corredor nº 1 (Berlín-Palermo) aprobado por el Consejo Europeo en 2003, y la línea Turín-Milán, abierta un año después, del nº 5 (Lyon-Kiev). En 2020 está previsto que concluya la construcción del ferrocarril que enlazará Turín y Lyon en menos de la mitad de las cuatro horas que hoy se tarda en recorrer el trazado, por donde anualmente se transportan 20 millones de toneladas de mercancías. Un proyecto tan ambicioso como la conexión italo-austro-alemana que comunicará Palermo y Berlín pasando por los Alpes a través del túnel de base del Brennero, de 55 kilómetros de longitud, que en 2015 enlazará la ciudad italiana de Fortezza con Innsbruck. Esta infraestructura, que contará con dos tubos y una vía en cada uno de ellos, al perforarse a pie de las montañas y disminuir el desnivel que actualmente salvan los trenes de mercancías, permitirá a los ferrocarriles duplicar su actual carga (1.600 Tn) y prescindir de las dos o tres locomotoras que precisan para su traslado, rebajando además el tiempo de viaje de los trenes de pasajeros al poder circular a 250 km/h.

Los trenes Eurostar conectan Gran Bretaña con las redes de alta velocidad europeas a través del túnel del canal de la Mancha.



Alta velocidad en el mundo

Tren Thalys PBKA, que enlaza cuatro ciudades europeas a 300 km/h. Debajo, trenes ETR-500 Frecciarossa de alta velocidad y Eurostar City en la estación Termini de Roma.



A.R.

El túnel del Brennero y las futuras líneas Milán-Venecia, Milán-frontera suiza y Milán-Génova añadirán 395 kilómetros de nuevas vías al trazado actual de 1.805 kilómetros que recorre el país transalpino desde el sur al noroeste y que comenzó a fraguarse en 1968, cuando se aprobó el primer proyecto de alta velocidad europeo, la Direttissima entre Roma y Florencia, completada en 1992.

También Italia fue la pionera en incorporar en una línea de alta velocidad, la Roma-Nápoles, el nivel 2 del Ertms (Sistema Europeo de Gestión de Tráfico Ferroviario), diseñado para unificar los 20 sistemas de señalización operativos en el continente. Este nivel permite establecer, prescindiendo de la señalización tradicional, una comunicación continua entre la vía, el tren y el centro de control a través del sistema de radio

GSM-R que localiza en todo momento la situación del ferrocarril y controla su movimiento.

Actualmente las líneas europeas de alta velocidad se extienden a lo largo de 6.161 kilómetros y continúan en expansión, estimándose que en 2020 superarán los 9.000 kilómetros. Uno de los proyectos futuros más complejo es el Alp Transit, aprobado en Suiza en 1992 para mejorar el transporte de mercancías y agilizar el de viajeros. Contempla la construcción de varios túneles de base para comunicar el norte y el sur del país a través de los Alpes. El proyecto consta de dos secciones: el eje de San Gotardo, al este de las montañas y con tres galerías: Zimmernberg, San Gotardo (con 57 kilómetros, que lo convertirán al inaugurarse en 2015 en el túnel ferroviario más largo del mundo) y Monte Ceneri; y el eje Lötschberg, al oeste, cuyo único corredor, de 34,6 kilómetros entre Frutigen y Raröna, se abrió al tráfico en 2007.

Asimismo, está previsto que Portugal esté comunicado con España a través de la línea Madrid-Lisboa, incluida en el proyecto prioritario nº 3 de la Red Transeuropea de Transportes. El itinerario forma parte del Plan Estratégico de Infraestructuras, ratificado en 2005 por los gobiernos de Portugal y España, que comprende también la construcción de otros tres enlaces ferroviarios: Vigo-Oporto, Aveiro-Salamanca y Faro-Huelva.

En los próximos años, Dinamarca y Polonia se incorporarán también al club de la alta velocidad. Las obras de la línea danesa que unirá Co-



La línea taiwanesa Taipei-Kaohsiung discurre en su tramo norte a través de 49 kilómetros de túneles construidos para salvar una complicada orografía.

penhague, Koge y Ringsted comenzarán en 2013, y un año después en Polonia las del trazado Varsovia-Wroclaw, diseñado por una empresa española.

Por estas mismas fechas Rusia contará con la vía Moscú-San Petersburgo, proyectada en paralelo a la actual. Por ella circularán los trenes a 300 km/h para reducir a 2 horas y treinta minutos el tiempo de viaje entre ambas ciudades que distan 650 kilómetros. Hasta ese momento el recorrido lo efectuarán los trenes de alta velocidad Sapsan de la serie Velaro Rus, fabricados por Siemens. Sus primeras unidades comenzaron a viajar por la línea convencional en diciembre de 2009 a una velocidad de 250 km/h tras completarse el programa de modernización de la vía y los equipos eléctricos efectuado por la Red de Ferrocarriles Rusos (RZD).

Por su parte, Turquía ha planificado una extensa red de alta velocidad con epicentro en Ankara, que se extenderá en 2023 a lo largo de 4.000 kilómetros. De momento ya funcionan el trazado Ankara-Eskisehir, que forma parte de la línea que unirá la capital con Estambul para descongestionar este corredor de 576 kilómetros por donde viajan anualmente por tren y carretera cerca de 12 millones de personas, y el trayecto Ankara-Konya, de 250 kilómetros, que fueron inaugurados en 2009 y 2010 respectivamente. Por la red ya transitan a una velocidad máxima de 250 km/h los 10 trenes españoles de alta velocidad HT65000, similares a los Alvia y suministrados por la empresa CAF. Para reducir su peso están fabricados en aluminio y la tracción se distribu-

ye a lo largo de sus seis coches habilitados para 419 viajeros, aunque la capacidad de cada unidad puede aumentar al estar preparada para acoplar dos convoyes intermedios adicionales.

Continente asiático

Pese a la expansión que la alta velocidad ha registrado en Europa desde la apertura de su primera línea en 1983, hoy China, con 8.358 kilómetros de vías que operan desde 2008, ostenta el liderazgo mundial en este tipo de infraestructuras.

Tradicionalmente el ferrocarril ha sido el medio de transporte más desarrollado por el gigante asiático para minimizar su dependencia del petróleo. Sin embargo, la saturación de las líneas y el tiempo empleado para recorrer los enormes trayectos que separan los enclaves económicos y las principales ciudades de sus 23 provincias han impulsado a su Gobierno a planificar un macroproyecto de alta velocidad que pretende conectar en 2020 todos los núcleos de población más importantes del país a lo largo de 16.000 kilómetros de raíles.

El vertiginoso avance experimentado por el país en las redes de alta velocidad y en la ingeniería civil aplicada a las mismas se observa en

►►► **China pretende conectar en 2020 todos los grandes núcleos urbanos mediante una red de 16.000 km.**



La nueva estación de Wuhan dispone de 20 vías para albergar los modernos trenes CRH2.

la complejidad de las infraestructuras que han construido en tan poco espacio de tiempo para salvar los accidentes geográficos del territorio, destacando, además de los macropuentes que salvan caudales como los del Yangtzé o viaductos, que en el tramo Wuhan-Guangzhou

ocupan el 86% de los 1.318 kilómetros de su trazado, su extensa red de túneles, entre otros el recientemente inaugurado de Shiziyuan, de 11 kilómetros y construido a una profundidad de 60 metros bajo el río Guangdong para conectar las ciudades de Guangzhou y Shenzhen en la línea que desde Beijing llegará a Hong Kong en 2013. La vía más esperada, sin embargo, unirá en breve Beijing y el centro financiero de Shanghai. Su coste, 221.000 millones de yuanes, es la mayor inversión realizada por el Gobierno chino en una obra de ingeniería. Diariamente, 220 trenes de la serie CRH380, desarrollados con tecnología propia y equipados con innovadores sistemas de frenado, tracción, seguridad y diseño, recorrerán a 350 km/h los 1.318 kilómetros que separan las dos ciudades, contando en el trayecto con una estación de pasajeros cada 55 kilómetros. Una muestra más del desarrollo tecnológico conseguido por el tercer país más grande del mundo gracias a los conocimientos que ha adquirido de la tecnología punta de los pioneros en alta velocidad y a las investigaciones realizadas por sus propias universidades, centros de ingeniería y personal técnico.

También fabricado con tecnología propia es el prototipo HEMU-400X (Highspeed Electric Multiple Unit 400 km/h Experiment), diseñado por la compañía coreana Hyundai Rotem, su Instituto de Investigación Ferroviaria y trece universidades, entre otras instituciones. En este

Hitos de la alta velocidad

- 1962.** Un tren Shinkansen japonés alcanza los 200 km/h
- 1964.** Entra en servicio la línea Tokio-Osaka, primera de alta velocidad en Japón.
- 1981.** Primera línea del TGV francés entre París y Lyon.
- 1991.** Primeras líneas de alta velocidad en Alemania, Hannover-Würzburg y Mannheim-Stuttgart, a 250 km/h.
- 1992.** Estreno del AVE español con la línea Madrid-Sevilla.
- 1994.** Apertura del Eurotúnel bajo el canal de la Mancha.
- 2004.** Primera línea de alta velocidad en Corea, Seúl-Daegu, a 292 km/h.
- 2007.** Un TGV Duplex bate el récord mundial de velocidad al alcanzar 574 km/h en un ensayo.
- 2008.** China tiene ya en servicio más de 8.300 kilómetros de líneas de alta velocidad.
- 2009.** Bruselas, centro neurálgico del proyecto transfronterizo de alta velocidad europeo (PBKAL), con conexiones a Alemania, Francia, Holanda e Inglaterra.

modelo, con tracción distribuida en los cuatro coches intermedios, se ha puesto especial atención en aumentar su aceleración inicial, mejorar los sistemas de suspensión, reducir el peso y tamaño de las cajas y aumentar la confortabilidad de los asientos adaptándolos a las características físicas de sus usuarios. El tren circulará a 370 km/h por los dos tramos de alta velocidad del país: Seoul-Dongdaegu y Daegu-Busán, que cubren la zona donde se concentra el 70% de sus 47 millones de habitantes y conforman los primeros 400 kilómetros de una red que, conectada a las líneas regulares y a los trayectos del suburbano, comunicará con la capital las áreas metropolitanas de Corea del Sur.

Seminarío-ETSI/C



Una nueva era en el transporte está floreciendo con una rapidez inusitada en las economías asiáticas, a pesar de la complejidad de algunos proyectos como el de la línea Taipei-Kaohsiung, en Taiwán. Su trazado estuvo condicionado tanto por las abruptas montañas del país como por las planicies dedicadas a la agricultura, requiriendo en el tramo norte la perforación de 49 kilómetros de túneles y la construcción de otros 95 kilómetros de viaductos intermitentes, mientras que en el tramo sur las vías discurren en su totalidad por la estructura elevada más larga del mundo, un viaducto de 157 kilómetros de longitud. Esta línea, construida para promover el desarrollo socioeconómico de la zona oeste de la isla, es el proyecto de financiación privada más caro del mundo, 13.146 M€ desembolsados por la corporación Ferroviaria de Alta Velocidad de Taiwán, que ha obtenido los primeros beneficios de su inversión tres años después de la apertura de la línea en 2007.

Seminarío-ETSI/C



Las diferentes condiciones orográficas y climatológicas de otros países asiáticos requerirán de soluciones distintas para los trazados de alta velocidad. Es, por ejemplo, el caso de Arabia Saudí, que en 2006 abrió la licitación internacional para el proyecto “El tren de los peregrinos”, que unirá las ciudades de Medina y La Meca, frecuentadas cada año por 2,5 millones de creyentes. El contrato de

la primera fase del proyecto, que incluye la construcción de cinco estaciones en La Meca, Yeddah, Medina y Rabigh, se adjudicó en 2009 al consorcio Al Rajhi Alliance, mientras que para desarrollar la segunda fase, que atañe al diseño y la construcción de 444 kilómetros de vía, su mantenimiento y explotación, todavía no se ha elegido al adjudicatario. El consorcio español encabezado por Adif, Talgo y Renfe y otros cuatro aspirantes de Francia, Alemania, China y Corea del Sur compiten por conseguir el contrato de estas obras, que estarán sometidas a las drásticas oscilaciones de temperatura del desierto y al empuje de los vientos y bancos de arena que engullen todo lo que encuentran a su paso. ◀

Arriba, el THSR 700T, derivado del Shinkansen nipón, es el tren de alta velocidad de Taiwán. Debajo, tren chino CRH 380BL, que alcanzó los 487 km/h en un ensayo en enero pasado.



De la línea Madrid-Sevilla a la configuración de la red andaluza

Alta velocidad en el sur



Andalucía fue el destino en el año 1992 de la primera línea de alta velocidad española, Madrid-Sevilla, con la que arrancó la configuración de la red de alta velocidad . A partir de esa histórica relación ferroviaria, complementada en 2007 con la conexión Córdoba-Málaga, han comenzado a desarrollarse nuevas líneas a lo largo y ancho del territorio andaluz que en un futuro no muy lejano permitirán enlazar mediante la alta velocidad las capitales provinciales y las principales ciudades de la comunidad.



Un tren S 103 circula sobre un viaducto de la línea Córdoba-Málaga, en servicio desde finales de 2007.

M^a DEL CARMEN HEREDIA CAMPOS FOTOS ADIF Y RENFE

▶ En los años 70 del siglo XX, el viajero europeo tiene ante sí un automóvil potente para el que le han construido autopistas, un avión a reacción que ha desplazado a los aviones de hélice y un ferrocarril que, si bien ha incorporado nuevas tecnologías, no es capaz de

competir con los citados medios de transporte ni en cercanía al punto de destino, ni en velocidad o en frecuencia de servicios. En el ferrocarril europeo “para una relación dada, la distancia a recorrer superaba, en media, en 50 km. a la de la carretera y en más de 150 km. a la del avión”, según el ingeniero de Caminos Andrés



López Pita, poniendo como ejemplo la distancia entre Madrid y Barcelona en avión (480 km) y por ferrocarril (683 km). Por otra parte,

las vías ferroviarias no estaban preparadas para soportar altas velocidades sin deformarse y no se superaban los 160 km/h por más que la locomotora fuese potente. El resultado era que no se podía satisfacer la demanda de velocidad ni de frecuencia que el viajero español demandaba al tren, lo que lo hacía no competitivo. Sin embargo, el

viajero japonés podía viajar desde 1964 de Tokio a Osaka en tren a 210 km/h, alcanzándose los 300 km/h. a finales de los 70.

En los años 80, Renfe se plantea la “trágica

necesidad de salvar una empresa”, según recordaba su antiguo presidente Julián García Valverde en una intervención reciente en el palacio de Fernán Núñez, sede de la Fundación de Ferrocarriles Españoles. El viajero de finales del siglo XX, informado, muy ocupado y siempre con prisas, exigía velocidad, regularidad en los servicios y atención cualificada, y el ferrocarril español no disponía de un catálogo de productos que le hiciese atractivo para ese viajero que se preparaba para el siglo XXI. Se plantean los pasos a seguir: crear un catálogo y convencer a la sociedad de la revalorización del modelo ferroviario para sus traslados. El principal reto para ponerlo en marcha era pasar de la oferta de los 140 km/h, con más de 20 años en vigor, a los 160 km/h. Se descarta de momento la alta velocidad pero se inicia un plan de mejoras en el tren convencional, incluyendo la construcción de variantes en los tramos más complicados, la introducción de mejoras en las curvas, programas de doble vía y se resalta la importancia de la calidad y el confort en los viajes. El Gobierno inicia un programa de inversiones bi-

►►► *La línea Madrid-Sevilla tuvo que buscar una alternativa al inviable trazado ferroviario por Despeñaperros*

llonarias (en ptas.) cara al año 2000, eligiendo a Andalucía como banco de pruebas, y el primer proyecto se focaliza en cómo deshacer el nudo gordiano del cruce de Sierra Morena por el desfiladero de Despeñaperros, de 4 kilómetros de longitud, excavado en la roca por el río del mismo nombre.

El cuello de botella de Despeñaperros

Despeñaperros, parque natural de gran belleza situado en el municipio de Santa Elena (Jaén), y punto clave en el cruce más directo de la Meseta hacia Andalucía, era, desde tiempos lejanos, un paso muy difícil para los viajeros y muy apreciado por los bandoleros, que hasta 1772 no disfrutó de camino de rodadura con firme, construido por el ingeniero militar Carlos Lemaur, cuando se consolidó la red de caminos reales de Carlos III y el paso se inscribía en el radial Madrid-Cádiz. La línea férrea Madrid-Andalucía, tendida por MZA entre los años 1862 y 1866, sin complicaciones geográficas por la Mancha hasta cruzar Despeñaperros, donde el espacio disponible apenas acogía una estructura muy limitada consistente en una única vía de ancho ibérico (1,67 m.), con curvas de radio muy reducido (entre 300 y 600 metros) siguiendo el perfil del desfiladero, sólo permitía una velocidad no superior a los 50/70 km/h. La doble vía ya fue un objetivo en la política de modernización de Renfe, de 1941, cuando se convirtió la línea a Andalucía en una de las mejor dotadas de la red española, pero no se puso en práctica por su gran dificultad a pesar de que los diez túneles existentes entre Venta de Cárdenas y Vilches se habían construido en el siglo XIX con capacidad para doble vía. Un hecho casual confirma a los responsables la necesidad de resolver el tráfico por el desfiladero: en 1981 se celebra la final de la Copa del Rey en Sevilla y los seguidores del partido, a su vuelta, en trenes adicionales, se ven obligados a esperar en Linares-Baeza el paso de otros trenes con prioridad, lo que provoca altercados graves y refleja la necesidad de ampliar el paso.

Muy pronto se confirmó que la construcción de otra vía paralela a la existente en el lugar era inviable. No sólo había que salvar los obstáculos y los costes correspondientes a nuevas infraestructuras y material móvil exigidos para mayor velocidad, sino que durante las obras se tendría que desviar el tráfico de un camino muy transitado, lo que, indudablemente, afectaría a los usuarios y, en consecuencia, al volumen de ingresos de Renfe.



La solución de Brazatortas

Se decide, finalmente, mejorar el trazado por la línea existente Madrid-Badajoz, al oeste de la línea Madrid-Andalucía, hasta la localidad de Brazatortas, donde la línea a Badajoz daba un quiebro en su bajada vertical desde Madrid y se desviaba hacia la capital pacense, y proyectar una nueva variante de Brazatortas a Córdoba de doble vía de ancho ibérico. Con ello se reducía el trazado, se garantizaban los 160 km/h. en el recorrido y no se perturbaba el tráfico durante su construcción: nace el NAFA (Nuevo Acceso Ferroviario a Andalucía), aún no de alta velocidad. Francia, en 1983, es el primer país europeo que ha incorporado la alta velocidad con la construcción de la línea París-Lyón, pero el ferrocarril español opta, con este paso, por una modernización menos costosa. El acceso a Andalucía por la antigua línea Madrid-Aranjuez-

Dos modelos del S 100: el original de la línea Madrid-Sevilla (pagina opuesta) y el remodelado en 2009 (sobre estas líneas).



Trenes S 100 estacionados en la estación de Sevilla-Santa Justa en los años 90.

Alcázar de San Juan-Manzanares-Linares-Córdoba continuaría para el ferrocarril convencional y el NAFA se lanzaría por Madrid-Ciudad Real-Puertollano-Brazatortas-Córdoba.

Sin embargo, en octubre de 1986, cuando ya España cuenta con más de 1.500 kilómetros de líneas de doble vía para circular a 160 km/h, el Gobierno cambia de política y decide construir una línea de alta velocidad, en ancho UIC (1.435 mm), que uniera Madrid con Andalucía “con un diseño que permitiera velocidades de 200 km/h” (al año siguiente se eleva a 250). Existiendo ya el proyecto Brazatortas-Córdoba, en 1987 se inician los primeros trabajos de

adecuación de la salida de Madrid por Getafe hacia Córdoba para alta velocidad y en 1989 Renfe confirma la puesta en marcha del nuevo plan, con el contrato de compra de 24 trenes de alta velocidad y 75 locomotoras universales de gran potencia (5.600 kw). La alta velocidad ha iniciado su caminar por España hacia un tren de corte europeo y la primera favorecida será la línea Madrid-Andalucía por Puertollano. La línea por Despeñaperros permanece como tronco básico para la circulación de mercancías.

LÍNEA MADRID-SEVILLA

El problema añadido para tan rápida entronización de la alta velocidad era la premura de tiempo debido a la intención política de que la apertura de la primera línea de alta velocidad española, Madrid-Sevilla, coincidiera con la inauguración de la Exposición Universal de 1992, a celebrar en Sevilla. Se analizan las tecnologías domésticas disponibles para una instalación que reúne gran complejidad y, ante la novedad del nuevo sistema y la premura de tiempo, se decide acudir, como se hizo para el ferrocarril del siglo XIX, a un proyecto con tecnología y material móvil extranjeros y técnicos españoles. Tras todo tipo de vicisitudes, el rey Juan Carlos puso la primera traviesa de ancho internacional en 1989; el Gobierno realiza el primer viaje en el AVE Madrid-Sevilla el 14 de abril de 1992; y el 20 de abril se inauguró la Expo'92. Al igual que el ferrocarril del XIX, la alta velocidad fue recibida con expectación por algunas élites e indiferencia, incluso prejuicios, por otras. Ante el viajero, el ferrocarril español tomaba una nueva dimensión y, en Europa, España se situaba al mismo nivel que Francia, Alemania e Italia en alta tecnología.

Los ingenieros españoles construyeron la línea de alta velocidad en un tiempo récord y, sin recorrer gradualmente las velocidades intermedias, se pasó de un ferrocarril que viajaba a 140/160 km/h a otro que lo hacía a 270/300 km/h. Esta adecuación a la alta velocidad no se resolvía tan sólo con una locomotora muy potente; la nueva tecnología afectaba a infraestructuras, electrificación, instalaciones de seguridad, vías y desvíos, así como a las pendientes máximas y curvaturas mínimas admitidas y a la estabilidad. El estudio del contacto rueda-carril, que afectaba a la estabilidad, fue uno de los aspectos básicos para el avance de la alta velocidad. Hubo que estudiar cómo eliminar vibraciones y deformaciones de la vía por el efecto del llamado “galope”, producido por el contacto de las ruedas con los raíles que,

a velocidades bajas produce un movimiento lateral del vehículo y a grandes velocidades produce un fuerte movimiento lateral de las ruedas con las consiguientes deformaciones de la vía y alteraciones de la estabilidad. La solución pasaba por una mayor separación entre los *bogies* y la instalación de sistemas para inclinar el tren en las curvas para contrarrestar las fuerzas centrífugas que actúan sobre el tren y los viajeros. La pendiente se debía limitar a 12,5 milésimas para permitir por la misma vía la marcha de los trenes Talgo, de menor potencia, y las curvas debían tener un radio mínimo entre 2.100 y 3.300 metros para velocidades entre 200/300 km/h, frente a las del tren convencional de un mínimo de 1.000 a 1.300 metros para una velocidad de 140/160 km/h. Los túneles tenían que aumentar considerablemente su sección para evitar que los efectos aerodinámicos, a tan altas velocidades, provocasen gran trastorno al viajero, así como homogeneizar sus secciones para tratar de no establecer diferencias de efectos al pasar entre túneles de distinta sección. Estudiados los túneles de otros países, de 66 m² a 84 m² de sección, se eligió la sección tipo de 75 m² para los españoles.

El AVE Madrid-Sevilla requirió la construcción de 16.030 metros en túneles y 31 viaductos (9.845 metros). Su presupuesto definitivo se elevó a 450.000 millones de pesetas (2.705 M€) para 471,8 kilómetros de vía, recibiendo una ayuda del Fondo Feder por valor de 267,3 M€. La amortización de esta inversión se prevé a largo plazo; no obstante, la línea soporta un tráfico anual Sevilla-Madrid cercano a 3 millones de viajeros desde 1999, con picos de más de 4 millones en los años 2000 y 2001. Desde la apertura de la línea hace diecinueve años, más de 111 millones de clientes han utilizado los distintos servicios ferroviarias que circulan por la misma, de ellos más de 53 millones correspondientes al AVE Madrid-Sevilla.



Las nuevas estaciones

En las nuevas estaciones del trazado se busca, como en el siglo XIX, la atracción del cliente y la demostración de solidez de la compañía, mediante un recinto bien estructurado para el parque móvil que a la vez cumpla con las expectativas de comodidad y servicios que requiere el viajero del siglo XXI. Las nuevas estaciones de Sevilla-Santa Justa y Córdoba, que junto con las de Ciudad Real y Puertollano conforman el elenco de terminales ferroviarias de la línea, son elementos a considerar por la introducción de un diseño nuevo y amplio. Santa Justa fue proyectada por los arquitectos sevillanos Antonio Cruz y Antonio Ortiz con la finalidad de acoger la esperada masiva visita a la Expo'92. Se construyó entre 1989 y 1991 y entró en servicio en 1992. Dispone de doce vías, seis de ancho UIC y seis de ancho ibérico. La antigua estación de MZA llamada "estación de Córdoba", bello edificio construido en la plaza de Armas de Sevilla para la Exposición Iberoamericana de 1929, de estilo neomudéjar, se

Fachadas de las terminales de Córdoba y Ciudad Real, estaciones intermedias entre Madrid y Sevilla.



Andén central de Sevilla-Santa Justa, estación equipada con seis vías de ancho UIC y seis de ancho ibérico. Página opuesta, playa de vías en la estación de Antequera-Santa Ana.

destina a centro comercial y de ocio. La estación de la compañía Andaluces para el tráfico Sevilla-Cádiz, “San Bernardo”, también sufre modificaciones con la llegada del AVE a Sevilla y se sustituye en 1992 por un apeadero bajo un túnel por el que se han llevado las antiguas vías, mientras el edificio de 1902 se dedica a mercado de abastos.

En Córdoba, su antigua estación central, de 1861, de MZA, inspirada en el estilo francés de las estaciones de la primera época, se destina a sede de RTVA y otros usos comerciales o de negocios y en 1994 se construye la nueva estación de Córdoba, de Renfe, en la plaza de las Tres Culturas, no lejos de la antigua. Dispone de cuatro vías de ancho UIC y cuatro de ancho ibérico.

Del AVE 1992 al AVE 2011

La línea de alta velocidad Madrid-Sevilla ha servido de impulso para otros proyectos y, en el caso andaluz, como eje vertebrador en las comunicaciones del territorio especialmente a través de los cambiadores de ancho y de las nuevas líneas que parten de su trazado. Con alta velocidad se comunica Madrid, mediante trenes Alvia, con Cádiz y Huelva, y con los Altaria

con Granada y Algeciras, mientras que Sevilla, Córdoba y Málaga se comunican con los Avant. En 2007 se inauguró el AVE Madrid-Málaga, que desde 1999 ya utilizaba las vías de ancho UIC desde Madrid hasta Córdoba, y hoy en día están en proyecto o en ejecución nuevos trayectos del Eje transversal de Andalucía, que comunicará las capitales andaluzas entre sí mediante líneas de alta velocidad o altas prestaciones y propiciará la comunicación con Madrid. El corredor transversal abarca los tramos Huelva-Sevilla, Sevilla-Antequera, Antequera-Granada y Granada-Almería. Jaén, por su parte, aguarda el proyecto para alta velocidad por el eje transversal, con el que enlazaría en Granada.

LÍNEA CÓRDOBA-MÁLAGA

Previamente a la llegada del AVE a Málaga, desde enero 1993, el viaje Madrid-Málaga se había acortado a 4:58 horas, al poder utilizar la vía de alta velocidad hasta Córdoba con el Talgo serie 6, denominado luego Talgo 200, preparado para cambiar el ancho de ejes en el cambiador de Córdoba. En 1999 se proyecta la construcción de la línea Córdoba-Málaga, como parte del NAFA, con un presupuesto de

2.100 M€ para poder llevar el AVE a la Costa del Sol. El 16 de diciembre de 2006 entra en servicio el tramo Córdoba-Antequera, que permitía recortar el tiempo en los viajes entre Madrid y Málaga o Algeciras, y se inauguran dos estaciones de diseños vanguardistas: Puente Genil-Herrera y Antequera-Santa Ana. En 2007 se completa la línea hasta la capital de la Costa del Sol, con un total de 155 kilómetros de doble vía desde Almodóvar del Río, donde se separa de la línea Madrid-Sevilla mediante un salto de carnero, hasta que finaliza en la nueva estación de Málaga, un impresionante complejo ferroviario y de ocio enclavado en el centro urbano, en el mismo lugar donde construyeron la antigua estación los fundadores del Ferrocarril Córdoba-Málaga en el XIX. La construcción de la línea por parte de Adif se dividió en dos tramos, el primero entre Almodóvar del Río y la estación de Antequera-Santa Ana, de 100 kilómetros, que tiene que salvar varios ríos y arroyos en tierras cordobesas, y el segundo desde Antequera a Málaga capital, la parte más compleja, de 55 kilómetros, donde se sitúan la mayoría de los viaductos y túneles de la línea.

El principal escollo orográfico para alcanzar Málaga tras las llanuras de Córdoba es el paso entre el valle de Abdalajís y la sierra de Huma.



La tercera línea española

Del Corredor de Andalucía parte la que en el año 2005 ostentó el honor de ser la tercera línea de alta velocidad española tras las de Madrid-Sevilla y Madrid-Lleida: la línea Madrid-Toledo. Esta relación ferroviaria aprovecha los primeros 53 kilómetros de la línea Madrid-Sevilla para desviarse en el PAET de La Sagra hacia el oeste y recorrer un ramal de nuevo trazado de 20,9 kilómetros hasta alcanzar la magnífica estación neomudéjar de Toledo, remodelada para acoger los trenes de alta velocidad. Construida entre 2002 y 2005 con un presupuesto de 215 M€ (el 30% se sufragó con fondos Feder), la línea de nuevo trazado consta de una doble vía electrificada a 25 kV de corriente alterna, con señalización Ertms y ASFA y comunicaciones GSM-R, apta para 250 km/h, siendo sus principales estructuras un viaducto sobre el río Tajo (1.602 metros) y la pérgola sobre la línea Madrid-Sevilla. El primer servicio comercial entre Madrid y Toledo por la nueva línea se estableció el 16 de noviembre de 2005. Desde entonces, los 75 kilómetros entre ambas ciudades son cubiertos por trenes de la serie 104, con tiempos de viaje de 35 minutos. Según datos de Renfe, una media de 4.100 pasajeros utiliza a diario este servicio, que tiene 11 frecuencias diarias.





Los Gaitanes de Bobadilla a Málaga. Al este del antiguo recorrido discurre la vía del AVE con 15 viaductos de dimensiones sobrecogedoras y ocho túneles. Entre los viaductos (11 kilómetros) de la línea destacan los de los ríos Guadalquivir (880 metros) y Genil (1.393 metros) y los de los arroyos del Salado (924 metros), del Espinazo (870 metros) y de Jévar (837 metros), siendo el más impresionante el del Arroyo de las Piedras (1.220 metros), que atraviesa el valle de Abdalajís y consta de 20 vanos, con luces de hasta 63,5 metros y pilas de hasta 93,5 metros de altura. Entre los túneles (25 kilómetros) sobresale el túnel bitubo de Abdalajís, de 7.280 y 7.300 metros (el mayor de Andalucía hasta la construcción del túnel de Sorbas en Almería), cuyos tubos se perforaron con tuneladoras de doble escudo. Otros cuatro superan el kilómetro de longitud: Gobantes (1.792 metros), Espartal (2.002 metros), Gibralmora (3.217 metros) y Cártama (2.424 metros), excavados por el sistema tradicional de avance y destroza.



Arriba, túnel de Abdalajís, el más largo de la línea Córdoba-Málaga. Debajo, imagen de la estación Málaga-María Zambrano.

Los creadores de la línea del siglo XIX lo solventaron trazando el recorrido por el lugar de más acomodo, tanto orográfico como económico, en función de sus intereses industriales y comerciales para un ferrocarril que estaba más orientado al servicio de mercancías que al de viajeros, y lo llevaron por el paso natural que seguía el curso del río Guadalhorce, internándolo por un irrepetible recorrido entre puentes y viaductos en la escarpada pared del desfiladero de

Las trece estaciones que daban servicio a los pueblos de la línea Córdoba-Málaga han quedado reducidas a cuatro con el AVE: Córdoba, Puente Genil-Herrera, Antequera-Santa Ana y Málaga María Zambrano, de la que conserva los dos pabellones decimonónicos de entrada y salida de viajeros, en rehabilitación. La estación, inaugurada en 2006 con un coste superior a 135 M€, ocupa una superficie de 51.377 m² y contiene bajo su airosa y gran cubierta metálica 8 vías, cinco de ellas de ancho UIC y tres de ancho ibérico. Hoy hay programados doce viajes diarios en ambas direcciones con un máximo de cinco paradas intermedias y una duración que oscila entre 2,25 y 2,50 horas. La cifra de viajeros en 2009 fue de 5,5 millones de viajeros en 2010. El viaje de



Córdoba a Málaga se realiza en 54 minutos. A pesar de la fuerte competencia de los vuelos en avión de bajo coste, el AVE frente al avión, en 2009 acaparó el 64% de los viajeros entre Madrid y Málaga.

La estación de Antequera-Santa Ana se ha convertido en el centro distribuidor del tráfico ferroviario del sur de España debido a sus cambiadores de ancho de vía y permite la conexión con Algeciras. El acceso a las vías, cinco de ellas para ancho UIC y dos para ancho ibérico, se facilita mediante tres andenes cubiertos por marquesinas metálicas. A 800 metros está el cambiador de ancho, de tipo dual, que permite la adaptación en los trenes con ejes de ancho variable para que puedan realizar su recorrido por la línea convencional. En el casco urbano se construye la que será segunda estación de alta velocidad de Antequera, que dará servicio al eje transversal andaluz. Por su parte, la vanguardista estación AVE de Puente Genil-Herrera, inaugurada en diciembre 2006, cuya cubierta metálica asemeja un pájaro levantando el vuelo, costó 7,2 M€, y está ubicada entre Puente Genil (Córdoba) y Herrera (Sevilla), en un área de 1.600 m² provista de cuatro vías de ancho internacional.

EJE TRANSVERSAL DE ANDALUCÍA

El punto clave de la conexión en el futuro corredor transversal de Andalucía se anclará en el NAFA (Nuevo Acceso Ferroviario de Andalucía), en la zona de Antequera. Allí llegarán, por el oeste, los viajeros de Huelva y Cádiz y, por el este, los de Granada y Almería, formando, junto con Sevilla, el llamado Eje Transversal Ferroviario de Andalucía. A su vez, a Antequera podrán incorporarse los viajeros de Algeciras y a Sevilla los de Cádiz. Una vez en Antequera podrán subir hacia la Meseta por la línea AVE de 1992 o bajar al sur por la Málaga-Córdoba. Las capitales andaluzas del eje transversal se comunicarán a través de una línea de altas prestaciones, de 441 kilómetros de longitud, que acogerá tráficos mixtos a una velocidad máxima de 220 km/h. El eje completo abarca un total de 503,7 kilómetros de oeste a este, dividido en los tramos Huelva-Sevilla, Sevilla-Antequera (éste a cargo de la Junta de Andalucía) y Antequera-Granada, y el tramo en estudio Granada-Almería. La unión de Jaén al eje transversal aún no está proyectada, pero sí podrá unirse en Linares a la histórica línea Madrid-Alcázar de San

La línea Córdoba-Málaga ha establecido un tiempo de viaje entre ambas ciudades de 54 minutos.



Ejecución del tablero del viaducto de Archidona, de 3,1 kilómetros de longitud, situado a caballo de dos subtramos en la línea Antequera-Granada.

Juan-Manzanares-Linares, en obras para adecuarla a alta velocidad.

Tramo Huelva-Sevilla

El Ministerio de Fomento ha licitado en 2011 la construcción de los cinco subtramos de que constará la línea Huelva-Sevilla, de 95,9 kilómetros, que enlazará ambas ciudades en 35 minutos y Huelva con Madrid en 2:55 horas. La línea se construirá para tráfico de viajeros y se conservará la existente para el de mercancías. Su recorrido es: Majarabique-Valencina de la Concepción-Sanlúcar la Mayor-La Palma del Condado-Niebla y Huelva. El nuevo trazado se inicia en el cambiador de Majarabique (Sevilla), donde enlaza con la línea de AVE Sevilla-Madrid y durante un tiempo corre paralelo a la línea de ancho ibérico Sevilla-Huelva hasta superar la zona industrial de Camas y superar Valencina de la Concepción, tras la que se aleja de la línea existente hasta llegar a La Palma del Condado (Huelva), donde de nuevo se herma-

na con la misma, salvo un una variante de trazado en Niebla, hasta llegar a Huelva. La línea debe sortear un obstáculo no contemplado en el proyecto: su proximidad al Bien de Interés Cultural “Humilladero de San Onofre”, templo religioso gótico-mudéjar del siglo X.

Tramo Sevilla-Antequera

Este tramo del eje, con una longitud de 128 kilómetros, es construido por la Junta de Andalucía con un presupuesto para la obra de plataforma próximo a los 700 M€, cofinanciados por el Fondo Feder 2007-2013, que aportará el 80% del total. El tramo ha sido dividido en doce subtramos donde se construye una doble vía de ancho UIC electrificada, con radios tipo de 7.000 metros y rampa máxima de 25 milésimas, apta para velocidades máximas de 250 km/h. Los cinco primeros subtramos, entre Sevilla y Marchena (Sevilla), están en fase de proyecto o en obras y el resto, de Marchena a Antequera-Santa Ana, en ejecución.



Imagen virtual de la futura terminal de Huelva, estación término de la línea de alta velocidad Sevilla-Huelva.

Tramo Antequera-Granada

Se trata de un trazado nuevo a la antigua línea Bobadilla-Antequera-Granada, construida entre 1865 y 1874 por el Ferrocarril Córdoba Málaga e inicia su trazado en el nudo de Bobadilla, lugar donde además puede enlazar con la línea Córdoba-Málaga y permitir la conexión directa por alta velocidad de Granada con Málaga, Córdoba, Sevilla y Madrid. Tiene que salvar el río Guadalhorce y numerosos arroyos así como el acuífero de Archidona, que suministra agua a dicha localidad y a Villanueva de Tapia, mediante viaductos y túneles. Próximo a Loja surge un paraje rocoso con altas caídas de agua, Los Infiernos, en una angostura tallada por el Genil en la sierra de Loja que la línea antigua tuvo que salvar con varios viaductos y túneles y que también requiere importantes obras en su nuevo trazado.

En este tramo, de 125,6 kilómetros divididos en 17 subtramos, Adif inició las obras entre 2007 y 2011, salvo en la Variante de Loja. Los primeros 35 kilómetros discurren entre el nudo de Bobadilla (con los cuatro subtramos adjudicados y/o en obras) y la Peña de los Enamorados, un recorrido donde destacan los viaductos sobre la A-92 (2.526 metros) y Cortijo de Roperos (684 metros). En los siguientes 21 kilómetros, entre Peña de los Enamorados y Quejigares, se sitúan dos de los principales elementos

singulares del tramo: el viaducto de Archidona (3.150 metros en dos subtramos contiguos, con 59 vanos de 50 metros de luz más dos en los extremos de 35 metros y dos centrales de 65 metros, plataforma de 14 metros de anchura, en ejecución muy avanzada) y el túnel bitubo de Quejigares (3.369 metros, el más largo de la línea, ejecutado mediante tuneladora). Otro túnel destacado es el de Archidona, de 1.000 metros, ya calado.

El siguiente tramo, la Variante de Loja, de 21,4 kilómetros, es de gran complejidad técnica por la presencia de un acuífero. Adif licitó en mayo las obras del primero de los cuatro subtramos de la variante, estando los restantes en fase de redacción de proyecto. Más adelante, una vez superado el subtramo Loja-Tocón, en servicio con ancho ibérico sin electrificar, continúan las obras durante 32,4 kilómetros hasta alcanzar la capital granadina mediante un subtramo de acceso cuya redacción de proyecto ya está adjudicada.

Las nuevas estaciones del recorrido se situarán en Antequera (Málaga) y en Loja, donde se remodelará la existente. En la ciudad de Granada se construirá una nueva estación con pro-

►►► *El eje transversal andaluz se desarrollará desde Huelva hasta Almería*



Plataforma ya terminada en el subtramo Pinos Puente-Valderrubio de la línea de alta velocidad Antequera-Granada.

yecto del arquitecto Rafael Moneo, de unos 45.000 m², con cinco vías de ancho UIC y tres de ibérico, junto al Camino de Ronda.

Tramo Granada-Almería

La línea de altas prestaciones Granada-Almería, incluida en el eje transversal andaluz, tiene como objetivo acortar el trayecto entre am-

bas ciudades. El estudio informativo, terminado en 2009, calcula una inversión de 2.200 M€ para adecuar los 181,4 kilómetros actuales de vía única entre Granada y Almería, que se recorren actualmente en 126 minutos, a no más de 160 kilómetros de vía doble a recorrer en 65 minutos. Está considerado como uno de los proyectos ferroviarios más complicados de España por su orografía, al igual que lo fue en el siglo XIX. La línea actual parte de la construida entre 1870 y 1895 entre Linares y Almería por la Compañía Sur y consta de una vía única parcialmente electrificada que

pasaría a tener vía doble totalmente electrificada para tráfico mixto. El recorrido almeriense, elegido por su menor dificultad y coste, atraviesa el valle del río Gérgal (62 kilómetros), mediante 23 viaductos y 16 túneles; la línea se dividirá en dos tramos: embalse de Cubillas a Huéneja (ambos en Granada) y Huéneja a Huércal, ya en el área metropolitana de Almería. Con la nueva línea, Almería y Granada se situarán a 1:05 horas y Sevilla, a 2:11 horas.

El anillo ferroviario de Bobadilla

La provincia de Málaga contará con el Anillo Ferroviario de Pruebas y Experimentación de Bobadilla, en proyecto, para el ensayo y experimentación de innovaciones en la tracción y frenado de nuevas generaciones de trenes y de elementos de infraestructura (vías en placa, subbalasto bituminoso, catenaria polivalente, sistemas de almacenamiento y devolución de energía, entre otros). El conjunto constará de un gran anillo principal, dentro del cual quedarán los pueblos de Molina y Humilladero, de forma elíptica, con 57,5 kilómetros de vías de ancho UIC, con rectas y curvas de gran radio que permitirán homologar trenes a velocidades de 380 km/h, ampliables a 450 km/h, con un viaducto y un túnel para pruebas especializadas. Un anillo secundario se inscribe en el anterior con ancho ibérico con curvas más cerradas

y una longitud de 20 kilómetros, adecuado para una velocidad punta de 220 km/h. La instalación se completa con un circuito de cinco kilómetros de vías adicionales de anchos ibérico, UIC y métrico y curvas muy cerradas para ensayo de vehículos de transporte urbano y pruebas de seguridad y de prevención de descarrilamientos, con tramos en "S" para circulación en curva y contracurva. El presupuesto, que financiará el Ministerio de Ciencia e Innovación, será de 344,45 M€ con la aportación del 80% del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (Feder). La primera fase tiene prevista su licitación en julio de 2011 para la construcción de una nave de talleres y laboratorios, próxima al nudo de Bobadilla, para la homologación técnica y certificación de materiales, infraestructuras y trenes, con un coste de 9 M€.



Duplicación de la vía en el subtramo de San Fernando de la línea de alta velocidad Sevilla-Cádiz.

OTRAS LÍNEAS

A partir de las líneas de alta velocidad existentes en Andalucía se están desarrollando nuevas conexiones que permitirán establecer en el futuro relaciones ferroviarias entre todas las capitales andaluzas o con otras líneas fuera de la comunidad autónoma. Son las siguientes:

Línea Sevilla-Cádiz

Cádiz, donde surgió en 1830 el primer proyecto de construir una vía férrea en la España peninsular, para el trayecto Jerez al muelle del Portal, quiere aprovechar una conmemoración histórica para propulsar la construcción rápida de su línea de alta velocidad: las celebraciones del bicentenario de la promulgación de la Constitución de 1812 en Cádiz, con la doble vía que enlazará Madrid y Cádiz en 3:15 horas.

La línea Sevilla-Cádiz inicia su andadura en el cambiador de ancho de Majarabique (Sevilla) y se basa en la duplicación de la vía existente en ancho ibérico de dos tramos: Sevilla-Jerez y Jerez de la Frontera-Puerto de Santa María, construidos entre 1854 y 1866 por el Ferrocarril Sevilla-Jerez-Cádiz. La línea para altas prestaciones, en obras desde 2009, tendrá un total de 156,8 kilómetros. Con un presupuesto total de 700 M€, contará con travesía polivalente para dar servicio a alta velocidad, Media Distancia, Cercanías, mercancías y tren tranvía.

En alta velocidad, los tiempos de viaje quedarán entre Cádiz y Sevilla en 55 minutos y entre Cádiz y Córdoba en 1:40 horas.

El trayecto, todo él en obras o en servicio, cuenta, en el tramo Sevilla-Jerez de la Frontera (104,3 kilómetros), con los 23 primeros kilómetros en servicio, mientras que el segundo, Jerez-Cádiz (52,5 kilómetros), tiene en servicio provisional el 97% del recorrido. Entre Dos Hermanas y Utrera está en servicio para uso convencional y en Puerto Real se establece un desvío a la universidad de 1,7 kilómetros.

La provincia de Cádiz tendrá 10 nuevas estaciones: El Puerto de Santa María, Valdelagrana, Las Aletas, Puerto Real, San Fernando centro, San Fernando-bahía sur, Estadio, Segunda Aguada, San Severiano y Cádiz, así como otra en el aeropuerto de Jerez. La estación de San Fernando-Centro, o estación de La Isla, soterrada y en servicio, ha costado 4 M€ y sustituye al antiguo apeadero en superficie, con dos niveles: superior para el ingreso y salida de viajeros e inferior para el tráfico ferroviario.

Línea Algeciras-Antequera

La línea Antequera-Algeciras (176 kilómetros) es actualmente de vía única y sin electrificar, ofreciendo una velocidad baja a pesar del uso considerable que tiene, sobre todo en el transporte de mercancías hacia el puerto espa-



Edificio histórico de la estación de Almería y trabajos de perforación del túnel de El Almendral, en el subtramo Barranco de los Gafarillos-Los Arejos de la línea de alta velocidad Almería-Murcia.

ñol más importante, el puerto Bahía de Algeciras, sin olvidar que es paso de viajeros hacia Ceuta y Melilla. El trayecto dura 5:27 horas. Con objeto de ampliar la capacidad de la línea y de mejorar el actual tráfico de mercancías hacia/desde el puerto gaditano, el Ministerio de Fomento desarrolla actualmente la renovación integral de esta infraestructura, que será parte del corredor europeo de mercancías Sines/Algeciras-Madrid-París. Las actuaciones previstas son la implantación de una doble vía de ancho UIC entre Antequera-Santa Ana y Ronda (70 kilómetros, en fase de estudio informativo) y la adaptación de la línea existente para ancho UIC e ibérico entre Ronda y Algeciras (106 kilómetros). El Mi-

nisterio de Fomento ha concluido recientemente las obras de renovación de la línea entre Ronda y San Pablo de Buceite (59,6 kilómetros), con una inversión de 176 M€.

Línea Almería-Murcia

Esta línea, parte integrante del Corredor Mediterráneo que conectará con el eje transversal andaluz, discurrirá a lo largo de 184,5 kilómetros entre las ciudades de Almería y Murcia, correspondiendo 108,1 kilómetros del trazado a la provincia de Almería y el resto a la de Murcia. Se trata de una línea diseñada para tráfico mixto, de nuevo trazado en la parte almeriense, que estará equipada con las últimas tecnologías en señalización (Ertms y ASFA) y comunicaciones (GSM-R), siendo apta para velocidades punta de 300 km/h. El presupuesto para su ejecución superará los 2.500 M€.

De los 13 subtramos en que se divide la línea a su paso por la provincia de Almería, cuatro se encuentran en fase de ejecución y ocho están en la fase de redacción de proyecto, mientras que el subtramo de accesos a Almería ha recibido la aprobación definitiva del estudio informativo. Las principales estructuras de la línea son el túnel de Sorbas (bitubo, de 7,5 kilómetros de longitud, el túnel más largo de Andalucía, que tiene calado el primer tubo y progresa en el segundo) y el viaducto de Cadímar (1.965 metros), estando prevista una nueva estación intermedia en Vera-

Almanzora, cuyo proyecto constructivo ha sido adjudicado. En la ciudad de Almería se llevará a cabo una importante operación de integración urbana del ferrocarril, por valor de 283,8 M€, consistente en el soterramiento integral del pasillo ferroviario y la construcción de una nueva estación subterránea, aunque respetando el edificio de la terminal histórica.

Con un horizonte temporal más dilatado, y con objeto de completar el Corredor Mediterráneo en Andalucía, el Ministerio de Fomento tiene previsto licitar este año el estudio de la conexión ferroviaria de alta velocidad entre Almería y Algeciras por la costa (330 kilómetros, con una inversión estimada de 11.700 M€). ◀



Corredor Noreste

La línea Madrid-Barcelona-Frontera francesa enlaza desde 2008 las dos grandes urbes españolas y conectará en 2012 con la red de alta velocidad gala

De Madrid a Europa



La línea de alta velocidad Madrid-Barcelona, en servicio desde febrero de 2008, es el eje vertebrador del Corredor Noreste, de 804 kilómetros. Para su finalización actualmente se ejecuta el tramo Barcelona-Figueras, que conduce hasta la frontera francesa, con hitos como los túneles urbanos de Barcelona y Girona y la terminal de La Sagrera, que permitirá el próximo año la interoperabilidad de la red española de alta velocidad con la europea. Este corredor ha desarrollado la extensión Zaragoza-Huesca y prepara su conexión en Tarragona con el Corredor Mediterráneo.



PEPA MARTÍN FOTOS: ADIF Y RENFE

Este año se cumple el tercer aniversario de la puesta en servicio de la línea de alta velocidad Madrid-Zaragoza-Barcelona, una infraestructura de última generación plenamente integrada en el entorno y de total fiabilidad. A ello se unen los elevados estándares de velocidad, regularidad y confort que ofrece el AVE. Su elevada demanda así lo avala: en los tres primeros años de andadura la línea ha sido empleada por más de 17 millones de viajeros.

La entrada en funcionamiento, en febrero de 2008, de esta línea de 621 kilómetros (667 incluyendo variantes) entre Madrid y Barcelona –lo que la convierte en la más larga del mundo de las líneas en explotación–, ha reducido en unos 70 kilómetros la distancia ferroviaria existente por la línea convencional de vía única, que seguía el trazado original del siglo XIX, así como los tiempos de recorrido, que han pasado de más de seis horas a tan sólo tres. Su trazado permite una velocidad de proyecto de 350 km/h en prácticamente el 86% del recorrido, aunque Renfe Operadora lo explota comercialmente a 300 km/h.

Sus orígenes se remontan a la década de los años 80 del pasado siglo. El 8 de diciembre de 1988, el Consejo de Ministros aprobó el proyecto de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona, dando así cumplimiento al Plan de Transporte Ferroviario (PTF) al que se dio luz verde un año antes, que no contemplaba una línea apta para velocidades de 300 km/h, sino la duplicación de la vía en todo el trazado con nuevas variantes a lo largo del mismo. Finalmente se decidió construir esta infraestructura ferroviaria en ancho UIC y con parámetros de alta velocidad.

Fueron necesarios veinte años para completar un trazado de difícil elección, que se hizo especialmente complicado en la salida de Madrid,



Tren S 103 en la estación Madrid-Puerta de Atocha, origen de la línea.

para la que se optó por un recorrido paralelo al nuevo acceso ferroviario a Andalucía en los primeros kilómetros y describiendo una gran curva por el sur de la capital, paralela a la autopista de circunvalación M-50; algo parecido se llevó a cabo en el tramo Lleida-Martorell, con la existencia de dos variantes principales, de las que finalmente se eligió la del sur por La Secuita-Perafort, para acercarse a Tarragona y facilitar la conexión con el Corredor Mediterráneo, y en la entrada a Barcelona.

Primeros tramos

Los primeros tramos de la línea se licitaron en 1993, y en 1995 se iniciaron los trabajos. El tramo Madrid-Zaragoza-Lleida, de 442 kilómetros de longitud y una inversión de 4.500 M€, entró en servicio en octubre de 2003 con la circulación de trenes Alaria y AVE S 100 procedentes de la línea Madrid-Sevilla, aunque inicialmente solo alcanzaban velocidades



punta de 200 km/h. En este trayecto se dispusieron las estaciones de Guadalajara-Yebes (nueva), Calatayud (remodelada y ampliada), Zaragoza-Delicias (nueva, con diez vías, cinco de ellas de ancho UIC) y Lleida-Pirineus (remodelada), además de la terminal de origen (Madrid-Puerta de Atocha).

A fin de mejorar la velocidad en 2004 comenzó la implantación en la línea de un nuevo sistema de señalización, el Ertms nivel 1, que permitiría aumentar progresivamente la velocidad de los trenes. Así, en 2006, con el nuevo sistema aplicado comercialmente por primera vez en España, los AVE S 102 alcanzaron velocidades máximas primero de 250 km/h y luego de 280 km/h, para alcanzar los 300 km/h en mayo de 2007, lo que redujo considerablemente los tiempos de viaje. Previamente, en mayo de 2006, se estableció el primer servicio comercial entre Madrid y Barcelona mediante un S 120 Alvia de CAF de ancho variable que utilizaba el nuevo cambiador situado en Puigvert de Lleida para continuar viaje a Barcelona por la vía convencional.

En diciembre de 2006, tras una inversión de 1.613 M€, se inauguraron otros 108 kilómetros



La línea ha sido recorrida por dos modelos AVE: el S 103 (izquierda, sobre un viaducto) y el S 102 (debajo, en la estación de Zaragoza-Delicias).



de la línea correspondientes al tramo Lleida-Camp de Tarragona, además de la variante de Lleida. Como actuaciones más singulares de este tramo, que por primera vez conectaba entre sí a dos capitales catalanas mediante la alta velocidad, destacan la nueva estación de Camp de Tarragona, una veintena de viaductos (entre ellos los de Vinaixa y Santa Oliva) y siete túneles (destaca la actuación de refuerzo realizada en los túneles de Montblanc).

Prácticamente catorce meses más tarde se puso en servicio el tramo Tarragona-Barcelona, de 98 kilómetros y una inversión de 2.653 M€, con el que culminaba la conexión en alta velocidad entre las dos principales ciudades españolas. La actuación más relevante de este tramo fue el acceso a la ciudad de Barcelona, una obra rodeada de gran complejidad debido a que la línea debía transcurrir por zonas muy pobladas y en concurrencia con otras infraestructuras de transporte, lo que obligó a soterrar la parte final del recorrido. Las actuaciones más singulares del tramo fueron los viaductos de Sant Boi y El Prat y el túnel L'Hospitalet-Sants, de 4,7 kilómetros.

Para la llegada del AVE a Barcelona se llevó



Corredor Noreste

Los S 103 recorren la línea a una velocidad punta de 300 km/h. Debajo, viaducto sobre el río Fluviá, en el subtramo gerundense Vilademuls-Pontós. Con 835 metros, es el más largo del tramo Barcelona-Figueres.



a cabo la remodelación de la estación de Sants. Se construyeron dos nuevas vías (de 12 a 14), se reestructuró y amplió el vestíbulo central, se erigió un nuevo aparcamiento subterráneo de casi 1.000 plazas, se incorporaron nuevas tecnologías ferroviarias y se mejoraron la movilidad y la accesibilidad. Con objeto de minimizar las afecciones de las obras se realizaron varias actuaciones para no afectar al servicio de Renfe en Barcelona y su entorno metropolitano, no sólo en Sants y en sus accesos, sino también en las estaciones de Francia y Montcada Bifurcación, en los accesos a Sant Andreu Comtal, y en la de El Prat, donde se construyó una provisional.

Tras una inversión global de casi 9.000 M€, la conexión de alta velocidad Madrid-Barcelona se estrenó el 20 de febrero de 2008 con sendos viajes de trenes S 103 entre ambas ciudades, que cubrieron la distancia en 2 horas y 38 minutos. Renfe Operadora fijó inicialmente una frecuencia de 17 trenes diarios por sentido, pero la buena acogida de este servicio ha permitido aumentarlo de forma progresiva hasta alcanzar las 28 conexiones diarias por sentido existentes hoy en día.

Tramo Barcelona-Figueres

Aunque la línea ha alcanzado ya el hito de unir por medio de la alta velocidad

las dos principales ciudades españolas, todavía está incompleta pues falta la prolongación del trazado hasta la frontera francesa, su destino final. Para ello se construye actualmente el último tramo, Barcelona-Figueres, de 132 kilómetros de longitud y 4.200 M€ de presupuesto, cuya puesta en servicio está prevista para el año 2012. Cuando esté finalizada, la línea tendrá una longitud de 804 kilómetros entre Madrid y Figueres.

Pieza imprescindible para completar el corredor y garantizar su interoperabilidad con las redes europeas de alta velocidad es su parte fi-



Cofinanciada por Bruselas

El Ministerio de Fomento ha invertido más de 8.700 M€ en la construcción de la línea Madrid-Barcelona y destinará otros 4.200 M€ al tramo Barcelona-Figueras, ambos encuadrados en un corredor ferroviario que forma parte del Eje Prioritario número 3 en materia de transporte para la Comisión Europea. Por este motivo su construcción ha sido cofinanciada por fondos comunitarios. Concretamente, el Fondo de Cohesión Europeo, durante el periodo 2000-2006, desembolsó para la línea una ayuda de 3.388,9 M€, cantidad destinada a las obras de plataforma del tramo Madrid-Barcelona, al suministro y montaje de vía del tramo Madrid-Vilafranca del Penedés y a las instalaciones de electrificación, señalización y comunicaciones del tramo Madrid-Lleida. En este mismo periodo, los estudios, proyectos y obras del tramo Macanet-Sils recibieron 70,9 M€ de financiación de las Ayudas RTE-T (Redes Transeuropeas de Transporte).

Durante el periodo 2007-2013, las ayudas RTE-T también cofinancian con 6,1 M€ las obras de adecuación del tramo Girona Mercancías-Variante de Figueras para su explotación en ancho internacional. El Banco Europeo de Inversiones (BEI) también participa en la financiación del proyecto.

Las ayudas han alcanzado también a la sección internacional Figueres-Perpiñán, que recibió 540 M€ de subvenciones públicas, incluidas las ayudas de la Unión Europea.

nal, la sección internacional Figueres-Perpiñán, construida por un consorcio binacional en régimen de concesión, con una inversión de 1.100 M€. Este tramo, apto para tráficos de mercancías y de viajeros, entró en servicio en diciembre pasado. Se trata de 44,4 kilómetros de doble vía de ancho UIC –19,8 en territorio español y 24,6 en Francia– cuya pieza central es el túnel de Pertús, que salva la barrera pirenaica mediante dos tubos paralelos de 8,2 kilómetros de longitud –7,2 kilómetros en Francia



y 1 en España–, sección interior de 8,5 metros de diámetro y 41 galerías de seguridad, contruidos mediante dos tuneladoras TBM de doble escudo. Otras estructuras de la sección internacional son nueve viaductos, cinco de ellos en el lado español (Llobregat I, Llobregat II, Gou, Ricardell y Muga).

Viaducto sobre la AP-7 en el subtramo barcelonés La Roca del Vallés-Llinars, ya terminado.

La sección internacional enlaza mediante un ramal de conexión con la nueva estación de Figueres-Vilafant, de planta única con superficie de 12.598 m², que ha requerido una inversión superior a 5 M€. En esta terminal, equipada con cuatro vías, confluyen actualmente las líneas de ancho UIC de la sección internacional y las de ancho ibérico de la línea



PAET de Montcada-Mollet, ya terminado. Debajo, entrada a la estación de Figueres-Vilafant.

Barcelona-Portbou. Desde diciembre, la estación es punto de llegada y salida de la nueva relación ferroviaria Barcelona-París, que combina el trayecto Barcelona-Figueres por la línea convencional a bordo de trenes de la serie 499 de Renfe Operadora y el Figueres-París por las vías de ancho UIC a bordo de los tre-

17 millones de pasajeros

En sus tres años de servicio, la línea Madrid-Barcelona ha sido utilizada por casi 17 millones de pasajeros, siendo el trayecto punto a punto Barcelona-Madrid el de mayor demanda, con 7.694.097 viajeros. Esto se traduce en una cuota de mercado del corredor del 45,7% y un nivel de ocupación del 78,5%, de una oferta total de 21.737.591 plazas, con una media de 21.500 plazas diarias, además de 57.334 circulaciones de trenes con un índice de puntualidad del 98%.

Durante el último año, de febrero de 2010 a febrero de 2011, más de 5,3 millones de viajeros han utilizado este servicio, de los cuales 2.562.622 pasajeros han viajado en el trayecto punto a punto Madrid-Barcelona, 1.231.008 de Madrid a Zaragoza, mientras que entre Barcelona y Zaragoza lo han hecho 514.991 personas.

El perfil del cliente de este servicio suele ser el de una persona con estudios universitarios (72%), que se desplaza por motivos de trabajo (56,4%), mientras que el 43,6% restante lo hace por ocio o para ver a la familia. La frecuencia con la que lo utilizan suele ser de 38 viajes al año, con una fidelidad al tren del 81%, al que valoran con 8 puntos en una escala de 0 a 10.

Gracias a esta transferencia de viajeros de otros modos de transporte al tren se ha ahorrado la emisión de 614.297 toneladas de CO₂ y de consumo energético de 2.510,6 GWh, lo que equivale al consumo anual de electricidad de los hogares de una ciudad de 1.885.000 habitantes.

nes TGV Duplex de la SNCF, con trasbordo en la estación gerundense. Este servicio, utilizado por 14.000 pasajeros en su primer mes de vida, se cubre en 7 horas 25 minutos, con dos trenes diarios por sentido, que se reducirán a 5 horas 35 minutos cuando esté finalizado el tramo Barcelona-Figueres.

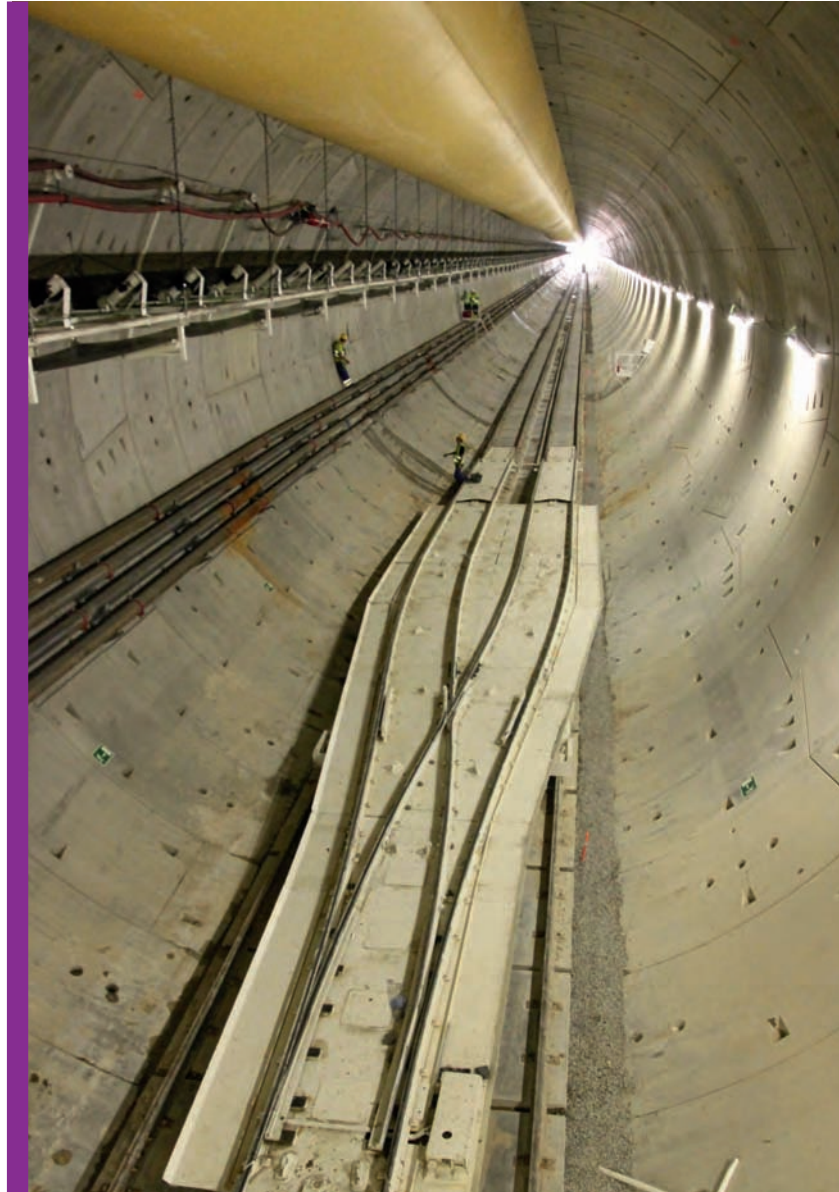
La terminal de Figueres-Vilafant se ha construido al final de la Variante de Figueres, una variante de la línea convencional Barcelona-Portbou que elimina el anterior trazado urbano y que, en su fase I, ha permitido construir un trazado de vía mixta (tercer carril) de 4,5 kilómetros, por donde circulan indistintamente los trenes convencionales y los de alta velocidad. En su extremo norte conecta con el subtramo Borrassà-Figueres, último de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-Frontera Francesa, que incluye el túnel de Figueres, de 1.740 metros, excavado según el nuevo método austriaco. Su parte final conecta con el ramal que permite el enlace con la sección internacional Figueres-Perpiñán.

En dirección sur, la línea de alta velocidad ultima la construcción de la plataforma a lo largo de 35 kilómetros por las comarcas del Alt Empordà, Pla de l'Estany y Gironés hasta la ciudad de Girona. En este recorrido están ya finalizados 19 viaductos y 8 túneles. Entre los primeros destaca el viaducto que salva el río Fluvià, que con sus 835 metros de longitud es el más largo del tramo Barcelona-Figueres. Y entre los túneles, los más notables son los de Les Cavorques (2.939 metros) y Sarrià del Ter (3.042 metros), este último a la salida del casco urbano de Girona.

Túneles urbanos de Girona

En Girona se acomete actualmente la integración urbana del ferrocarril, una compleja operación consistente en la construcción de un túnel urbano dividido en dos tramos a lo largo de 3,6 kilómetros entre el sector de Mas Xirgu y la zona deportiva de Fontajau, al sur y al norte de la ciudad respectivamente, entre los que se intercalará la futura estación de alta velocidad. Un total de 2,8 kilómetros se excava mediante la tuneladora del tipo EPB *Gerunda* (Girona en latín), mientras que el resto corresponde a los pozos de ataque y extracción y a la estructura de la estación, o bien se ha ejecutado mediante pantallas. Este procedimiento consiste en realizar dos pantallas o paredes laterales de hormigón armado dentro del terreno, sobre las que se coloca una losa que las une por su parte superior. Posteriormente se excava por debajo de la losa hasta construir la contrabóveda.

La tuneladora *Gerunda* inició en marzo de 2010 el ataque al primer túnel urbano, Girona I, de 1,3 kilómetros de longitud y 9,4 m² de sección interior, al que revistió con 5.124 dovelas de hormigón armado para completar la coloca-



ción de 732 anillos de revestimiento estructural. Su avance, en dirección sur-norte, se realizó a una profundidad de 22 metros. El cañe del túnel se produjo en septiembre de ese mismo año, una vez alcanzada la estación, en la zona del Parc Central. Durante la perforación, Adif instaló un completo dispositivo de sensores para controlar y garantizar la seguridad de la obra.

Interior del túnel Girona I, ya finalizado, primero de los dos subterráneos que discurren bajo la ciudad.

Después de una parada programada para su inspección, *Gerunda* fue trasladada más de 600 metros al norte de la estación para iniciar desde allí el ataque del segundo túnel urbano, Girona II, de 1.565 metros de longitud, cuyo trazado abandona el corredor ferroviario existente y discurre bajo el cauce del río Ter antes de llegar al pozo de extracción, alcanzando profundidades máximas de 36 metros. La perforación, iniciada el pasado 6 de abril, está previsto que



Barcelona-Sagrera Alta Velocitat



De izquierda a derecha, vista de las obras de plataforma en el sector urbano de Sant Andreu, en Barcelona; túnel ya terminado de Montcada i Reixac, y ejecución con tuneladora del túnel La Sagrera-Sants, en Barcelona.

finalice en breve y ha contemplado las mismas medidas de seguridad que en el primer túnel.

Respecto a la nueva estación de Girona, Adif ultima actualmente su estructura interior, que tendrá una longitud de 640 metros, una anchura de 58 metros y una profundidad de 26 metros. Tras completar la estructura lateral y de apoyo, formada por 675 pantallas y una losa de cobertura de 28.700 m² de superficie, se ha finalizado la primera fase de excavación, con el vaciado de 430.000 m³ de tierras de los 630.000 a extraer. La estación soterrada dispondrá de cuatro vías, con dos andenes de 400 metros, y contará con dos plantas de aparcamiento para 990 vehículos. Tendrá carácter intermodal, incorporando una terminal de auto-

buses. De forma provisional, una vez en explotación la LAV Barcelona-Figueras, los usuarios dispondrán de unas instalaciones conectadas con la actual estación de ancho convencional.

Túnel La Sagrera-Sants en Barcelona

Continuando en dirección sur, el trazado entre Girona y la zona norte de Barcelona se encuentra ya terminado y en servicio a lo largo de unos 50 kilómetros (Riudellots de la Selva-La Roca), siendo utilizado desde diciembre por trenes de mercancías en ancho UIC. En el Vallès Oriental, al norte de la Ciudad Condal, se encuentran en ejecución cinco subtramos que totalizan unos 25 kilómetros. En el subtramo Mollet del Vallès-Montornès del Vallès, Adif avanza en la ejecución del segundo túnel urbano de Montmeló (1.340 metros entre pantallas) y ha instalado el tercer carril en el primer túnel para su explotación en ancho mixto. También destaca el túnel de Montcada i Reixac (4,7 kilómetros, ejecutado en parte con tuneladora), a las afueras de Barcelona.

En la entrada a Barcelona se está avanzando en la construcción de las nuevas infraestructuras de alta velocidad y ancho convencional so-



terradas en el tramo La Sagrera-Nus de la Trinitat, así como en la nueva estación de Sant Andreu Comtal.

En el casco urbano de Barcelona se desarrollan actualmente dos de las actuaciones de mayor complejidad técnica de todo el tramo: la nueva estación de alta velocidad de La Sagrera, futuro polo estratégico de transportes del área metropolitana (aglutinará los servicios de alta velocidad, media distancia, Cercanías, metro, autobuses urbanos e interurbanos), y el túnel urbano Sants-La Sagrera, de 5,6 kilómetros de longitud, que conectará esta futura terminal ferroviaria con la de Sants, al otro lado del casco urbano, propiciando de esta forma la permeabilidad urbana de la línea de alta velocidad procedente de Madrid. La primera de ellas, con un presupuesto de 589 M€, es además la actuación económicamente más elevada de toda la línea.

La ejecución del túnel Sants-La Sagrera, con un presupuesto de 179,3 M€, ha sido encomendada a la tuneladora EPB *Barcino* (nombre latino de Barcelona), que inició su labor de perforación y revestimiento del subterráneo desde el pozo de ataque, situado en la confluencia de las calles Mallorca y Biscaia, el 26 de marzo de 2010. En su recorrido norte-sur bajo el Eixample barcelonés, a una profundidad máxima de

41 metros, el trazado del subterráneo discurre como medida de seguridad por el eje central de las calles Mallorca, Diagonal y Provença, y los trabajos son permanentemente monitorizados por una completa red de sensores que garantizan la seguridad de la obra, del terreno y de los edificios colindantes. En las cercanías de edificios singulares, como la Sagrada Familia, la Casa Milá o la Torre del Fang, se han adoptado una serie de medidas complementarias para preservar su seguridad e integridad, consistentes en la construcción de pantallas de hormigón, entre otras. Estas medidas fueron adoptadas de acuerdo con un comité de expertos creado por el Ministerio de Fomento para evaluar las interacciones que la construcción podía provocar en estas estructuras.

La tuneladora *Barcino* está previsto que complete en breve los 5,1 kilómetros de túnel a per-

►►► *La ciudad de Barcelona es escenario de la construcción del túnel Sants-Sagrera y de la macroestación de La Sagrera*



La llegada del túnel La Sagrera-Sants obligará a remodelar la estación de Barcelona-Sants.

Corredor Noreste



forar (los 500 metros restantes de la longitud total del subterráneo corresponden a los dos extremos, ya ejecutados mediante pantallas de hormigón). Su último tramo hasta alcanzar la zona de Sants es un recorrido de 1,3 kilómetros bajo la calle Provença, desde el pozo de mantenimiento de Provença-Enric Granados hasta el pozo de extracción, situado en la confluencia de las calles Provença y Entença.

La conexión del futuro túnel con la estación de Sants requerirá una importante modificación en esta terminal ferroviaria, ya que la playa de vías y los andenes de la misma están orientados al este, y el nuevo subterráneo enlaza con la estación desde el noreste, lo que hace necesario reorientar su disposición y alinear las instalaciones para adecuarlo a la nueva configuración. Con ese objetivo, el Ministerio de Fomento ha licitado en abril pasado la remodelación de la cabecera norte de Barcelona-Sants, por importe de 31,4 M€.

La actuación prevé un conjunto de modificaciones de la estructura subterránea de la estación para llevar a cabo una redefinición del haz de vías y permitir así, en un futuro, incorporar las vías actualmente empleadas para tráficos de ancho convencional a dicha configuración. Con el fin de reducir las afecciones a la movilidad en superficie, se ha adoptado una solución que permita mantener la losa de co-

bertura actual, evitando así suprimir el tráfico de vehículos en una zona de gran densidad de tráfico.

La nueva disposición se conseguirá retirando las seis vías de alta velocidad en su cabecera norte para ejecutar posteriormente un nuevo trazado de 800 metros de longitud a través del montaje de vía sobre balasto. También se colocará catenaria rígida y se recolocarán las instalaciones de seguridad y comunicaciones manteniendo la tecnología actual. Los trabajos se completarán con la demolición y posterior reconstrucción del extremo norte de los cuatro andenes destinados a servicios de alta velocidad.

Conexión en Tarragona

Al sur de la Ciudad Condal, en el área cercana a Tarragona, el Ministerio de Fomento desarrolla actualmente distintas obras de adecuación y mejora de la red ferroviaria, una de ellas destinada a completar el enlace de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona con el Corredor Mediterráneo. En concreto, se trabaja en la construcción de una doble vía de ancho UIC a lo largo de 12 kilómetros, incluidos sendos ramales de conexión en dirección Barcelona y Lleida, que se inicia una vez pasada la estación de Camp de Tarragona, ubicada en el término de La Secuita junto a la línea de alta velocidad,

Corredor transfronterizo de mercancías

En diciembre pasado entró en servicio el nuevo corredor internacional de mercancías por vías de ancho UIC entre el puerto de Barcelona y Perpiñán, una infraestructura para tráfico mixto diseñada por el Ministerio de Fomento para rentabilizar la puesta en servicio de la sección transfronteriza Figueres-Perpiñán y anticipar los beneficios de la alta velocidad antes de la inauguración en 2012 del tramo Barcelona-Figueres. El corredor tiene una longitud total de 168 kilómetros, de los que 92 corresponden a líneas de ancho convencional en las que se ha instalado el tercer carril para su utilización en ancho internacional (ramales Morrot-Castellbisbal, Castellbisbal-Nudo de Mollet, Girona-Figueres y Variante de Figueres) y 76 kilómetros pertenecen al tramo Mollet-Girona de la conexión Barcelona-Figueres de la LAV Madrid-Barcelona-frontera francesa. La parte final del corredor enlaza con la sección internacional Figueres-Perpiñán para constituir una nueva línea que atraviesa la barrera pirenaica a través del túnel de Pertús y enlaza por primera vez en el mismo ancho de vía con la red de alta velocidad francesa y europea.

Fomento ha invertido 337 M€ en la adaptación del corredor al ancho UIC mediante la implantación del tercer carril en casi un centenar de kilómetros de vía convencional, la construcción del nudo de Mollet, la ejecución de seis apartaderos para trenes largos, la adaptación de la catenaria y las instalaciones de seguridad y comunicaciones de las líneas convencionales. Estas inversiones también han optimizado la línea Barcelona-Portbou, de ancho convencional. Renfe-Operadora, por su parte, ha adaptado las locomotoras para permitir su circulación por las diferentes tensiones de catenaria y ha cambiado los ejes de los vagones para que circulen por vías de ancho UIC.

La nueva infraestructura es todo un hito para el transporte de mercancías por ferrocarril en España, que por primera vez dispone de una línea directa con Europa, sin ruptura de carga en la fron-

tera (lo que reduce los tiempos de viaje) y con mayor capacidad de carga –hasta 20 toneladas más por tren-, ya que permite la circulación de trenes de hasta 750 metros de longitud (frente a los 450 metros de antes). Su inauguración ha aumentado la competitividad del puerto de Barcelona, único español con conexión en ancho UIC.

Con la apertura del corredor, Renfe inició sus tráfico internacionales de mercancías a través del túnel de Pertús, con cuatro trenes semanales que conectan Barcelona con Lyon y Milán. La nueva conexión permite abrir nuevas opciones de enlace con la Red Intermodal Multicliente de Renfe para el transporte de contenedores a través de la terminal de El Morrot. Así, la operadora ha anun-



ciado el inicio de un nuevo servicio entre Barcelona y Toulouse, con tres frecuencias diarias.

Se calcula que los cuatro trenes semanales que conectan Barcelona con Lyon y Milán transportarán 544.000 toneladas durante 2011, de las que 208.000 corresponden al servicio BarceLyon y 336.000 al que une la Ciudad Condal con Italia. Además, el empleo del tren frente a otros medios ahorrará 33.680 toneladas de CO₂ y 13.820 toneladas de petróleo, que serán, en el tráfico de mercancías Barcelona-Lyon, de 13.830 toneladas de CO₂ y 7.860 de petróleo, y en el Barcelona-Milán, de 19.850 toneladas de CO₂ y 5.260 toneladas de petróleo.



AVE S 102 a su paso por la estación de Camp de Tarragona, en 2006.

y concluye en la futura Estación Central de Tarragona, al sur del aeropuerto de Reus.

En esta futura terminal, adjudicada por el Ministerio de Fomento a principios del año 2010 por importe de 54,7 M€, convergerán los dos corredores de alta velocidad y la línea Reus-Tarragona, que permitirá la conexión en ancho ibérico de la ciudad de Tarragona con ambos corredores de alta velocidad gracias a un cambiador de anchos instalado al sur de la terminal. Este enlace conectará por el sur con las obras de duplicación de la vía única entre Vandellós y Tarragona, donde se está montando una doble vía de ancho UIC que resolverá el cuello

de botella que supone este tramo para el Corredor Mediterráneo, el único que queda en vía única entre Valencia y Barcelona. Esta obra entrará en servicio en 2013.

Línea Zaragoza-Huesca

En otra parte de la línea Madrid-Barcelona, y de forma simultánea a su construcción, el Mi-

nisterio de Fomento duplicó a mediados de la pasada década la única vía existente entre Zaragoza y Tardienta, resultando una vía de ancho UIC y otra de ancho convencional hasta esta estación, desde la cual se renovó la vía hasta Huesca con traviesas polivalentes y se montó un tercer carril por donde circulan indistintamente trenes de ancho convencional e internacional.

La línea de altas prestaciones resultante de estas mejoras, con 79 kilómetros de longitud, permitió en un principio la circulación de un tren AVE diario entre Madrid y Huesca en 2 horas 30 minutos con paradas en Guadalajara-Yebes, Calatayud, Zaragoza-Delicias, Tardienta y Huesca, oferta que posteriormente se amplió a dos trenes diarios, uno de ellos semidirecto con parada sólo en Zaragoza.

En marzo pasado, el Ministerio de Fomento presentó el estudio informativo para el aumento de la capacidad de esta línea. Este estudio, que mejorará el trazado de la línea entre Huesca y Tardienta permitiendo un aumento de la velocidad de los trenes, contempla distintas alternativas para el aumento de la capacidad, creando para ello dos líneas independientes, una de ancho UIC y otra de ancho convencional, aptas para alta velocidad. También prevé las actuaciones necesarias para la racionalización y mejora de la playa de vías y los andenes de la estación de Huesca. ◀

▶▶▶ **En la estación Central de Tarragona convergerán los corredores de alta velocidad Noreste y Mediterráneo**



El acceso Norte-Noroeste superará los 1.700 kilómetros, de los que más de 700 están en fase de ejecución

El corredor más largo

Cerca de 200 kilómetros en servicio, 720 en ejecución y casi 400 en proyecto o estudio en sus seis líneas principales, además de otros 425 kilómetros ya en marcha en otras líneas. Esta es la radiografía actual del estado del Corredor Norte-Noroeste de alta velocidad, que con más de 1.700 kilómetros a través del territorio de seis comunidades autónomas está llamado a ser el más largo de la red española.



JAVIER R. VENTOSA FOTOS ADIF

► El Nuevo Acceso Ferroviario al norte y al noroeste peninsular, o Corredor Norte-Noroeste, es el encargado de extender la red de alta velocidad por una amplia zona de la Península que representa más del 30% de los índices nacionales de población y superficie. Su zona de influencia arranca en la Comunidad de Madrid y se extiende en dirección norte por Castilla y León hacia las comunidades de la cornisa cantábrica, previendo enlaces internacionales con Francia y Portugal. Tan amplio es el territorio a cubrir, que Adif construye el corre-

dor desde dos de sus cinco direcciones de línea: Noroeste y Madrid-Valladolid-Norte.

El inicio de su construcción es posterior a la de otros corredores (Sur, Nordeste), y a día de hoy tiene en servicio la línea Madrid-Valladolid (además de la Variante de Burgos). No obstante, a partir de este tronco ferroviario se desarrollan en forma arborescente cinco líneas con dirección a las comunidades periféricas (Valladolid-Venta de Baños-Palencia-León, León-Asturias, Venta de Baños-Burgos-Vitoria/Gasteiz, Vitoria/Gasteiz-Bilbao-Donostia/San Sebastián-Irún y Olmedo-Medina-Zamora-Puebla de Sanabria-Lubián-Ourense-Santiago) que, junto con otras, harán de

Los túneles de Guadarrama, bajo el macizo que separa Madrid de Segovia, son la pieza clave del corredor al acortar las distancias entre la capital y el norte peninsular.



El S 102 es el modelo que realiza el servicio AVE entre Madrid y Valladolid desde finales de 2007.

este corredor el más largo de la red española de alta velocidad, superando los 1.700 kilómetros. Actualmente, con 720 kilómetros en obras, es el corredor con mayor longitud en fase de ejecución.

Cuando su actual configuración de líneas esté terminada, el corredor habrá extendido la alta velocidad por seis comunidades autónomas y por casi una veintena de provincias, poniendo a buena parte de la población de su área de influencia a menos de 50 kilómetros de una estación de alta velocidad.

A continuación se describe la situación actual de las líneas principales del corredor:

MADRID-SEGOVIA-VALLADOLID El tronco del corredor

La línea Madrid-Segovia-Valladolid es el primer gran tramo del corredor, y único en servicio hasta ahora. Conformar el tronco principal a partir del cual crecen las conexiones hacia las comunidades cantábricas, vertebrando el territorio castellano-leonés e impulsando su desarrollo socioeconómico. Todos los trenes AVE, Alvia o Avant con origen en Madrid y destino

en la franja norte-noroeste surcan esta línea, que desde su inauguración en diciembre de 2007 han utilizado más de 9 millones de viajeros.

Esta infraestructura, diseñada para tráfico exclusivo de viajeros a una velocidad máxima de 350 km/h, forma parte del Eje Atlántico Ferroviario Europeo y es uno de los proyectos prioritarios de la Unión Europea en materia de transporte, razón por la cual ha recibido importantes subvenciones de los fondos comunitarios Feder y RTE-T. En total, en su construcción se han invertido 4.205 M€, de los que casi la mitad corresponden a fondos europeos.

La línea ha relegado al trazado convencional que discurre por Ávila, que da un gran rodeo para evitar el paso de la sierra de Guadarrama. Con el nuevo trazado se reduce la distancia de recorrido entre Madrid y Valladolid en 68,5 kilómetros (se pasa de 248 a 179,5 kilómetros). Esto se refleja también en los tiempos de recorrido: el trayecto Madrid-Valladolid, que se hacía en 2 horas 30 minutos, se cubre ahora en apenas una hora, y la relación Madrid-Segovia se realiza ahora en 30 minutos frente a la hora y 45 minutos de antes. Además, gracias a los cambiadores de ancho instalados en Chamartín, Valdestillas y Valladolid se han reducido los

tiempos de viaje en todos los trayectos entre Madrid y la franja norte-noroeste.

Los túneles de Guadarrama son el elemento clave de la línea, ya que permiten acortar el trazado entre Madrid y Valladolid. Se trata de dos tubos de base paralelos de 28,4 kilómetros de longitud cada uno y diámetro interior de 8,5 metros que atraviesan el macizo del Sistema Central que separa las provincias de Madrid y Segovia. Por su longitud, son los cuartos túneles más largos de Europa y los quintos del mundo. Constituyen la principal obra de ingeniería ejecutada en España: su construcción, dividida en cuatro lotes y con un presupuesto de 1.219 M€, fue ejecutada por cuatro tuneladoras de doble escudo, que emplearon algo menos de tres años en perforarlos. El cese de los tubos se produjo en 2005.

Los demás elementos singulares se sitúan en el tramo Tres Cantos-Segovia, que engloba, además de los mencionados tubos, los túneles de San Pedro (8,5 kilómetros, terceros más largos de España) y tres viaductos, entre ellos el de Arroyo del Valle (1.755 metros, el más largo de Europa de tablero continuo). El resto del trazado incluye dos túneles, cinco túneles artificiales, 18 viaductos, dos pérgolas, 48 pasos inferiores y 54 superiores, además de tres Puestos de Adelantamiento y Estacionamiento de Trenes (PA-ET). Para poner en servicio la línea se acondicionaron también las estaciones de Madrid-Chamartín y Valladolid-Campo Grande, y se construyó la nueva estación de Segovia-Guomar, fuera del casco urbano.



VALLADOLID-VENTA DE BAÑOS-PALENCIA-LEÓN Objetivo 2012

Esta línea tiene como objetivo asegurar la continuidad entre la LAV Madrid-Valladolid y sus conexiones con el norte y el noroeste, en especial con los accesos a León y a Asturias. La futura infraestructura establecerá nuevas relaciones ferroviarias entre las tres capitales de provincia, contribuyendo a la vertebración so-

Estación de Segovia-Guomar (arriba) y pasajeros en Valladolid-Campo Grande, dos de las terminales de la línea.



Copasa

La lucha contra el crono

Reducir el tiempo de desplazamiento frente al tren convencional es una de las metas del Corredor Norte-Noroeste. La entrada en servicio de la LAV Madrid-Valladolid logró un importante ahorro de tiempo en las conexiones ferroviarias con origen o destino en la capital española, que se trasladó a las comunidades del norte-noroeste mediante los cambiadores de ancho instalados en Madrid-Chamartín, Valdestillas y Valladolid-Norte, así como en el ramal Olmedo-Medina del Campo. Con el crecimiento del corredor, Adif tiene previsto instalar nuevos cambiadores de ancho en Palencia y León, destinados a las líneas hacia Santander y Asturias, y se estudia su instalación en otras ciudades.

En el capítulo de material rodante, el Ministerio de Fomento espera ahorrar más tiempo en los viajes a Galicia con los trenes híbrido, modelo derivado del Talgo S 130 en fase de fabricación por el consorcio Talgo-Bombardier, que es movido indistintamente por tracción diésel o eléctrica y está capacitado para circular sobre vías de ancho UIC o ibérico, a 250 km/h en vías electrificadas y a 160 km/h en vías sin electrificar, como las gallegas. El nuevo tren, con la denominación oficial S 130/H, entrará en servicio en la línea a Galicia en 2012.

Los trabajos en la línea Valladolid-León se centran en la construcción de la plataforma. En la imagen, plataforma y estructura en el subtramo Grijota-Becerril de Campos (Palencia).

cioeconómica castellano-leonesa y reduciendo el trayecto Madrid-León a dos horas.

El nuevo trazado, de 162,7 kilómetros a través de las provincias de Valladolid, Palencia y León, incorporará una doble vía de ancho UIC electrificada con señalización Ertms, y ha sido diseñado para velocidades punta de 350 km/h y tráfico mixto. Las principales actuaciones son las operaciones de integración del ferrocarril en León y Palencia, así como el triángulo ferroviario de Venta de Baños. La línea tendrá estaciones en Venta de Baños, Palencia y León, las dos primeras en proceso de remodelación y la tercera ya en servicio, aunque de cara al futuro se proyectan en estas dos últimas sendas terminales soterradas.

La construcción de la línea fue encomendada en diciembre de 2006 a Adif, que segmentó la obra en 15 subtramos. La obra de plataforma, adjudicada entre 2008 y 2009 con una inversión de 705,8 M€, ha superado el 70% de ejecución y se prevé acabarla a finales del verano, a excepción de la conexión Valladolid-Palencia-León del nudo de Venta de Baños. Los contratos de suministro de balasto y traviesas y de electrificación ya están firmados, por lo que el montaje de vía y de superestructura comenzará a final de año. La puesta en servicio de la línea está fijada para finales de 2012.

El trazado, por terrenos llanos, es uno de los menos condicionados por la orografía del Co-



redor Norte-Noroeste, aunque contempla la construcción de 29 viaductos, ocho pérgolas, un túnel y un PAET en Villada. Como elementos singulares destacan el túnel de Peña Rayada (1.998 metros), único de la línea, el viaducto sobre el Pisuerga (1.366 metros) y la sucesión de viaductos y pérgolas del nudo venteño.

En las dos futuras capitales de alta velocidad está ya en marcha la primera fase de actuaciones para propiciar la llegada del AVE en 2012. En Palencia se inició a finales de 2010 la remodelación provisional de la red arterial ferroviaria. Las actuaciones, con presupuesto de 26 M€, se desarrollan en un tramo de 10,1 kilómetros, sobre la plataforma existente, y consisten en la sustitución de una de las dos vías de ancho ibérico por una vía de ancho UIC, además de la electrificación y la adaptación de la estación. En una fase posterior se soterrará el pasillo ferroviario (con dos vías de ancho UIC y una de ancho ibérico) en una longitud de 2.740 metros y se construirá una nueva terminal, con una inversión de 293 M€. Parte de esta cantidad se obtendrá del desarrollo del plan especial de reforma interior de terrenos de Adif.

En León, donde está operativo desde 2008 un enlace sur que evita la entrada de trenes de mercancías al casco urbano, se ha construido parte del pasillo definitivo de entrada a la ciudad y está en servicio desde marzo la estación provisional de alta velocidad, con configuración de fondo de saco. Estas actuaciones en superficie, que han eliminado parcialmente el efecto barrera, son necesarias para la segunda fase de la integración, que prevé el soterramiento del trazado urbano en una longitud de 2.700 metros, una nueva terminal soterrada y el traslado de las instalaciones ferroviarias a un nuevo complejo fuera de la ciudad. Con la liberación de los terrenos ferroviarios se propiciará la reordenación urbanística en León.

Estación provisional de alta velocidad de León, en servicio desde marzo.

LEÓN-ASTURIAS A través de Pajares

Esta línea en fase de construcción extenderá el Corredor Norte-Noroeste desde León hasta las principales ciudades asturianas, asegurando la conexión en alta velocidad entre la Meseta y



Los túneles de base gemelos son la principal obra de la Variante de Pajares.

el Principado con mayor seguridad, menor distancia de recorrido (de los 171 kilómetros actuales a unos 130) y ahorros de tiempo. Por su importancia estratégica, esta conexión se contempla como línea de tráfico mixto en doble vía, apta tanto para trenes de pasajeros como de mercancías, dando solución al estrangulamiento que suponía la rampa de Pajares.

El eje central de la línea es la Variante de Pajares, una colosal obra de ingeniería que ha permitido salvar la barrera natural de la cordillera Cantábrica por el puerto de Pajares mediante dos túneles de 25 kilómetros de longitud, convertidos ya en los séptimos más largos del mundo. La variante es el tramo más complejo de la línea desde el punto de vista constructivo, razón por la cual su ejecución se inició antes, y el más costoso, ya que la inversión prevista en la obra de plataforma es de 3.006 M€, de los que casi 800 M€ corresponden a fondos comunitarios.

Para su ejecución, Adif ha dividido la línea en tres tramos: uno en suelo leonés, León-La Robla; otro a mitad de camino entre León y Asturias, la Variante de Pajares, y el tercero en territorio asturiano, Pola de Lena-Gijón. El tramo central se encuentra en ejecución avanzada y los

dos restantes aún están en tramitación. La situación de los tres tramos es la siguiente:

León-La Robla. Este tramo dispone de Declaración de Impacto Ambiental (DIA) favorable y estudio informativo definitivamente aprobado desde marzo pasado, por lo que aguarda la contratación del proyecto constructivo. El tramo, de 20,6 kilómetros, aprovechará el trazado de la actual línea de doble vía León-La Robla, ampliando su plataforma en casi todo el recorrido salvo en 6 kilómetros que presentan una geometría desfavorable, donde se aumentarán los radios. Sobre la nueva plataforma se realizarán actuaciones de mejora de las condiciones del trazado existente y se modernizarán la electrificación y la señalización para adaptarlas a la alta velocidad, además de montarse una doble vía de altas prestaciones para tráfico de pasajeros y una vía única de ancho ibérico para mercancías.

Variante de Pajares. Tramo central a través del macizo de Pajares mediante un nuevo trazado, en su mayor parte subterráneo. La variante acorta en un 60% el trazado de 1884 La Robla-Pola de Lena (de 83 a 49,7 kilómetros), y permitirá superar los 250 km/h frente a los 60 km/h actuales, acortando los tiempos de viaje

de 63 a 15 minutos para los trenes de pasajeros. Para ello ha sido necesario ejecutar una de las grandes obras de la ingeniería española contemporánea, consistente en la construcción de dos túneles de base de 25 kilómetros cada uno, además de otros 24,7 kilómetros parcialmente en superficie. La plataforma de la variante está ejecutada casi al 96%.



La construcción de los túneles de base, iniciada en 2004, se dividió en cuatro lotes, cada uno de los cuales fue adjudicado a una unión temporal de empresas, encargada de ejecutar una parte de los subterráneos bajo coordinación de Adif. En el proceso, que fue iniciado simultáneamente desde las cuatro bocas, intervinieron cinco tuneladoras. Tras cinco años de excavación, los dos tubos fueron calados. Actualmente, y dada la difícil geología del terreno, con abundante presencia de agua subterránea, se refuerza su impermeabilización. Los cuatro tramos anteriores y posteriores a los túneles, contratados en 2006, prácticamente han culminado la construcción de la plataforma, incluidos nueve viaductos y once túneles, entre ellos el bitubo de Los Pontones, de casi 6 kilómetros. Las siguientes fases son el montaje de vía y de superestructura. Según las previsiones, la variante entrará en servicio a finales de 2012, lo que permitirá que los trenes de ancho variable cubran el viaje Madrid-Oviedo en tres horas y media.



Los cuatro tramos anteriores y posteriores a los túneles, contratados en 2006, prácticamente han culminado la construcción de la plataforma, incluidos nueve viaductos y once túneles, entre ellos el bitubo de Los Pontones, de casi 6 kilómetros. Las siguientes fases son el montaje de vía y de superestructura. Según las previsiones, la variante entrará en servicio a finales de 2012, lo que permitirá que los trenes de ancho variable cubran el viaje Madrid-Oviedo en tres horas y media.

Pola de Lena-Gijón. El único tramo cien por cien asturiano se encuentra en fase de estudio informativo y de estudio de impacto ambiental. La solución que maneja Fomento para este itinerario de unos 60 kilómetros plantea combinar la red existente una vez adaptada con la construcción de nuevos tramos, contemplándose tres variantes (Pola de Lena-Soto del Rey,

Lugo de Llanera-Serín y Villabona-San Juan de Nieva, diseñadas para el AVE y/o para mercancías y Cercanías) y la remodelación del nudo de Villabona (para propiciar los servicios directos Avilés-Gijón), manteniéndose la centralidad de la estación de Oviedo. Al término de las actuaciones, el viaje Madrid-Oviedo se realizará en 2 horas 30 minutos.

La Variante de Pajares, además de los dos grandes subterráneos, incluye otros once túneles y nueve viaductos.

VENTA DE BAÑOS-BURGOS-VITORIA/GASTEIZ. Alta velocidad en la Meseta

Esta línea de 200 kilómetros prolonga la LAV Madrid-Valladolid hasta la conexión con la Y vasca, a través de la Meseta Septentrional, y forma parte del Proyecto Prioritario nº 3 del Eje Atlántico Ferroviario Europeo, razón por la cual está cofinanciada por los fondos comuni-



Corredor Norte-Noroeste

La Variante de Burgos, que incluye la estación de Burgos-Rosa de Lima, está en servicio con travías polivalentes desde febrero de 2009.



de recorrido entre Valladolid y Vitoria en 21,4 kilómetros.

El trazado se divide en dos grandes tramos. El primero, Venta de Baños-Burgos (91,3 kilómetros), arranca y concluye en los dos hitos del recorrido: el nudo de Venta de Baños y la Variante de Burgos. El primero es un triángulo ferroviario que permitirá todos los movimientos posibles entre Valladolid, Palencia y Burgos, y que incluirá una nueva estación, seis viaducos

y un falso túnel para salvar diversas vías de comunicación. Con una inversión de casi 200 M€ para la obra de plataforma, esta actuación se ejecuta desde principios de 2010. La segunda es una variante de 20 kilómetros al norte de la ciudad, en servicio desde febrero de 2009, que ha liberado la anterior travesía urbana. Incorpora dos vías en ancho ibérico con traviesa polivalente, que se transformarán en dos vías de an-

tarios RTE-T y Feder. La infraestructura se ha diseñado para tráfico de pasajeros –las mercancías irán hasta Miranda de Ebro por la línea convencional, y desde allí a Vitoria/Gasteiz en una vía para tráfico mixto– a una velocidad punta de 350 km/h. Su trazado, por terrenos llanos, incluye un 6% del mismo en estructuras singulares y otro 9% en túneles, y reducirá la distancia



cho UIC y otra de ancho ibérico. En el marco de la variante ferroviaria se construyó la estación Burgos-Rosa de Lima, que en el futuro tendrá un haz de seis vías.

Entre ambos hitos se ejecutan desde 2010 casi 68 kilómetros de plataforma, correspondientes a seis subtramos intermedios en las provincias de Palencia y Burgos. En el recorrido, por terrenos llanos, se perforan dos túneles con una longitud total de 1.700 metros y se construyen nueve viaductos con un desarrollo total de 1.575 metros y un PAET en Revilla Vallejera.

El segundo tramo, Burgos-Vitoria/Gasteiz (109,1 kilómetros), está formado por una docena de subtramos mayoritariamente en territorio burgalés y contempla la integración del ferrocarril en Miranda de Ebro, así como otra operación similar en Vitoria/Gasteiz, aunque ésta se realiza en el marco de la Y vasca. Los proyectos constructivos de estos subtramos están redactados y aguardan la salida a concurso.

En el trazado está prevista la construcción de 20 viaductos, ocho túneles y un PAET en Pancorbo. La principal dificultad se encuentra en el subtramo Pancorbo-Ameyugo, de 8,2 kilómetros, a través del desfiladero de Pancorbo, que discurrirá en un 80% soterrado mediante tres túneles, uno de los cuales, de 4.360 metros, será

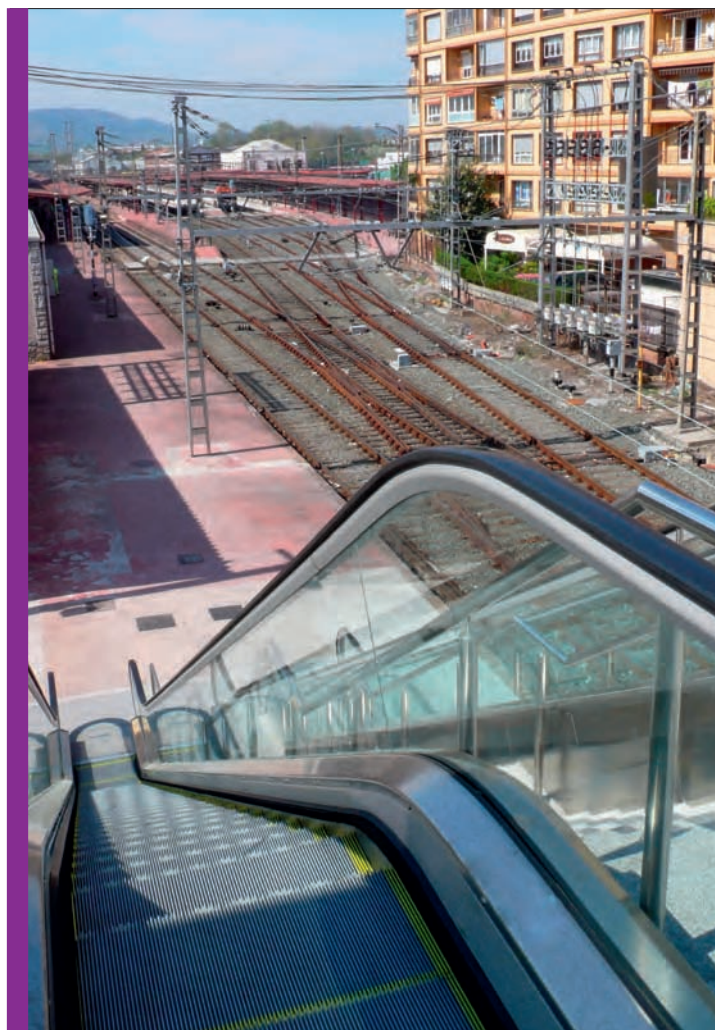
el más largo de la línea. En otros subtramos se construirán dos túneles mayores de 2 kilómetros y un viaducto que supera esa longitud.

Al final del tramo, Miranda de Ebro mantendrá su importancia como nudo de comunicaciones ferroviarias ya que será punto de paso, parada y conexión de dos corredores de alta velocidad: el Norte-Noroeste y el Cantábrico-Mediterráneo. En el marco de la operación de integración urbana del ferrocarril prevista, a desarrollar en un recorrido de 6 kilómetros, se ejecutará la nueva plataforma (están proyectados cuatro nuevos viaductos y tres pérgolas) y se construirá una nueva estación intermodal para dar servicio a ambos ejes de alta velocidad y a las líneas convencionales.

El edificio de viajeros de Miranda de Ebro será sustituido por una nueva estación intermodal.

VITORIA-BILBAO-SAN SEBASTIÁN Por los valles vascos

Esta línea, conocida como Y vasca, da continuidad a la línea Madrid-Valladolid-Vitoria/Gasteiz hasta la frontera francesa, formando igualmente parte del Proyecto Prioritario nº 3 del Eje Atlántico. Cuando esté en servicio, unirá entre sí las tres capitales vascas en unos 30-40 minutos, con importantes reducciones de tiempo respecto al tren conven-



corrido que une las tres capitales vascas, es decir, más del 50%, y el objetivo es tener todo el trazado en obras entre Vitoria/Gasteiz y Bilbao a lo largo de este año y el tramo Bergara-Donostia/San Sebastián en 2013. Adif prevé licitar en la segunda mitad de este año los primeros contratos de raíles, balasto y desvíos ferroviarios.

Los dos tramos han seguido ritmos diferentes. El primero en arrancar, Vitoria/Gasteiz-Bilbao, ejecutado por Adif, es el más avanzado, siendo susceptible de entrar en servicio de forma independiente cuando esté terminado. Actualmente presenta el 60% del trazado en obras de plataforma, con 13 de sus 20 subtramos en ejecución (54,2 kilómetros), uno de ellos (Arrazua/Ubarrundia-Legutiano II) ya finalizado. De los subtramos restantes, en abril se licitó el Eloorrio-Atxondo y falta por contratar el Etxondo-Abadiño, además de los dos de integración ferroviaria en Bilbao y Vitoria/Gasteiz (serán los últimos en construirse) y de los tres correspondientes al nudo de Bergara (donde conectará con el ramal guipuzcoano), que no afectan al

tráfico entre Vitoria/Gasteiz y Bilbao. A lo largo del tramo alavés-vizcaíno están proyectados 44 viaductos (29 en ejecución o ya finalizados), destacando el que salva la carretera A-2620, de 90 metros de altura máxima de pilas, y 23 túneles (se trabaja en 21), entre ellos el bitubo de Albertia, de 4.786 metros.

El ramal guipuzcoano, que ejecuta el gestor vasco de infraestructuras Euskal Trenbide Sarea, arrancó con posterioridad pero comienza a tomar cuerpo tras el importante impulso dado al mismo en los dos últimos años. A día de hoy, tiene el 56% del trazado en obras de plataforma, con 13 subtramos en ejecución (dos de ellos se terminarán en otoño) y la previsión de licitar tres más a lo largo de este año, quedando para 2012 los cuatro últimos subtramos entre Hernani e Irún. De entre las cerca de 40 estructuras del tramo, destacan por sus magnitudes el túnel bitubo de Zumárraga, de 5.660 metros, y el viaducto metálico sobre el río Deba y la AP-1, con pilas de 92 metros de altura.

Viaducto sobre la A-2620 en Aramaio, de 1.392 metros, en el subtramo Aramaio-Mondragón (Álava). Derecha, la integración ferroviaria en Irún eliminará el efecto barrera y traerá una nueva estación intermodal.



Corredor Norte-Noroeste

Ejecución de plataforma en el tramo Olmedo-Zamora y prueba de carga con trenes en un viaducto del tramo Ourense-Santiago, dos realidades de la línea Olmedo-Santiago.



OLMEDO-MEDINA-ZAMORA-PUEBLA DE SANABRIA-LUBIÁN-OURENSE-SANTIAGO. Destino Galicia

Línea de 434,8 kilómetros, la más larga del corredor, que constituirá el principal acceso de alta velocidad desde la Meseta Central a Galicia, con origen en la conexión Madrid-Valladolid y final en el Eje Atlántico. Esta infraestructura, a través de las provincias de Valladolid, Zamora, Ourense, Pontevedra y A Coruña, dispondrá de doble vía de ancho UIC electrificada y sistema Ertms, siendo apta para tráfico de pasajeros y velocidad punta de 350 km/h. Tendrá estaciones en Medina del Campo, Zamora, Pue-

bla de Sanabria, A Gudiña, Ourense y Santiago.

La construcción de la línea, cofinanciada por fondos comunitarios, fue atribuida por el Gobierno al GIF y a su sucesor Adif en distintas fases: la encomienda del tramo Ourense-Santiago data de finales de 2002, mientras que la ejecución del recorrido entre Olmedo y Lubián fue encargada definitivamente a Adif, a finales de 2009, incluido el tramo Lubián-Ourense. El Consejo de Ministros del pasado 8 de abril diseñó una hoja de ruta para la entrada en servicio de toda la línea a finales de 2015, aunque previamente, a finales de este año, se iniciará la explotación comercial del recorrido Ourense-Santiago y su extensión hasta A Coruña, de 150 kilómetros. El desarrollo y seguimiento de las actuaciones se concretó en virtud del acuerdo suscrito en 2009 entre el Ministerio de Fomento y la Xunta de Galicia.

De los cuatro grandes tramos en que se ha dividido la línea (Olmedo-Zamora, Zamora-Lubián, Lubián-Ourense y Ourense-Santiago), los situados en los dos extremos arrancaron en primer lugar, por lo que están más avanzados y entrarán en servicio antes. En un extremo, el Ourense-Santiago (87,1 kilómetros), adjudicado entre 2004 y 2006 (salvo los accesos urbanos, contratados en 2010), tiene el 96% de la plataforma acabada y muy avanzado el montaje de la superestructura, habiendo iniciado las pruebas con trenes en junio pasado para su apertura en diciembre hasta A Coruña. Este tramo, que reduce la anterior distancia de recorrido en 38,5



Viaducto do Eixo, en la parte final del tramo Ourense-Santiago. Debajo, la estación de Zamora se adaptará a la llegada de la alta velocidad

kilómetros, discurre en un 58% del trazado por túneles (30) o sobre viaductos (38).

En el otro extremo, el tramo Olmedo-Zamora (106,9 kilómetros) se desarrolla mayoritariamente separado de la línea convencional por terrenos llanos, por lo que no requiere de grandes estructuras (18 viaductos cortos, dos pérgolas y un PAET en Toro). En cinco de sus seis subtramos, en obras desde 2008, la plataforma está muy avanzada, además de concluirse la conexión con la LAV Madrid-Valladolid. El sexto subtramo, Acceso a Zamora, de 2,9 kilómetros, que prevé la remodelación de la plataforma, las vías y los andenes de la terminal, está licitado. Y al sur de Medina del Campo, próximamente comenzará la construcción de una terminal diseñada con criterios de sostenibilidad. Este tramo entrará en servicio en 2012.

En el primero de los dos tramos centrales, Zamora-Lubián (127,4 kilómetros), se trabaja desde 2008 y 2010 en la plataforma de seis subtramos, que discurren primero por terrenos llanos y luego por zonas más abruptas, en los que se ejecutan una veintena de viaductos y tres túneles. En el último subtramo (Requejo-Padornelo), antes de acceder a Galicia, se ha proyectado una nueva solución en la zona montañosa de Padornelo, consistente en un trazado de doble vía, frente al de vía única que preveía el estudio informativo de 2003, mediante la construcción de un segundo tubo de 6 kilómetros en paralelo al existente. Esta modificación ha obligado a realizar un nuevo proyecto del subtra-



mo, aprobado a finales de 2010, que contempla otros dos nuevos túneles y tres viaductos. El nuevo tubo de Padornelo entrará en servicio antes que el existente, que será acondicionado.

Por su parte, el tramo Lubián-Ourense fue objeto de una modificación del trazado, decidida en abril de 2009, para mejorar las prestaciones de la infraestructura y elevar la velocidad de diseño de la vía desde los menos de 200 km/h previstos hasta 300 km/h. El cambio afectó a 62 de los 101,7 kilómetros del tramo, entre la frontera con Zamora y Porto, que hizo necesarios un



Para impulsar la construcción de la línea el Ministerio de Fomento inició el pasado mayo el proceso de licitación de los tramos pendientes entre Olmedo y Santiago, con una inversión prevista de 5.379,5 M€, la más elevada en la historia de la obra pública. La mayor parte, 3.046 M€ con cargo a los presupuestos ministeriales, se destina a la obra de plataforma y estaciones de 27 subtramos, cuyos primeros trabajos se iniciarán en octubre. La segunda parte, por un importe de 2.332 M€, se refiere a la redacción de proyectos y a la ejecución de las obras de montaje de vía y superestructura del tramo Olmedo-Santiago y el mantenimiento de toda la línea, a realizar mediante la fórmula de colaboración público-privada prevista en el Plan Extraordinario de Infraestructuras (PEI).

EJE ATLÁNTICO Galicia de norte a sur

Aunque no forma parte propiamente del Corredor Norte-Noroeste, esta infraestructura es el destino final del mismo a través de la línea Madrid-Galicia, con la que conectará en Santiago. El Eje Atlántico discurre de norte a sur por la fachada atlántica entre Ferrol y Portugal a lo largo de 238 kilómetros, comunicando cinco de las siete grandes ciudades gallegas. Su objetivo es implantar una doble vía de ancho UIC electrificada, apta para 250 km/h y tráfico mixto, a base de variantes o duplicaciones de vía que recortarán la línea actual y reducirán los tiempos de viaje (A Coruña-Vigo se hará en 70 minutos), logrando un modo de transporte competitivo frente al tren convencional, no electrificado. La inversión en el eje superará los 3.000 M€ y su puesta en servicio se prevé para finales de 2012.

El eje está formado por un tramo central entre A Coruña y Vigo (155,6 kilómetros), que tiene en servicio el recorrido Santiago-A Coruña (61,7 kilómetros) y mayoritariamente en obras el itinerario Vigo-Santiago (93,9 kilómetros), y por otros dos tramos de menor longitud en los extremos, A Coruña-Ferrol por el norte (55 kilómetros) y Vigo-frontera portuguesa por el sur (23 kilómetros), en fase de estudio informativo. Este último debe dar continuidad al eje hasta Oporto. Como singularidad, en el tramo central, encomendado a la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias del Ministerio de Fomento, se construye la plataforma sin electrificar y en ancho ibérico con travесas polivalentes para su posterior adaptación al ancho UIC, siendo recorrida a medida que está operativa por tre-



Estación de Santiago de Compostela, donde convergerán la línea Madrid-Galicia y el Eje Atlántico. Debajo, trabajos de catenaria en el tramo Ourense-Santiago.

nuevo estudio informativo y nuevos proyectos constructivos para los cuatro subtramos afectados, concluidos en diciembre. El trazado resultante ha rebajado la cifra inicial de subterráneos y viaductos (de 42 a 12 y de 27 a seis, respectivamente), pero será el que concentre el mayor número de túneles de toda la línea, todos ellos bitubo, entre ellos seis de más de 5 kilómetros de longitud (Corno, Espiño, Prado, A Canda, Bolaños y O Cañizo), a construir mediante tuneladora.

En el resto del tramo, desde finales de 2010 está adjudicada la obra de plataforma de los tres subtramos entre Porto y Taboada (22,2 kilómetros). El último, Taboada-Ourense, de 16,9 kilómetros, que incluye la integración ferroviaria en la ciudad, está en fase de licitación de proyecto.

nes diésel a 160 km/h. Este tipo de ancho, que permitirá el acceso de los trenes de mercancías a los puertos gallegos, pervivirá hasta la entrada en servicio de la línea Madrid-Galicia, cuando las vías se adaptarán al ancho UIC.

Desde diciembre de 2009 está en servicio el trayecto completo con trenes de tracción diésel entre Santiago y A Coruña (12 subtramos). Actualmente se ultima la superestructura en este recorrido, que quedará conectado con el tramo Ourense-Santiago de la LAV Madrid-Galicia para generar una nueva relación de alta velocidad entre Ourense y A Coruña a finales de 2011. Entre Vigo y Santiago se trabaja a lo largo de 74 kilómetros en la plataforma de 12 subtramos (en cuatro está acabada), con la electrificación y el montaje de superestructura en marcha.

El Eje Atlántico se construye en un entorno de dificultad orográfica y zonas pobladas, lo que obliga a que más del 40% del trazado discorra por el interior de 38 túneles o sobre 36 viaductos. El túnel más notable es el bitubo que ejecutan sendas tuneladoras entre Redondela y Vigo, de 8,3 kilómetros. El viaducto más singular es el que salva el río Ulla cerca de su desembocadura, de 1.620 metros, con un diseño que integra la estructura en el entorno. Por otra parte, en Vigo se iniciará próximamente la construcción de la nueva terminal soterrada y en Santiago y A Coruña están en marcha los proyectos de nueva estación intermodal. ◀



Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias



Arriba, tren diésel en la línea Santiago-A Coruña en la que se acometen actualmente trabajos de electrificación y señalización. Debajo, infografía de la futura estación de Vigo.

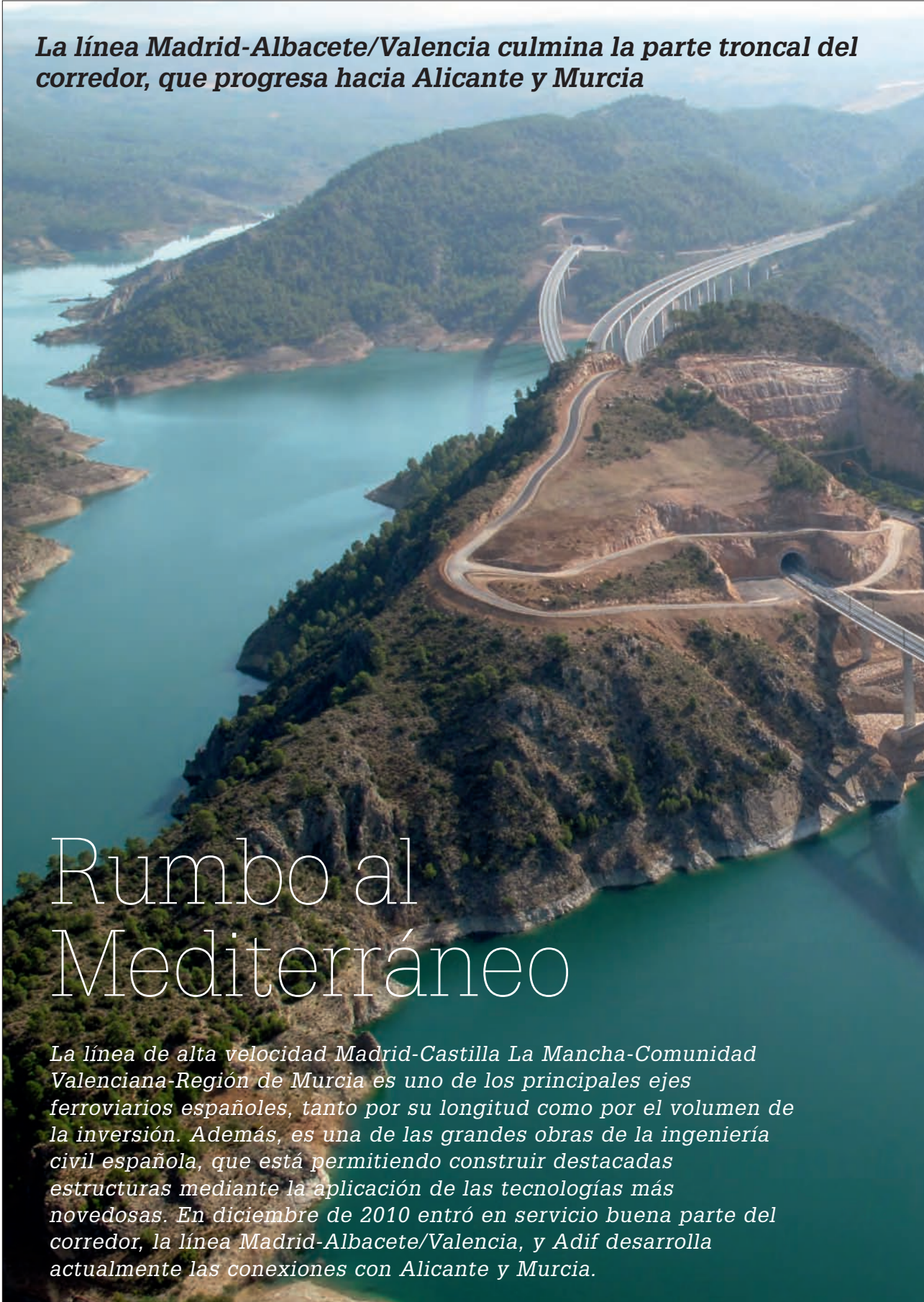
Las ramas del árbol crecen

A partir de las distintas líneas en ejecución del Corredor Norte-Noroeste, se contemplan nuevas conexiones que harán crecer más ramas en el árbol de la alta velocidad en esa zona peninsular. Una de las más relevantes, por su extensión a una autonomía sin alta velocidad, es la línea **Palencia-Santander** (200 kilómetros). Fomento ha iniciado recientemente la licitación del primer subtramo, Palencia-Villaprovedo, a construir mediante la colaboración público-privada prevista en el Plan Extraordinario de Infraestructuras. También está en marcha la línea **Ourense-Vigo** (56 kilómetros), que enlazará ambas ciudades a través de la variante de Cerdedo mediante un trazado mayoritariamente soterrado del que se ha adjudicado el proyecto de plataforma de sus tres subtramos. En la línea **Medina del Campo-Salamanca** (65,8 kiló-

metros), que en un futuro se proyectará hacia Portugal, desde principios de año se ejecuta el primero de sus tres subtramos, estando los otros dos en fase de estudio. En la línea **Ourense-Lugo**, 104 kilómetros de doble vía para tráfico mixto, Ineco realiza un nuevo estudio informativo del tramo Ourense-Monforte de Lemos y estudios complementarios para el resto de la línea, incluida la integración en Lugo. Y en mayo, Fomento adjudicó la redacción del estudio informativo de la línea **Segovia-Ávila** (55 kilómetros). Además de otras líneas previstas en el PEIT para el Corredor Norte-Noroeste (León-Ponferrada-Monforte), Fomento ha contratado recientemente sendos estudios de alternativas para las líneas Valladolid-Soria-Castejón y Soria-Torralba, esta última a conectar con la LAV Madrid-Barcelona.



La línea Madrid-Albacete/Valencia culmina la parte troncal del corredor, que progresa hacia Alicante y Murcia



Rumbo al Mediterráneo

La línea de alta velocidad Madrid-Castilla La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia es uno de los principales ejes ferroviarios españoles, tanto por su longitud como por el volumen de la inversión. Además, es una de las grandes obras de la ingeniería civil española, que está permitiendo construir destacadas estructuras mediante la aplicación de las tecnologías más novedosas. En diciembre de 2010 entró en servicio buena parte del corredor, la línea Madrid-Albacete/Valencia, y Adif desarrolla actualmente las conexiones con Alicante y Murcia.



AZVI

Los viaductos del embalse de Contreras, junto a los de la autovía A-3, salvan con elegancia el complejo paraje que delimita las provincias de Cuenca y Valencia.



Corredor de Levante

El trazado a su paso por Cuenca visto desde un tren en marcha. Página opuesta, un S 112 a la salida de uno de los túneles de la línea.



JOSÉ I. RODRÍGUEZ FOTOS ADIF Y RENFE

El 19 de diciembre de 2010 entró en servicio la nueva línea Madrid-Cuenca-Albacete-Valencia. Con ello, el Corredor de Levante, uno de los ejes de alta velocidad más importantes, tanto por sus 955 kilómetros de longitud, como por el volumen de inversión –más de 12.400 M€, de los cuales casi unos 2.000 corresponden a subvenciones de los distintos fondos europeos–, ha establecido la conexión ferroviaria entre Madrid y una do-

cena de ciudades de Castilla-La Mancha, Comunidad Valenciana y Región de Murcia. Su entrada en servicio ha sido todo un éxito: en sus primeros cien días de funcionamiento, el AVE Madrid-Valencia fue utilizado por más de medio millón de pasajeros, acaparando el 74% de los desplazamientos realizados entre ambas ciudades en avión y tren.

La línea parte de la estación Madrid-Puerta de Atocha y se dirige hacia Cuenca y Motilla del Palancar, donde se encuentra la primera bifurcación: un ramal continúa hacia Valencia y Castellón, y otro se dirige hacia Albacete y La En-

Parque Natural de El Regajal

En sus inicios, entre Aranjuez (Madrid) y Ontígola (Toledo), el trazado ferroviario discurre cerca del Mar de Ontígola, un humedal situado en la reserva natural de El Regajal (Toledo). Para atravesar esta zona y proteger al máximo la flora y fauna de este entorno, se ha construido el túnel de El Regajal, de 2,3 kilómetros de longitud.

El parque natural de El Regajal es un paraje de excepcional importancia en el que se encuentran elementos botánicos y especialmente entomológicos de extraordinario valor, como algunas mariposas endémicas muy amenazadas, como la ze-

rynthia rumina, conocida como “mariposa arlequín”, o la *saturnia pyri*, una mariposa nocturna también llamada “gran pavón”. También se ha protegido la planta «pimpinela mayor», un arbusto asociado a los cortados yesíferos utilizado por la *maculinea nausithous*, una mariposa nocturna endémica de esta zona. Esta mariposa –que deposita sus huevos en las cabezuelas del arbusto, que sirven de alimento a las larvas– se encuentra en peligro de extinción. De hecho, sólo está presente en once localidades de la península Ibérica.



cina. En esta última localidad se encuentra otra bifurcación que conecta con el Corredor Mediterráneo de altas prestaciones entre Barcelona y Almería, de manera que un tramo se dirige hacia Xátiva y Valencia y el otro continúa hacia el sureste, hasta Monforte del Cid, donde a su vez se bifurca el tramo directo hacia la ciudad de Alicante y el tramo hacia Murcia y Cartagena.

El punto de partida de la línea se sitúa en la remodelada estación de Madrid-Puerta de Atocha, equipada con 15 vías de ancho UIC. Los primeros 28 kilómetros los comparte provisionalmente con el trazado de la línea Madrid-Sevilla-Málaga, hasta Torrejón de Velasco. Actualmente, y con objeto de aumentar la capacidad de la infraestructura derivada de la puesta en servicio de esta línea, el Ministerio de Fomento lleva a cabo la duplicación de la doble vía existente, mediante la construcción de una plataforma en paralelo a la ya citada y conectada con ésta, de manera que los trenes de la línea de Sevilla pueden entrar en Madrid por la de Levante y viceversa.

Torrejón de Velasco-Motilla del Palancar

El primer gran tramo de la línea, de 223,6 kilómetros de longitud, discurre por las provincias de Madrid, Toledo y Cuenca, hasta Motilla del Palancar, donde se bifurca en dos tramos en dirección Albacete y Valencia. Parte de la localidad madrileña de Torrejón de Velasco, y todas las conexiones se realizan a distinto nivel, mediante los correspondientes saltos de carnero.

Viaducto de Contreras

Situado en el subtramo Contreras-Villargordo del Cabriel, este viaducto presenta el mayor arco realizado en un puente de hormigón de la red ferroviaria de España, con 261 metros de luz y una altura máxima de 37 metros. Además de su excelente emplazamiento paisajístico, la singularidad del viaducto reside en su diseño lineal y estilizado, del que es autor el ingeniero Javier Manterola. Tiene una longitud de 578,25 metros y su construcción ha supuesto un verdadero reto, por su dificultad técnica, en materia de construcción e ingeniería ferroviaria. La complicación de la obra reside en el arco central, sustentado durante su construcción por dos pilas provisionales y unos cables de acero. El propio arco constituye la base sobre la que descansan las seis pilas que soportaban el tablero superior, de 14 metros de anchura, compuesto por 14 vanos de longitud variable. La puesta en marcha de este sistema para la construcción del arco central respondía a las exigencias planteadas en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del tramo, que constituye un caso especial en cuanto a la ejecución de las obras, diseñadas y planteadas para causar el menor perjuicio posible en el medio ambiente. Precisamente por las soluciones de ingeniería empleadas para integrar este subtramo en el entorno medioambiental, Adif ha recibido recientemente el Premio Construmat 2011 de Ingeniería Civil, que reconoce la "complejidad técnica" de la actuación y la "capacidad de adaptarse al lugar".



Corredor de Levante

Estación de Cuenca-Fernando Zóbel, terminal intermedia de la línea.



Más adelante, a caballo de las provincias de Madrid y Toledo, el trazado atraviesa la reserva natural de El Regajal mediante un túnel de 2.347 metros de longitud, una de las infraestructuras más importantes de la línea, tanto por su complicada ejecución desde el punto de vista geológico y geotécnico, como por el valor medioambiental de la zona atravesada, pues en las cercanías se encuentra el Mar de Ontígola. Con la construcción de este subterráneo se ha protegido este parque natural y se ha contribuido a conservar varias mariposas endémicas de la zona.

Desde la zona de Ontígola, el trazado continúa en dirección este a lo largo de unos 45 kilómetros por la provincia de Toledo. En este recorrido por la Mesa de Ocaña salva las autovías A-40 y A-4, así como la línea férrea mediante tres viaductos, dos pasos inferiores y una pérgola. En Villarrubia de Santiago se dispone un Puesto de Adelantamiento y Estacionamiento de Trenes (PAET).

A la altura de la ciudad de Tarancón, la línea entra en la provincia de Cuenca, en cuyos 209 kilómetros de recorrido se han construido 16 túneles con una longitud total de 18.940 metros, lo que supone el 9% del trazado. Además, se han levantado 38 viaductos a lo largo de 11.000 metros (5,2% del trazado), así como cinco PAET. La línea se dirige después hacia Horcajada y los Altos de Cabreja, que supera mediante el túnel

Yacimiento paleontológico "Lo Hueco"

En el tramo Cuenca-Motilla del Palancar, las obras permitieron el hallazgo de un yacimiento paleontológico en Fuentes (Cuenca), de unos 80 millones de años, donde se han encontrado restos de tiranosaurios a 20 metros de profundidad. Se trata de un tesoro paleontológico llamado "Lo Hueco", ya considerado por los paleontólogos españoles como el mayor y más rico yacimiento de dinosaurios de Europa. Durante los trabajos de desenterramiento de los fósiles, las obras se paralizaron en la zona del hallazgo para facilitar su localización, documentación, catalogación y protección, mientras que se desarrollaba la construcción de la infraestructura en otras zonas del mismo subtramo.





Bocas del túnel de La Cabrera, el más largo de la línea. Debajo, un S 112 cruza sobre un viaducto.

de mayor longitud del tramo, de 3.957 metros. Posteriormente, en el subtramo Campos del Paraíso-Horcajada se encuentra el viaducto que salva la carretera N-400 y el cauce del río Ciguela, de 1.448 metros.

Para minimizar los impactos medioambientales entre Horcajada y Naharros, se instaló un sistema de reciclaje de residuos de hormigón, que separa el agua de lavado y los áridos de los residuos de los camiones hormigonera. De esta manera se reutilizaron ambos recursos en la fabricación de nuevos hormigones. También se emplearon sistemas de reducción de contaminantes a la atmósfera, mediante la instalación de motores ecológicos en todos los vehículos pesados. Asimismo, se realizó un estudio de

afección del ruido al núcleo urbano más cercano a las obras (Naharros).

En la boca del túnel del lado Horcajada se ha descubierto un yacimiento de una mina de cristales de yeso de la época romana, por lo que se ha dejado un acceso a la mina con objeto de que los arqueólogos estudien el yacimiento.

Tras cruzar la serranía de Cuenca se llega a la estación de Cuenca-Fernando Zóbel, ubicada en las proximidades de la ciudad. Una vez superada la terminal, situada en el kilómetro 183,4 de la línea, el trazado gira gradualmente hacia el sur con dirección a Motilla del Palancar. En esos 75 kilómetros, el AVE vuela sobre diez viaductos (el más largo, de 562 metros, so-





Túnel de la Cabrera

Situado entre las localidades de Siete Aguas y Buñol, en la provincia de Valencia, es una de las obras más significativas y complejas de la nueva línea. Se trata del túnel más largo de la línea, con 7.250 metros. Está formado por dos tubos paralelos, de 8,75 metros de diámetro, excavados en materiales rocosos carbonatados, y dispone de galerías de conexión entre los mismos cada 400 metros. Su excavación se ha realizado mediante una tuneladora de doble escudo. Tras acabar uno de los dos tubos, la misma tuneladora se desmontó y volvió a montar para continuar la excavación del otro tubo. Durante los trabajos de perforación del túnel se superó en siete ocasiones el récord mundial diario de avance de perforación con tuneladora de grandes dimensiones. En septiembre de 2007 se superó por primera vez el récord mundial al excavar en un día 65,6 metros y colocarse 41 anillos de hormigón. El máximo alcanzado se consiguió en agosto de 2008, con la perforación de 92,8 metros y la colocación de 58 anillos de hormigón en un día.

bre el Júcar) y cruza por siete túneles, entre los que destacan los de El Bosque (3.128 metros) y Loma del Carrascal (2.198 metros). Cerca de Monteagudo se dispone un PAET.

Tras rebasar la localidad de Fuentes, donde gracias a las obras de la línea de alta velocidad se ha podido descubrir un yacimiento de fósiles de dinosaurios, el trazado alcanza la primera gran bifurcación de la línea, cerca de Motilla del Palancar. Desde allí parte el ramal directo a Valencia y el que se dirige en dirección sur, hacia Albacete, mediante una pérgola dispuesta en salto de carnero, de 146 metros de longitud.



Motilla del Palancar-Albacete

El recorrido hacia Albacete, de 70 kilómetros, encuentra algunos obstáculos, como el río Júcar y varias carreteras, que salva mediante viaductos, además de dos túneles. En Pozorrubielos se dispone un nuevo PAET. Superadas las dificultades orográficas el trazado alcanza la llanura de entrada a la ciudad de Albacete, concluyendo el tramo en la nueva estación de Albacete-Los Llanos, adaptada a los nuevos usos que exige la llegada de la alta velocidad. Frente al edificio de pasajeros de la estación se levanta el Centro de Regulación y Control (CRC), que regula el tráfico ferroviario de todo el corredor, así como el cambiador de anchos. A la estación, situada en el kilómetro 314,8 y punto neurálgico de la línea, llegan tanto los trenes S 112 de la línea con origen en Toledo, como los S 130, que recorren el trayecto Madrid-Alicante y viceversa, tras proceder al cambio de ancho de sus ejes.

Motilla del Palancar-Valencia

En los 139 kilómetros restantes de recorrido hasta Valencia, el trazado incluye una decena de túneles que totalizan casi 25 kilómetros y 32 viaductos, con unos 11 kilómetros, así como una estación situada en el entorno de las poblaciones de Requena y Utiel, además de un PAET



Estación de Valencia-Joaquín Sorolla, destino de la línea Madrid-Valencia.

en Iniesta. Discurre en dirección este por las provincias de Cuenca y Valencia y avanza sin grandes dificultades, junto a la autovía A-3, hasta la reserva natural de las Hoces del río Cabriel. En esta zona se inician importantes obras de ingeniería con una sucesión de túneles y viaductos de enorme complejidad técnica.

En el subtramo Embalse de Contreras-Villagordo del Cabriel se han levantado tres viaductos que suman 1,5 kilómetros (Istmo, Embalse de Contreras, y Cuesta Negra). Precisamente, el viaducto del Embalse de Contreras, con 261 metros de luz, ha batido el récord de mayor arco de hormigón de la red ferroviaria española. Los túneles (Rabo de la Sartén, Hoya de Roda y Umbría de los Molinos) totalizan 3,9 kilómetros. El siguiente subtramo, Villagordo del Cabriel-Venta del Moro, cuenta con un túnel de 3,1 kilómetros.

Una vez superadas las dificultades orográficas de las hoces y las exigencias medioam-

Túnel de Torrent

El túnel de Torrent, en el subtramo Aldaya-Piçanya, es con sus 2.990 metros, el falso túnel más largo de la red ferroviaria española. Este subterráneo artificial, que salva el barranco de Torrent y discurre bajo la carretera Torrent-Alaquás, se diseñó para evitar afecciones a zonas urbanizadas y de expansión industrial de los municipios

de Torrent y Alaquás. Presenta una sección transversal de 100 m², una altura libre de 9,40 metros y un radio de bóveda de 6,9 metros, que alberga una doble vía de ancho internacional. Para su construcción se utilizó el procedimiento denominado de bóveda ejecutada in situ, que se desarrolla en varias fases: se comienza por la



extracción de tierras para configurar una profunda trinchera; posteriormente, con ayuda de un carro encofrado, se construye una estructura abovedada formada por una contrabóveda y una bóveda, sobre la que se realiza de nuevo la cubrición del terreno. En su construcción se emplearon 157.316 m³ de hormigón armado y más de 11 millones de kilogramos de acero.



Corredor de Levante

Trenes S 112 estacionados en los andenes de la estación de Valencia-Joaquín Sorolla.



bientales de la obra, la línea discurre por terrenos llanos y de pendientes suaves. En esta zona se encuentra, entre las estructuras más significativas, el viaducto sobre el río Magro y la autovía A-3, próximo a la población de San Antonio de Requena y a la nueva estación de Requena-Utiel, equidistante entre ambas localidades.

A partir de este punto la línea comienza un continuo descenso hasta la denominada Hoya de Buñol, salvando diversas autovías y cauces fluviales mediante un total de nueve viaductos y dos subterráneos. Para superar el relieve mon-

tañoso del subtramo Siete Aguas-Buñol, el más costoso de la línea, se han construido tres túneles y dos viaductos, que suman un total de 9,5 kilómetros (el 85% de la longitud del subtramo). La Sierra de la Cabrera se salva mediante el túnel del mismo nombre, el más largo de la línea, un bitubo de 7.250 metros excavado mediante tuneladora.

La última parte del trazado ferroviario, entre Buñol y Valencia, de 32 kilómetros, salva varias carreteras y autovías mediante once viaductos, como el de la Rambla del Gallo sobre la A-3, formado por una serie de tres viaductos y

El CRC de Albacete

Las obras de construcción de la línea de alta velocidad han implicado la construcción del Centro de Regulación y Control (CRC) de Albacete. Desde esta instalación se dirigen y coordinan las circulaciones en tiempo real, siguiendo un plan de explotación elaborado a solicitud de los operadores para controlar todos los servicios de los trenes de alta velocidad que circulan por la Comunidad Valenciana, Región de Murcia y Castilla-La Mancha.

El CRC se ubica en un edificio situado frente a la estación de Albacete. Dispone de una sala de 466 m² donde se encuentran los equipos y sistemas informáticos para coor-

dinar y dirigir los servicios. Está equipada con un videowall formado por 27 cubos y organizada en tres filas de 45 monitores que formarán la imagen de toda la línea cuando esté completada. Con 37 m² de superficie visual, representa los elementos de los 433 kilómetros de la línea. Albacete se convierte así en un centro neurálgico de la conexión Madrid-Levante que, con la construcción de un cambiador de anchos, permite a los trenes de Alicante y en un futuro a los de Murcia circular desde Albacete a Madrid y viceversa por las vías de alta velocidad, con el consiguiente ahorro en el tiempo de viaje.



dos pérgolas; o el levantado sobre el río Turia, de 571 metros, con un tablero de una anchura de 23,5 metros que permite disponer sobre él, además de la doble vía de alta velocidad, la vía de ancho mixto procedente de Almussafes para el tráfico de mercancías. Cuenta además con dos subterráneos, entre ellos el falso túnel de Torrent, de casi 3.000 metros de longitud, el más largo de su tipo en España, y una pérgola de unión de las líneas Madrid-Valencia y Xàtiva-Valencia.

Los últimos kilómetros de la línea, ya en el ámbito urbano de Valencia, los recorre el AVE por el Nudo Sur y el canal de acceso, a través de un túnel artificial triple que da cabida a un total de seis vías, dos de ancho UIC y cuatro de ancho ibérico (dos para mercancías y dos para viajeros), que inicia el recorrido soterrado hasta el destino final. Su ejecución ha sido otra de las grandes obras de la línea Madrid-Valencia y ha requerido el desvío de múltiples servicios. Superado el recorrido subterráneo, las vías férreas emergen a la superficie urbana poco antes de llegar a la estación de Valencia Joaquín Sorolla, de carácter provisional, destino final de la línea después de 391 kilómetros de recorrido, aunque en un futuro lo hará a la cercana estación del Norte.

Alicante en 2012

Una vez en servicio la línea Madrid/Albacete/Valencia, el siguiente objetivo en el Corredor de Levante es propiciar la llegada del AVE a Alicante en 2012. El recorrido hasta esa ciudad se divide en dos grandes tramos: Albacete-Nudo de la Encina, de 101 kilómetros; y Caudete-Alicante, de 69 kilómetros. En el primero, los trabajos avanzan en la construcción de la nueva plataforma de alta velocidad entre Almansa y el nudo de la Encina (tramos Almansa-La Encina –han concluido dos de sus tres tramos– y Nudo de la Encina). Entre Albacete y Almansa (72 kilómetros) se construye actualmente una plataforma de ancho convencional (fase I) como paso previo a la adaptación de la línea existente a la alta velocidad (fase II), con la previsión de culminar este año el trasvase de tráficos ferroviarios desde la línea convencional al nuevo trazado de ancho ibérico.

Construcción del túnel de Santa Bárbara, en el subtramo La Encina-Moixent (Alicante).

►►► **Actualmente se procede al montaje de la vía en casi 70 kilómetros entre Caudete y la ciudad de Alicante**



Corredor de Levante

En el segundo tramo, la plataforma entre Caudete y Alicante ya está terminada (salvo la fase II del acceso a la ciudad, actualmente en ejecución), y sobre la misma se lleva a cabo el montaje de vía y la electrificación entre La Encina y Alicante. En este tramo se han



Arriba, túnel de Elche (Alicante), ya perforado. Debajo, el montaje de vía en el tramo Caudete-Alicante ya está en marcha.

construido 17 viaductos (el de Vinalopó es el más largo, con 1.481 metros) y cuatro túneles (el más largo, el de Barrancadas, de 2,8 kilómetros), y se levantará una estación en Villena. Cerca del final del tramo se sitúa el nudo de Monforte del Cid, donde la plataforma se bifurca en dirección Alicante, por un lado, y hacia Elche, Orihuela y la Región de Murcia por otro. En la ciudad de Alicante el tren entrará soterrado en un trayecto de unos 2 kilómetros has-

L.A.V. MADRID-LEVANTE



ta la estación, que será ampliada y remodelada para atender los nuevos servicios ferroviarios. En el futuro se construirá una nueva estación intermodal.

Murcia en 2014

A partir de la bifurcación de Monforte del Cid en dirección suroeste se desarrolla el tramo Monforte-Elche-Murcia, de 64,7 kilómetros, que supondrá la llegada de la alta velocidad a la Región de Murcia, con entrada en servicio prevista para el año 2014. Ocho de los nueve subtramos de este recorrido están en la fase de obra de plataforma, contratada entre 2008 y 2010, y el último, los accesos a Murcia, se encuentra en servicio para trenes convencionales y de ancho variable. A lo largo del tramo están en construcción una veintena de viaductos (el más largo, sobre el trasvase Tajo-Segura, de 1,5 kilómetros de longitud) y cuatro túneles (el de





Cruce de vías a distinto nivel mediante una pérgola en el subtramo Monforte del Cid-La Alcoraya, cerca de Alicante. Debajo. viaducto del Vinalopó, de 1.481 metros de longitud, en el subtramo Elda-Monóvar.

Elche, de 1.288 metros, ya ha sido calado), y ya está operativa la pérgola del Reguerón, que con sus 366 metros para salvar un canal de riego es la más larga de España. En la ciudad de Elche está prevista la construcción de una nueva estación con criterios de sostenibilidad, cuyo proyecto básico ya está aprobado.

Actualmente se redacta el proyecto constructivo de la Red Arterial Ferroviaria (RAF) de Murcia, de 7,9 kilómetros de longitud, que prevé el soterramiento del pasillo actual en una longitud de 4,7 kilómetros, la construcción de una nueva estación intermodal que sustituya a la de El Carmen, con ocho vías soterradas, y la liberación de alrededor de 30.000 m² de suelo urbano para usos urbanos.

Respecto a la conexión Murcia-Cartagena (50,4 kilómetros), extremo final del corredor, actualmente se encuentra en fase de estudio informativo y tramitación ambiental. El Ministerio de Fomento adjudicó en abril la redacción del proyecto de la RAF de Cartagena, actuación a desarrollar en una longitud de 1,4 kilómetros, que prevé la reconversión del canal de acceso mediante la construcción de una doble vía, su soterramiento a lo largo de 1,1 kilómetros y la remodelación de la actual estación, que pasará a tener seis vías. Esta solución exigirá la construcción de una variante y una estación provisionales con objeto de no afectar al tráfico ferroviario existente.

Junto a estas actuaciones, el Ministerio de Fomento ejecuta actualmente otra parte del corre-





Corredor de Levante

Viaducto ya terminado sobre la autovía A-31, en el tramo Albacete-Variante de Alpera. Debajo, retirada de vías en la estación de Alicante.



dor, entre el Nudo de la Encina y Valencia, de un centenar de kilómetros, que también formará parte del Corredor Mediterráneo. En este recorrido, que se destinará a tráfico mixto, la plataforma ferroviaria entre Xátiva y Valencia ya está concluida, desarrollándose en la actualidad la construcción de la plataforma convencional entre el nudo ferroviario y Xátiva, como paso previo a la adaptación a la alta velocidad de la plataforma existente. La última parte del corredor, aún por desarrollar, lo constituye la línea de alta velocidad Valencia-Castellón (61,5 kilómetros), que el Ministerio de Fomento tiene previsto acometer en el marco del Programa Extraordinario de Inversiones (PEI).

Por otro lado, y en el marco del Corredor de Levante, el Ministerio de Fomento licitó en mayo pasado la redacción del estudio informativo de la futura línea de alta velocidad Albacete-Murcia, que se destinará al tráfico mixto. ◀

Un túnel estratégico

Con sus 7.313 metros, el túnel bitubo que conectará las terminales de Madrid-Puerta de Atocha y Madrid-Chamartín, adscrito a la línea Madrid-Levante, es el subterráneo urbano de mayor longitud de la red de alta velocidad española. Cuando esté en servicio será una infraestructura estratégica para el desarrollo de una red vertebrada de ancho internacional en España, ya que permitirá la interconexión en Madrid de las líneas con origen o destino en el norte peninsular con las que tiene origen o destino en la mitad sur o este, favoreciendo la interoperabilidad del AVE. Por medio de este túnel se po-

drá establecer una relación directa entre Murcia y Oviedo, o entre Bilbao y Almería, pasando por Madrid sin necesidad de trasbordo, algo ahora no factible al no existir conexión entre ambas estaciones, que con el túnel cambiarán su configuración de fondo de saco por la de pasantes. Construido con un presupuesto de 206 M€, el túnel, calado en febrero por la tuneladora *Gran Vía*, asiste ahora a la ejecución de la doble vía en placa y las instalaciones de seguridad y protección civil, en espera de la adjudicación de los contratos de superestructura. Estará operativo a finales de 2012.



Los corredores de Extremadura, Mediterráneo y Cantábrico-Mediterráneo superarán los 2.600 kilómetros



Tres grandes en marcha

La configuración de la red de alta velocidad española avanza con la construcción del quinto corredor con origen en Madrid (la línea Madrid-Extremadura-frontera portuguesa) y de otros dos corredores transversales (Mediterráneo y Cantábrico-Mediterráneo). Se trata de tres grandes corredores mixtos, aptos para trenes de pasajeros y de mercancías, que cruzarán por trece comunidades autónomas. El Ministerio de Fomento está destinando importantes inversiones a su desarrollo.



La plataforma ferroviaria, en ocasiones construida paralelo a la línea convencional, está casi concluida en varios subtramos entre las ciudades de Cáceres y Badajoz.

MACARENA HERRERA LORENZO FOTOS ADIF



El mapa de la alta velocidad española sigue su línea de desarrollo sostenido. Desde Madrid parten los grandes corredores operativos de alta velocidad hacia el sur (Madrid-Sevilla/Málaga), el norte/noroeste (Madrid-Valladolid), el noreste (Ma-

drid-Zaragoza-Barcelona) y, más recientemente, el este (Madrid-Cuenca-Albacete-Valencia). Hacia el oeste peninsular, hasta ahora privado de la alta velocidad, Adif ejecuta en la actualidad el quinto gran corredor con origen en la capital, la línea Madrid-Extremadura-frontera portuguesa, que completará la estructura radial de la red de alta velocidad española.



Otros corredores

Paso superior ya finalizado y ejecución de pilas de viaducto en la plataforma ferroviaria cerca de Aldea del Cano (Cáceres).



De forma paralela, en otras zonas de la Península se llevan a cabo actuaciones destinadas a ampliar la red de alta velocidad con la construcción de líneas de carácter transversal que conecten entre sí territorios distantes sin necesidad de pasar por el centro, a través de itinerarios de gran importancia económica. Los dos ejemplos más significativos de ello son los corredores Mediterráneo y Cantábrico-Mediterráneo.

Estos tres grandes corredores son decisivos en la configuración de la futura red de alta velocidad, dado que cruzarán –en mayor o menor medida– por trece de las quince comunidades autónomas peninsulares, aportando más de 2.600 nuevos kilómetros de vías. Pese a su heterogeneidad en aspectos como ámbito geográfico, longitud, inversión o plazos de entrada en servicio, los tres tienen grandes similitudes, como la configuración de corredores mixtos para el tráfico de viajeros y mercancías, la condición de líneas con conexión internacional (dos con Francia y otro con Portugal) y el hecho de compartir partes de su trazado con otras líneas ferroviarias existentes o en construcción. A continuación se describen las características de estos tres grandes corredores en marcha.

MADRID-EXTREMADURA-FRONTERA PORTUGUESA. Buscando la Raya

Esta línea de alta velocidad se proyecta como un corredor de altas prestaciones de tráfico mixto (pasajeros y mercancías), y como tal ha sido incluida en la Red Básica de Transporte de Mercancías. A nivel europeo, está integrada en





Boca del túnel de Puente Viejo (1.000 metros) bajo la sierra de San Pedro, uno de los escasos subterráneos de la línea.

la línea de alta velocidad Madrid-Lisboa, incluida en el Proyecto Específico número 3 de las Redes Transeuropeas de Transporte bajo la denominación de Eje ferroviario de alta velocidad del Suroeste de Europa. Por estas dos razones, el Corredor de Extremadura tiene para el Ministerio de Fomento el carácter de estratégico.

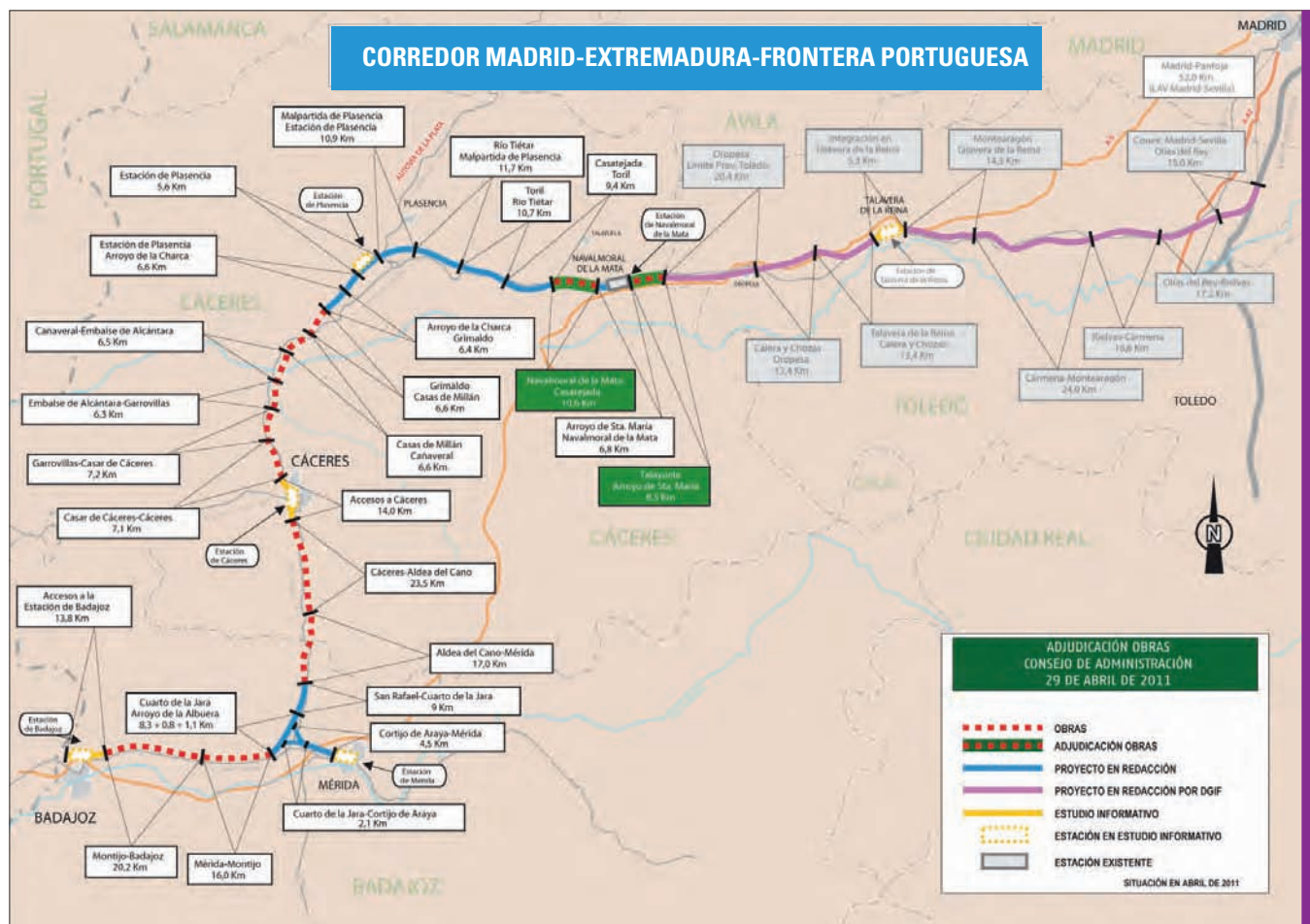
Esta futura infraestructura de 448 kilómetros desde Madrid, que discurrirá por las provincias de Toledo, Cáceres y Badajoz, incorporará a Extremadura a la red de alta velocidad española, además de mejorar en condiciones y tiempos de viaje la conexión de Extremadura con Portugal y con el centro de la Península. El nuevo trazado que se construye está diseñado como doble vía de alta velocidad en ancho internacional, apta para velocidades superiores a 300 km/h para los trenes de viajeros, con sistemas de señalización Ertms y de comunicaciones GSM-R, así como electrificación.

El proceso de desarrollo de la lí-

nea ha sido más tardío que el de los otros cuatro corredores de alta velocidad con origen en Madrid, ya que la adjudicación de los primeros estudios data de principios de la pasada década. Las primeras obras comenzaron a finales de 2007 y desde entonces se han adjudicado una docena de subtramos en territorio extremeño (52,9% del recorrido por esta comunidad), por un importe superior a 721 M€. No obstante, el Ministerio de Fomento dio en abril pasado un impulso decisivo a la línea con el inicio del proceso de licitación de los trabajos pendientes, por valor de 3.829,8 M€, mediante la fórmula de colaboración público-privada. En concreto, saldrán próximamente a concurso las obras de plataforma de 140 kilómetros de la línea (los subtramos que actualmente están en redacción de proyecto) y el montaje de vía, electrificación e instalaciones de todo el trazado.

►►► **Fomento
inició en el mes
de abril el
proceso para
licitar las obras
pendientes de
la línea**





A partir de Badajoz, ya en territorio portugués, la línea tiene proyectada su continuidad hasta Lisboa, en un recorrido de 227 kilómetros de longitud dividido en dos tramos, Caia-Poçeirao (167 km) y Poçeirao-Lisboa (50 km), el primero de los cuales había sido ya adjudicado. No obstante, el Gobierno luso ha decidido reconsiderar el proyecto original debido a dificultades de financiación.

A efectos administrativos, la línea “española” se divide en dos grandes tramos: Conexión LAV Madrid/Sevilla-Oropesa (139 kilómetros), provisionalmente desarrollado por la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias, aún en fase de proyecto; y Talayuela-Cáceres-Badajoz (257 kilómetros), encomendado a Adif y actualmente en proceso de ejecución.

Tramo toledano

El primer gran tramo de la línea discurre íntegramente por la provincia de Toledo y ha sido dividido en nueve subtramos de considerable longitud, cuyos proyectos constructivos se adjudicaron mayoritariamente a finales de

2010, y que serán los que salgan a licitación a finales de año. Se inicia en el pk 52 de la LAV Madrid-Sevilla, a la altura de Pantoja, de donde parte el trazado que se dirige a Talavera de la Reina, apoyándose hasta allí en la línea convencional existente Madrid-Valencia de Alcántara. Posteriormente discurre junto a la autovía A-5 hasta que cerca de Oropesa vuelve a recuperar el corredor de la línea férrea, concluyendo en el límite provincial con Cáceres.

El gran hito del tramo, que incluye la construcción de tres pérgolas y nueve viaductos, es la integración urbana del ferrocarril en Talavera de la Reina. Esta operación, a desarrollar en un tramo de 5.630 metros dentro del casco urbano, contempla el soterramiento de la traza en casi 3.800 metros y otros 1.200 metros de rampa, a profundidades de 9 a 10 metros, así como la construcción de una estación subterránea. La redacción de este proyecto constructivo, que requirió de un estudio informativo específico, ha sido recientemente adjudicada.

Adicionalmente se prevé la creación de una plataforma logística junto a la terminal de mercancías, de 260 hectáreas de superficie, para

aprovechar las sinergias de la línea de alta velocidad. El estudio de viabilidad de esta plataforma fue presentado en marzo pasado.

Tramo extremeño

El segundo gran tramo de la línea discurre a lo largo de 257 kilómetros por ambas provincias extremeñas entre Talayuela y Badajoz. El trazado se dirige en sentido oeste por el corredor ferroviario existente hasta Plasencia, donde gira hacia el sur siguiendo el corredor de la autovía Ruta de la Plata (A-66). Tras superar Mérida, gira de nuevo hacia el oeste hasta alcanzar la ciudad de Badajoz y la frontera lusa. El trazado salva media docena de Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) e incluye la remodelación y/o construcción de cinco estaciones: Navalmoral de la Mata, Plasencia-Fuentidueñas, Cáceres, Mérida y Badajoz-Elvas.

En este recorrido se distingue una primera parte entre Talayuela y Cáceres (128 kilómetros), formado por 16 subtramos, de corta longitud debido a su complejidad técnica, que discurre por terreno abierto. Actualmente se trabaja en ocho de estos subtramos, adjudicados mayoritariamente a finales del año 2010 o principios de 2011, estando el resto en fase de redacción del proyecto. Como gran hito del tramo destaca una variante de 42 kilómetros para evitar la afección a la “ZEPA Monfragüe y Dehesas del entorno”. Entre las estructuras singulares figuran los viaductos sobre el arroyo Valdeavverso (1.614 metros) y sobre los ríos Tajo (1.488 metros) y Almonte (996 metros, con un vano central tipo arco de 384 metros, récord mundial de luz en su tipología), así como el túnel de Santa Marina (3,5 kilómetros), de inminente ejecución. Actualmente se está pendiente de iniciar los trámites de licitación de la estación de Navalmoral de la Mata, mientras



que se está redactando el proyecto básico de la de Plasencia-Fuentidueñas.

En Cáceres arranca el segundo gran tramo extremeño de la línea, que se prolonga durante 129 kilómetros hasta su destino final en Badajoz. En este recorrido se encuentran en ejecución 76 kilómetros, correspondientes a cuatro tramos en campo abierto situados entre Cáceres y Mérida y entre Mérida y Badajoz, que fueron los primeros de la línea en ser adjudicados. La obra de plataforma está prácticamente acabada en dos de ellos y muy avanzada en los dos restantes, destacando como principales estructuras cuatro viaductos, un PAET y el túnel de Puerto Viejo (1.000 metros), ya calado.

Arriba, infografía del viaducto sobre el río Almonte, de 996 metros, en el subtramo Embalse de Alcántara-Garrovillas (Cáceres). Debajo, estación de Cáceres.



Tren S 102 en Zaragoza-Delicias, que será una de las estaciones principales del corredor. En la página opuesta, vista aérea de la terminal zaragozana.

Los tres segmentos urbanos de este tramo se encuentran aún en la fase previa a las obras: la integración en Cáceres (14 kilómetros) está en estudio informativo, mientras actualmente se redactan los proyectos constructivos de la integración urbana en Mérida (25,8 kilómetros) y en Badajoz (13,8 kilómetros). En Mérida se construirá al oeste de la ciudad un *by pass* de 19,2 kilómetros de longitud, con sendos enlaces Sur y Norte (6,6 kilómetros) –todos ellos con el proyecto constructivo en licitación– hasta la nueva terminal, en una actuación que prevé la construcción de cuatro viaductos sobre el río Aljucén, además de la posterior remodelación de toda la red ferroviaria de la ciudad. En Badajoz se contempla la implantación de una plataforma para tres vías (dos de ancho UIC para tráfico mixto y una tercera en ancho ibérico).

La línea concluye en la frontera con Portugal, en un tramo binacional de 5 kilómetros de longitud (2,4 kilómetros en territorio español y 2,6 en suelo luso), nexo entre los tramos Madrid-Badajoz y Río Caia-Lisboa, donde está proyectada la estación Badajoz-Elvas.

CORREDOR CANTÁBRICO-MEDITERRÁNEO. Entre dos mares

El corredor más joven de la red de alta velocidad española que pretende configurar un eje transversal que enlace las fachadas marítimas del Mediterráneo y el Cantábrico sin pasar por Madrid, modificando con ello la geometría radial de la red existente. El trazado, que recupera el espíritu del antiguo ferrocarril Santander-Mediterráneo de principios del siglo XX, enlazará el Corredor Mediterráneo con el Corredor Cantábrico a través de Teruel, Zaragoza y el eje del Ebro, bifurcándose luego en dos corredores, uno por Pamplona hasta Donostia/San Sebastián y otro por Logroño y Vitoria/Gasteiz hasta Bilbao, desde donde se prolongará hasta Santander.

Esta gran infraestructura ha sido concebida como un corredor de altas prestaciones con doble vía y ancho UIC que permita el tráfico tanto de pasajeros como de mercancías sin las restricciones que tiene la línea actual. El corredor, que servirá como herramienta de cohesión te-

territorial para las siete comunidades autónomas que atravesará, tiene un enorme potencial para el tráfico de mercancías, ya que proporcionará un enlace de alta capacidad entre el norte y Levante, conectando entre sí zonas de valor industrial estratégico y enlazando seis puertos españoles de importancia internacional a través del dinámico corredor del Ebro, lo que permitirá el desarrollo de infraestructuras logísticas.

El futuro corredor deberá incrementar notablemente la velocidad del recorrido actual para conseguir tiempos de viaje competitivos y ganarle tiempo a otros medios de transporte, como el terrestre o el aéreo. Con esta nueva infraestructura se espera reducir los tiempos de recorrido a menos de la mitad de los actuales, estableciendo el tiempo de desplazamiento entre Bilbao y Valencia en menos de cuatro horas para el tráfico de pasajeros (frente a las nueve actuales), o el recorrido entre Valencia y Zaragoza en menos de dos horas.

En la actualidad, el corredor existente, de 750 kilómetros de longitud, está formado por tramos de diferentes líneas ferroviarias y de muy heterogéneas características, coexistiendo tramos de vía única y vía doble, electrificados y sin electrificar, e incluso de ancho métrico. El futuro corredor, que se apoyará parcialmente en los trazados existentes, será en su mayor parte de nueva construcción, aunque habrá tramos donde se modernizará la infraestructura existente para su explotación por trenes de alta velocidad. Los diez grandes tramos en que se divide el corredor presentan actualmente el siguiente estado:

Sagunto-Teruel. El Ministerio de Fomento desarrolla actualmente el estudio informativo de este tramo inicial del corredor, que discurrirá por las provincias de Valencia y Teruel. En esta zona, en la que existe una línea de vía única sin electrificar, de 137 kilómetros de trazado muy sinuoso, está previsto implantar una doble vía electrificada de ancho UIC apta para tráfico mixto. Su construcción plantea grandes dificultades técnicas debido a la sinuosa orografía que atraviesa, ya que el trazado pasa desde el nivel del mar hasta la cota 1.220 metros y finaliza en Teruel a 878 metros de altitud, además de pronunciadas pendientes que condicionan el tráfico de mercancías. También hay fuertes condicionantes medioambientales. El estudio informativo ha seleccionado cuatro alternativas de nuevo trazado, aptas para velocidades entre 250 y 300 km/h, que deben cumplir dos objetivos: reducir los tiempos de desplazamiento entre ambas ciudades desde las 2 horas 30 minu-



tos actuales hasta menos de 50 minutos, y reducir la distancia existente entre 21-25 kilómetros. En las cuatro alternativas, de las que Fomento elegirá la más viable, más de la mitad del trazado discurrirá en túnel.

Teruel-Zaragoza. En este tramo aragonés de 173 kilómetros ya están en servicio las actuaciones de modernización de la infraestructura realizadas en seis de sus ocho subtramos, a lo largo de algo más de un centenar de kilómetros, donde se han instalado nuevas vías, travías polivalentes y sistemas de señalización sobre una plataforma renovada o nueva, manteniendo la vía única. Estos cambios han permitido a

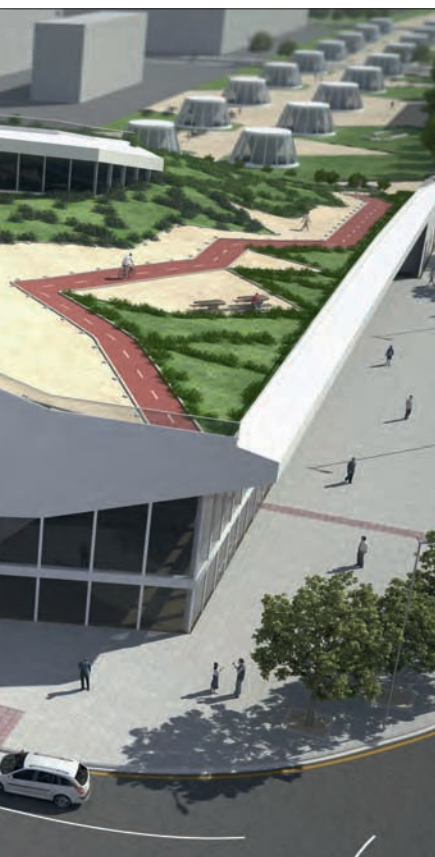


los automotores diésel alcanzar una velocidad punta de 160 km/h, rebajando el tiempo de viaje entre ambas ciudades a 1 hora 55 minutos. Los dos subtramos restantes (Caminreal-Ferreuela y Cariñena-Villarreal de Huerva, que suman unos 60 kilómetros en la parte central del recorrido), tendrán un nuevo trazado, lo que reducirá el tiempo de viaje en una hora más. La electrificación de todo el tramo a 25 kV y 50 HZ (alta velocidad) está pendiente de su licitación en el marco del Plan Extraordinario de Infraestructuras (PEI). También está prevista la implantación del sistema de seguridad Ertms. Por otro lado, en febrero pasado se adjudicó el estudio informativo de la duplicación de vía en todo el tramo.

Zaragoza-Castejón. En la capital aragonesa arranca la futura línea de alta velocidad Zaragoza-Pamplona, parte integrante del Corredor Cantábrico-Mediterráneo, que en virtud de un protocolo firmado en mayo de 2009 entre el Ministerio de Fomento y la Comunidad Foral de Navarra será construida conjuntamente por ambas administraciones. Corresponde a Fomento la ejecución del tramo Zaragoza-Castejón y al Gobierno Foral el tramo Castejón-Comarca de Pamplona, actuaciones que deberán realizarse de forma simultánea para poner en servicio la totalidad de la línea. Debido a ello,

las actuaciones están acompañadas. El trazado previsto para el primer tramo, de unos 78 kilómetros de longitud, parte de la actual línea de alta velocidad Madrid-Zaragoza-Pamplona a la altura de Plasencia de Jalón y continúa adosado a la línea convencional Zaragoza-Castejón-Logroño para finalizar en Castejón de Ebro (Navarra), punto donde el Corredor Cantábrico-Mediterráneo se bifurca hacia Pamplona y hacia Logroño. Cuatro de los cinco subtramos en que se divide el trazado (Plasencia de Jalón-Luceni, Luceni-Gallur, Gallur-Cortes y Cortes-Tudela) tienen el proyecto constructivo terminado y aguardan su licitación. El quinto, Tudela-Castejón, está a expensas de la finalización de un estudio informativo complementario, y de la declaración de impacto ambiental, para un nuevo trazado en variante al oeste de Tudela. Con esta base, las tres administraciones implicadas (Fomento, Gobierno de Navarra y Ayuntamiento de Tudela) decidirán el trazado más adecuado.

Castejón-Logroño. Este tramo de 71 kilómetros, que discurre en la práctica totalidad por territorio de La Rioja, constituye el inicio del corredor que se dirigirá por Miranda de Ebro y Vitoria/Gasteiz hasta Bilbao. La futura línea de alta velocidad discurrirá entre Castejón y Calahorra por el corredor existente Castejón-Bilbao,



salvo en el paso por Rincón de Soto, donde se construirá una variante por el norte del casco urbano, separándose en Calahorra del corredor actual para discurrir junto a la autopista AP-68, y situándose de nuevo en su tramo final junto a la línea convencional hasta cruzar el río Iregua a la entrada de Logroño. Los cuatro subtramos en que se ha dividido este recorrido se encuentran desde septiembre de 2010 en la fase de re-

dacción del proyecto constructivo. Se trata de los subtramos Castejón-Aldeanueva de Ebro (19 km), Aldeanueva de Ebro-Lodosa (19 km), Lodosa-Agoncillo (19 km) y Agoncillo-Logroño (14 km), cuya ejecución se realizará de forma coordinada. Las actuaciones más singulares del tramo son la Variante de Rincón de Soto, un túnel en el entorno de Agoncillo y la estación intermodal de Calahorra, que dará servicio de alta velocidad a la capital de la Ribera Baja y segunda ciudad de La Rioja.

Arriba, infografía de la estación de Logroño (en ejecución) y terminal provisional. Debajo, túnel de Eguskiza, en el subtramo Abadiño-Durango (Vizcaya) de la Y vasca.



Logroño-Miranda de Ebro. Segundo gran tramo del corredor por tierras riojanas, salvo en su parte final, que discurre por la provincia de Burgos. El Ministerio de Fomento adjudicó en septiembre de 2010 el estudio informativo de este tramo, que definirá las alternativas que puedan desarrollarse para establecer una nueva línea de alta velocidad y tráfico mixto que enlazará la línea procedente de Zaragoza con la línea Valladolid-Burgos-Vitoria/Gasteiz en un punto por determinar. La nueva línea se apoyará en el co-



Integración en Logroño

La ciudad de Logroño será una de las paradas del corredor ferroviario que discurrirá por tierras riojanas hasta Vitoria/Gasteiz. Anticipándose a ese escenario futuro ya está en marcha la integración urbana del ferrocarril en la ciudad, una importante actuación a desarrollar a lo largo de 6 kilómetros en el área urbana que permitirá la transformación urbanística de Logroño y preparará las instalaciones ferroviarias para la llegada de la alta velocidad. Esta actuación, financiada por la Sociedad Logroño Integración del Ferrocarril 2002 (integrada por Fomento, el Ayuntamiento y el Gobierno autónomo), se divide en tres fases, aunque en una fase previa se construyó una estación provisional, ya en servicio. Actualmente se ejecuta la fase I, con un presupuesto de 134,7 M€, consistente en la duplicación de la vía única actual de la línea Castejón-Miranda en un tramo de 2,8 kilómetros y el montaje de vías en ancho ibérico, infraestructura sobre la que se implantará la futura doble vía de ancho UIC, y el soterramiento de las vías mediante pantallas laterales y losa superior en un tramo de 1,4 kilómetros. También marcha a buen ritmo la construcción de una moderna estación intermodal, con vestíbulo en superficie y andenes subterráneos, que entrará en servicio a finales de año. La fase II (1,9 kilómetros) tiene el proyecto constructivo básico aprobado, mientras que actualmente se redacta el proyecto constructivo de la fase III (1,4 kilómetros). El Ministerio de Fomento estudia alternativas para sufragar las dos últimas fases con fondos complementarios.

redor definido por el valle del Ebro, por donde actualmente transcurre una línea de vía única electrificada, perteneciente al tramo Castejón-Bilbao, de 67 kilómetros de longitud. En Logroño está en ejecución la integración urbana del ferrocarril, incluida la nueva estación de alta velocidad.

Miranda de Ebro-Vitoria/Gasteiz. Tramo de 20 kilómetros que constituye la parte final de la línea Valladolid-Burgos-Vitoria/Gasteiz y que permitirá enlazar la línea procedente de Zaragoza con la Y vasca. Consta de tres subtramos que discurren por las provincias de Burgos y Álava (Miranda de Ebro-Armiñón, Armiñón-La Puebla de Arganzón y La Puebla de Arganzón-Iruña de Oca), situándose en ambos extremos dos ciudades (Miranda de Ebro y Vitoria/Gasteiz) donde se llevarán a cabo sendas operaciones de integración urbana del ferrocarril, que incluirán nuevas terminales. Actualmente se ultima el proyecto constructivo de estos tres subtramos, en los que destacan dos túneles de 2,2 y 3 kilómetros. De acuerdo al estudio informativo, en esta zona se implantará una doble vía electrificada junto a la doble vía convencional existente, por lo que la resultante será un corredor final con cuatro vías.

Castejón-Comarca de Pamplona. Este tramo de 71 kilómetros, que discurre íntegramente por territorio navarro y supone el inicio del corredor que se dirige a San Sebastián, es el segundo de la futura línea de alta velocidad Zaragoza-Pamplona ya mencionada. Su construc-



ción, acompañada con la del tramo Zaragoza-Castejón que ejecutará Fomento, se rige por lo dispuesto en el convenio de colaboración firmado en abril de 2010 entre el Ministerio de Fomento y la Comunidad Foral. El convenio, que fija el coste de la infraestructura en 675 M€, establece que las obras de plataforma del tramo las ejecutará la Comunidad Foral, que adelantará la financiación, mientras que las obras de

superestructura las realizará Fomento a través de Adif. Adicionalmente, en Pamplona está prevista la remodelación de la red arterial ferroviaria de la ciudad, en un tramo de 12,5 kilómetros entre Eskiroz y Zuasti, con dos importantes actuaciones por parte de Adif: la eliminación del bucle ferroviario que penetra en la ciudad y la construcción de una nueva estación intermodal.

Pamplona-Conexión Y vasca. Tramo que permitirá la conexión del Corredor Cantábrico-Mediterráneo con el ramal guipuzcoano de la Y vasca, en un lugar aún por determinar. Fomento adjudicó en octubre de 2010 el estudio informativo de ese tramo, de unos 40 kilómetros de longitud, en el que se analizan los posibles trazados para esta conexión mediante una línea de nueva implantación y la electrificación de la línea. De forma paralela se desarrolla la evaluación del impacto ambiental. El estudio cuenta con una codirección por parte de las tres administraciones implicadas (Ministerio de Fomento y comunidades de Navarra y del País Vasco), así como una comisión de seguimiento tripartita.

Y vasca. La Y ferroviaria vasca, línea de alta velocidad de 177 kilómetros que unirá Vitoria/Gasteiz, Bilbao y Donostia/San Sebastián con la frontera francesa en Irún, integrará en su totalidad el Corredor Cantábrico-Mediterráneo, tanto el tronco común desde Vitoria como

El Corredor Cantábrico-Mediterráneo tendrá un gran potencial para el transporte de mercancías. Debajo, Pamplona dispondrá de nueva estación en sustitución de la actual.





Otros corredores

Tren S 120 Alvia
en la línea
Valencia-
Castellón, cerca
de Puzol
(Valencia).
Debajo, tren R 499
en Figueres-
Vilafant (Girona).



los ramales vizcaíno y guipuzcoano. (Más información sobre la línea en pág. 85)

Bilbao-Santander. El tramo final del corredor es el único que presenta una vía única de ancho métrico, siendo operado por Feve. El trayecto entre ambas ciudades se cubre actualmente en 2 horas 45 minutos, y se pretende que con la futura línea se realice en torno a 45 minutos. El estudio informativo del tramo, de unos 95 kilómetros de longitud, se encuentra en la fase final de redacción.

CORREDOR MEDITERRÁNEO. A lo largo de la costa

Este corredor ferroviario de carácter mixto discurrirá a lo largo de todo el litoral mediterráneo, desde Algeciras (Cádiz) hasta Portbou (Girona, junto a la frontera francesa), en un trazado de carácter transversal que contribuirá a contrarrestar la radialidad de la red de alta velocidad española. Por su longitud, más de 1.300 kilómetros, será el segundo corredor más largo de España, tras el Corredor Norte-Noroeste.

El futuro eje atravesará cuatro comunidades autónomas (Cataluña, Comunidad Valenciana, Región de Murcia y Andalucía), que concentran casi el 40% de la población y de la actividad

económica española, en un itinerario donde se localizan cinco de las diez áreas metropolitanas más pobladas de España y donde se ubican la mayor parte de los principales puertos españoles (Barcelona, Tarragona, Valencia, Cartagena y Algeciras) y aeropuertos de gran volumen de tráfico (Barcelona, Valencia, Alicante y Málaga), además de terminales logísticas y grandes centros industriales. En su extremo norte, además, conecta con la red de alta velocidad europea. Debido a ello, este corredor tiene carácter estratégico tanto para el transporte de pasajeros como de mercancías, con un enorme potencial para las exportaciones españolas.

El Ministerio de Fomento realiza desde hace



años importantes inversiones para potenciar este largo corredor ferroviario. Como punto de partida se actúa sobre una realidad ferroviaria muy heterogénea, con grandes diferencias entre los dos sectores que componen el corredor: el este (Almería-frontera francesa) y el sur (Algeciras-Almería). En el primero existe un eje ferroviario en explotación entre la frontera y Murcia-Cartagena, aunque muy dispar en cuanto a número y ancho de vías y sistemas de electrificación y comunicaciones, mientras que la conexión Murcia-Almería está en obras. En esta zona, además, existen tramos pertenecientes a diferentes corredores de alta velocidad en ejecución, nuevos tramos en diferentes grados de desarrollo, tramos con distintas características según el ancho de vía y de tráfico y tramos con funcionalidad diferente. En el segundo sector, por el contrario, no existe un eje ferroviario que dé continuidad al corredor por la franja costera.

Convertir esta heterogénea amalgama de líneas (en servicio, en obras o en proyecto) en un corredor homogéneo apto para tráfico mixto, con una red de alta velocidad para viajeros y una red básica de mercancías, en plataformas independientes en la mayor parte del trazado, es la meta que se ha marcado Fomento. A esa meta contribuirá en los próximos años la puesta en servicio de importantes actuaciones en marcha, como las línea de alta velocidad Barcelona-Figueras (2012), la duplicación de vía entre Vandellós y Tarragona (2013) y la llegada de la alta velocidad a Alicante (2012) y Murcia (2014), así como el inicio de otras de relevancia, como la licitación de todo el tramo de alta velocidad Valencia-Castellón-Tarragona o el estudio del corredor costero entre Algeciras y Almería.

Desde el punto de vista de las mercancías, se pretende dotar al corredor ferroviario de una red para el transporte de carga con capacidad suficiente y buenas conexiones con otros itinerarios nacionales e internacionales de transporte de mercancías, consolidando a lo largo de su recorrido una red de nodos e instalaciones logísticas y mejorando los accesos ferroviarios a los puertos. El objetivo es aumentar la cuota de participación del transporte en ferrocarril frente a la carretera y potenciar el rol de España como plataforma logística internacional. Desde el punto de vista del transporte de pasajeros, se pretende asegurar la interoperabilidad con otros corredores (nacionales e inter-



CORREDOR MEDITERRÁNEO

Situación actual



Imagen final



nacionales), conectando con los grandes núcleos urbanos del corredor y asegurando unos tiempos de viaje competitivos.

Con esos objetivos en mente, el Ministerio de Fomento ha establecido varias propuestas de actuación para potenciar el corredor, con una inversión global de 51.200 M€, de los que cerca de 8.400 M€ ya se han ejecutado, 25.400 M€ corresponden a actuaciones a medio plazo (2010-2011) y el resto a actuaciones a largo pla-



Otros corredores

El corredor potenciará las conexiones con los puertos y modernizará las centrales logísticas en el recorrido. Derecha, terminal logística de Constantí (Tarragona).



zo. Las propuestas se articulan en torno a seis grandes programas, que son los siguientes:

Actuaciones en la red de alta velocidad. Su objetivo es dar continuidad a las actuaciones en marcha, entre las que se encuentran las líneas de alta velocidad Barcelona-Figueras (obras), Castellón-Valencia (proyecto), Valencia-Xátiva-La Encina (obras), La Encina-Alicante (obras), Alicante/Monforte-Elche-Murcia (obras) y Murcia-Almería (obras); los túneles pasantes de La Sagrera-Sants (Barcelona) y de Valencia, junto a la nueva estación Central, y la Variante Camp de Tarragona-Estación Central-Vandellós (en obras). A este programa se incorporan tres nuevas actuaciones: la línea de alta velocidad Tarragona-Castellón (175 kilómetros), la línea de alta velocidad Murcia-Cartagena (55 kilómetros) –ambas con el estudio informativo redactado– y la conexión entre Algeciras y Almería por la costa (330 kilómetros), cuyo estudio se prevé licitar a lo largo de este año.

Mejoras en la red básica de mercancías. Las principales propuestas son la eliminación de los cuellos de botella existentes, la implantación progresiva del tercer carril a lo largo del corredor, la segregación de los tráficos de mercancías y Cercanías en los grandes núcleos urbanos, y la posibilidad de utilizar trenes de 750 metros de longitud. Para eliminar los cuellos de botella el Ministerio de Fomento ha propuesto seis actuaciones específicas: la Variante Marto-

rell-Castellbisbal, nuevas líneas de mercancías Martorell-Sant Vicenç de Calders y Sant Vicenç de Calders-Reus, la duplicación de vías en los tramos Silla-Fuente de San Luis y Xátiva-L'Alcúdia, y el cierre del triángulo en el nudo de Chinchilla.

Actuaciones urbanas. Su objetivo es la construcción, ampliación o remodelación de estaciones, destacando sobre todo la ejecución de la estación de La Sagrera, la ampliación de la de Sants (ambas en Barcelona) y la construcción de la estación Central de Valencia. También se prevé la remodelación de las estaciones de Girona, Alicante, Murcia, Cartagena, Lorca y Almería, así como las nuevas estaciones ligadas a las líneas de alta velocidad en construcción (Figueras-Vilafant, Central de Tarragona, Xátiva, Villena, Elche, Orihuela, Vera-Almanzora, etc.).

Accesos ferroviarios a puertos. Se propone la mejora de los accesos ferroviarios a los puertos (Barcelona, Sagunto, Escombreras, Málaga y Algeciras) y nuevos accesos a las áreas portuarias en desarrollo o ampliación (Castellón, Almería y Motril).

Actuaciones en instalaciones logísticas. El objetivo es crear una red básica de instalaciones logísticas como soporte a la potenciación del tráfico de mercancías. Se propone la creación de nuevos centros logísticos en La Llagosta (Barcelona), Parc Sagunt (Sagunto) y



Dos realidades del corredor: plataforma construida en el subtramo Monforte del Cid-La Alcoraya (Alicante) y PAET de Vilobí, ya en servicio, de la LAV Barcelona-Figueres.

Fuente de San Luis (Valencia), así como la remodelación de las de Constantí (Tarragona) y Escombreras (Cartagena).

Modernización de instalaciones ferroviarias. Las principales propuestas son el despliegue de los sistemas de control de trenes ETCS y de comunicaciones GSM-R en la red convencional, la electrificación del itinerario Chinchilla-Murcia-Cartagena-Escombreras y la construcción de apartaderos en estaciones para trenes de 750 metros de longitud.

La implantación de estas actuaciones en el horizonte del año 2020 configurará un corredor ferroviario entre Almería y la frontera francesa en el que coexistirán dos tipos de líneas: una de alta velocidad continua para el transporte de viajeros y una red básica de mercancías en ancho internacional que garantizará la continuidad y la capacidad necesaria para todo el eje. Ambas discurrirán de forma independiente en la mayor parte del recorrido, aunque habrá tramos del trazado en los que coexistirán, como la línea mixta Murcia-Almería.

La línea de viajeros conectará todas las ciudades principales del eje hasta la frontera francesa y reducirá sustancialmente los tiempos de desplazamiento (el trayecto Barcelona-Almería pasará de las 12 horas 30 minutos actuales a



4 horas 15 minutos), con lo que se estima que la demanda de viajeros de larga distancia se multiplicará por 2,5. Por su parte, la red básica de mercancías permitirá un itinerario continuo por vía preferente de mercancías entre Almería y la frontera francesa en ambos anchos de vía (ibérico e internacional), conectando con las principales instalaciones logísticas del litoral y permitiendo el paso de trenes de 750 metros de longitud. Con ello se aspira a multiplicar por dos la cuota del ferrocarril en el transporte de mercancías, potenciando el papel de España como plataforma logística internacional. ◀



Una decena de trenes, protagonistas en los 19 años de historia de la alta velocidad española

Maquinaria modelo

Desde la puesta en servicio del AVE S 100 con la inauguración de la primera línea de alta velocidad en España en 1992 y hasta el recién incorporado Avant S 114 han transcurrido dos décadas en las que innovación, progreso y



desarrollo han hecho posible uno de los mejores parques ferroviarios de alta velocidad del mundo. Marcada por la característica de las vías de ancho ibérico de la red española, la tecnología ha evolucionado a lo largo de dos generaciones de trenes, que han hecho de la máquina de la alta velocidad una referencia y modelo a seguir.

BEATRIZ RODRÍGUEZ LÓPEZ FOTOS RENFE



Cuatro aspectos definen las peculiaridades de las líneas españolas de alta velocidad, supeditando la diversidad y características de los trenes que circulan por ellas. Por un lado, la variedad de servicios de viajeros prestados: algunos circulan únicamente por líneas de alta velocidad, tanto para viajes de larga distancia (AVE), como para los regionales (Avant), mientras que otros servicios además salen de la línea y circulan por la red convencional, tanto los diurnos (Alvia) como los nocturnos (TrenHotel).

Unidades de S 103 y S 102, dos de los tres modelos de alta velocidad de la flota de Renfe.



Tren de la serie 100 estacionado en la estación de la Expo Universal de Sevilla, en 1992.



Otro atributo lo constituye el propio ancho de vía (ancho internacional o UIC de 1.435 mm frente al ancho ibérico de 1.668 mm), la diferente tensión de electrificación y el distinto sistema de señalización. Esto se traduce de forma directa en las características de los trenes que circulan de una red a otra.

También la diversidad de tecnologías utilizadas tanto en los trenes como en las instalaciones y los equipamientos de las líneas son otras singularidades de la red española. Por último, lo es también el propio proceso de implantación de la alta velocidad en España en dos etapas muy diferenciadas, a partir de 1992 y desde 2003, lo que da lugar a las llamadas dos “generaciones” de líneas y trenes.

Dos generaciones

Los trenes de primera generación fueron adquiridos para la línea de Madrid a Sevilla. Los 18 trenes de la serie 100, derivados directamente del TGV Atlántico y diseñados por Alstom, podían circular hasta 300 km/h. Otros seis más, adaptados al ancho de vía ibérico, constituyeron la serie 101 de Euromed. Estos trenes, que pueden pasar de una red a otra, sustituyen la locomotora en los cambiadores de ancho y son remolcados en las líneas de alta velocidad por máquinas eléctricas de la serie 252.

La característica principal de los de segunda generación es su mayor diversidad, incorporando mejoras en la tracción. Los de larga distancia pueden alcanzar mayores velocidades (hasta 350 km/h) y disponen de freno regenerativo, que reduce el consumo de energía. Los de ancho estándar y monorriente aparecen por primera vez en España con tracción distribuida. Son de menor longitud (100-107 metros) y su velocidad máxima es más reducida en los servicios regionales (250 km/h).

En esta generación, los trenes bicorriente y de ancho de vía variable ya son autopropulsados. Aparece también, como un derivado de la serie 130, el híbrido de la serie 130H de Talgo Bombardier, apto para circular por ambos anchos.

Los trenes de segunda generación para servicios de larga distancia son los 16 trenes de la serie 102 de Talgo Bombardier (30 después con la serie 112) y los 26 de tracción distribuida de la 103 de Siemens, derivados de ICE-3 alemán pero adaptado para 350 km/h. Los servicios de ancho variable cuentan con trenes autopropulsados con cambio de ancho y aptos para 250 km/h de dos series: la 120 de CAF, de 12 unidades, y la serie 130, de 45 trenes, de Talgo-Bombardier. Se adquieren trenes diseñados para el servicio regional en líneas de alta velocidad, como los trenes de la serie 104, que darían lugar a la subserie 114.

Familia Alstom

En 1988, Renfe adjudicó a Alstom el contrato para construir 24 trenes de alta velocidad. Posteriormente se modificó con el suministro de 18 composiciones de ancho UIC, que formaron la serie 100, y otras seis en ancho ibérico, que constituyeron la serie 101. Se construyeron en Francia los primeros 4 trenes y las 8 cabezas tractoras correspondientes a los siguientes 4 trenes, cuyos coches se fabricaron en España. El resto fueron construidos en nuestro país por la Maquinista Terrestre y Marítima (MTM) y Ateinsa, que habían pasado a formar parte de Alstom. También participaron CAF, Sepsa y Stone Ibérica.

En octubre de 1991 se hizo entrega del primer tren de la serie 100 en la factoría de Alstom en Belfort (Francia), y la primera composición llegó a España en noviembre. Su explotación comercial comenzó el 21 de abril de 1992 en la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla a 250 km/h. El tiempo de viaje entre ambas ciudades en 1992 era de 2,55 horas, reducido hoy hasta las 2,20 horas.

Este tren es una evolución del TGV Atlántico de SNCF, adaptado a las condiciones de explotación del mercado español. Destacan el refuerzo de la potencia de los equipos de climatización para paliar las altas temperaturas, la incorporación de equipos de control LZB y ASFA y un sistema de estanqueidad para disminuir en los oídos el efecto de las ondas de presión en túneles.

En 2009 se completó la reforma interior de los 18 trenes AVE de la serie 100 (serie 100R), cuyo objeto era mejorar los servicios al viajero.



Esta reforma, que adoptó parte de las sugerencias de los clientes en las encuestas de calidad, supuso una inversión de 41,3 M€. Posteriormente se reformaron los seis trenes de la serie 101 que realizaban los servicios de Euromed en ancho convencional, para incorporarlos a los servicios de alta velocidad de ancho UIC, junto con los de la serie 100.

El S 100 (arriba) fue el primer modelo de alta velocidad en España. Debajo, cabina de mando del S 100 reformado.

Series S- 100, 100R y 101

El extremo delantero de la caja lleva un carenado aerodinámico en poliéster y en el cabece-



El S 100R es el producto de la reforma de los S 100, completada en 2009. Derecha, interior del S 102.



ro está instalado el enganche automático tipo Scharfenberg. Delante de la cabina se sitúa un escudo protector antichoque capaz de absorber la energía y amortiguar un impacto a 180 km/h sin que se deteriore la estructura de la cabeza tractora. En cuanto a los sistemas de tracción auxiliar, la composición tiene ocho motores de tracción síncronos y autopilotados, y todos los equipos eléctricos de potencia se encuentran alojados en las cabezas tractoras.

El tren dispone de trece *bogies*, cuatro de ellos motores situados en las cabezas tractoras y nueve portadores repartidos en el resto del tren para lograr una gran estabilidad durante la marcha. La distancia entre ejes de todos ellos es de 3.000 milímetros. Los motores de tracción y sus reductores de engranajes están fijados al bastidor de la cabeza tractora correspondiente.

La suspensión primaria de los *bogies* de las cabezas tractoras consta de resortes helicoidales concéntricos, que están apoyados en el centro de

cada caja de grasa y de amortiguadores situados al lado para atenuar los movimientos verticales. La suspensión secundaria dispone de resortes helicoidales y amortiguadores hidráulicos verticales, situados entre la caja y el bastidor del *bogie*, que palían los movimientos verticales y limitan el movimiento de galope.

El sistema de frenado de los trenes S 100 comprende los frenos eléctrico reostático, automático, de inmovilización y de estacionamiento. El eléctrico es el prioritario del tren y puede ser utilizado sólo o conjuntamente con el neumático. El mando del freno automático es de tipo electroneumático y se acciona desde la cabina de conducción. Cuenta también con un manipulador de freno de socorro que produce directamente el vaciado de la tubería general.

Trenes auscultadores

Adif dispone de un tren de alta velocidad denominado "Séneca" destinado a la auscultación de la infraestructura ferroviaria que es un derivado de la serie 102 (en realidad, es el semitren que fue el prototipo de esta serie) También tiene otros dos trenes diésel de ancho variable para análogas funciones (aptos para 220 km/h), La exploración de la vía se hace desde el año 1992 con máquinas eléctricas de la serie 252 de Renfe Operadora.



Familia Talgo

Durante muchos años, los únicos trenes de alta velocidad que circularon en España fueron los de la serie 100, pero la previsión de la entrada en servicio desde 2004 de nuevas líneas de alta velocidad hizo que Renfe se plantease la adquisición de una segunda generación de trenes de alta velocidad para las líneas de Madrid a Barcelona, a Málaga y a Valladolid.

En 2001, Renfe adjudicó a un consorcio formado por Talgo y Bombardier la construcción de 16 trenes que constituirían la serie 102. El contrato conlleva también su mantenimiento durante 14 años. En 2004 se ampliaría este pedido a 30 unidades más que, tras una posterior renegociación y varias demoras, se entregaron entre agosto de 2008 y diciembre de 2010. En estas 30 unidades se aumenta el número de plazas de turista de 193 a 220 al racionalizar los espacios de esta clase, con lo que la serie pasa a denominarse 112.

Los trenes de la serie 102 entraron por primera vez en servicio comercial en febrero de 2005 en la línea Madrid-Zaragoza-Lleida; desde abril de 2005 circulan también hasta Huesca.

Con estas adjudicaciones, que han supuesto la primera incursión de la compañía española en el segmento de la alta velocidad, Talgo concluía un largo proceso de investigación y desarrollo comenzado en 1988.

Todos los coches del primer pedido han sido fabricados en Rivabellosa (Álava) por Talgo. Por su parte, las cuatro primeras cabezas tractoras se fabricaron en la fábrica de Bombardier en Kassel (Alemania) y las 28 restantes se realizaron en la factoría de Las Matas (Madrid), corriendo a cargo de Bombardier los *bogies* y los equipos eléctricos y de Talgo la estructura, cabina y frenos.

Series 102 y 112

Cada tren de la serie 102 está integrado por dos cabezas tractoras encuadrando 12 remolques Talgo semejantes a los de la serie 7. Al tener ruedas independientes, se reduce el riesgo de remonte de un eje en caso de pasar sobre algún objeto en el carril y cada rodal tiene un medidor de temperatura exterior e interior, así como un detector de inestabilidad. Puede alcanzar una velocidad de 330 km/h.

Tren Talgo de la serie 102 en circulación. Este modelo, denominado "Pato" por la forma aerodinámica de su cabeza, está en servicio desde 2005.



El tren cuenta con 21 ejes, de los que ocho son motrices. Las rodaduras de los coches tienen ruedas independientes con suspensión primaria, guiadas sobre la vía y de muy baja agresividad sobre el carril. La suspensión principal es neumática, de tipo pendular, con inclinación natural de las cajas hacia el interior de las curvas.

El tren tiene freno regenerativo, de forma que cuando emplea el freno eléctrico, en lugar de disipar la energía en resistencias (freno reostático), la emplea en alimentar los servicios auxiliares y la excedente la devuelve a la catenaria para que pueda ser aprovechada por otro tren, o por los servicios auxiliares de la infraestructura o, en último caso, ser devuelta a la red pública.



Serie 103

Basado en el ICE 3 de los ferrocarriles alemanes (DB), la serie 103 es un tren autopropulsado, capaz de unir Madrid con Barcelona y Madrid con Málaga en 150 minutos, gracias a una potencia de 8.800 KW, que le permite desarrollar los 350 km/h. Una de sus principales características es la tracción distribuida, por lo que no cuenta con cabezas

tractoras cuyo espacio interior es aprovechado para transportar viajeros, lo que permite un 25% más de superficie útil.

La estructura de las cajas es de aluminio, lo que reduce el peso del tren. La composición completa es de ocho coches dividida en dos semitreces idénticos con los mismos equipos aunque con clases diferentes.

Todo el equipo eléctrico se encuentra distribuido a lo largo del tren, con un 50% de los ejes motorizados, lo que favorece y posibilita unas mejores condiciones de adherencia y aceleración, a la vez que reparte la masa por eje, unas quince toneladas por cada uno, de forma que esta baja masa reduce la agresividad sobre la vía

Vagón cafetería y cabina de mando del tren S 103.

La longitud del tren es de 200 metros. La forma característica de esta cabeza de la serie 102 (de peculiar forma aerodinámica que recuerdan a la cabeza de un pato) fue desarrollada en un túnel de viento. Este diseño disminuye las olas de presión que se producen al atravesar túneles y reduce el efecto del viento lateral.

El equipo de tracción es monotensión, con un convertidor por *bogie* dotado de tecnología IGBT y ocho motores -uno por eje- trifásicos asíncronos de 1MW de potencia. Cuenta con un pantógrafo para la captación de corriente. La sala de máquinas tiene una presión superior a la exterior, para que no entre polvo, lo que evita averías y aumenta la fiabilidad, a la vez que reduce el coste de mantenimiento.

y los costes de mantenimiento de la infraestructura. La tracción distribuida permite que el tren circule tanto con ocho coches como con cuatro. La distribución de los equipos de tracción en mitad de los ejes supone que los esfuerzos de tracción se transmiten al carril de una forma más segura y eficaz, en condiciones de baja adherencia.

Todas las funciones del tren están gestionadas por un sistema de control integrado que recoge, trata y transmite los datos, facilitando el mantenimiento, ya que basta una consulta al equipo para obtener todos los datos de funcionamiento e incidencias del tren. Estos datos pueden transmitirse por telefonía móvil GSM al centro de mantenimiento, de forma que se pueden prever, con antelación, las tareas a realizar en el mantenimiento o reparación del tren.

Tecnología alemana

Los *bogies*, ya utilizados en el ICE 3 de DB, contribuyen a un óptimo comportamiento sobre la vía, proporcionando máxima estabilidad. Han sido diseñados para circular a alta velocidad y gran rodaje, por medio de suspensión primaria por muelles helicoidales y suspensión secundaria neumática, sistemas de sensores que avisan de cualquier problema de funcionamiento, dispositivos antibalaneo y soporte de areneros en los *bogies* motores.

Las unidades de tracción son independientes, y gracias a ello, si se produce un fallo en alguna unidad, ésta puede desconectarse sin influir sobre las restantes, posibilitando así la llegada a destino con un 75% de potencia de tracción y frenado. Más importante aún que la gran capacidad de aceleración de este tren es su potencia de frenado, gracias a un freno eléctrico que permite conmutar automáticamente entre el régimen de frenado de recuperación y el régimen de frenado reostático.

El enganche del 103 es de tipo automático Schafenberg, lo que permite que los trenes circulen en doble composición, y es compatible con las locomotoras de la serie 252 y los AVE de la serie 100.

Está equipado con el sistema de señalización Ertms niveles 1 y 2, instalado en la línea Madrid-Barcelona; con un sistema compatible con el LZB y que le permitirá circular por la línea Madrid-Sevilla, así como con el ASFA como sistema de respaldo, utilizado en ambos corredores.



Familia Alstom-Fiat

Los trenes de la serie 104 forman parte del contrato adjudicado en 2001 al consorcio integrado por Alstom y CAF: 20 trenes de alta velocidad en ancho internacional para servicios de Media Distancia. Comenzaron a prestar servicio en el corredor Córdoba-Sevilla en diciembre de 2004, en el Madrid-Ciudad Real-Puerto llano en enero de 2005 y desde noviembre de 2005 entre Madrid y Toledo.

En 2004 se adjudicó un pedido adicional de

El S 103 es el tren más veloz de la flota de alta velocidad de Renfe, capaz de alcanzar los 350 km/h.



El S 114 Avant, en servicio desde junio, es la última incorporación de Renfe, destinado específicamente para distancias medias.

30 nuevas composiciones al mismo consorcio, contrato que fue renegociado y que culminó con la reducción del pedido de 30 a 13 trenes. Estas últimas unidades constituyen la serie 114, una evolución del S 104 con mejoras en tracción, freno y eficiencia energética, así como en el confort e interiorismo al configurarse todo el tren como clase única.

Los trenes de las series 104 y 114 son los primeros de Renfe y del mundo diseñados específicamente

▶▶▶ **La actual flota de Renfe está compuesta por nueve modelos capaces de alcanzar o superar los 250 km/h**

para prestar servicios en distancias medias a alta velocidad. Están formados por cuatro coches, con posibilidad de marcha en tracción múltiple de hasta tres composiciones a una velocidad de 250 km/h.

Está basado en

una tecnología ampliamente experimentada por diversas empresas ferroviarias, la Pendolino, pero no basculan. Pertenecen, por tanto, a la misma familia de los trenes Alaris que componen la serie 490, aunque presentan diferencias respecto a éstos. Exteriormente son similares aunque tienen un coche más, un carenado sobre el techo y dos puertas por coche, excepto en el remolque cafetería.

Por fuera ofrecen un perfil muy aerodinámico con el que se consigue una baja resistencia al avance; mientras que en su interior están concebidos para disponer de la máxima utilidad y ergonomía, todo ello junto a una adecuada modularización que facilita los trabajos de montaje, reparaciones y mantenimiento.

Series 104 y 114

Formado por dos semitrenes, con la cadena de tracción completa y los equipos y sistemas redundantes, para la construcción de las cajas de este tren se han utilizado aleaciones de aluminio.

Está constituido por cuatro coches, de los cuales los extremos incorporan un frontal aerodinámico, que reduce la resistencia al avance y detrás del cual se sitúan las cabinas de conducción. El morro de la cabina del 114 es más alargado que la del 104, al contar con un sistema anti-*crash*, característica destacable en este tren.

El acoplamiento entre unidades, hasta un máximo de tres, se realiza por medio de un enganche automático Schafenberg, que se retrotrae cuando no está en uso. La unión entre los coches se realiza a través de enganches semipermanentes. La característica fundamental de este tren es su tracción distribuida, que reparte los equipos de tracción y auxiliares bajo los bastidores a lo largo de toda la composición. Los dos motores de cada coche están permanentemente conectados en paralelo entre sí y alimentados por un ondulator electrónico.

Está provisto de diversos sistemas de seguridad pasiva como la absorción de impactos a baja velocidad con deformación progresiva. Cuenta con un equipo de telecomunicación tren-tierra GSM-R y convencional, sistema de diagnóstico de averías y ayuda a la conducción, dispositivo de vigilancia continua (hombre-muerto), equipo de registro de incidencias y sistemas de patinaje y antibloqueo, engrase de pestaña y areneros. Los ocho bogies del tren, de dos ejes cada uno, están motorizados, un eje es motor y el otro remolque.

Otra característica es su capacidad de frenado, gracias a un freno eléctrico que permite conmutar automáticamente entre el régimen de recuperación en los ejes motores y el de frenado reostático. La distancia de frenado, circulando a 250 km/h, es de unos 2.800 metros.



Tecnología Talgo

Los trenes de la serie 130, también conocidos como Talgo 250 o “Patitos”, se componen de 11 coches Talgo de la serie 7 y dos cabezas tractoras fabricadas por Talgo en su parte mecánica y por Bombardier en sus aspectos eléctricos. Son vehículos versátiles que pueden circular por las líneas de ancho internacional e ibérico, utilizando los intercambiadores de ejes instalados en las conexiones entre ambas infraestructuras. La velocidad que alcanzan estos trenes es de 250 km/h en líneas de alta velocidad y de 200 km/h en las convencionales.

Estos trenes, cuya primera composición comercial prestó servicio en el año 2000 en la conexión Madrid-Barcelona con el nombre co-

Vista interior y cabina de mando del S 114.



Cabeza tractora del S 130 Alvia, uno de los principales modelos de ancho variable. Página opuesta, S 120 Alvia y S 121 Avant con velocidades punta de 250 km/h.

mercional de Altaria, eran remolcados por locomotoras de los dos anchos de vía. Se desarrolló la locomotora L-9202, antecesora directa de las motrices de la serie 130, de la que han heredado los *bogies* motores que cambian automáticamente de ancho.

En junio de 2002, Renfe decidió que las composiciones de Talgo 7 deberían disponer de tracción propia, tal y como ya estaba previsto en el contrato de 1999, convocando para ello un concurso para la fabricación de 44 cabezas motrices. Después se adjudicó la fabricación y mantenimiento de 26 trenes autopropulsados de alta velocidad, de nueve coches cada uno, para servicios de larga distancia de ancho variable, al consorcio formado por Talgo-Bombardier, lo que, unido a la anterior adquisición de maquinaria y una posterior reducción, suponía una dotación total de 46 cabezas tractoras y 252 coches.

La serie 130 realizó el primer servicio comercial Madrid-Alicante. Oficialmente comenzó a prestar servicio el 6 de noviembre entre Gijón-Madrid con la denominación comercial de Alvia.

S 130

Todo el tren está construido en una aleación ligera de aluminio que permite aliviar la tara

del vehículo y facilitar el ahorro de energía. Las cajas tienen una doble pared estanca resistente hasta una variación de presión de 6.000 pascales.

Cuenta con dos cabezas motrices, idénticas entre sí, diseñadas para remolcar por parejas, una en cabeza y otra en cola, con composiciones de Talgo Pendular de la serie 7, hasta un máximo de 11 coches. La velocidad máxima en servicio es de 250 km/h en ancho UIC y de 220 km/h en ancho ibérico y puede circular en condiciones normales con temperaturas exteriores de entre +50° C y -20 °C. Cada cabeza motriz incorpora dos pantógrafos, uno para corriente continua y otro para alterna, conectados entre sí por la línea de techo. Ésta tiene por objeto el transporte de energía para que la corriente captada por el único pantógrafo pueda alimentar las dos motrices.

El cambio de ancho se realiza al paso del tren a una velocidad de 15 km/h por una instalación especial montada entre las vías de distinto ancho. Las ruedas tienen un diámetro de 1.010 mm en las motrices y de 880 mm en los coches. Los ejes de rodadura son permanentemente guiados sobre la vía, manteniéndose las ruedas paralelas al carril, tanto en recta como en curva. Cada rueda está equipada con detectores de cajas calientes, con acción automática sobre el freno de emergencia en caso de sobrepasar la temperatura máxima permitida.

La suspensión principal es pendular neumática, con inclinación de las cajas hacia el interior de las curvas y aceleración lateral máxima en curva de $1,2 \text{ m/s}^2$, con posibilidad de circular hasta $1,5 \text{ m/s}^2$. Todos los ejes de cada motriz disponen de sistema de freno eléctrico (reostático y por recuperación) y neumático. La distancia de frenado con el freno de servicio es de 2.300 metros (61 segundos) a 250 km/h y de 1.406 metros a 200 km/h.

Tecnología CAF

Los electrotrenes de la serie 120 fueron los primeros autopropulsados con cambio de ancho que circularon en España. Con ellos se inauguró el servicio Alvia de trenes diurnos de estas características. Los doce primeros trenes circulan desde 2006 y han dado lugar a una versión para servicios de Media Distancia (29 unidades de la serie 121) y otra subserie para Larga Distancia (16 unidades numeradas como 120.050).

En junio de 2005 se firmó un segundo contrato para el suministro de 16 trenes adicionales de la serie 120, en su versión para largas distancias, que disponen de un transformador de emergencia, condición que se puso para circular por túneles de más de 5 kilómetros de longitud, lo que no pueden hacer los de la serie 120.

Los trenes de las series 120, 120.05 y 121 son de tracción distribuida y tienen la misma arquitectura. Son trenes de ancho variable y bitensión. Su velocidad máxima de circulación es de 250 km/h en líneas de ancho UIC, y de 220 km/h en líneas de ancho ibérico.

Cada tren lleva ocho motores eléctricos asíncronos trifásicos, montados dos en cada uno de los coches. Disponen de tres sistemas de freno: eléctrico mixto (roostático y de recuperación), neumático de disco y de estacionamiento.

Cada coche se apoya en dos bogies motores, cada uno de los cuales tiene dos ejes Brava, uno motor y otro portante. La filosofía de los ejes Brava está basada en un eje fijo, no rotativo, y que actúa exclusivamente como viga de sustentación. Las ruedas están montadas sobre un casquillo con interposición de dos rodamientos, de manera que entre ambos elementos existe la posibilidad de giro relativo respecto a su eje común. El sistema de control y supervisión, denominado Cosmos, permite gestionar las comunicaciones de una unidad y entre distintas unidades. ◀



Servicios a 200 km/h

En la red convencional, desde el año 1997 se circula en algunos tramos a la velocidad máxima de 200 km/h (en ancho de vía ibérico de 1.668 mm). Los trenes que prestan o han prestado servicios a esa velocidad en líneas convencionales son los siguientes:

Trenes autopropulsados:

- Euromed (M-8R-M, 200 km/h, 8.800 kW, 330 plazas).
- Serie 490 (M-R-M), 200 km/h, basculante, 1.950 kW, 161 plazas).

Trenes remolcados:

- Talgo de las series 5 (camas), (camas y butacas) y 7 (butacas, y luego camas), (200 km/h).
- Trenes de coches convencionales Arco (200 km/h).
- Máquinas eléctricas de las series 252, 269-400 y 269-600.
- Máquinas diésel series 354 y 334.



Ficha de la maquinaria

Alta Velocidad Larga Distancia:

● AVE S 100

Fabricante Alstom – Vel. máx. 300 km/h – Ancho internacional – 331 plazas

Se estrenó el 21 de abril de 1992 en la línea Madrid-Sevilla y fue el primer tren de alta velocidad para ancho UIC de España. A las 18 unidades fabricadas en 1992 se unen las 6 de ancho ibérico que realizaban el servicio Euromed.

● AVE S 102

Talgo-Bombardier – Vel. máx. 330 km/h – Ancho internacional – 316 plazas

Comenzaron a circular el 26 de febrero de 2005 en la línea Madrid-Zaragoza-Lleida. El diseño minimiza los efectos de la presión en los túneles. En su construcción se ha utilizado material de aleación de aluminio muy ligero y cuidado al máximo el diseño aerodinámico del tren, lo que favorece un menor consumo energético.



● AVE S 112

Talgo-Bombardier – Vel. máx. 330 km/h – Ancho internacional – 365 plazas

En 2010, la serie 102 se completó con 30 nuevos trenes del modelo S 112 y quedó integrada por 46 vehículos. Los 'Pato' S 112 se estrenaron el 19 de diciembre de 2010 en la nueva línea Madrid-Albacete/Valencia.

● AVE S 103

Siemens – Vel. máx. 350 km/h – Ancho internacional – 404 plazas

El tren más veloz de Europa y uno de los más rápidos del mundo está en servicio desde junio de 2007 con una flota de 26 unidades. Tren de tracción distribuida. Pantalla de separación de cristal fototrópico entre la sala de viajeros y la cabina del conductor.

● Alvia S 120

CAF-Alstom – Vel. máx. 250 km/h – Ancho variable – 237 plazas

El primer tren de ancho de eje variable comenzó a circular en mayo de 2006 en la relación Madrid-Barcelona (hasta Lleida por ancho UIC y hasta Barcelona por ancho ibérico). Existen dos versiones: para 237 viajeros y para 222.

● Alvia S 130

Talgo-Bombardier – Vel. máx. 250 km/h – Ancho variable – 299 plazas

Esta serie de ancho variable está integrada por 45 vehículos, 34 de los cuales trenes circulan desde octubre de 2007 a una velocidad máxima de 250 km/h.

● Trenhotel

Talgo – Vel. máx. 220 km/h – Ancho variable – 234 plazas

Elementos de confort y adaptación para personas con discapacidad en el tren nocturno de alta velocidad para el que se han contratado 10 unidades. Sistema de ancho variable de ejes. Cabinas de gran clase y asientos superreclinables.

Alta Velocidad Media Distancia:

● Avant S 104

CAF-Alstom – Vel. máx. 250 km/h – Ancho int. – 237 plazas

Es el primer tren que prestó el servicio de alta velocidad para trayectos de Media Distancia por las vías de ancho UIC. El primero de los 20 trenes en servicio comenzó su circulación comercial en diciembre de 2004. Clase única.

● Avant S 114

CAF-Alstom – Vel. máx. 250 km/h – Ancho int. – 237 plazas

Evolución del S-104 con varias mejoras tecnológicas. Alstom es el constructor de las 13 unidades. Su estreno se ha producido en junio pasado al sustituir a los Avant 121 en el trayecto Madrid-Segovia-Valladolid.

● Avant S 121

CAF-Alstom – Vel. máx. 250 km/h – Ancho variable – 280 plazas

Fabricados con similar filosofía y diseño que el S 120, los 121 han sido pensados para cubrir servicios de Media Distancia por vías de ancho UIC y convencional. Existen 29 unidades. En servicio desde enero de 2009.



Alta Velocidad



Centros de Regulación y Control



Los CRC gestionan al instante la circulación y las incidencias en las líneas de alta velocidad

Los ojos y el cerebro de la red



Videowalls que ocupan inmensas salas de control, con información en tiempo real desde cualquier punto de la red y capacidad de telemandar convoyes desde un núcleo central y anticiparse a los problemas del tráfico, parecían utopías hace 20 años cuando arrancó la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla. Hoy un entramado de Centros de Regulación y Control de Tráfico (CRC), apoyados por un sistema de seguimiento de última tecnología, hacen de la gestión de la circulación española un modelo a seguir en otros países.

BEGOÑA OLABARRIETA FOTOS: ADIF

Con la puesta en marcha de la primera línea de alta velocidad en España, entre Madrid y Sevilla en 1992, se inauguraba un por entonces moderno puesto de mando en la estación de Madrid-Atocha para dar seguimiento a la revolución que en aquel entonces suponía la llegada del AVE al panorama ferroviario español.

Casi 20 años después, las nuevas líneas, el incremento de kilómetros de vías de alta velocidad y la necesidad de dar nuevas respuestas a la gestión y el control han cambiado el modo de regular el creciente número de este tipo de convoyes en España. Todo ello respaldado por la introducción de un sistema tecnológico de última generación, la plataforma DaVinci, que hace del actual control del tráfico ferroviario español uno de los más avanzados del mundo y referente para otros países.

Adif, entidad pública adscrita al Ministerio de Fomento, es la encargada de la gestión y el control de los 2.665 kilómetros de vías férreas de alta velocidad que están operativos en la actualidad, así como de los 1.542 kilómetros que estarán en marcha en un futuro próximo.



El CRC de Madrid-Puerta de Atocha (página opuesta) es una evolución del antiguo puesto de mando existente en la estación madrileña en el año 1992 (imágenes superiores).



Centros de Regulación y Control

El CRC de Zaragoza controla y dirige todo el tráfico ferroviario de la línea Madrid-Barcelona.



De los puestos de mando al CRC

Son cientos los cruces, salidas y entradas de convoyes de alta velocidad que se producen cada día y que se gestionan hoy desde los Centros de Regulación y Control de Tráfico (CRC). Situados en diferentes puntos estratégicos de las líneas, estos centros coordinan, organizan y supervisan la circulación de trenes de acuerdo con los planes de transporte establecidos, teniendo en cuenta, además, las variables que pueden surgir minuto a minuto a las que hay que dar respuesta inmediata.

Pero en el año 1992, cuando arrancó la línea pionera del AVE, la gestión del control se realizaba a través de puestos de mando. Pese al desafío que suponía la entrada en circulación de la alta velocidad, el sistema era más sencillo. No existían otras líneas similares y, por lo tanto, tampoco los enlaces de Los Gavilanes (bifurcación Vallecas hacia la línea de Barcelona), La Sagra (bifurcación Toledo), Torrejón de Velasco (bifurcación Albacete) y Córdoba (bifurcación Málaga). La infraestructura ferroviaria, así como el número de circulaciones, era menor y menos compleja que la actual.

Veinte años después, los CRC (exclusivos para estas líneas) han sustituido a los puestos de mando, que ahora quedan para los tramos de ancho convencional. Aunque en aquel entonces la gestión de las circulaciones no era muy distin-

ta a la de hoy, a efectos operativos la diferencia entre ambos radica principalmente en las tecnologías aplicadas, orientadas y adaptadas al producto a gobernar en cada caso.

Mientras que el concepto de CRC integra todos los sistemas que intervienen en la regulación del tráfico ferroviario, desde la señalización a la información al viajero, dando respuesta



a las exigencias de la alta velocidad, en los puestos de mando cada sistema es independiente.

Así, hasta la entrada en funcionamiento de la nueva concepción del control, cada elemento de información se determinaba, recibía y transmitía por separado. Por ejemplo, si un tren tenía que cambiar de raíl debido a un problema en la vía, el operador debía contactar con todos los demás responsables de sistemas relacionados para solucionar la incidencia.

En la actualidad, con 262 trenes AVE y de Larga Distancia que han de ser gestionados cada día –a los que se suman medio centenar de circulaciones que transitan por dos redes de distinto ancho de vía (principalmente trenes Alvia y Hotel)–, la necesidad de un modelo de gestión orientado hacia la supervisión integral de los sistemas y usuarios se hace imprescindible.

Plataforma DaVinci

La integración de todos los procesos se hizo posible gracias al desarrollo e incorporación de la plataforma DaVinci, uno de los sistemas más avanzados del mundo en materia de regulación del tráfico ferroviario. Propiedad intelectual de Adif, DaVinci consiguió una visión global de todos los subsistemas en que se divide la gestión del tráfico a través de una plataforma única, permitiendo una accesibilidad más centralizada para el control de los movimientos, la supervisión y el telemando de subestaciones.

►►► La plataforma DaVinci es uno de los sistemas de regulación del tráfico ferroviario más avanzados del mundo

Fue nueve años después de la puesta en circulación de aquella primera línea de alta velocidad cuando los ingenieros de la empresa Indra, en colaboración con Adif, empezaron a desarrollar este nuevo modelo que debería mejorar la gestión del tráfico ferroviario.

Adif buscaba un método más avanzado para el control y el flujo de información, y supo aprovechar el historial de innovación en el desarrollo de sistemas de Indra. Anticipándose a la actual implantación de la alta velocidad en España ya se buscaba un modelo que posibilitara que quien dirigiese el tráfico en ese momento pudiese, por ejemplo, sólo con pulsar unas pocas teclas, cambiar la vía por la que circulara el tren, al tiempo que todos los afectados recibiesen una notificación inmediata, actualizando automáticamente todos los cambios relevantes.

Surgió así DaVinci, una plataforma que consigue integrar todos los sistemas, los heredados





Centros de Regulación y Control



dos en Antequera, Albacete y el futuro de León).

Además, presenta una alternativa de gestión que permite la posibilidad de telemandar y gobernar las líneas desde al menos una segunda ubicación diferente al CRC central, mediante los CRC de línea. Con ello se da mejor respuesta a las necesidades puntuales de la explotación, racionalizándolas y repartiendo las cargas si fuera necesario. Así se puede telemandar un determinado tramo para, por ejemplo, realizar pruebas con trenes en un trayecto, manteniendo la continuidad del tráfico con las mismas prestaciones operativas, tecnológicas y de seguridad del CRC central, ante cualquier contingencia.



CRC de Antequera (arriba) y de Albacete, este poco antes de su puesta en servicio.

(comunicaciones fijas y móviles, energía, CTC –de telemando de la señalización–, detectores,...), los de nueva implantación (Ertms o Sistema de Gestión de Tráfico Ferroviario Europeo y demás herramientas) y los que se puedan añadir en el futuro gracias a su arquitectura abierta.

Con ello se generó un entorno ferroviario orientado hacia la supervisión integral de los procesos, sistemas y usuarios; todos centralizados por la plataforma para que crucen e intercambien información, permitiendo además su monitorización remota en los CRC centrales (ubicados en Madrid- Puerta de Atocha y en Zaragoza-Delicias) y en los CRC de línea (situa-

Un entramado de centros de control

Los CRC conforman un entramado que dirige y controla las circulaciones de alta velocidad en tiempo real, siguiendo un plan de transporte definido, y cumpliendo los compromisos de seguridad y puntualidad exigidos.

En la actualidad hay cuatro CRC operativos: Madrid-Puerta de Atocha (para las líneas Madrid-Toledo, Madrid-Valladolid y Madrid-Sevilla), Antequera (para la línea Córdoba-Málaga), Albacete (para la línea Madrid-Valencia-Murcia) y Zaragoza (para la línea Madrid-Barcelona), a los que el año próximo se unirá León (para las líneas del norte-noroeste).

Junto a ellos coexisten los Puestos Regionales Operacionales (PRO), que permiten tomar el mando ante cualquier eventualidad en los CRC. Existen PRO en Guadalajara, Calatayud, Lleida, Tarragona y Barcelona, para dar servicio complementario y alternativo al CRC de Zaragoza, y otro en Segovia, para la actual línea Madrid-Valladolid. Todos ellos coordinados y comunicados de forma permanente y en tiempo real para responder ante cualquier problema en la explotación o contingencia que perturbe

Vigilancia H24

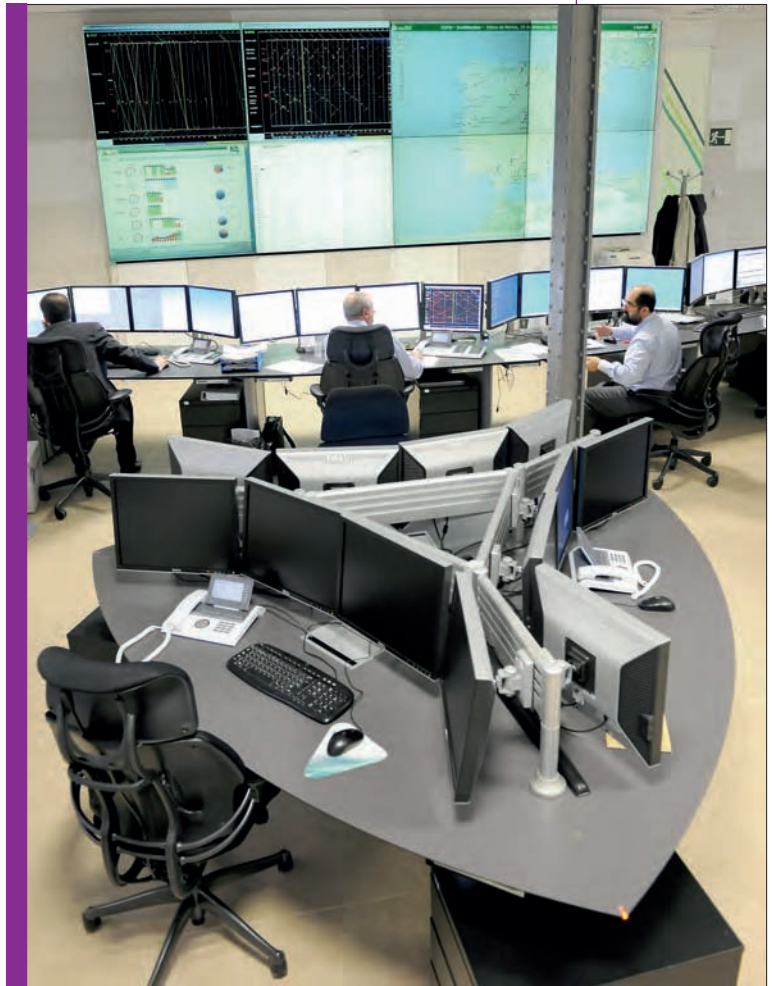
La estación Madrid-Puerta de Atocha alberga el Centro de Gestión de Red H24 (CGRH24), inaugurado en enero de 2010, desde el que se gestionan y coordinan todas las incidencias de la red ferroviaria durante 24 horas al día, 365 días al año. En él están integradas tanto las áreas de Red Convencional como la de Alta Velocidad, centralizando y visualizando al instante toda la información que recibe, en tiempo real, de los puestos de mando y CRC.

Este centro *madre* asume la gestión del tráfico de forma centralizada cuando se produce un incidente que afecta al desarrollo normal del tráfico ferroviario, proponiendo actuaciones y soluciones globales de forma ágil, con la coordinación de todos los actores implicados en la resolución de incidencias.

Aquí se coordinan todas las áreas operativas de Adif, de forma transversal, compartiendo la información, los procesos y las actuaciones, tanto preventivas como correctivas, a adaptar en cada caso. Así, además de la propia gestión de la circulación ferroviaria, en el CGRH24 se integran las áreas de Estaciones, Mantenimiento de la Infraestructura, Protección Civil y Seguridad Corporativa, y Comunicación y Relaciones Externas. La finalidad del centro es unir el trabajo que las distintas áreas hacen por separado, permitiendo alcanzar objetivos comunes en tiempo real, siendo más eficaces en la coordinación operativa y en la resolución de las contingencias e incidencias que surjan en toda la red.

Todos los actores implicados se integran en un mismo espacio, una gran sala de control de unos 120 m², donde un *videowall* de 11 m² muestra la información de cualquier puesto de mando al instante y los indicadores de evolución del tráfico, con toda la información relevante para el control y el tráfico. Además, integrada en la sala pero con un espacio independiente, está la Dirección de Protección Civil y Seguridad, que visualiza imágenes de 500 cámaras situadas a lo largo de las líneas de alta velocidad y de entornos clave de algunas estaciones de línea convencional.

Con todo este entramado los operadores pueden determinar al momento para cada convoy su lo-



calización exacta, cuántos pasajeros viajan en el mismo y si cumple las previsiones horarias. Si se detecta un incidente y el puesto de mando correspondiente considera que puede afectar a la circulación, los técnicos de Circulación determinan otras rutas alternativas, los de Mantenimiento ponen en marcha a sus equipos para solucionar la infraestructura afectada, el área de Estaciones se prepara por si los usuarios deben esperar y debe informarles, contando para ello con el área de Seguridad y de Protección Civil; mientras, el área de Comunicación informará de la incidencia y de sus soluciones. El CGRH24 dispone, además, de un sistema que le permite anticiparse a futuras incidencias. Al igual que recibe información en tiempo real de lo que ocurre en la red, también recibe y, sobre todo, interpreta y procesa otro tipo de informaciones básicas para la previsión.

Sala y pantallas del Centro de Gestión de Red H24 de Madrid-Puerta de Atocha.



Centros de Regulación y Control



De los cuatro CRC operativos, los de Zaragoza y Madrid-Atocha presentan singularidades frente al resto. El CRC de la estación madrileña tiene la singularidad de que en él confluyen todas las líneas de alta velocidad del país y es capaz de gobernar otras que habitualmente están teledirigidas desde diferentes puntos. Por su parte, el CRC de la terminal aragonesa, primero en implementar el sistema DaVinci en 2008 (le seguirían Madrid en enero de 2010 y Albacete en diciembre del mismo año), es diferente porque en él no interviene el de Atocha, como sí lo hace para el resto, ya que son los PRO que están establecidos a lo largo de la línea los que toman el mando ante cualquier fallo.

Y es que la gestión de las rutas se establece como una red, ya que permite compartir conjuntamente todas aquellas incidencias que hayan ocurrido, analizando sus causas y proponiendo soluciones.

A todo ello, y para una mayor coordinación, se une el Centro de Gestión de Red H24 (CGRH24), también ubicado en la estación Madrid-Puerta de Atocha, para el control de todo el sistema ferroviario español (líneas convencionales y de alta velocidad), que efectúa el seguimiento al momento de lo que ocurre en la red, compartiendo con todas las áreas de gestión del tráfico, por medio

de videoconferencia o multiconferencia, las distintas contingencias, tomando decisiones inmediatas y, si fuera necesario, sometiéndolas a un exhaustivo post-análisis para minimizar el impacto en futuras situaciones análogas.

CRC de Madrid-Puerta de Atocha

Ciñéndonos a las líneas de alta velocidad, en el mismo edificio del CGRH24, en su planta superior, se encuentra el centro neurálgico del control de alta velocidad propiamente dicho, el



Puestos de mando de Sevilla (arriba) y Miranda de Ebro, destinados a las líneas de ancho convencional.

el normal desarrollo del plan de transporte haciendo necesario reprogramar otro alternativo.

Por ejemplo, en el caso de pérdidas de mando, o de problemas con alguna instalación de señalización, agujas, ocupación de circuitos, etc., se produce una inmediata coordinación y actuación entre Mantenimiento de la Estructura y los Servicios Itinerantes de Circulación, conocidos como los SIC (técnicos autorizados para tomar el mando de una determinada estación y permitir así el paso de los trenes sin degradación de los sistemas).



CRC de Madrid-Puerta de Atocha. Inaugurado en 1992 como puesto de mando para el tramo a Sevilla, los nuevos retos de gestión propiciaron su evolución y en septiembre de 2009 comenzó a funcionar como Centro de Regulación y Control de Tráfico. Era una apuesta por centralizar la gestión, apoyando a los CRC operativos y previendo las líneas futuras.

Así, el CRC de Atocha –con 132 movimientos de trenes diarios– es un auténtico cuartel de mando de la alta velocidad española ya que centraliza todas las líneas, integrando en una plataforma los diferentes sistemas de control de tráfico actual, al tiempo que prevé la ampliación en un futuro.

En su sala central, un enorme mural de vídeo, de cerca de 100 m² de superficie, ofrece al instante toda la información necesaria para gestionar, supervisar y regular el tráfico de los tramos en servicio.

Desde esta sala se gestionan directamente las líneas Madrid-Sevilla, Madrid-Toledo y Madrid-Valladolid, y se cogestionan las líneas Madrid-Valencia y Madrid-Málaga en caso de que sea necesario, quedando fuera de su ámbito la Madrid-Barcelona. Así, este centro está preparado para compartir de forma plena o parcial, según determinen las condiciones de explotación en cada momento, el telemando de los CRC de línea.



El nuevo modelo de gestión ha supuesto el refuerzo del equipo técnico encargado del seguimiento. Antes de su nueva configuración, el CRC de Madrid-Puerta de Atocha contaba con 25 personas, cifra hoy casi duplicada para afrontar los puestos de control de las distintas líneas, así como para la futura Granada-Antequera-Sevilla, a lo que se suman dos puestos más para reguladores. El aumento de personal también se ha producido en los demás CRC de línea debido al aumento del tráfico y a los enlaces a través de los cambiadores de ancho, que requieren mayores recursos de personal. Por ello, frente a los 45 técnicos actuales en el CRC de Madrid-Puerta de Atocha, Zaragoza cuenta con 44, Albacete con 24 y Antequera con 13.

Las incidencias en la red ferroviaria española se gestionan desde el CGRH24 de Madrid-Puerta de Atocha (debajo, sala de reuniones del centro).



Imagen virtual del interior (arriba) y exterior (página opuesta) del futuro CRC de León, que gestionará el tráfico de las líneas de alta velocidad del norte-noroeste peninsular.

Gutiérrez Soto: el pionero

El CRC Gutiérrez Soto, ubicado en la estación de Zaragoza-Delicias para la línea Madrid Barcelona, que controla 78 trenes diarios, es el único independiente de todo el entramado de red, no dependiendo del central. Este CRC fue el primer sistema a escala europea que funcionó con la plataforma DaVinci para controlar el avance de la alta velocidad hacia la frontera francesa. Fue pionero en la puesta en marcha de los puestos de operación multisistema e integración ferroviaria, junto con los orientados a la gestión de la circulación y a la optimización de la explotación. De hecho, fue el éxito de las prestaciones ofrecidas por este primer CRC, gracias a la implantación de DaVinci, lo que determinó su elección como sistema de control del tráfico ferroviario para todas líneas de alta velocidad.

CRC de Antequera y Albacete

La línea Madrid-Málaga depende del CRC de Antequera, ubicado en un edificio colindante al cambiador de anchos y próximo a la estación de Antequera-Santa Ana, desde donde se controla la circulación con ayuda del CTC (Control

de Tráfico Centralizado), se telemandan varios tipos de detectores de seguridad y se alimenta la información del Sistema Informatizado de Tráfico (Sitra) en el que se evalúa la puntualidad de los trenes, como elementos principales. También se ubica en este CRC el puesto central del LZB, sistema de control y ayuda a la conducción de los trenes de alta velocidad. Las tareas que se realizan desde este centro abarcan cuatro grupos de operaciones: supervisión de la circulación, banda de regulación, telemando de energía y telecomunicaciones.

Por su parte, el de Albacete es el recién llegado a la red de CRC a raíz de la puesta en marcha de la línea Madrid-Valencia a finales de 2010. Dispone de la plataforma tecnológica DaVinci. Su sala de control está equipada con una gran pantalla de vídeo que incorpora la tecnología LED, combinada con el uso de monitores de 72 pulgadas de alta definición. Además, las instalaciones están pensadas para reducir el gasto energético en un 40%, con una menor ocupación de espacio. La sala de operación, de 466 m², tiene capacidad para albergar en su configuración de línea completa hasta 17 operadores, asumiendo funciones de control de tráfico, regulación, supervisión y mantenimiento (telemando de energía y comunicaciones).



A este entramado de gestión se unirá en 2012 el CRC de León, que será el mayor de todos, para gestionar el tráfico ferroviario de la línea hacia Galicia. Este nuevo centro albergará además los centros de Protección y Seguridad (CPS) y de Control de Tráfico Centralizado (CTC), para la gestión de la circulación de trenes por la red convencional en esta área.

Veinte años después del estreno del AVE el control de la alta velocidad en España se ha convertido, gracias a la apuesta por la tecnología y la comunicación operativa entre centros, en un referente para otros países, como Marruecos, Colombia o Reino Unido. ◀

Del control tradicional a DaVinci

El sistema DaVinci comenzó a operar en 2003 integrando más de cuatro millones de líneas de código con toda la información relevante en una plataforma unificada que facilita la automatización de todas las funciones relacionadas con la estructura técnica del sistema, permitiendo al operador centrarse en el flujo de tráfico. Es uno de los procedimientos más avanzados del mundo que supone una evolución en la integración multidisciplinar del entorno ferroviario, orientada hacia la gestión integral de procesos, sistemas y usuarios, al agrupar todos los subsistemas antes independientes.

El tráfico de alta velocidad exige una recopilación y transmisión de datos muy precisa. Los operadores de los CRC de alta velocidad no sólo reciben datos sobre la posición exacta de los trenes en cada momento, sino también otro tipo de información que es crucial para el buen funcionamiento de la línea, como la procedente de detectores que comprueban la temperatura de las cajas de frenos para evitar un recalentamiento y un eventual fallo en la frenada, la demanda de electricidad en cualquier punto del trazado ferroviario, e incluso, a través de los sensores de fibra óptica, se detecta cualquier objeto caído sobre las vías y disparan una alarma para evitar eventuales daños.

De esta forma, la plataforma DaVinci integra aplicaciones y sistemas de seguridad existentes que

antes estaban dispersos: aplicación SVCS (soporta los detectores de cajas calientes y los detectores de caída de obstáculos a la vía), ART (realiza la ruta más adecuada para los trenes a lo largo de la línea), Dicom (sirve para hablar con los trenes mediante tecnología GSMR) y GIA (gestor integrado de alarmas), entre otras. La gestión de la circulación por parte de los jefes de estación es ahora más sencilla gracias a estas aplicaciones.

En todo este entramado, los diferentes sistemas de control y gestión dialogan compartiendo información e interactúan entre ellos, facilitando la labor de los operadores de los distintos telemandos.

En el entorno de operación en tiempo real de esta plataforma se integra el control de tráfico centralizado, con enrutamiento automático, las comunicaciones fijas y GSM-R, el puesto central de Ertms, el telemando de energía y el telemando de detectores. Por otra parte, el entorno de gestión de la explotación integra los sistemas de planificación y regulación.

Esta herramienta, propiedad de Adif e implementada por Indra a partir de los requisitos funcionales y técnicos generados, en los que Ineco ha colaborado desde su inicio en 2002, está siendo exportada a otros países, lo que indica que la gestión integral de procesos, sistemas y usuarios marca la tendencia en el diseño de este tipo de centros en el futuro.

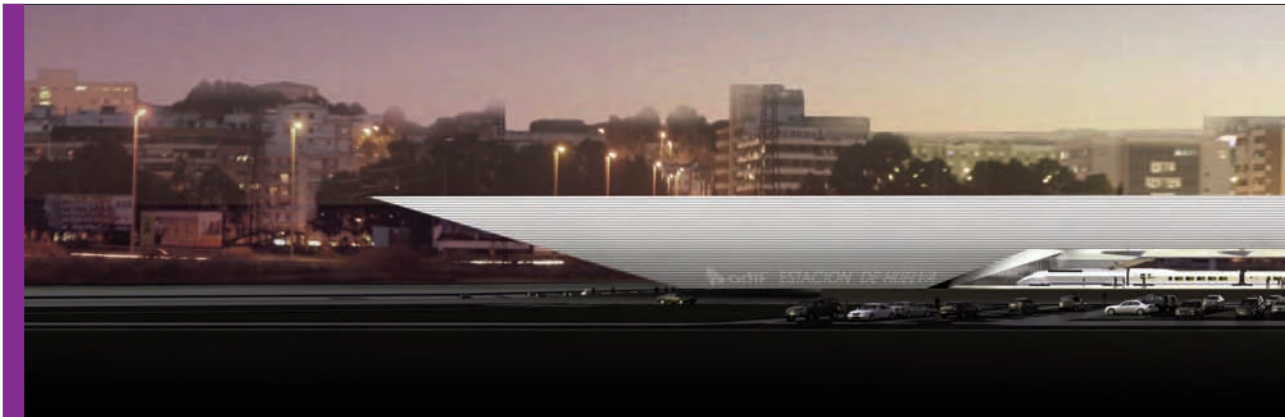


Estaciones

Las terminales de la red de alta velocidad española

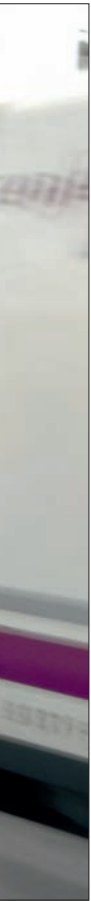
Los hogares del AVE

Estaciones término o intermedias, emplazadas en grandes capitales o en pequeñas ciudades, céntricas o periféricas, nuevas o históricas remodeladas, soterradas o en superficie, provisionales o definitivas... La variedad tipológica de las terminales de alta velocidad españolas que gestiona Adif crece a medida que se extiende la red del AVE por el territorio peninsular.





Madrid-Puerta de Atocha (izquierda) y futura estación de Huelva (debajo), dos modelos diferentes de terminales de alta velocidad.



Rafael de la Hoz Arquitectos



Vista aérea de la estación Madrid-Puerta de Atocha durante la fase de ampliación hacia el sur.

M^a DEL MAR MERINO FOTOS ADIF Y RENFE

Desde los primeros viajes en tren, las estaciones evolucionaron hacia una monumentalidad acorde con su condición de nuevas puertas de acceso a las ciudades. Se convirtieron así en hitos arquitectónicos y referentes urbanos. El gran desarrollo urbano de las últimas décadas y la necesidad consiguiente de mejorar la conectividad de las redes de transporte favoreció la transformación de las terminales de ferrocarril en nuevas estaciones de carácter intermodal, en las que confluyen todos los medios, desde el tren de alta velocidad y los autobuses urbanos e interurbanos hasta los metros ligeros. Todo ello ha supuesto un gran salto en la modernización y el ordenamiento de la red de comunicaciones, haciendo de la estación uno de los ejes dinamizadores del desarrollo urbano.

Estas nuevas estaciones no son sólo proyectos estéticos. Más bien se configuran como elementos de referencia a la hora de resolver funcionalidades urbanísticas en la transformación de la ciudad. En este empeño no debe olvidarse que su resolución es además una gran oportunidad para la reordenación, recuperación y

revitalización urbana de grandes áreas de nuestras históricas ciudades.

Actualmente existen en España 24 estaciones conectadas a la red de alta velocidad, de ellas 18 en capitales de provincia, todas ellas gestionadas por Adif. Dos terminales más están terminadas (Burgos-Rosa de Lima y León), cinco están o estarán próximamente en obras (La Sagrera, Vigo, Central de Tarragona, Girona y Logroño) y hay proyectadas más de una treintena en las distintas líneas en construcción.

Se describen a continuación algunos ejemplos de estaciones ordenadas por corredores de alta velocidad:

LÍNEA MADRID-SEVILLA

Madrid-Puerta de Atocha

Para la revitalización del ferrocarril en España, que permanecía estancado, atrasado y aislado con respecto a Europa por tener un ancho de vía distinto, se comenzó a construir en los años 80 la primera línea de alta velocidad, inaugurada el 14 de abril de 1992.



Los antecedentes de la estación Madrid-Puerta de Atocha se remontan al 9 de febrero de 1851, cuando se inauguró como estación de Mediodía (o del Sur), siendo la primera estación de tren de Madrid y piedra angular del sistema ferroviario español. Situada en el barrio de Atocha, son muchas las razones que hacen de ella la más importante de Madrid y una de las más relevantes de España.

En 1851 se inauguró la línea Madrid-Aranjuez para unir la capital con el palacio de la reina Isabel en el Real Sitio. Nació así el "embarcadero de Atocha", situado en su actual ubicación al sur de la capital. Era un edificio de planta en "U", con dos vías principales, una central y otra transversal de servicio. Con la creación en 1856 de la Compañía Ferroviaria de Madrid a Zaragoza y Alicante (MZA) se empieza a pensar en adecuarlo al creciente tráfico, siendo acondicionado a los nuevos servicios de viajeros entre 1858 y 1859, con la construcción de un edificio para las oficinas de la compañía. A raíz de un incendio en 1864 que devastó las instalaciones, la reconstrucción se encargó a Alberto de Palacio Elissagne, autor del proyecto de estación monumental que hoy conocemos. La construcción comenzó en

1890, y en ella destacó la gran cubierta metálica, magnífico exponente de la arquitectura industrial del hierro y el cristal de la época, con sección en forma de quilla de barco, que alojaría los andenes y las vías. La nueva Atocha, inaugurada el 8 de diciembre de 1892, está considerada una obra de arte de la arquitectura ferroviaria decimonónica.

Posteriormente, la estación se conectó con la red de metro (1921) y con la estación de Chamartín (1967) mediante un túnel a través de la ciudad.

El segundo gran impulso a la estación tuvo lugar a finales de los 80, con el horizonte de la Expo Universal de Sevilla, que favoreció la llegada de la alta velocidad a España. Para adecuar la estación a la nueva realidad se encargó el proyecto al arquitecto Rafael Moneo, quien en 1985 diseñó un edificio integrador donde conflúan los trenes de Cercanías, regionales y de larga distancia con las nuevas vías de alta velocidad, sin olvidar la intermodalidad con conexiones con la red viaria madrileña, el metro y el transporte público. La nueva terminal se situó junto a la vieja marquesina, en una sala hipóstila que albergaba los 15 andenes de alta velo-

Andenes de la parte ampliada de Atocha de cara a la puesta en servicio de la LAV Madrid-Levante.



Caballero

Nueva terminal de llegadas

En diciembre de 2010 se inauguró la última ampliación de la estación, basada en la construcción de la nueva terminal de llegadas de la estación Madrid- Puerta de Atocha, comienzo de una amplia remodelación que se realizará en varias fases con objeto de mejorar la integración en la ciudad y la calidad de los servicios, la intermodalidad y la potenciación del transporte público. La nueva infraestructura acoge los tráficos generados por la línea de alta velocidad Madrid-Valencia. Y es la principal actuación de la primera fase de ampliación del complejo ferroviario, con una inversión de 171,4 M€. Cuando la remodelación de todo el complejo –que supondrá una inversión de 500 M€– se concluya en el entorno del año 2025, la estación estará preparada para recibir más de 36 millones de viajeros anuales.

La estación es la primera de España en separar la terminal de salidas (terminal norte) de la de llegadas (terminal sur), que anteriormente se concentraban en un mismo punto, optimizando el aprovechamiento de las instalaciones y mejorando la atención a los usuarios. Diseñada por Rafael Moneo, la ampliación da continuidad a la arquitectura de la actual Puerta de Atocha y será el eje neurálgico de las líneas de alta velocidad. Así, en la zona central de los andenes se ha construido la nueva pasarela de llegadas, que divide la zona en dos áreas: la mitad norte destinada a salidas y la sur para llegadas. Los viajeros cuyos trenes llegan a la estación ascienden desde los andenes a un nivel superior. Sobre la pasarela se ha instalado una nueva cubierta de acero blanco con módulos que permite la entrada de luz natural y la ventilación de los andenes. Desde la pasarela, un pasillo encamina a los viajeros hasta el nuevo vestíbulo de llegadas, donde los usuarios pueden acceder a diferentes niveles y dependencias de la esta-



Caballero

Jardín tropical en el interior de la antigua estación de Atocha y marquesina histórica, todo un referente en el paisaje urbano madrileño.

ciudad, con una cubierta de cobre con lucernarios de vidrio y metal sostenida por pilares de hormigón. La vieja estación cesó en sus funciones pero conservó el aspecto externo, llamante por la rehabilitación. Como otras estaciones históricas europeas, ahora es un centro comercial y de servicios a los viajeros, con un jardín tropical de 4.000 m², poblado por más de 500 especies.



ción. Este vestíbulo, de unos 2.500 m² y dividido en dos plantas, dispone de cafetería, baños, locales para alquiler de vehículos y oficinas de atención al cliente de Adif y Renfe.

Sevilla-Santa Justa

Es la otra gran estación término de la línea, pionera dentro de las primeras infraestructuras de alta velocidad en España. Proyectada por los arquitectos Antonio Cruz y Antonio Ortiz, se construyó entre los años 1989 y 1991 para albergar la llegada del AVE a Sevilla, siendo una de las grandes obras realizadas con motivo de la Expo de 1992.

Construida en diferentes niveles en el prado de Santa Justa, sus 80.000 m² de superficie (incluidas zonas anexas), distribuidos a través de la plaza de acceso, la cabecera de la estación y el patio de andenes, se alzan junto al principal viario de acceso a la ciudad desde el norte, siendo la accesibilidad uno de sus atractivos, al estar muy cerca del casco histórico y bien enlazada por carretera.

Santa Justa destaca también por sus dimensiones y funcionalidad, lo que permite que las operaciones del tráfico sean rápidas y cómodas. Esta funcionalidad convive con su monumentalidad arquitectónica. La entrada destaca por su marquesina, a la que los vehículos tienen paso directo y desde la que se accede al vestíbulo principal, uno de sus elementos más potentes, con 3.000 m² de altos techos y envolvente luminisidad que acoge al viajero en un espacio de gran actividad y personalidad. Otro ámbito bien definido, además de la rampa de bajada a los andenes, es la gran bóveda que los cubre, dividida en tres, con espectaculares arcos metálicos proyectados en espiral hacia la luz.

Sus líneas elegantes recuerdan a las antiguas puertas de la muralla almohade, y no sólo por lo arquitectónico, con el ancho túnel de entrada y las paredes de ladrillería, sino por el ambiente que se respira en los andenes y en el vestíbulo. La comunicación entre andenes y vestíbulo se realiza mediante ascensores, rampas y escaleras mecánicas.

La estación cuenta con servicios de línea de

Estación Sevilla-Santa Justa, terminal pionera de alta velocidad en España y todo un referente en cuanto a su adaptación a las necesidades del viajero.



Estaciones

Vestíbulo principal de Santa Justa, con techos elevados y una envolvente luminosa interior.



alta velocidad, de Media Distancia y de Cercanías. Las infraestructuras se concentran en doce vías: seis de ancho UIC y seis de ancho ibérico, así como seis andenes de 525 metros de longitud, dentro de los cuales se ubica un andén para Cercanías. Todos están recubiertos con las bóvedas semicirculares metálicas típicas de la estación, que confieren una original y agradable iluminación.

►►► *La estación sevillana de Santa Justa aún conserva monumentalidad arquitectónica y grandes dosis de funcionalidad*

En estos años, Santa Justa ha sido un referente para las estaciones modernas en cuanto a su evolución y adaptación a las necesidades y demanda de servicios de los viajeros y la ciudad y su entorno. Prueba de ello es la inauguración en el año 2001 del Centro de Viajes, concepto innovador basado en nuevo espacio que aglutina todos los servicios ferroviarios. Construido sobre una superficie de 750 m² en el vestíbulo principal, integra la venta de billetes y los puntos de información y atención al cliente.

La ordenación interna también se vio mejorada en 2005, cuando se agruparon todos los lo-

cales comerciales dispersos en el área vestibular, implantando la marca Las tiendas de la Estación. La unidad estética y arquitectónica viene dada por módulos acristalados, muy minimalistas, que albergan los pequeños locales comerciales, respetando al máximo la arquitectura del edificio.

En sus primeros años, Santa Justa recibió varios galardones, entre ellos el premio Helios, concedido en 1991 por la UE, por la eliminación de barreras arquitectónicas y mejora de la accesibilidad para personas con movilidad reducida; el premio Brunel de Arquitectura (1992), de la Unión Internacional de Ferrocarriles, y el primer premio de Arquitectura Española (1993), del Consejo Superior de Arquitectos de España.

LÍNEA MADRID-TOLEDO

Toledo

En 2005 se inauguró la línea de alta velocidad Madrid-Toledo, enlazando ambas capitales en unos 30 minutos. Pero la llegada del innovador AVE contrasta con la arquitectura neomudéjar y tradicional de la terminal toledana, uno de los ejemplos más originales y particulares del catálogo de estaciones de alta velocidad en España.

Aunque la primera estación de Toledo, fun-



cional y de líneas robustas, data de 1857, la actual, inaugurada por MZA en 1919, es la que posee una arquitectura más acorde con la monumentalidad artística de Toledo. El proyecto es de Narciso Clavería, que concibió una arquitectura de estilo neomudéjar, lo que hace de esta estación uno de los edificios ferroviarios más atípicos de España. Ya en su época de construcción, cuando las estaciones tendían a la sobriedad y a un orden más industrial, la estación de Toledo se alza con un estilo lleno de detalles constructivos y de ornamentación, siguiendo una arquitectura historicista que no encajaba con las estaciones de la época. Clavería, impulsor del renacimiento mudéjar en España, organiza una obra que remite a los palacios e iglesias mudéjares de Toledo. Los materiales principales, ladrillo, piedra, cemento y hierro, se combinaron de forma decorativa y armoniosa.

El edificio de viajeros está compuesto por un pabellón central de una sola planta. A cada lado, sendos cuerpos que continúan el estilo de la fachada, aunque en dos alturas. En el extremo izquierdo, uno de los elementos más llamativos de la estación: la curiosa torre del reloj, muy poco frecuente en estaciones y que remite a las que adornan las iglesias mudéjares, con esa forma de minarete tan particular de la zona. Bajo la torre se construyó el salón Central, muy utilizado por Alfonso XIII, muy dado a traer visitas oficiales a Toledo en este medio de transporte. En su exterior, el pabellón central cuenta con cin-

co puertas de entrada al vestíbulo sujetas por arcos de herradura apuntados.

El interior es magnífico. En el amplio vestíbulo destaca la taquilla, con un forjado espectacular. Todos los ornamentos de la estación y los elementos funcionales como lámparas, carteles, barandillas etc. son los originales de la época, que lucen al máximo después de la rehabilitación que precedió a la llegada del AVE a Toledo, en noviembre de 2005. Se hace patente la impronta de los maestros artesanos toledanos, que impregnaron su estilo en estos elementos decorativos, destacando los azulejos de cerámica que recubren el zócalo y las lámparas de hierro forjado que penden del techo. Además de la rehabilitación, también se han mejorado otros aspectos, entre ellos su adaptación a personas con movilidad reducida.

El veterano edificio de viajeros de la estación de Toledo convive con los equipamientos propios de la alta velocidad.

LÍNEA MADRID-ZARAGOZA- BARCELONA-FRONTERA FRANCESA

El primer tramo de la línea, Madrid-Zaragoza-Lleida, inaugurado en 2003, incluye tres estaciones intermedias, entre ellas Zaragoza-Delicias, verdadero hito urbano a escala de la ciudad. Ya en Barcelona sobresale el proyecto de la macroestación de La Sagrera, en ejecución, una de las actuaciones de mayor calado que acomete el Ministerio de Fomento.



Zaragoza-Delicias

La estación de Delicias, puerta de llegada y salida del AVE a Zaragoza, es, desde el punto de vista arquitectónico, una de las más impactantes en el panorama de la alta velocidad. Terminada en 2003, está firmada por los arquitectos Carlos Ferrater, José María Valero y Félix Arranz, acompañados por el ingeniero Juan Broseta.

Lo primero que llama la atención de esta terminal ferroviaria es su amplitud y luminosidad. El proyecto se diseñó con un gran espacio interior de más de 600 metros de longitud por 180 de ancho, configurado por tres vestíbulos que organizan las circulaciones de los viajeros a través de una zona de salidas y otra de llegadas y el "transfer" (área de enlace intermodal), a través de un acceso central subterráneo. El objetivo es que en ese gran espacio interior convivan los diferentes medios de transporte con los usuarios y viajeros que utilizan la estación. Dispone de 18,8 hectáreas repartidas entre los servicios destinados a visitantes y los espacios ocupados para funciones de transporte. Sólo para el transporte ferroviario cuenta con ocho andenes, con una longitud de 400 metros cada uno. Desde mayo de 2007 alberga la estación Central de autobuses de Zaragoza.

Un elemento novedoso es la cubierta, que desde la lejanía ofrece un perfil insólito con sus grandes arcos en diagonal sobre el cuerpo del edificio, una cubierta de tetraedros que captan la luz

y su gran dimensión, rememorando una catenaria invertida. Con una superficie de unos 40.000 m², está compuesta por una malla triangular a modo de tablero de ajedrez, de triángulos alternos de luz y de sombra, que dotan a la estación de luz natural. En la zona central de andenes, con una altura máxima de 30 metros, un área sin pilares sustenta el techo plagado de lucernarios dispuestos en forma de malla triangular.

Zaragoza-Delicias es una de las estaciones de alta velocidad con mayor accesibilidad: numerosas rampas de acceso, pasillos amplios y ascensores. Las salas de espera y la cafetería son igualmente amplias, para una circulación cómoda. La señalización, muy cuidada, permite ser leída por todos, ancianos y personas con discapacidad visual.

La estación ha obtenido galardones como el premio FAD de Arquitectura en 2004 y el premio Brunel en 2005, uno de los más prestigiosos en arquitectura ferroviaria.

Barcelona-La Sagrera

Es, junto con la de Girona, la última terminal pendiente del tramo Barcelona-Figueras, parte final de la LAV Madrid-Barcelona-Frontera Francesa, con ocho estaciones operativas: Madrid-Puerta de Atocha, Guadalajara-Yebes, Catalunya, Zaragoza-Delicias, Lleida-Pirineus,



Camp de Tarragona, Barcelona-Sants y Figueres-Vilafant.

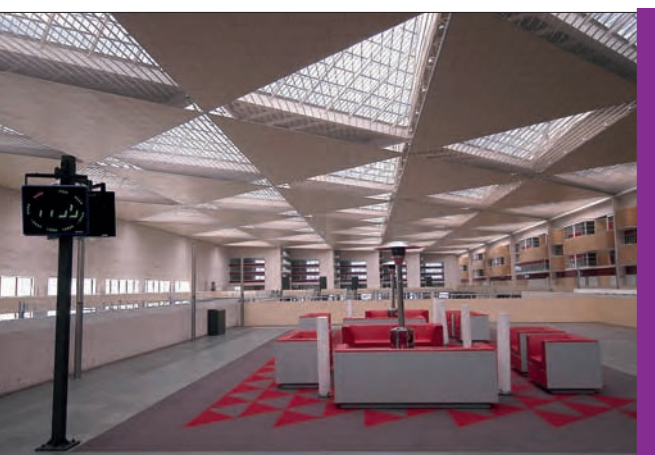
La que será segunda terminal del AVE en Barcelona superará con creces a la de Sants por magnitud y número de usuarios, mientras que la operación urbanística de la que es eje será la mayor intervención en la ciudad desde las obras olímpicas de 1992. Cuando esté concluida, La Sagrera o Sagrera-TAV será la terminal más importante de Cataluña, la primera en España en

trayectos internacionales y la segunda en trayectos nacionales. Será la puerta de entrada y salida de los trenes de alta velocidad hacia Europa. La terminal se construye al norte de la ciudad, en el barrio de La Sagrera, en el distrito de Sant Andreu, zona que ha sido la principal barrera ferroviaria de Barcelona.

El proyecto tiene un volumen de inversión de 589,2 M€, lo que, unido a sus magnitudes, 260.000 m² de superficie, le convierten en una de las actuaciones de mayor envergadura del Ministerio de Fomento. Cuando esté operativa, será el gran eje de intercambio modal de viajeros en Barcelona, ya que en ella confluirán los servicios del AVE, Larga y Media Distancia, Cercanías, metro, autobuses urbanos e interurbanos.

Además, esta operación ferroviaria va más allá. La implantación de las vías de ancho UIC en Sant Andreu y su soterramiento transformarán esta área urbana, pues está prevista una gran operación urbanística. El cubrimiento de las 38 hectáreas de superficie ferroviaria –la infraestructura de ferrocarril soterrada mayor de Europa– permitirá una gran reordenación urbanís-

La imponente estación Zaragoza-Delicias (arriba e izquierda) y un detalle del vestíbulo, con su singular cubierta a base de tetraedros.





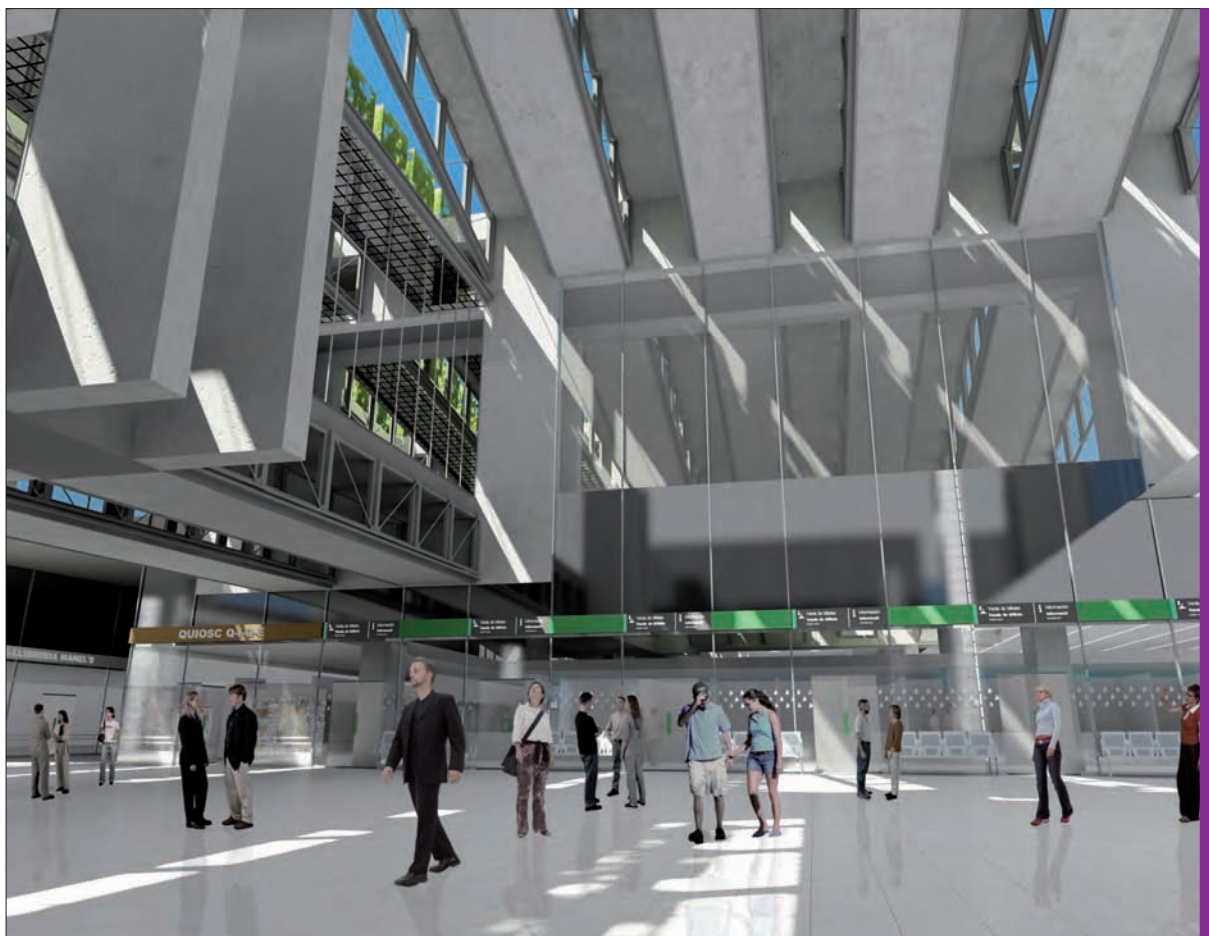
Obras de la estación de La Sagrera en Barcelona. La terminal soterrada se ubicará en la zona de excavación.

tica alrededor del corredor ferroviario. Estas 164 hectáreas se aprovecharán para usos terciarios (hoteles, comercios y oficinas), un parque de 3,5 kilómetros de longitud y 9.000 nuevas viviendas, casi la mitad de protección oficial. Baste como ejemplo el proyecto para la cubierta de la estación, que emergerá sobre el parque lineal, dispuesta como una plaza-mirador, junto a la cual se levantarán seis edificios (oficinas, hoteles y centros comerciales) que serán la fachada de la terminal y dinamizarán la zona, convirtiéndola en un importante centro de trabajo y ocio.

La estación se ha proyectado como una gran caja subterránea con cuatro niveles soterrados. A pesar de no ser visible desde la superficie, será el edificio más grande de Barcelona, superando en dimensiones a la terminal 1 del aeropuerto de El Prat.

▶▶▶ *Cuando esté en servicio, la terminal de La Sagrera acogerá a más de 100 millones de usuarios al año*

Los dos niveles superiores estarán destinados a la alta velocidad y a la terminal de autobuses interurbanos. En el primero se ubicará el vestíbulo de la alta velocidad, con zona comercial y taquillas. Aquí estará el gran patio de conexiones, el corazón intermodal de la estación, cuyo principal acceso se efectuará desde el lado mon-



taña de La Sagrera. En el segundo se colocará el haz de diez vías de alta velocidad, con cuatro andenes de 400 metros de longitud, todos con una anchura de 12 metros.

Los dos niveles inferiores se destinarán a los servicios de Cercanías, metro y aparcamientos. El acceso está proyectado desde el barrio de San Martí, es decir, del lado del mar y a una cota más baja que el acceso de La Sagrera. En el tercer nivel, el intermedio, se proyecta un gran vestíbulo también con zona comercial y taquillas que conectará los andenes de alta velocidad con el servicio de Cercanías. En este nivel se sitúan cuatro grandes aparcamientos, con 2.500 plazas, y el acceso al vestíbulo de las líneas de metro. Por último, en el nivel inferior, se colocarán las vías existentes de la red convencional, generando un haz de ocho vías con cuatro andenes de 240 metros.

El proceso constructivo es de gran complejidad técnica. La estructura se basa en un paralelepípedo de 500 metros de longitud y 80 metros de anchura, en el que se excavará hasta 8 metros bajo el nivel freático. Una losa de hormigón de 40.000 m² de superficie y 4 metros de espesor será la base sobre la que se edifica-

rará la plataforma ferroviaria, y sobre ella se levantarán los distintos niveles. La arquitectura interior e instalaciones conformarán una segunda parte del proyecto, con una inversión adicional de 287 M€. Los trabajos deben ser compatibles con las circulaciones ferroviarias en la zona.

Según la previsión actual, la estación estará acabada en 2016, y se calcula que por ella pasarán anualmente unos 100 millones de usuarios, 50 millones más que los registrados en Sants en 2008 y tres veces más que los del actual aeropuerto de El Prat.

LÍNEA CÓRDOBA-MÁLAGA

Desde diciembre de 2007 está operativa la LAV Córdoba-Málaga, que enlaza en 2 horas y 25 minutos Madrid con la capital de la Costa del Sol, y que desde 2009 comunica Málaga con Barcelona sin pasar por la estación Madrid-Puerta de Atocha. En esta línea, con dos estaciones término (Córdoba y Málaga-María Zambrano) y dos intermedias (Antequera-Santa Ana y Puente Genil-Herrera), destacamos una de cada tipo.



Trenes AVE S
102 estacionados
en los andenes
de la estación
Málaga-María
Zambrano.

Antequera-Santa Ana

Antequera forma parte de la red de ciudades del AVE desde 2006. Por su situación geográfica, gana fuerza como encrucijada estratégica y centro distribuidor del tráfico del sur de España, ya que allí recalca la línea Córdoba-Málaga (en Antequera-Santa Ana) y en el futuro lo hará también el eje transversal andaluz de alta velocidad (en una nueva estación de próxima construcción, en el casco urbano). Situada a 17 kilómetros al oeste de la ciudad, hasta Antequera Santa-Ana llegan trenes procedentes de Madrid-Puerta de Atocha (15 diarios, de los que paran cinco) y de Barcelona-Sants (uno al día por sentido).

El edificio de viajeros de Antequera-Santa Ana, diseñado por L35 Arquitectos, tiene una estética de gran fuerza. Se ha construido sobre la base de una estructura metálica, cuya cubierta está formada por grandes ondulaciones creadas por un techo de zinc de cuatro cuerpos, con alturas entre 8 y 13 metros. Esta diferencia de altura permite la iluminación natural, aprovechando los huecos entre las cubiertas. El interior está presidido por un gran vestíbulo luminoso de casi 1.000 m². Para llegar a los andenes dispone de escaleras mecánicas y ascensores. Cuenta con todos los servicios: centro de via-

jes, taquillas y atención al cliente, también cafetería, locales comerciales, consignas, etc. La segunda planta del edificio, de 225 m² se destina al uso del personal. En el exterior hay un parking apto para 290 vehículos, protegido por marquesinas. Como instalaciones ferroviarias dispone de cinco vías de ancho UIC y dos andenes de 400 metros de longitud, así como dos vías de ancho ibérico y un andén de 240 metros.

Málaga-María Zambrano

La nueva terminal de alta velocidad de Málaga, bautizada con el nombre de la escritora y pensadora malagueña, es un espacio amplio, moderno y de calidad. Ubicada en pleno centro urbano, es una de las estaciones con mayor tráfico de España y uno de los ejes de progreso de la ciudad. La terminal, la segunda más importante de Andalucía por número de viajeros, ha tenido en 2010 un crecimiento cercano al 15%, superando los 5 millones de viajeros anuales. Es un escaparate de primer nivel de una ciudad histórica que tiene en esta infraestructura ferroviaria uno de los principales focos de dinamización urbana.

La ejecución de las obras de la estación, con

una inversión aproximada de 135 M€, comenzó en el año 2003. Ocupa una superficie de 51.400 m². Bajo su marquesina, construida sin pilares intermedios, se sitúan cinco vías de ancho UIC y tres de ancho ibérico. El diseño de la terminal potencia la intermodalidad de la alta velocidad con los trenes de Cercanías, la parada central de autobuses interurbanos y la red de metro de la ciudad, en construcción.

La accesibilidad es otra ventaja de este nuevo centro de transportes, con accesos y recorridos interiores adaptados para permitir el desplazamiento de forma autónoma de las personas con discapacidad física. El proyecto ha sido diseñado de tal forma que en el recinto no se producen interferencias entre unos servicios y otros y se facilita la movilidad entre las diversas actividades, caracterizándose por su accesibilidad, transparencia, espacios diáfanos y zonas acristaladas.

Una estación Vialia

El complejo ferroviario malagueño integra la estación de alta velocidad con una potente zona comercial y de ocio bajo la marca Vialia, que incluye un hotel de cuatro estrellas y aparca-



Estructura de la estación Antequera-Santa Ana (arriba) y fachada de la estación de Málaga.

mientos. Actualmente es la estación comercial intermodal más grande de España. Estos usos comerciales han cambiado la imagen de la explanada de la estación y su entrada principal. La planta baja se estructura en torno a un amplio eje, semejante a la calle principal de la ciudad, a través del cual se canaliza el flujo a la zona de ocio y comercio, al centro de servicios ferroviarios y a los andenes. Esta planta, con más de 32.000 m² de superficie construida, concentra la mayoría de los locales comerciales e incorpora la entrada al hotel. Por tanto, la estación puede definirse como un centro de transportes, cultura, ocio y comercio. Es un notable ejemplo de cómo se revitalizan los centros urbanos históricos mejorando la imagen de las ciudades.

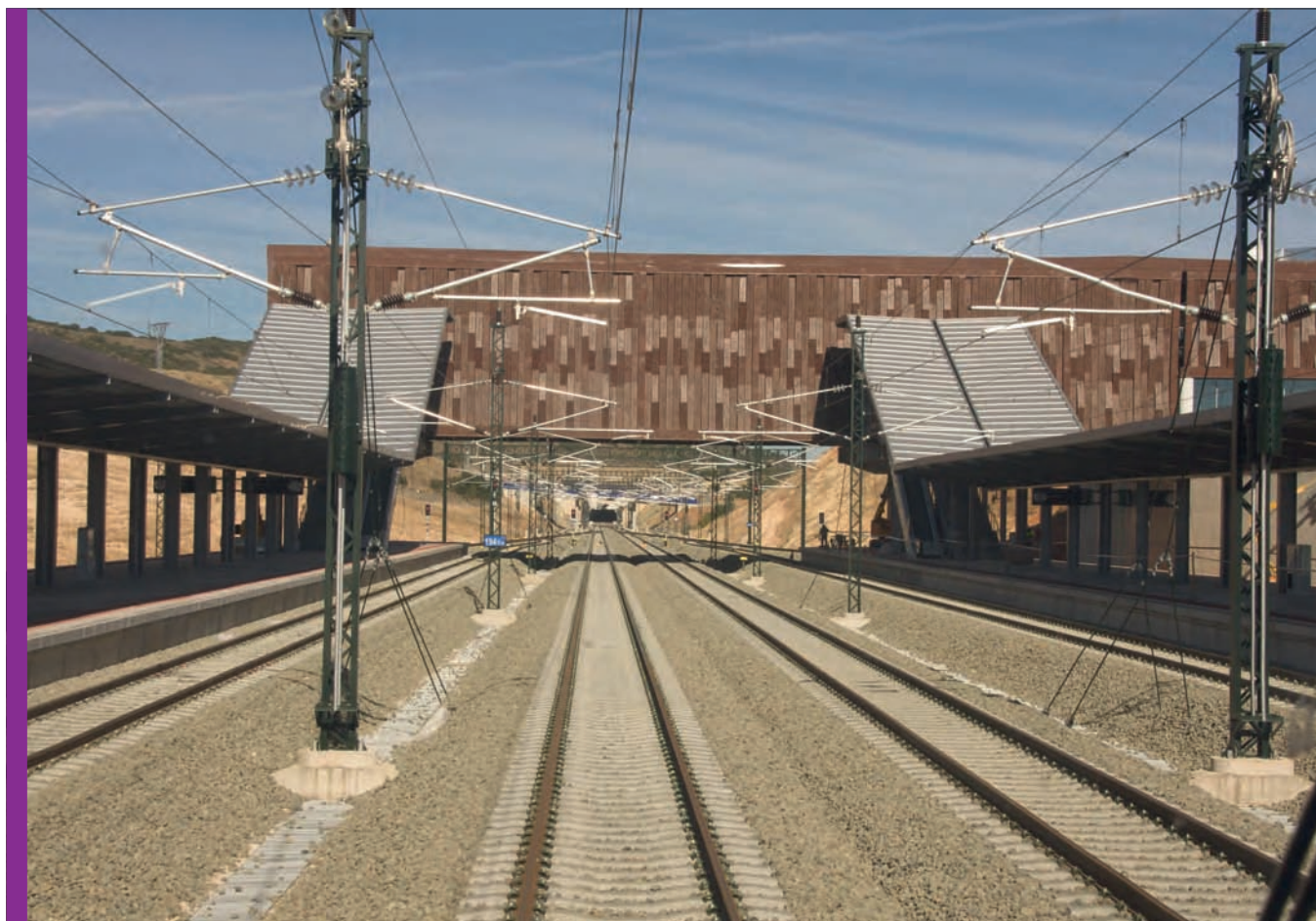


LÍNEA MADRID-ALBACETE/VALENCIA

En diciembre de 2010 arrancó la LAV Madrid-Albacete/Valencia, que une el centro peninsular con Levante. Las cuatro nuevas estaciones del trazado son un referente en la nueva arquitectura ferroviaria, donde priman la calidad estética y la funcionalidad.

Cuenca-Fernando Zobel

La primera estación intermedia de la línea, que lleva el nombre de un pintor vinculado a la ciudad, está situada a cuatro kilómetros del casco urbano, en un moderno edificio de 3.652 m² fabricado en acero, cristal y aluminio. Se dispone en dos grandes bloques. El primero, cubierto por un irregular prisma de cristal de 10 metros de altura, contiene el área destinada a vestíbulo, zona de tránsito de pasajeros y zona de embarque. Para proteger el



Las vías de la línea de alta velocidad cruzan por debajo de uno de los bloques de la estación Cuenca-Fernando Zóbel.

espacio interior del sol se ha recubierto de unas originales lamas metálicas de color oscuro, que dan personalidad a todo el conjunto. El segundo volumen, conectado con el primero, está construido a menor altura y conforma un prisma de piedra, igualmente de planta variable. En esta área se sitúan las taquillas, atención al cliente, locales comerciales, oficinas, aseos, consigna, etc.

La terminal dispone de dos andenes de 10 metros de anchura y 400 metros de longitud, dotados de marquesinas. En el exterior, un gran aparcamiento con 250 plazas.

El diseño de la estación permite a las personas con movilidad reducida el acceso y los desplazamientos, tanto en el interior como en los espacios abiertos. Otro rasgo son los criterios de sostenibilidad aplicados, sobre ahorro energético y aislamiento térmico, necesarios para conseguir un uso racional de la energía. La terminal ha seguido el concepto de Estación 360° de Adif, basado en la triple sostenibilidad (económica, medioambiental y social). Así, la climatización se basa en el uso de energía geotérmica procedente del subsuelo, en la cubierta

dispone de paneles solares térmicos para producción de agua caliente y sistemas de ahorro de agua. Asimismo, en la creación de las zonas verdes se ha empleado vegetación xerófila y sistemas de riego eficientes.

Albacete-Los Llanos

Con un presupuesto de ejecución de 48 M€, esta nueva estación, situada al este del casco





urbano, es un centro modal de transportes que da servicio a un área de población de 230.000 habitantes. Como las demás estaciones de la línea, se ha construido siguiendo los modelos de sostenibilidad, lo que significa asumir un compromiso claro con el medio ambiente y con el uso coherente de la energía y los recursos naturales.

El edificio, con una superficie de 21.000 m² divididos en dos plantas y un sótano, acoge un centro Vialia, fusión entre servicios de explotación ferroviaria y otros usos terciarios y comerciales, con un total de 43 establecimientos de ocio y consumo, así como un parking con 563 plazas.

Como instalaciones ferroviarias, dispone de cuatro andenes y nueve vías, seis de ancho UIC y tres de ancho ibérico. Anexo al edificio se alzan el Centro de Regulación y Control, que gestiona el tráfico de alta velocidad del corredor Madrid-Levante, y el cambiador de anchos, que permite a los trenes de rodadura variable que cubren el trayecto Madrid-Alicante circular por la línea de alta velocidad entre Albacete y Madrid.

Requena-Utiel

Esta estación intermedia, en la que Adif ha invertido un total de 14 M€, se alza en el que probablemente es el cerro más alto de toda la meseta requesense, siendo visible su moderna estructura desde muy lejos. Su gran marquesina metálica asomando entre los campos de viñedos singulariza el paisaje. Es una terminal de alrededor de 1.200 m² de superficie distribuidos en una sola planta. Dispone de parking para 250 vehículos.

Se trata de la primera terminal de España a la que se podrá acceder con el sencillo gesto de pasar el teléfono móvil por una canceladora de última tecnología. Junto a la de Cuenca, Requena-Utiel dispone de *check-in* con lectores de códigos de barras en papel y en el teléfono móvil. Si los resultados son buenos, el sistema se extenderá al resto de las estaciones de alta velocidad.

Vista aérea (arriba) y vestíbulo (debajo) de la estación Albacete-Los Llanos.

►►► *Las estaciones de la LAV Madrid-Levante incorporan criterios de sostenibilidad y autosuficiencia energética*



Comfersa

Valencia-Joaquín Sorolla es la estación término de la línea de alta velocidad Madrid-Valencia.

Valencia-Joaquín Sorolla

Estación término provisional, próxima a la estación del Norte, equipada con seis vías de ancho UIC y tres de ancho ibérico, lo que permite la explotación de la LAV Madrid-Valencia a la espera de la futura construcción del eje pasante y la estación Central soterrada, actuaciones que propiciarán la permeabilidad ferroviaria de la ciudad y que acabarán con la condición de fondo de saco de la estación del Norte. Estas actuaciones generarán en la zona del Parc Central un enorme pulmón verde de 264.692 m² en la superficie de terreno liberada por las vías, artífices del efecto barrera en la ciudad durante más de medio siglo.

El diseño de la estación Valencia-Joaquín Sorolla, un edificio de aproximadamente 22.000 m² de superficie en un único nivel, se ha apoyado en criterios de sostenibilidad, eficacia energética y medioambiental. La orientación solar es la apropiada para reducir la carga calorífica y utilizar los vientos predominantes como apoyo al sistema de ventilación pasiva. También se han utilizado materiales aislantes en fachadas y cubiertas que reducen la pérdida de calor en invierno y frío en verano. Las fachadas se han proyectado en policarbonato por su condición de cerramiento ligero y translúcido que favorece la visión a lo largo del día y aumenta la luminosidad nocturna. Dada su condición provisional, en su ejecución se han usado materiales reciclables –zinc y policarbonato–. La estructura se ha realizado con elementos metálicos con posibilidad de desmontaje y posterior ensamblaje, como marquesinas y pérgolas, que pueden destinarse a otros usos.

ESTACIONES DE FUTURO

Actualmente están en fase de proyecto varias estaciones en las líneas en ejecución. Buena parte vienen firmadas por arquitectos de prestigio, lo que da idea del interés que estas construcciones provocan, no sólo en su faceta arquitectónica, sino como nuevos ejes vertebradores y dina-



mizadores en el desarrollo de la ciudad y verdaderos monumentos urbanos.

Estación de Huelva

El arquitecto cordobés Rafael de la Hoz será el encargado de construir la nueva estación de alta velocidad en Huelva. Su proyecto “Punta Umbría” ha sido recientemente seleccionado por unanimidad por el jurado del concurso entre cinco aspirantes, firmados por arquitectos prestigiosos, y adjudicado por Adif por importe de 2,2 M€.

La futura estación se localizará en Huelva capital, en la zona del Ensanche Sur, y se convertirá en un eje dinamizador en el crecimiento urbano. Con una superficie en planta de 3.000 m², dará servicio a las circulaciones de largo recorrido y Media Distancia que se presten entre las localidades de la LAV Sevilla-Huelva, así como a otras conexiones futuras. La intención del arquitecto ha sido crear una verdadera estación término. “No un lugar de paso, sino un lugar donde las personas cambian su velocidad de movimiento, allí donde Huelva se presenta al viajero y el lugar donde se le despide”. Es decir, una estación que sea “fin e inicio de todo viaje.”

La futura terminal se levantará con cuatro apoyos que soportan un tablero. En palabras del arquitecto, “un plano, una cubierta perforada

que transforma la sombra en penumbra y la cualifica en umbría. Un gran retablo horizontal que ilumina, protege e informa”. La estructura tan singular, con su enorme voladizo y la gran plaza de acogida, es aparentemente sencilla y al mismo tiempo muy compleja, y situará al edificio “no sólo como un elemento de referencia arquitectónica, sino que también cumplirá con la integración de la estación en la ciudad, gracias a la urbanización y los jardines”.

El proyecto, según De la Hoz, pretende huir de las “arquitecturas de lo superfluo y lo excesivo y de curvas extravagantes” para ofrecer “un gesto arquitectónico elemental, un simple plano que cobije, proteja y dé sombra”.

Además de moderna y funcional, será una estación pensada para los usuarios, perfectamente accesible, sostenible, con óptima eficiencia energética, que mira a la ciudad integrándose y mejorando su entorno y que está llamada a ser un icono de Huelva, una de sus postales más emblemáticas de futuro.

Estación de Granada

Rafael Moneo dará forma a la estación de alta velocidad de Granada. Su proyecto prevé convertir en una gran explanada ajardinada el espacio atravesado por las vías, situando la fu-

Infografía del exterior de la futura estación de Huelva, que dará servicio a la LAV Huelva-Sevilla.



Infografías del interior de la futura estación de Granada (arriba) y de la estructura exterior de la estación de Vigo (debajo).

tura estación intermodal junto a la actual terminal, en un edificio en cuya entrada un mirador acristalado ofrecerá vistas sobre la Alhambra y Sierra Nevada. La terminal conectará el Camino de Ronda con el barrio de los Pajaritos y la avenida de los Andaluces, y convertirá una hondonada insalvable atravesada por vías en una gran plaza verde.

El edificio constará de dos plantas y un aparcamiento de 1.000 plazas, apenas visible desde el exterior. El elemento más singular del conjunto, situado a cota de calle, sobre las vías, es la pasarela-mirador, por donde se efectúa la llegada de los viajeros. Desde ella se podrá contemplar el espacio libre ajardinado situado sobre los andenes con el impresionante fondo de la Alhambra y Sierra Nevada. La intermodalidad con el metro ligero está garantizada a través de cintas transportadoras que conectarán con los autobuses y taxis, desde la explanada de acceso situada en el Camino de Ronda. La estación tendrá ocho vías, cinco de ancho UIC y tres de ancho ibérico, y se accederá a ellas a través de cuatro andenes de 400 metros de longitud.

Estación de Vigo

Uno de los últimos proyectos ganadores de estaciones de alta velocidad, y exponente de la próxima generación de terminales gallegas, es la nueva estación de Vigo, en el Eje Atlántico, diseño del arquitecto estadounidense Thom Mayne, Premio Pritzker en 2005. Por su carácter innovador y diseño de vanguardia, será una referencia europea entre las estaciones de ferrocarril y todo un hito urbano para el Vigo del siglo XXI.

El proyecto de ejecución ya ha arrancado recientemente con la obra civil y ferroviaria, adjudicada en 69,4 M€, a la que se sumará la construcción del propio edificio de viajeros, presupuestado en 181 M€, a financiar mediante la fórmula de cooperación público-privada. La futura estación se construye en el mismo lugar que ocupa actualmente la estación de Vigo-Urzaiz, aunque a una cota de 15 metros inferior, como consecuencia del trazado de acceso de la línea a Vigo mediante un túnel bitubo de 8,5 kilómetros de longitud que se excava actualmente desde Redondela.

En esta área se construirá un edificio vertical de cuatro plantas (dos de ellas de aparcamiento) y una superficie construida de 122.548 m², con entradas a dos niveles, que albergará los usos ferroviarios (seis vías de ancho UIC) y un centro comercial Vialia. El paisaje y la luz de la ría estarán presentes en todo el edificio gracias a su interior diáfano y grandes ventanales que permitirán bañar con luz natural los andenes y las sucesivas plantas del edificio, que llevará techos ondulantes “en forma de nubes”. El elemento más innovador estará en la cubierta, coincidente con la cota actual de Vía Norte, donde se construirá una inmensa plaza-mirador de 26.082 m². Tanto desde esta plaza-acantilado como desde el interior del edificio las vistas sobre la ciudad y la bahía serán espectaculares, produciéndose un efecto integrador y de conexión entre la estación y la ciudad. Mayne ha pensado este gran espacio como algo diáfano y neutro, como un elemento urbano que se funde con el paisaje. La plaza funcionará como una gran ampliación urbana, pensada desde una perspectiva muy social. Dadas sus amplísimas dimensiones, será punto de encuentro y lugar de celebración de eventos de todo tipo.

Lo que no cabe duda es que esta novedosa estación marcará una revolución en el transporte, en la arquitectura y en el impulso económico de la ciudad. ◀



- ALLENDE, Fermín: *La historia ferroviaria a través de la literatura*. V Congreso de Historia Ferroviaria. Palma de Mallorca, 2009.
- CABANES, A. Y GONZÁLEZ, R.: *El tiempo en el tren: las velocidades comerciales en las líneas españolas desde sus orígenes hasta la actualidad*. V Congreso Historia Ferroviaria. Palma de Mallorca, 2009.
- CALVO SORIA, Jesús: *La política ferroviaria de la Unión Europea 1953-2003*. Libros Dykinson. Madrid, 2006.
- CARRERAS, A. y otros: *Estadísticas históricas de España. Siglos XIX-XX*. Bilbao, 2006.
- COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS: *Libro Blanco. La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad*. Bruselas, 2001.
- GARCÍA ÁLVAREZ, Alberto y otros: *Alta velocidad en España: líneas y trenes*. Colección Monografías Vía Libre, n°1. 2010.
- GONZALEZ MÁRQUEZ, Manuel: *Historia y evolución de los vehículos de viajeros utilizados en los ferrocarriles de vía estrecha*. Palma de Mallorca, 2010.
- IZQUIERDO, Rafael: *Cambó y su visión de la política ferroviaria*. Madrid, 2000.
- LÓPEZ PITA, Andrés: *Ferrocarril, ingeniería y sociedad*. Discurso leído en la Real Academia de Ingeniería el 29 de abril de 2004.
- LOZANO CARBAYO, Pilar: *El libro del tren*. Madrid, 1988.
- MARTÍN BARANDA, Gonzalo: *El AVE Madrid-Sevilla. Crónica de una aventura*. Ediciones Endymion S.L. Madrid, 2011.
- MARSALL, L.G.: *Los tiempos del vapor en Renfe*. Madrid, 1965.
- MARTÍNEZ DEL VAL, J.M.: *Un empeño industrial que cambió España. 1850-2000*. Madrid, 2001.

Agradecimientos

La Revista del Ministerio de Fomento quiere agradecer la colaboración prestada para la realización del presente monográfico a los gabinetes de prensa del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif) y de Renfe Operadora, a las embajadas de Japón y de Arabia Saudí, a la Fundación de los Ferrocarriles Españoles y al seminario “Alta velocidad ferroviaria en Asia y Europa”, organizado por la Universidad Politécnica de Madrid los pasados 23 y 24 de febrero.

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. Monográfico EXTRA 2011*
ALTA VELOCIDAD EN ESPAÑA, 1992-2011

Año de edición: **Agosto 2011**

Edición digital:

1ª edición electrónica: Octubre **2013**

Formato: **PDF**

Tamaño: **30 MB**

NIPO: 161-13-157-X

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

P.V.P. (IVA incluido): 1,50 €

Edita:

Centro de Publicaciones
Secretaría General Técnica
Ministerio de Fomento©

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.

