

a fondo **A fondo**

# Shinkansen: la alta velocidad japonesa



**E**l ferrocarril japonés contaba tras la Segunda Guerra mundial con una tupida red ferroviaria de ancho métrico (1.067 mm), explotada por la compañía nacional JNR. Una línea de 560 kilómetros ofrecía un servicio “superrápido” -110 km/h de velocidad máxima y seis horas y media de duración- entre Tokio y Osaka.

A mediados de los años cincuenta del pasado siglo, con el comienzo del despegue económico japonés, la línea ya estaba operando a su máxima capacidad, y el Ministerio de los Ferrocarriles japoneses tras un debate sobre la idoneidad de invertir en líneas convencionales o construir líneas de altas prestaciones en ancho internacional, optó por esta última opción y recuperó el proyecto denominado Shinkansen de construcción de una nueva red ferroviaria.

En 1958 el Gobierno aprobó el proyecto, y la construcción del primer tramo de la Tokaido Shinkansen entre Tokio y Osaka, de 515 kilómetros, se inició en 1959, financiada en gran parte con un crédito del Banco Mundial. En 1962 se abrió en Odawara un tramo de pruebas y la línea fue inaugurada en su totalidad el 1 de abril de 1964, adelantándose unos meses a

los Juegos Olímpicos de Tokio. En menos de seis años se alcanzaron los ochenta millones de viajeros.

En 1970 entró en vigor la Ley sobre la Red Nacional de Shinkansen y comenzó con ella el gran desarrollo de la alta velocidad japonesa. Así, en 1972 se puso en servicio el primer tramo del Sanyo -161 kilómetros entre Shin-Osaka y Okayama- y en 1975 el resto de la línea, 393 kilómetros hasta Hakata

En 1982 entró en servicio el Tohoku, entre Omiya y Morioka, de 465 kilómetros, y el Joetsu entre Omiya y Niigata de 270, y en 1985 se puso en servicio el Tohoku entre Ueno y Omiya de veintiocho kilómetros.

Tras esa primera expansión cambia el modelo ferroviario japonés en 1987, con una separación de infraestructura y explotación, la privatización y la creación de los Ferrocarriles Japoneses (JR) que sustituyen a los Ferrocarriles Nacionales Japoneses (JNR), y con ello, la entrada en el mercado de distintos operadores.

En 1991 se pone en servicio un tramo del Tohoku de cuatro kilómetros entre Tokio y Ueno, y en 1997 el Hokuriku entre Takasaki y Nagano, de 117 kilómetros. Acabado el siglo XX, en 2002, el Tohoku



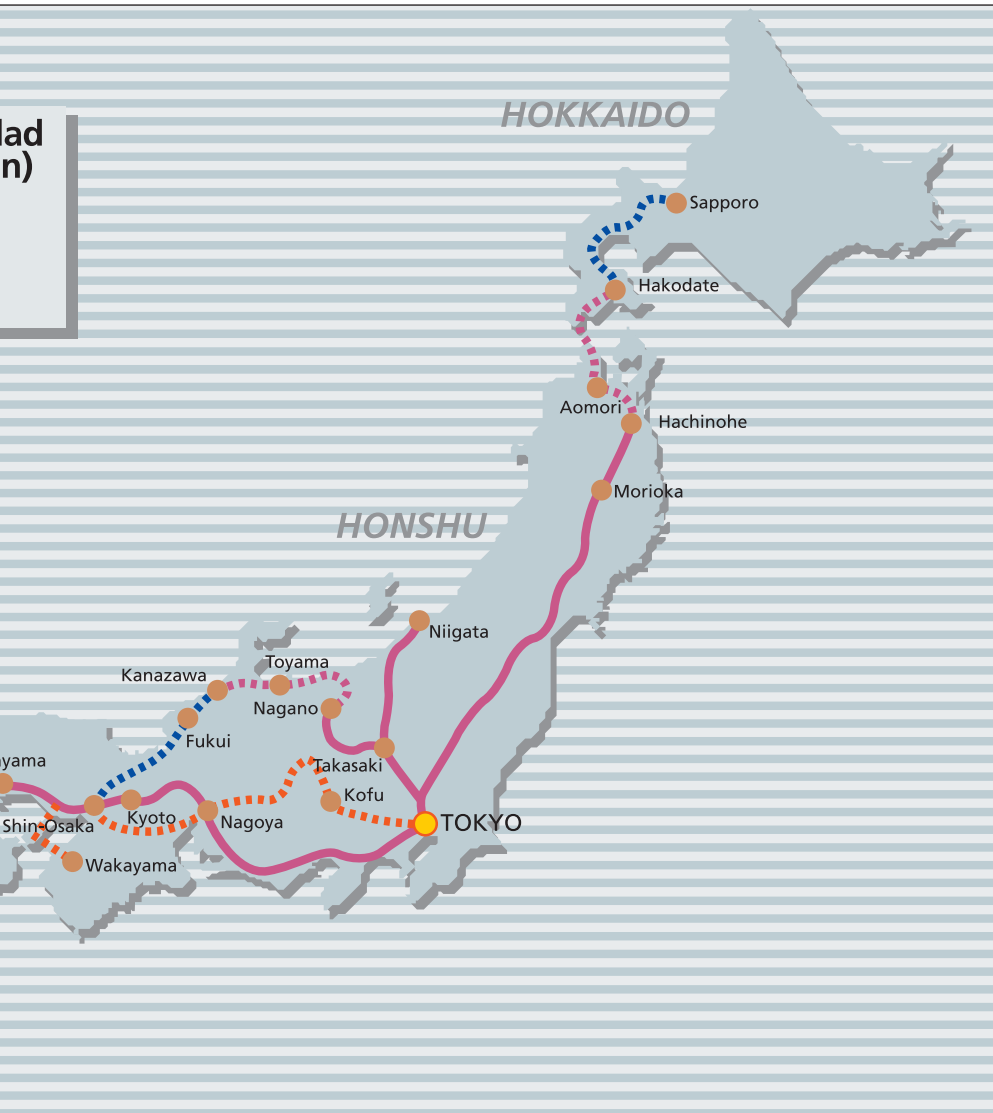
se amplía entre Morioka y Hachinohe, (97 km), y en 2004 entran en funcionamiento los 127 kilómetros del Kyushu entre Shin-Yatsushiro y Kagoshima Chuo.

Además, entre 1992 y 1999 se construyeron conexiones directas con las líneas convencionales en tres tramos, Yamagata, entre Fukushima y Yamagata (87 km), Akita, entre Morioka y Akita (127 km), y Yamagata entre Yamagata y Shinjo (62 km)

La expansión de la red y el éxito del sistema han llevado el número de viajeros de los Shinkansen de unos veinticinco millones en 1965 a acercarse a los 350 millones de la actualidad.

Y a las velocidades máximas de los 210 kilómetros por hora iniciales a los 300 actuales, y plantearse retos hacia los 360 en las series de trenes en desarrollo que incluirán sistemas hidráulicos de pendulación, para mejorar el comportamiento en los tramos en curva.

ad  
n)



as, los distintos JR, que recibieron la transferencia de la infraestructura y son propietarios del material rodante. Con las líneas en construcción o en proyecto el modelo ha cambiado y es la agencia de Construcción, Transporte y Tecnología de los Ferrocarriles de Japón (JRTT), la que las construye- con financiación estatal y de los gobiernos regionales-, para posteriormente arrendárselas a las compañías explotadoras, JR's. Las líneas Tokaido y Sanyo se construyeron con un préstamo al 100 por cien y Joetsu mediante una subvención parcial del estado japonés para cubrir los intereses. A partir de Hokuriku comenzó el sistema de arrendamiento a los JR's que pagan un canon sobre la diferencia de los beneficios obtenidos con la nueva línea sobre los que producían las líneas convencionales.



## Shinkansen hoy

Actualmente la red de alta velocidad japonesa cuenta con 2.176 kilómetros de longitud en seis líneas, Tokaido (Tokio-Shin Osaka, 51 km) explotada por JR Central, Sanyo (Shin Osaka-Hakata, 554 km) de JR Oeste, Tohoku (Tokio-Hachinohe, 593 km), Joetsu (Omiya-Niigata, 270 km) y Hokuriku (Takasaki-Nagano, 117 km) operadas por JR Este, y Kyushu (Shin Yatsushiro-Kagoshima, 127 km), explotada por JR Kyushu. Además hay 664 kilómetros de nuevas líneas en obras, otros 528 en proyecto y 276 kilómetros más de conexiones con líneas convencionales en construcción o en proyecto.

En cuanto a la demanda global, en 2005, fueron 301 millones de viajeros, unos 98.000 diarios y 77.908 millones de viaje-

ros-kilómetro. La línea con mayor número de viajeros es la Tokaido con 143 millones- 233.000 diarios y 43.777 millones de viajeros-kilómetro.

Estas cifras colocan a la alta velocidad en Japón en una situación de ventaja frente a la aviación en los trayectos de menos de tres horas de viaje. Así, en la relación Tokio-Osaka el tren copa el 81 por ciento del mercado del corredor, el 98 por ciento en el Tokio-Yamagata, el 68 en el Tokio-Aomori, el 60 en el Tokio-Okayama, el 57 en el Tokio-Akita y el 51 por ciento en el Tokio-Hiroshima.

## Esquema de construcción y explotación

En la actualidad las distintas líneas de Shinkansen están operadas, mantenidas y explotadas por sus respectivas compañí-





### Operación

La operación de las líneas Shinkansen se hace con velocidades de entre 240 y 300 kilómetros por hora, con elevadas frecuencias de hasta catorce trenes a la hora, y con numerosos adelantamientos en las estaciones en función de los distintos tipos de servicios, directos o con más o menos paradas.

El número de estaciones es muy elevado, con una distancia media entre ellas de treinta kilómetros, lo que exige trenes con aceleraciones y deceleraciones muy altas. En las líneas Shinkansen sólo circulan trenes de pasajeros y sólo entre las seis de la mañana y las doce de la noche, para dedicar las seis horas restantes al mantenimiento de las líneas. La auscultación se lleva a cabo con trenes auscultadores de velocidad comercial.

En hora punta, en la estación de Tokio de Tohoku, Joetsu y Hokuriku, con sólo cuatro vías y dos andenes, llega un tren cada 3-4 minutos, para completar los catorce a la hora, de tal manera que desde la llegada de una unidad –dieciséis coches y más de 1.300 viajeros– y hasta su salida, sólo se dispone de doce minutos para el desalojo del tren, su limpieza, cambiar la orientación de los asientos –en las últimas series de trenes esta operación está mecanizada y se hace con mando a distancia–, reposición de las mercancías de venta a bordo y restauración, y subida

de los nuevos viajeros que, obviamente, son el mejor ejemplo de orden y disciplina.

### Territorio y sociedad

En el centro de las ciudades japonesas la limitación de espacio no permite ampliar las terminales y por tanto contribuye a reducir la capacidad de transporte del Shinkansen cuya implantación ha tenido un fuerte efecto sobre el desarrollo urbanísti-

co, en las zonas en las que se han situado nuevas estaciones. En Shinagawa, a 6,6 kilómetros de Tokio, se construyó una subterminal como única solución para ampliar el número de circulaciones.

A lo largo de las nuevas líneas se produce un desarrollo urbanístico que exige que los nuevos trazados se construyan con mayor proporción de tramos en túnel para limitar efectos negativos sobre la población, especialmente por ruido y también por la escasez de terrenos. Las medidas mediambientales son hoy la mayor limitación para el aumento de la velocidad de los trenes.

Además, se ha producido una absorción de las pequeñas ciudades por las más grandes que siguen creciendo, en lo que los japoneses denominan “efecto paja”, con una tendencia muy marcada hacia las grandes conurbaciones.

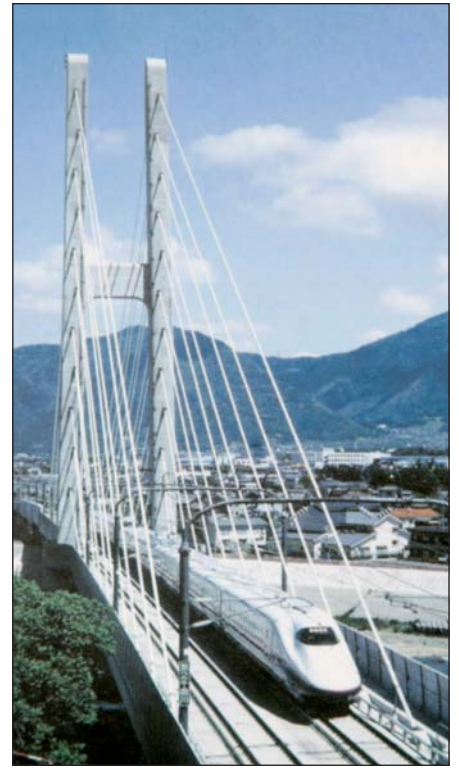
De todo ello se ha derivado un mayor número de desplazamientos, más capacidad de acceso a puestos de trabajo, servicios y eventos para toda la población, y también una disminución de las pernoctaciones hoteleras y del número de delegaciones y sucursales de empresas e instituciones.

### Dos anchos de vía

La red ferroviaria japonesa, con dos anchos de vía y sin sistema de cambio en los trenes, –salvo el de Talgo cuya licencia de explotación tiene la compa-



# a fondo



ña Sumitomo, si bien todavía no se ha aplicado- necesita, mientras se desarrolla el ancho variable, de la existencia de estaciones de transbordo para el paso de los viajeros de la red convencional a la de Shinkansen.

En algunas de las líneas convencionales se ha modificado el ancho de las vías para permitir servicios combinados, se trata de los tramos entre Fukushima y Shimjo y Morioka y Akita lo que permite la circulación directa con un

material rodante adaptado al gálibo reducido de la vía métrica, que en las vías de ancho internacional circula acoplado a los trenes normales. El acoplamiento y la separación de los convoyes se hace de forma automática.

En el futuro el desarrollo de los sistemas que permitan la circulación directa entre las líneas Shinkansen y convencionales es uno de los grandes retos de los constructores de material rodante y de los operadores japoneses.

## Seguridad y puntualidad

En los más de 43 años de funcionamiento de la red Shinkansen no se ha registrado ni un sólo accidente mortal y la demora media por tren es de menos de un minuto. Sólo los terremotos, habituales en el país, han tenido incidencia sobre la seguridad, provocando un descarrilamiento.. En la actualidad, las líneas se construyen con sistemas que refuerzan la prevención contra inclemencias y desastres naturales. Contra la nieve, persistente en los inviernos japoneses, se utilizan sistemas de riego con agua caliente, calefacción, y evacuación, especialmente en viaductos.

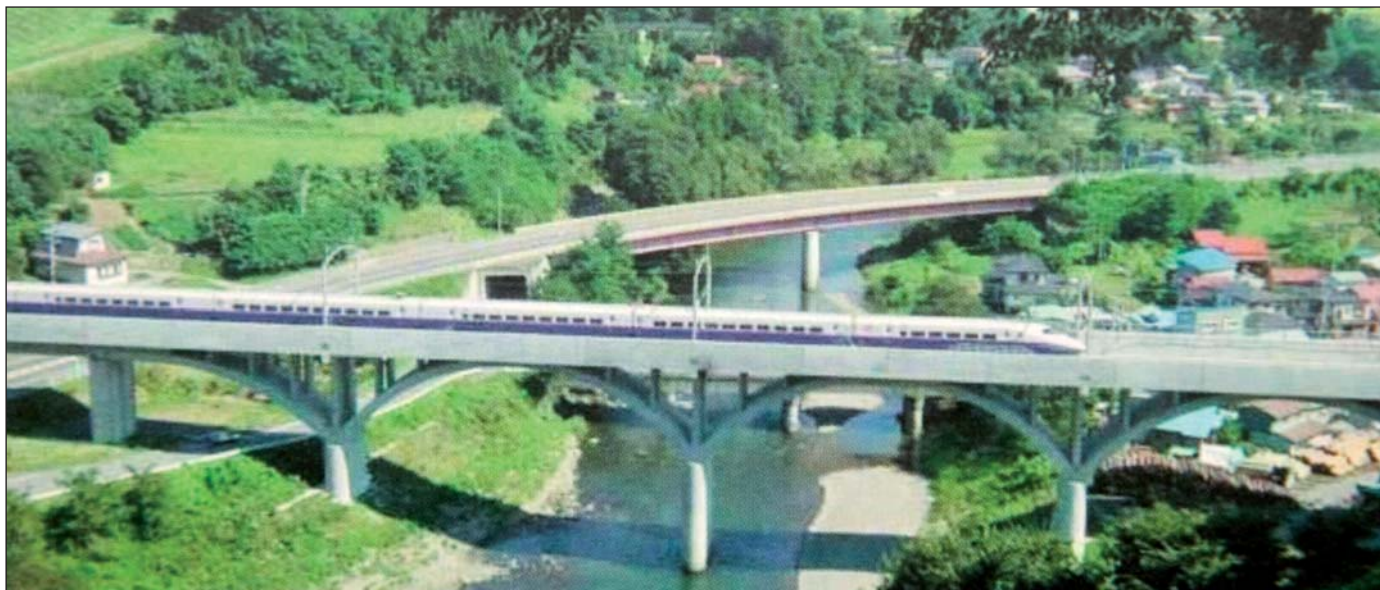
Contra los terremotos, se refuerza la infraestructura y se ha implantado un sistema de detección que desde el sismómetro controla las subestaciones eléctricas que alimentan las líneas y en caso de seísmo cortan la corriente y detienen los trenes.

## La alimentación eléctrica

Las líneas Shinkansen se alimentan en corriente alterna, a 20 kV las de Akita y Yamagata y 25 kV el resto. La frecuencia es 50 Hz en las líneas que discurren desde Tokio hacia el este, es decir el Tohoku, Joetsu y Hokuriki (tramo entre Takasaki y Kanizawa), y 60 Hz en el caso de las que se dirigen al oeste: Tokaido, Sanyo y Hokuriki (Takasaki – Karuizawa).







En la primera línea construida, el Tokaido Shinkansen, se empleó catenaria compuesta, pero conforme fue aumentando el tráfico y se fueron elevando las velocidades máximas, se comenzó a instalar catenaria compuesta pesada, apta para circular a 300 km/h. Sólo en el tramo entre Takasaki y Nagano de la línea Hokuriku Shinkansen, con una densidad de tráfico baja, se emplea el sistema de catenaria simple de AV, desarrollado para circular a 260

km/h. Para permitir la circulación a altas velocidades minimizando las pérdidas de contacto entre el pantógrafo y el hilo, éste hubo de ser modificado, utilizándose en la actualidad cable de acero revestido de cobre.

Uno de los problemas resueltos por los ferrocarriles japoneses es el de las zonas neutras en la electrificación en corriente alterna. En ellas, los trenes se quedan sin tensión y por tanto se mueven por su propia inercia, lo que con-

lleva una disminución de su velocidad. Para evitarlo se emplea un sistema de conmutación que permite alimentar la zona neutra desde una subestación u otra dependiendo de la posición en la que se encuentre el tren dentro de ésta.

## Vías, túneles y viaductos

Una de las señas de identidad de la red Shinkansen es el empleo de vía en placa. Aunque la primera línea se construyó sobre balasto, los elevados costes de mantenimiento, la escasa mano de obra y el aumento de las velocidades, fueron algunos de los motivos por los que se decidió optar por la vía sin balasto.

Desde que en 1975 se inaugurara el tramo del Sanyo Shinkansen desde Okayama hacia el oeste empleándose esta tipología de vía, las mejoras se han ido sucediendo, estando orientadas a reducir los niveles de ruido y vibración, disminuir el volumen de hormigón empleado, aumentar la resistencia y facilitar el ajuste de la cota de rodadura.

En la construcción de los túneles, inicialmente, se empleó el método tradicional, posteriormente se optó por el nuevo método austriaco (Natm) y en la actualidad se emplea el método "Sens", técnica que combina el "Natm" con la utilización de tuneladoras.

En cuanto a los viaductos, muy numerosos por la orografía y la densa trama viaria, el objetivo de los últimos avances es que, en caso de terremoto, no se derrumbe la totalidad de la estructura, reforzándose las pilas para evitar la rotura de las mismas.



Operación por líneas (2007)

Línea	Trenes/día	Velocidad máxima-Velocidad comercial (km/h)
Tokaido	143	210-213
Sanyo	145	300-232
Thoku	78	275-202
Joetsu	76	240-167
Hokoriku	29	260-149
Kyushu	35	260-218